

63. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.

Tagungsband

„Dekarbonisierung durch Futter und Fütterung“

**09. Oktober 2025
Hybride-Konferenz**



LfL



**BAT
e.V.**

Bayerische
Arbeitsgemeinschaft
Tierernährung



Herausgeber:

Katrin Harms, Isabell Braun und Julia Steinhoff-Wagner

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

Liesel-Beckmann-Str. 2

85354 Freising

bat.anm@ls.tum.de

Selbstverlag:

Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

ISBN 978-3-910689-02-2

Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Übersichtsvorträge

Unlösbare Probleme und lösungsorientiertes Handeln: Eine Revision des Klimadiskurses.....	1
Möglichkeiten und Grenzen der Pansenmikrobiom-Manipulation	11
Treibhausgas-Bewertung in Futterbau und Milchvieh-Fütterung.....	13
Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective	16
Effizienzverlust durch Endoparasiten.....	22
Das Konzept hinter der QS-Klimaplattform	24
Bewertung von Nebenprodukten in der Schweinemast – synergistische Effekte nutzen	26
Strategien zur Treibhausgasminderung und Optimierung von Umwelt- und Klimaschutzleistungen bei der Milcherzeugung	35
Methan-Ausstoß von Rindern messen und mindern.....	43
Decarbonisierung durch Einsatz von Siliermitteln	50
Potenziale der Heutrocknung im Hinblick auf Futterqualität, tierische Leistungen und Nachhaltigkeit ..	56

Dekarbonisierung

Mykotoxin-Belastung von Weizenkleie: Ergebnisse aus Bayern (2016-2024).....	65
Einfluss rohproteinreduzierter Alleinfuttermischungen auf die Mast- und Schlachtleistung sowie die Stickstoffbilanz langsam wachsender Masthühner unter ökologischen Fütterungsbedingungen	71
Untersuchung der Effizienz einer saponinreichen Mischung zur Ammoniakreduktion <i>in vitro</i> und <i>in vivo</i> in der Mastschweineproduktion	77
Impfung von Schweinen gegen <i>Lawsonia intracellularis</i> i.m. oder i.d.- Kalkulation der Effekte eines verbesserten Futteraufwandes auf die N- und P-Ausscheidung sowie den CO ₂ -Fußabdruck	83
„Klima-Milchfarm“ – Umsetzung von Treibhausgasminderungs-maßnahmen und deren Bewertung im Praxisbetrieb	89
Quantifizierung des Umwelteinflusses der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 in der Milchproduktion anhand eines Life Cycle Assessments (LCA).	95
Den Futterverlusten auf der Spur - Mit effizientem Futtermanagement Verluste und Treibhausgasemissionen reduzieren	102

Rinder

Einfluss ausgewählter Tränkesysteme auf das Verhalten und Wachstum von Kälbern bis zur 12. Lebenswoche	112
Untersuchung der Futterqualität in einem Dauergrünlandversuch mit unterschiedlichen Düngemanagement am Veitshof in Freising-Weihenstephan.....	118
Entmischung der Vollmilchtränke im Nuckeleimer	123
Literatur-Review: Heat Shock Proteine als Marker für Temperaturstress in Kälbern	129
Feeding microencapsulated botanicals and organic acids enhances milk performance in heat-stressed dairy cows	135
Untersuchung der Wirkung eines bakteriellen Einstreuzusatzes auf die Qualität der Einstreu, deren mikrobielle Zusammensetzung sowie auf die Eutergesundheit von Milchkühen	141
Wirkung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe auf Milchertrag und Milchinhaltsstoffe	146
Wirkung verschiedener natriumnitrithaltiger Siliermittel auf schwersilierbare Pflanzen wie Luzerne ..	150
Impact of Supplementation with Three Fermentation Extracts on Milk Yield and Diet Digestibility in Dairy Cattle.....	155

Schweine

Auswirkung einer Harnansäuerung mit speziell verarbeitetem Ammoniumchlorid auf den Harn-pH-Wert von Sauen	161
Reduktion von Hypothermie bei neugeborenen Ferkeln durch den wärmenden Effekt eines Trocknungsmittels mit ätherischem Öl	166
Körnerhirse und Körnermais im Vergleich – hohe Anteile in Mastrationen für Schweine.....	167
Impfung von Schweinen gegen <i>Lawsonia intracellularis</i> im subklinisch infizierten Betrieb: Beobachtungen zum Wachstum, der Homogenität und zur Integrität des Schwanzes	174
Effekte einer neuartigen Kombination aus Futter und Additiven auf Saugferkelverluste und die biologische Leistung von Sauen	180
Effect of a postbiotic derived from inactivated <i>Limosilactobacillus fermentum</i> and <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , microbial muramidase, and their combination, on health and performance parameters of nursery piglets	184
Demonstrationsvorhaben für eine resilientere Gestaltung der heimischen Schweinehaltung in der Modellregion für Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft Steirisches Vulkanland (Österreich)	191
Indicate best fiber parameters for sow feed formulation	199

Geflügel

Futterbewertung aus Broiler-Betrieben hinsichtlich ihrer Wiederfindung in Umweltproben und Interaktionen mit Antibiotika-resistenten Bakterien.....	206
Effect of a multicomponent feed additive on mortality and egg quality parameters in breeder hens.	212
A wood lignan-based feed supplement improved apparent ileal digestibility and, consequently, zootechnical performance in a 35-day broiler trial.....	218
Autorenverzeichnis	222
Werbepartner.....	224

Übersichtsvorträge

Unlösbare Probleme und lösungsorientiertes Handeln: Eine Revision des Klimadiskurses

Thomas Guggenberger¹

¹Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein (HBLFA), Irdning-Donnersbachtal

Einleitung

Laurent Fabius beendet seine Ausführungen zur COP21 in Paris mit einer symbolischen Geste. Er schlägt mit einem grünen Hammer in Form eines Blattes auf den Tisch und sagt: „It may be a small gavel, but it can do big things.“ Das Auditorium der Delegierten spendet frenetischen Applaus, und die im völkerrechtlichen Vertrag beschlossene Begrenzung der globalen Klimaerwärmung wird zur Grundlage der geltenden Rechtsprechung für den Klimaschutz (United Nations Climate Change, 2015). Fabius' grüner Hammer ist ein Symbol für die Kleinteiligkeit der zukunftsorientierten Lösungen. Er ist ein sichtbares Zeichen der Hoffnung, dass – vorausgesetzt, alle bemühen sich – das notwendige Wunder möglich wird. So endet die Geschichte.

„Was dürfen wir hoffen?“ ist in diesem Zusammenhang eine existentielle Frage, die im Lichte der Bedeutung des Themenfeldes umfassend besprochen werden muss (Kant, 1781). Immanuel Kant formulierte diese Grundfragen der Philosophie und ergänzte sie um zwei weitere Fragen. „Was können wir wissen?“ hilft uns, den Wunsch von der Hoffnung zu unterscheiden; „Was sollen wir tun?“ markiert den Beginn der Verwirklichung von Hoffnung durch proaktives Handeln. Die BAT-Tagung 2025 greift diesen Faden in ihrem definierten Rahmen auf.

Der Titel des Vortrages verheißt nichts Gutes: Es gibt eine starke wissenschaftliche Evidenz, dass die Ziele von Paris verfehlt werden. Das ist tragisch, weil damit nicht nur naturwissenschaftliche Wirkungen, sondern auch Veränderungen auf individueller und gesellschaftlicher Ebene befeuert werden. Wenn die Ziele einer großen Bewegung verfehlt werden, dann müssen wir reflektierend fragen: „Haben wir etwas nicht gewusst – oder haben wir falsch gehandelt?“ Der vorliegende Beitrag versucht, diese beiden Fragen zu klären, und entwickelt aus neuen Blickwinkeln Handlungsaufgaben für die Zukunft.

Was können wir wissen?

Die Frage „Was können wir wissen?“ ist eng verbunden mit „Wen können wir fragen?“. In vielen Analysefeldern existiert kein zentriertes Wissen, und schon die Suche nach den richtigen Quellen kann eine Herausforderung sein. Im Falle des Klimaschutzes ist es ausnahmsweise einfacher: Der Weltklimarat (IPCC), 1988 gegründet als Zusammenschluss der Weltorganisation für Meteorologie und des Umweltprogramms der Vereinten Nationen, bietet mit seinen periodisch erscheinenden Assessment Reports (AR) eine umfassende Informationsquelle. Die Struktur des IPCC ist seit dem ersten Bericht (AR1) weitgehend unverändert (Houghton *et al.*, 1990). Sie bündelt die Ergebnisse der weltweit verteilten Forschung. Jeder Beitrag der Forschenden wird durch Gutachterinnen und Gutachter auf seine Qualität geprüft. Aufgeteilt in die Arbeitsgruppen I, II und III werden so die physikalisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Klimaerwärmung, die vielfältigen Folgen der Veränderungen und verschiedene mögliche Zukunftsszenarien (SSPs) erarbeitet. Eine kleinere Gruppe von Leitautorinnen

und -autoren fasst diese Ergebnisse im Synthesebericht zusammen, der auch Empfehlungen für die Politik enthält. Aufgrund der Breite der zugrundeliegenden Expertise wird diese Gruppe vor allem von Natur-, Ingenieur- und Technikwissenschaften geprägt; eine kleine Zahl von Ökonominen und Ökonomen ergänzt die Berichterstattung. Die Assessment Reports 1 bis 6 (IPCC, 2025) stellen zweifelsfrei – in den Grenzen ihrer Inhalte – eine zentrale und verlässliche Quelle für die Frage „Was können wir wissen?“ dar.

„Was dürfen wir hoffen?“ bleibt dagegen weitgehend unbehandelt. Das IPCC hat das Risiko einer Fehleinschätzung über den Eintritt der SSPs – einer Rampe von fünf Szenarien, die von „Sustainability“ bis „Fossil-fueled Development“ reicht – an die Politik delegiert (IPCC, 2023). Angesichts der gewählten wissenschaftlichen Disziplinen war das kaum anders möglich. Tatsächlich hätte das IPCC die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften deutlich stärker einbeziehen müssen, insbesondere Ökonometrie, Politikwissenschaft, Geschichtswissenschaft sowie Simulations- und Komplexitätsforschung. Dort liegen die methodischen Werkzeuge, um Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Szenarien abzuleiten. Ohne solche Wahrscheinlichkeiten verliert die Präzision der Analysen ihre Verbindlichkeit: In den meisten Nationen entscheidet nicht die Vernunft über die Wahl des Szenarios, sondern die Dynamik der Politiken. Unter der Führung von Volkswirtschaften, die ersten Erfolge im Klimaschutz aufweisen konnten, hat eine Grundhaltung des politisch-moralischen Wunschdenkens zum Vertrag von Paris geführt. Dass die Welt nicht folgen kann, das zeigt sich jetzt.

Die zentrale Kritik am IPCC lautet daher: Es hat versäumt, den wahrscheinlichsten Entwicklungspfad als Grundlage für eine globale Legislative zu definieren. So wurde die Ratifizierung des Pariser Abkommens eher zu einem Ausdruck des Wunschs als zu einem belastbaren Vertrag – weil das entscheidende Wissen um die Konsequenzen fehlt. Das grüne Blatt am Hammer von Fabius beginnt bereits zu verdorren.

Ein Blick auf das Emissionsverhalten der Wohlstandscluster der Weltbank (Fantom und Serajuddin, 2016) genügt, um abzuschätzen, wie viel Hoffnung realistisch ist (siehe Tabelle 1). Es gilt: Wohlstandscluster, die stark wachsen, haben – ungeachtet der Emissionsintensität – deutlich geringere Chancen, ein günstiges Szenario (SSP1 oder SSP2) zu realisieren, als jene, deren Wachstum bereits abgeschlossen ist. Die Akzeptanz dieses Faktums schützt vor überzogenen Empfehlungen oder Schuldzuweisungen im Sinne postkolonialer Argumentationsmuster.

Tabelle 1: Verteilung des globalen Wohlstands und Entwicklung der Emissionsraten

Wohlstand	Einwohner Mrd.	Wachstumsrate der Emissionen (2003-2023) % pro Jahr		
High Income Countries	1,4	-0,72	-0,22	0,02
Upper Middle Income Countries	2,6	2,71	0,91	1,34
Lower Middle Income Countries	3,3	4,35	1,84	0,96
Low Income Countries	0,7	0,05	1,77	1,99

Quelle: Global Change Data Lab, Oxford Martin Programme on Global Development, United Kingdom (Oxford Martin School, 2025) aufbereitet im Tool www.klimaschutzrechner.at | www.climateprotectioncalculator.com (Guggenberger, 2025)

Unter Anwendung gängiger Wachstumstheorien und dem Verlauf historischer Emissions-Daten für CO₂ wird eine Simulation mit folgendem Algorithmus versucht:

- Schritt 1: Zerlegung der Emissionsentwicklung der High Income Countries (HIC) in die vier verschiedenen Perioden. ① Vor- und Frühindustrie, ② Expansion, ③ Stabilisation und Effizienzsteigerung und ④ Langfristiges Erhaltungsniveau. Berechnung der Wachstumsraten und Periodenlänge.

- Schritt 2: Übertragung dieser Dynamik auf die übrigen Cluster bei konstanter Periodenlänge und der aktuellen Weltbevölkerung bei einer Anpassung der Wachstumsraten:
 - UMIC erhalten 75 % der HIC-Raten, LMIC 50 % und LIC 35 %.
- Die Annahmen basieren auf folgenden Aspekten:
 - Technologische Entwicklung treibt die Effizienz voran, sodass künftiger Wohlstand mit geringerem Energieeinsatz erreicht werden kann.
 - Die bestehende Schere gesellschaftlicher Entwicklung verstärkt zugleich strukturelle Benachteiligungen.
 - Halten sich beide Kräfte etwa im Gleichgewicht, so kann der Wohlstand in allen Ländern früher oder später (auch LIC) ein stabiles Niveau erreichen. Entscheidend ist, dass die Einwohnerzahlen in den Clustern nicht weiter stark ansteigen. Die Weltbevölkerung nähert sich damit ihrer Tragkapazität.

Abbildung 1 zeigt im linken Teil die Emissionsmengen in Megatonnen CO₂ aus fossiler Energie pro Wohlstandscluster. Bis zum Jahr 2024 basiert das Modell für alle Cluster auf den Daten der Oxford Martin School (Andrew, 2020, Jones *et al.*, 2023, Robbie und Glen, 2024), anschließend übernehmen lineare Modelle mit den vom Algorithmus erzeugten Wachstumsraten. Das rechte Bild fasst die einzelnen Kurven zu einer globalen Gesamtemission zusammen. Deutlich wird, dass selbst unter optimistischen Annahmen des Algorithmus ein weiterer Anstieg der CO₂-Emissionen unvermeidbar bleibt. Erst gegen Ende des Jahrhunderts nähert sich die Welt wieder dem heutigen Emissionsniveau. Auch wenn sich M. King Hubbert in der zeitlichen Dimension um rund ein Jahrhundert geirrt hat (Hubbert, 1956), wird es letztlich die Ressourcenknappheit (Peak Oil) sein, welche die Klimaerwärmung beendet.

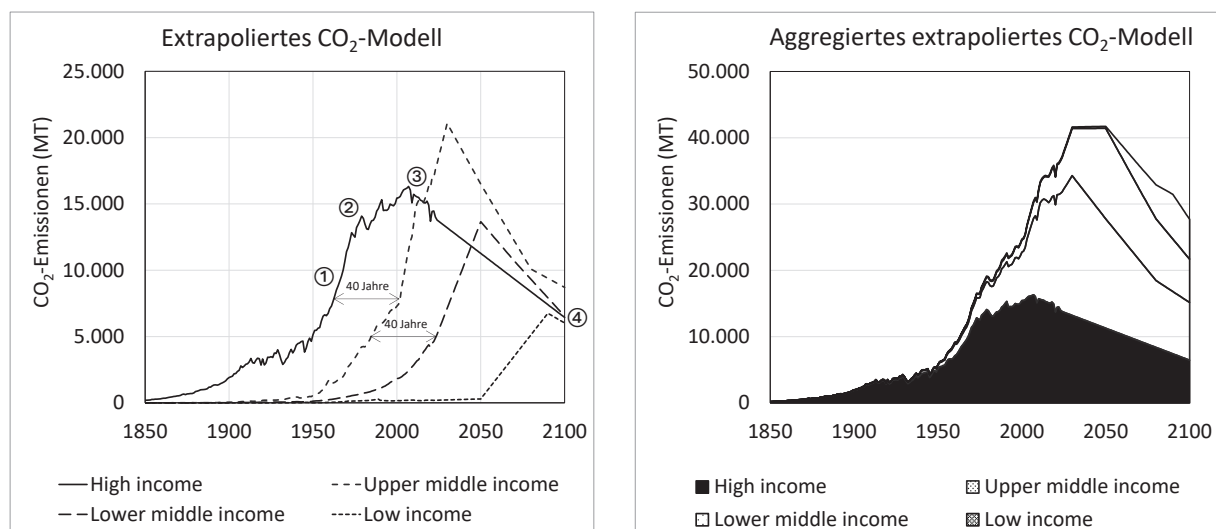


Abbildung 1: Emissionsmengen an CO₂ aus der Verbrennung fossiler Energie in den vier Wohlstandscluster der Weltbank. Links folgende Entwicklungsphasen: ① Vor- und Frühindustrie, ② Expansion, ③ Stabilisation und Effizienzsteigerung und ④ Langfristiges Erhaltungsniveau

Die Simulation macht deutlich: Wir müssen die globale Entwicklung ohne Polemik zur Kenntnis nehmen. Alle Gesellschaften werden ihren Weg zu dem ihnen möglichen Wohlstand gehen – moderat, aber unvermeidlich. Klimaschutz als Regulierung stößt dabei früh an Grenzen und wird von der Notwendigkeit der Anpassung abgelöst. Denn zunehmende Klimaschäden und Ressourcenknappheit werden jede Volkswirtschaft in ihre Schranken weisen. Am Ende entscheidet nicht die Regulierung, sondern die Innovationskraft der Menschheit darüber, wie wir Wohlstand und Lebensqualität sichern können.

Folgende Aussagen können als Wissen weiter vernetzt werden:

1. Sicher ist, dass die Klimaerwärmung kein unbegrenztes Fortschreiten kennt: Das Ende fossiler Energiequellen beendet zusätzliche Emissionen durch den Verlust an Tragekapazität.
2. Sicher ist, dass der mögliche Nutzen der Klimaerwärmung nur einen kleineren Teil der Schäden kompensieren kann. In einer Produktivitätsanalyse zeigt sich, dass einem ha Land mit Schäden nur 0,6 ha mit Vorteilen gegenüberstehen.
3. Sicher ist, dass jede Form von Innovation bei der Anpassung Vorteile bringt – lokal wie global. Der Return on Investment (ROI) für Innovationen war historisch immer deutlich positiv. Daher sollten Gesellschaften proaktiv in ihre Innovationskraft investieren (alternative Energien, Effizienzsteigerungen, Anpassung von Produktionssystemen).
4. Sehr wahrscheinlich ist, dass die gegenwärtigen Steuerungsversuche über Steuern keine maßgebliche Wirkung entfalten: Produzenten werden Kosten an Konsumenten weitergeben; fossile Produzenten können lange ihre Marktpreise anpassen. Umverteilungspolitikern drohen in eine Lose-Lose-Situation zu geraten – geringere Wettbewerbsfähigkeit ohne nennenswerte Klimaschutzwirkung.

Klimaschutzrechner als offenes Werkzeug der Simulation

Abbildung 1 zeigt uns Emissionsmengen. Um daraus Konzepte eines lösungsorientierten Handelns abzuleiten, muss noch eine Wirkungsanalyse durchgeführt werden. Für diese wurde kürzlich mit dem Klimaschutzrechner ein neues Werkzeug veröffentlicht (Guggenberger, 2025). Alle Berechnungen werden von diesem Werkzeug mit der Methodik der Arbeitsgruppe I des IPCC vorgenommen (IPCC, 2021). Diese wurde erstmals im ersten Sachstandsbericht 1990 veröffentlicht und ist dort in einer noch kürzeren Form gut verständlich dargestellt (Houghton *et al.*, 1990). Das Grundprinzip besteht in der Berechnung der Veränderung der globalen Energiebilanz der Atmosphäre infolge der Veränderung der Konzentration der einzelnen Treibhausgase. Die dafür entwickelten Formeln erfassen jene Veränderungen, die durch die Anregung von Molekülen mit Infrarotstrahlung (Biege- und Streckschwingungen) in Form von Strahlungsenergie entstehen. Die Energieeinheit ist Watt (W), der räumliche Referenzbezug ist die Projektionsfläche der Atmosphäre auf 1 m² Erdoberfläche. AR 1 gibt für den Strahlungsantrieb $\Delta F = 6,3 \times \ln(C/C_0)$ an (Shine *et al.*, 1990). Dabei steht C für die gemessene aktuelle CO₂-Konzentration, C₀ für die vorindustrielle Konzentration; angegeben werden die Werte in ppm. Die Formel wurde nach und nach revidiert und den Faktor von 6,3 auf 5,35 reduziert (Etamin *et al.*, 2016, Myhre *et al.*, 2013). Seither ist diese Formel gültig. Mithilfe der molaren Massen von Treibhausgasen und der Atmosphäre lässt sich die Formel näherungsweise in eine Energiewirkung pro Emissionsmenge umrechnen (Ridoutt, 2020). Der aktuelle Wert beträgt bei der heutigen Zusammensetzung der Atmosphäre etwa 0,00175 mW/MT. Der gewählte Ansatz ermöglicht die Berechnung und Visualisierung von dynamischen Entwicklungen auf der Ebene der einzelnen Nationen (Guggenberger *et al.*, 2022).

Die Berechnung der Massenwirkung ist entscheidend, weil für einzelne Nationen keine direkten Daten zum Wirkungsanteil ihrer Emissionen in der Atmosphäre vorliegen. Von zahlreichen Forschungsgruppen wurden aber die Emissionsmengen der wichtigsten Treibhausgase für alle Länder der Welt zusammengestellt. Das Oxford Martin Programme on Global Development sammelt solche Daten und macht sie der Wissenschaft frei zugänglich. Die aktuellen Zeitreihen der Treibhausgasmengen für CO₂, N₂O und CH₄ reichen von 1850 bis 2023 (Andrew, 2020, Jones *et al.*, 2023, Robbie und Glen, 2024).

Die Massenwirkung ist keine statische Bilanzgröße, wie es die Vergleichsmetrik des Global Warming Potential (GWP) suggeriert, sondern Ausdruck eines kinetischen Auf- und Abbauprozesses mit höchst unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Wenn das IPCC neben seiner Zurückhaltung bei der Definition einer wahrscheinlichen Zukunft einen zweiten Fehler begangen hat, dann diesen: Schon seit Beginn der Berichterstattung ist bekannt, dass CO₂ keinen vollständigen Abbaupfad besitzt (Houghton *et al.*, 1990). Das bedeutet, dass ein gewisser Rest der Emissionen (je nach Modell zwischen 25 und 33 %) nicht abgebaut wird und in der Atmosphäre verbleibt (Strassmann und Joos, 2018). Dieser Aspekt überlagert in der Langzeitbewertung fast alle Teilwirkungen, über die so leidenschaftlich gestritten wird – und ist dennoch kaum bekannt. Jedenfalls ist das GWP als Metrik für die dynamischen Prozesse der Klimaerwärmung völlig ungeeignet.

Der gesamte Inhalt dieses Kapitels wurde als dynamisches Tool auf der Webseite www.klimaschutzrechner.at umgesetzt. Auf Basis der Emissionsdaten von *Our World in Data* können die bisherige Wirkung jeder Nation nachgerechnet und eine Simulation in die Zukunft auf Grundlage eigener Entwicklungspfade vorgenommen werden.

Was müssen wir befürchten?

Weitere Emissionen führen zwangsläufig zu zusätzlicher Erwärmung. Das Mindestmaß an Erwärmung, das in der hier dargestellten Simulation zu erwarten ist, lässt sich durch die Berechnung der Summe des Strahlungsantriebs bis zum Ende des Jahrhunderts abschätzen. Der berechnete Wert wird als Energiebilanz in mW/m² angegeben und kann über die Klimasensitivität von 0,8 °C pro 1.000 mW/m² in eine Temperaturveränderung umgerechnet werden. Der gesamte Rechenweg, der zu den Ergebnissen in Abbildung 2, links, geführt hat, kann mit dem Klimaschutzrechner nachvollzogen werden. Als globales Ergebnis erreicht der Strahlungsantrieb dort bis zum Jahr 2100 einen Wert von rund 7.100 mW/m², was einer Erwärmung von etwa 5,7 °C entspricht. Dieser Wert ist sicher als untere Grenze zu verstehen, da die Prognose zum Bevölkerungswachstum (+30 % bis 2080) in den Clustern nicht berücksichtigt wurde. Bei einer linearen Fortschreibung (Abbildung 2, rechts) der aktuellen jährlichen Emissionsraten (CO₂: +1,26 %, N₂O: +0,85 %, CH₄: +0,93 %) wird im Jahr 2100 ein Strahlungsantrieb von etwa 8.400 mW/m² erreicht – das entspricht rund 6,7 °C. Bemerkenswert ist, dass dieser Wert auch etwa um das Jahr 2130 in der optimistischeren Simulation erreicht wird.

Die Kernbotschaft ist so tragisch wie unausweichlich: Da nahezu jeder menschliche Prozess mit der Freisetzung von Treibhausgasen verbunden ist, wird deren atmosphärische Konzentration mindestens bis an die Grenzen des fossilen Ressourcenangebots weiter ansteigen. Das ist ein unverrückbares Faktum! Lediglich die Geschwindigkeit dieser Entwicklung bleibt in einem gewissen, wenn auch geringen, Maße durch menschliches Handeln beeinflussbar.

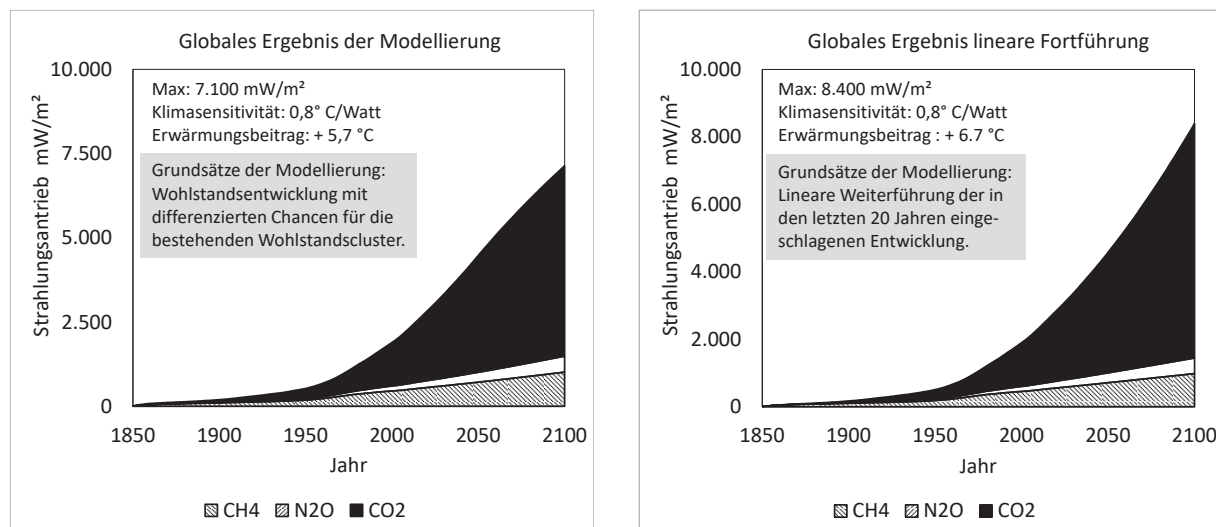


Abbildung 2: Ergebnis der Wirkungsanalyse zur Klimaerwärmung in einem proaktiven (links) und einem linearisierten (rechts) Entwicklungsansatz.

Wie können wir denken?

Der erste Teil der Handlungsempfehlungen betrifft den Umgang mit der Nachricht, dass Klimaschutz im Sinne der Hoffnung von Paris nicht möglich ist – und nie möglich war. Menschen kennen die Endgültigkeit solcher Einschnitte aus ihrem eigenen Leben: das Ende einer Liebe, den Verlust von Vertrauen, die Gewissheit des eigenen Todes. Jedes dieser Beispiele hat die Macht, die Hoffnung auf die Zukunft zu erschüttern. Das gilt auch für die Bedrohung durch den Klimawandel. Thompson et al. (Cultural Theory) haben deutlich herausgearbeitet, dass solche Erfahrungen bei Menschen mit geringen sozialen Bindungen in komplexe Regelstrukturen sehr häufig im Fatalismus enden (Thompson *et al.*, 1990). Fatalismus bedeutet, sich als wirkungslos zu erleben, weil man keinen positiven Einfluss auf das Endergebnis haben kann.

Dem Autor dieses Beitrags ist schmerzlich bewusst, dass die hier formulierte Botschaft Menschen im ersten Schritt geradezu in Fatalismus und Hoffnungslosigkeit treiben kann. Denn insgeheim wussten schon bisher alle Menschen guten Willens, dass ihr Handeln für den Klimaschutz eher symbolischen Charakter hatte als tatsächliche Wirkung. Nun wird es offen ausgesprochen. Doch würde Schweigen ein besseres Ergebnis bringen? Nein. Denn wenn wir glauben, dass sich die Dinge im notwendigen Umfang von selbst einrichten, führt das – ebenso wie der Fatalismus – in die Passivität. Dieses Verhalten trägt den Namen „toxischer Optimismus“ (Goodman, 2023).

Der erste Handlungsschritt, den jede und jeder vollziehen sollte, ist deshalb die Veränderung des Mindsets. Viktor Frankl hat uns dafür eine wertvolle Vorlage gegeben: Im „tragischen Optimismus“ verbindet er die ehrliche Anerkennung unvermeidbarer Entwicklungen mit der Freiheit, die verbleibenden Optionen zu nutzen (Shantall, 2022). Frankl würde sagen: „Gerade, weil wir einer unausweichlichen Veränderung gegenüberstehen, müssen wir umso mehr Sinn und Wertschätzung in unsere Haltungen und Handlungen legen!“. Das Entscheidende an Frankls Ansatz ist, dass er Schuld von ihrer lähmenden Schwere befreit. Im tragischen Optimismus verwandelt sich Schuld aus einer Last in einen Auftrag zur Verantwortung. Handeln im Angesicht der Tragödie wird damit nicht zur Flucht,

sondern zu einem bejahenden „Trotzdem“. Niemand ist ohne Verantwortung – und eben deshalb bleibt niemand ohne Aufgabe.

Wer die Tragödie der Entwicklung und den Aufruf Franks versteht, wird im Angesicht des Klimawandels sofort handeln. Es geht nicht darum, die Welt zu retten – wie es derzeit in endloser Wiederholung beschworen wird –, sondern darum, sich selbst in dieser Welt zu retten. Der zweite Teil der Handlungsaufforderung lautet daher: „Schaffe echte, dauerhafte Vorteile in der Anpassung an den Klimawandel. Beginne jetzt in deinen Verantwortungsbereichen damit!“.

Was sollen die EU 27 tun?

Die für alle Länder der EU-27 im Klimaschutzrechner verfügbaren Emissionszeitreihen wurden mit dem Modell „Linear“ berechnet. Das bedeutet, dass der zwischen 2004 und 2023 eingeschlagene Trend bis 2050 konstant fortgeführt wird. Für den Zeitraum von 2050 bis 2100 wurde die Wirkung dieses Trends halbiert. Das Ergebnis für alle Länder ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Rückgang der Emissionen variiert zwischen den Mitgliedstaaten in Abhängigkeit von der Reife ihrer Volkswirtschaften. Ähnlich wie bei den Wohlstandsklassen der Weltbank zeigen stärker entwickelte Volkswirtschaften deutlichere Reduktionstrends als weniger entwickelte. Auch zwischen den einzelnen Treibhausgasen bestehen Unterschiede. Die wichtigsten Gründe für die bereits rückläufigen Trends lassen sich in fünf Punkten zusammenfassen: 1.) Rückgang der Kohleverstromung und Ausbau erneuerbarer Energien, 2.) technologischer Fortschritt, 3.) strengere Gesetze und Standards, 4.) Strukturwandel und Deindustrialisierung und 5.) wiederkehrende Wirtschaftskrisen. In Abbildung 3 (unten rechts) ist zu erkennen, dass die EU-27 im Jahr 2080 ein stabiles Niveau beim Strahlungsantrieb erreichen. Ab diesem Zeitpunkt tragen sie nicht weiter zur globalen Klimaerwärmung bei. Dieses Ergebnis weicht im größeren Maßstab betrachtet nicht wesentlich von den im Europäischen Klimagesetz vereinbarten Zielen ab.

Die Empfehlung an die EU-27 lautet daher, an ihren Politiken mit einer wirtschaftsverträglichen Toleranz festzuhalten. Die Modernisierung, die das Programm „Fit for 55“ enthält (Erbach und Jensen, 2022) wird die Welt nicht retten, aber den Wirtschaftsstandort Europa am Ende im Sinne des „tragischen Optimismus“ stärken. Im Kontext der globalen Entwicklung spielt die Verfehlung des Ziels der Klimaneutralität um 30 Jahre aber keine entscheidende Rolle. Im Jahr 2050 wäre die EU bereits auf einem sehr guten Weg – wenn auch noch nicht am Ziel.

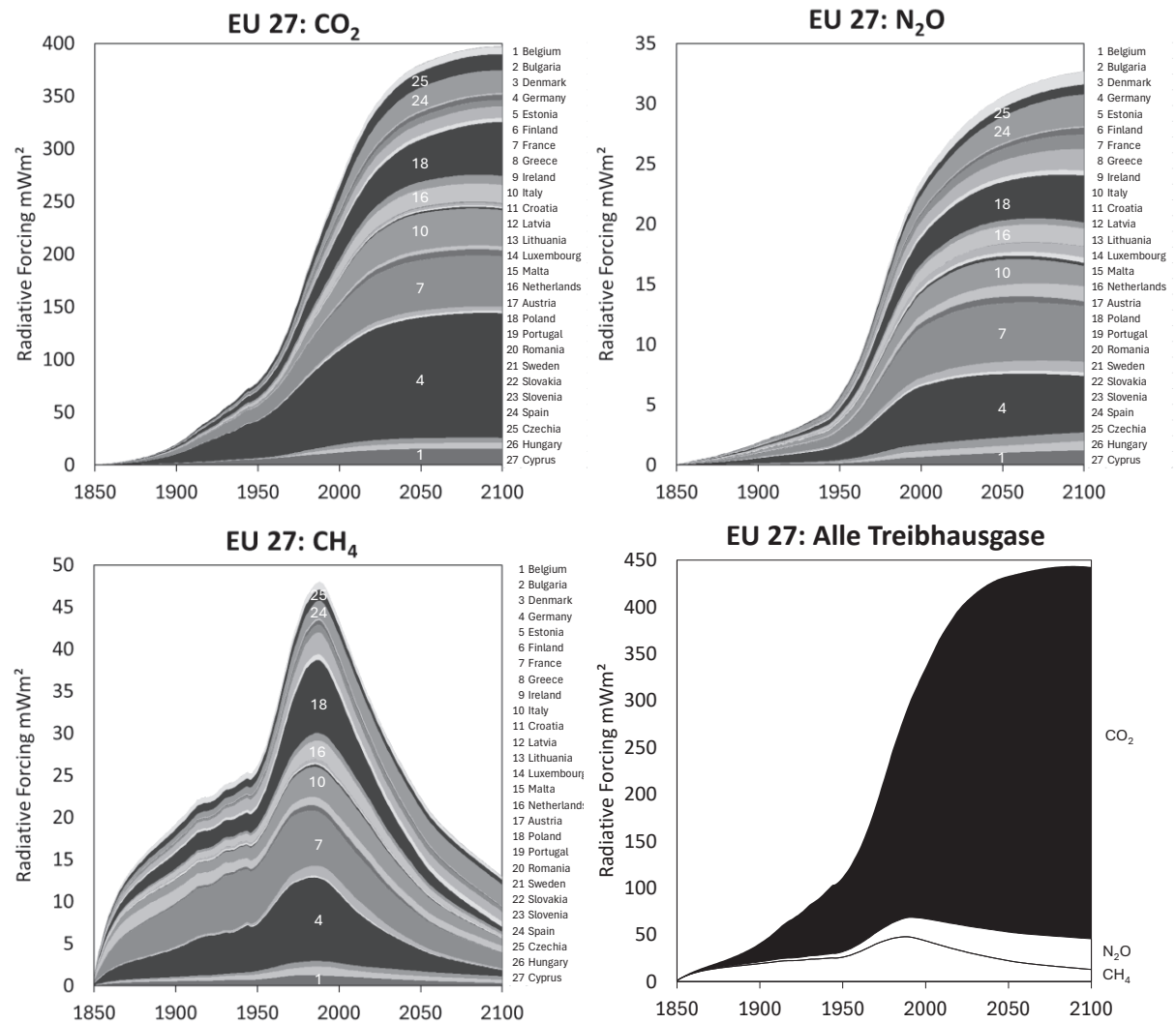


Abbildung 3: Ergebnis der Wirkungsanalyse zum Strahlungsantrieb in einem linearisierten Entwicklungsansatz für die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU 27)

Für den Rahmen der BAT-Tagung 2025 bietet der Beitrag folgende Ergebnisse:

- Abbildung 3, oben rechts, zeigt die Wirkungsentwicklung von N_2O . Obwohl in den Emissionsdaten auch Anteile anderer Sektoren enthalten sind, stammt der weitaus größte Teil aus der Denitrifikation von Stickstoff in landwirtschaftlichen Böden. N_2O hat eine mittlere Lebensdauer von etwa 126 Jahren und baut sich erst nach rund 500 Jahren vollständig ab. Diese langsame Abbaudynamik führt im Beobachtungszeitraum zu einer bedeutenden Aggregation von Wirkungen. Viehhaltende Betriebe sind über zwei Schnittstellen an der Hoftorgrenze: Erstens verursacht der Zukauf von Futter indirekte N_2O -Emissionen auf den Feldern der Produzenten. Zweitens wirkt derselbe Futterzukauf über die entstehenden Wirtschaftsdünger nochmals als direkte Emission auf den eigenen Flächen. Auch der Einsatz von Handelsdünger entfaltet eine entsprechende direkte Wirkung. Aus Sicht der N_2O -Emissionen wird damit der Stickstoffkreislauf der Tierhaltung zur entscheidenden Größe. Seine Summenwirkung im Strahlungsantrieb wird voraussichtlich um das Jahr 2030 jene von CH_4 übertreffen.
- Abbildung 3, unten links, zeigt die Wirkungsentwicklung von CH_4 . Die Abbildung kombiniert zwei Entwicklungen: Eine polynomial beschriebene Grundkurve für die Landwirtschaft sowie eine additive Überhöhung ab etwa 1950, die aus der Abfallwirtschaft stammt. Die Abbaudynamik von CH_4 ist sehr hoch, sodass keine langfristige Aggregation auftreten kann. Der Anteil der Landwirtschaft wird im Wesentlichen von der Gesamtmenge an Futter für Wiederkäuer bestimmt. Die Effizienz dieser Wiederkäuer in Bezug auf CH_4 -Emissionen ist derzeit Gegenstand intensiver Diskussionen. Ihre Wirkung zeigt sich besonders im Fußabdruck pro Produktionseinheit, steht dort aber in Wechselwirkung mit den anderen Treibhausgasen.

Für die landwirtschaftsspezifischen Treibhausgase N_2O und CH_4 gilt im Kontext des Tagungstitels folgende Empfehlung: Eine standortgerechte Bemessung von Produktionszielen und Tierbestandsdichten, verbunden mit möglichst geschlossenen Nährstoffkreisläufen und einem umfassenden Bemühen um gesamtbetriebliche Effizienz, eröffnet jene Vorteile, die im Konzept des „tragischen Optimismus“ angesprochen wurden. Als Win-Win-Situation ist insbesondere die enge Beziehung zur Resilienz hervorzuheben. Insgesamt ist im Zuge des quantitativen Rückgangs an Futtermittelmengen auch mit einer weiteren Verringerung der Nutztierbestände in Europa zu rechnen. Andauernde Diskussionen über die Größe der Nutztierbestände im Kontext des Klimawandels sind möglich, aber aufgrund ihrer direkten Beziehung zum Futterangebot sinnlos. Das eine ist das andere!

Fazit

Die Pariser Ziele sind unerreichbar – und das war von Beginn an absehbar. Klimaschutz im bisherigen Verständnis ist nicht möglich, weil die Emissionen wirtschaftsgebunden weiter steigen, solange fossile Ressourcen verfügbar sind. Regulierung kann diesen Prozess nicht aufhalten; sie stößt in einer Welt unterschiedlicher Wachstumsgeschwindigkeiten früh an ihre Grenzen. Entscheidend bleibt die Innovationskraft. Sie sichert jenen Vorsprung, der über Wohlstand und Zukunft entscheidet. An einer Hoffnung ohne Wahrscheinlichkeiten festzuhalten, ist Illusion. Wer in Fatalismus oder toxischem Optimismus verfällt, betäubt sich selbst und kann keinen Lösungsbeitrag mehr leisten. Der einzige Ausweg ist der tragische Optimismus: die Realität anerkennen, Verantwortung übernehmen und trotzdem handeln. Europa muss daraus seine Lehre ziehen: Nicht die Welt retten, sondern durch Anpassung, Effizienz und Resilienz das Eigene sichern. Das gilt auch für die Landwirtschaft.

Literaturverzeichnis/ References

- Andrew, R.M. (2020): A comparison of estimates of global carbon dioxide emissions from fossil carbon sources. *Earth Syst. Sci. Data* 12 (2), 1437-1465.
- Erbach, G. und Jensen, L. (2022): Fit for 55 package. EPRS, European Parliament.
- Etminan, M.; Myhre, G.; Highwood, E.J.; und Shine, K.P. (2016): Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letter* 43, 12,614-12,623.
- Fantom, N.J. und Serajuddin, U. (2016): The World Bank's classification of countries by income. World bank policy research working paper (7528).
- Goodman, W. (2023): Toxic Positivity: Wie wir uns von dem Druck befreien, immer glücklich sein zu müssen, Knaur Balance eBook.
- Guggenberger, T.; Terler, G.; Herndl, M.; Fritz, C.; und Grassauer, F. (2022): Langzeitbewertung von Treibhausgasemissionen in Österreich., HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 33 S.
- Guggenberger, T. (2025): Klima-Schutz-Rechner. www.klimaschutzrechner.at, 01.08.2025
- Houghton, J.T.; Jenkins, G.J.; und Ephraums, J.J. (1990): Climate Change, The IPCC Scientific Assessment, Report Prepared for IPCC by Working Group 1, IPCC, Cambridge, 414 S.
- Hubbert, M.K. (1956): Nuclear Energy and the Fossil Fuels. Shell Spring Meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, 56 S S.
- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2391 S.
- IPCC (2025): IPCC, Reports. <https://www.ipcc.ch/reports/>, 01.08.2025
- IPCC (2023): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. Geneva, 34 S.
- Jones, M.W.; Peters, G.P.; Gasser, T.; Andrew, R.M.; Schwingshackl, C.; Gütschow, J.; Houghton, R.A.; Friedlingstein, P.; Pongratz, J.; und Le Quéré, C. (2023): National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific Data* 10 (1), 155.
- Kant, I. (1781): Kritik der reinen Vernunft, Johannes Friedrich Hartknoch, Riga.
- Myhre, G.; Shindell, D.; Bréon, F.M.; Collins, W.; Fuglestvedt, J.S.; Huang, J.; Koch, D.; Lamarque, J.F.; Lee, D.; Mendoza, B.; Nakajima, T.; Robock, A.; Stephens, G.; Takemura, T.; und Zhang, H. (2013): Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press.
- Oxford Martin School (2025): The Oxford Martin Programme on Global Development. <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/global-development>, 01.08.2025
- Ridoutt, B. (2020): Climate neutral livestock production - A radiative forcing-based climate footprint approach. *Journal of Cleaner Production* 291 (125260), 1-8.
- Robbie, M.A. und Glen, P.P. (2024): The Global Carbon Project's fossil CO2 emissions dataset: 2024 release, Oslo, 44 S.
- Shantall, T. (2022): Die sinnstiftende Wirkung der Logotherapie von Viktor Frankl, Springer.
- Shine, K.P.; Derwent, R.; Wuebbles, D.; Morcrette, J.-J.; und Apling, A. (1990): Radiative forcing of climate. In: Climate change: The IPCC scientific assessment, Cambridge University Press, 41-68 S.
- Strassmann, K.M. und Joos, F. (2018): The Bern Simple Climate Model (BernSCM) v1.0: an extensible and fully documented open-source re-implementation of the Bern reduced-form model for global carbon cycle-climate simulations. *Geosci. Model Dev.* 11 (5), 1887-1908.
- Thompson, M.; Ellis, R.; und Wildavsky, A. (1990): Cultural Theory, Westview, Boulder, 296 S.
- United Nations Climate Change (2015): The Paris Agreement, Paris, 27 S.

Autorenanschrift

Dr. Thomas Guggenberger
Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal
E-mail: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

Möglichkeiten und Grenzen der Pansenmikrobiom-Manipulation

Jana Seifert ^{1,2}

¹Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim

²HoLMiR – Hohenheim Center for Livestock Microbiome Research,
Universität Hohenheim, Stuttgart

Die mikrobiellen Gemeinschaften (Mikrobiome) im Verdauungstrakt des Tieres bilden eine einzigartige Symbiose mit dem Wirtstier. Sie fungieren als zentrale Einheit für die Aufrechterhaltung der Stoffwechselleistung sowie des Immun- und Ernährungszustands des Tieres. Die mikrobielle Vielfalt und Funktionalität sind wichtig für die effiziente Nutzung der verfügbaren Futterressourcen und die Verringerung der Bildung unerwünschter Stoffwechselprodukte. Gleichzeitig sollten Tiergesundheit und Tierschutz Vorrang haben, die neben einer emissionsarmen und ressourceneffizienten Tierproduktion im Mittelpunkt der aktuellen Forschungsaktivitäten stehen. Die Besiedlung des Verdauungstraktes beginnt bei der Geburt und unterliegt im Laufe des Lebens eines Tieres einer dynamischen Entwicklung. Die Zusammensetzung des Mikrobioms variiert von Individuum zu Individuum und wird stark von der Ernährung, der Umgebung und der Genetik des Tieres beeinflusst. Eine mögliche Veränderung des Mikrobioms hat Auswirkungen auf die Interaktion der Mikroorganismen untereinander sowie zwischen den Mikroorganismen und dem Wirtstier und damit auf die Tiergesundheit.

Das Mikrobiom des Wiederkäuers

Wiederkäuer leben aufgrund ihrer Ernährung und ihres Vormagensystems in einer besonderen Symbiose mit ihrem Mikrobiom. Sie sind stark von der Aktivität der Mikroorganismen und der Bildung mikrobieller Biomasse abhängig. Der Pansen spielt dabei eine Schlüsselrolle. Hier wird das aufgenommene Futter durch mikrobielle Aktivität umgewandelt und in mikrobielle Metaboliten zerlegt. Die anaeroben Besiedler des Pansens sind Bakterien, Archaeen, Protozoen, Pilze und Viren, wobei der größte Anteil den Bakterien anzurechnen ist. Diese mikrobielle Gemeinschaft spielt eine wichtige Rolle im Kohlenhydrat-, Protein- und Fettstoffwechsel und bei der Produktion flüchtiger Fettsäuren, mikrobiellem Eiweiß und Vitaminen zur Verwertung durch das Rind. Der durch die Fermentationsprozesse (vorrangig in Bakterien) entstandene Wasserstoff wird durch die Bildung von Methan (ausschließlich durch Archaeen) gebunden. Dies ermöglicht die Aufrechterhaltung der Glykolyse, welche für die Fermentationsprozesse zwingend notwendig ist. Protozoen und anaerobe Pilze sind für den Faserabbau bedeutsam und interagieren mit Archaeen ebenso durch die Bildung von Wasserstoff.

Die Bedingungen für mikrobielles Leben im Pansen entwickeln sich im ersten Lebensmonat dynamisch (Amin & Seifert 2021) und sind ideal für anaerobe Mikroorganismen, da sie ihnen eine kontinuierliche Versorgung mit Nahrung und Stoffwechselprodukten sowie deren Abtransport bieten. Der sich ändernde Bedarf an Energie und Nährstoffen entlang des Produktionszyklus bedingt eine Anpassung der Fütterung. Dies beeinflusst die Anwesenheit/Abwesenheit/Häufigkeit und Aktivität bestimmter Mikroben im gesamten Verdauungstrakt. Die daraus resultierenden Veränderungen in den Fermentationsprozessen, der Nährstoffversorgung und der Methanemissionen, spiegeln sich direkt in der Effizienz der Fleisch- und Milchproduktion wider.

Manipulationen für reduzierte Methanemissionen

Die Zusammensetzung und Funktionalität des Pansenmikrobioms ist stark von der Rationszusammensetzung abhängig und passt sich innerhalb weniger Tage den veränderten Nährstoffzusammensetzungen an (Deusch et al. 2017). Dies kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Produktivität von Rindern und die Treibhausgasemissionen haben (Arndt et al. 2022). So kann eine Reduzierung des Methanausstoßes durch einen erhöhten Konzentratanteil induziert werden. Der erhöhte Anteil an Stärke führt zur vermehrten Bildung von Propionsäure, was wiederum zur Reduzierung der Wasserstoffbildung beiträgt. Der Einsatz von Konzentratfuttermitteln muss jedoch immer unter Berücksichtigung der Deckung des Energiebedarfs, der mangelnden Strukturwirkung und der Konkurrenz zur Humanernährung bedacht werden. Eine entsprechende Umsetzung in der Rationsplanung ausschließlich auf Basis der Emissionsminderungseffekte macht somit keinen Sinn.

Weitere Methan-Minderungsstrategien nutzen bestimmte Hemmungs- bzw. Substitutionseigenschaften von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, Futterfetten, Algen und chemischen Substanzen, wie 3-Nitrooxypropanol (3-NOP) (Arndt et al. 2022). Diese zielen meist auf die Hemmung des Schlüsselenzyms der Methanbildung (Methanogenese), der Methyl-Coenzym-M-Reduktase, ab, welche in den Archaeen gebildet wird. Zusätzlich werden antimethanogene Vakzine und Phagen getestet (Beauchemin et al. 2022). Diese derzeit bekannten Strategien sind in ihrer Effizienz hinsichtlich der Methanminderung sehr unterschiedlich und haben mitunter negative Effekte auf das Mikrobiom und das Tier. Derzeit gibt noch keine eindeutige Empfehlung zum Einsatz einer Minderungslösungen. Dies liegt häufig an widersprüchlichen Resultaten im Vergleich *in vitro* und *in vivo*, als auch an unterschiedlichen tierexperimentellen Ansätzen. Ein grundlegendes Problem ist jedoch, dass ein tieferes Verständnis der Komplexität und der Art des Wasserstofftransfers innerhalb des Pansenmikrobioms fehlt und die hohe Individualität zwischen den Tieren berücksichtigt werden muss.

Fazit

Die bekannten Strategien zur Methanminderung können einen Beitrag zur Begrenzung der Emissionen leisten, werden jedoch nicht ausreichen, um die globale Erwärmung auf die derzeitigen Ziele zu begrenzen (Arndt et al. 2022). Sie sind immer unter Berücksichtigung der Tiergesundheit und des Tierwohls einzusetzen. Mögliche negative Effekt auf die Funktionalität des Pansenmikrobioms müssen beachtet werden.

Literaturverzeichnis/ References

- Amin, N. and Seifert, J. (2021) Dynamic progression of the calf's microbiome and its influence on host health. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 19, 989-1001. DOI: 10.1016/j.csbj.2021.01.035
- Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., et al. (2022) Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA.* 119, e2111294119. DOI: 10.1073/pnas.2111294119
- Beauchemin, K.A., Ungerfeld, E.M., Abdalla, A.L., Alvarez, C., Arndt, C., et al. (2022) Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science* 105, 9297-9326. DOI: 10.3168/jds.2022-22091
- Deusch, S., Camarinha-Silva, A., Conrad, J., Beifuss, U., Rodehutschord, M., Seifert J. (2017) A structural and functional elucidation of the rumen microbiome influenced by various diets and microenvironments. *Frontiers in Microbiology* 8, 1605. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01605

Autorenanschrift

Universität Hohenheim, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Funktionelle Mikrobiologie bei Nutztieren (460c), Emil-Wolff-Str. 6-10, 70599 Stuttgart

Treibhausgas-Bewertung in Futterbau und Milchvieh-Fütterung

Lorenz Maurer¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie, München

Einleitung

Informationen zur ökologischen Nachhaltigkeit von Produktionssystemen werden für landwirtschaftliche Betriebe und andere Akteure der Agrar- und Ernährungswirtschaft immer wichtiger für die erfolgreiche Vermarktung ihrer Produkte. Treibhausgas (THG)-Emissionen stellen dabei einen wichtigen Indikator dar. Auf nationaler Ebene gibt es klare Prioritäten für den Klimaschutz in der Landwirtschaft: Stickstoff-Effizienz in der Düngung, Moorschutz und eine Reduktion in Konsum und Produktion tierischer Nahrungsmittel (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL, 2016; Grethe et al., 2021). Auf der Ebene des einzelnen Betriebs gilt es durch eine individuelle Treibhausgasbewertung betriebspezifische Reduktionspotenziale und Reduktionsmaßnahmen zu identifizieren, die mit den Voraussetzungen und Zielen des Betriebs vereinbar sind. Der LfL Klima-Check ist ein webbasiertes Werkzeug, das eine solche THG-Bewertung auf landwirtschaftlichen Betrieben ermöglicht und diese mit einer ökonomischen Betrachtung des Betriebs und möglicher Reduktionsmaßnahmen verbindet. Dieser Beitrag zeigt am Beispiel eines Milchviehbetriebs, wie der LfL Klima-Check genutzt werden kann, um eine betriebsindividuelle THG-Bewertung zu berechnen.

Ein webbasiertes Tool zur einzelbetrieblichen THG-Bewertung

Der LfL Klima-Check baut auf dem LfL Internetdeckungsbeitragsrechner (IDB) auf. Der LfL IDB erlaubt durch die detaillierte Abbildung produktionstechnischer Abläufe die betriebswirtschaftliche Bewertung von über 60 Pflanzenbauverfahren und über 10 tierischen Produktionssystemen.

⊕ Kennwerte des Produktionsverfahrens

Der Deckungsbeitrag der Milchkuh wird pro Jahr berechnet als Durchschnitt der Nutzung, voreingestellt auf den LKV-Rassedurchschnitt

Rasse: Fleckvieh ▾

Haltungssystem: Boxenlaufstall mit Hochboxen – güllebasiert ▾ ?

Abgangsquote: ? 29.8 % = 3.36 Nutzungsjahre je Kuh und Leben

Ø-Lebendgewicht: ? 725.0 kg LG Zwischenkalbezeit: ? 394.0 Tage

Abbildung 1: Ein Ausschnitt des Internetdeckungsbeitragsrechner Milchkuh. Der IDB bildet die Grundlage des LfL Klima-Checks und erlaubt die detaillierte Abbildung produktionstechnischer Abläufe.

Diese produktionstechnischen Modelle beinhalten bereits alle Aktivitätsdaten, die für eine Treibhausgasbewertung benötigt werden. Durch die Ergänzung von Emissionsfaktoren (z.B. für die vorgelagerten Emissionen bei der Herstellung mineralischer Düngemittel) sowie durch die Modellierung von Emissionsprozessen im Produktionssystem (z.B. Methanbildung bei der enterischen Fermentation im Pansen) können auf der Grundlage des IDB die THG-Emissionen des Produktionsverfahrens

berechnet werden. Aktuell kann so für 13 Pflanzenbauverfahren und 5 tierische Produktionssysteme eine THG-Bewertung erzeugt werden. Die THG-Bewertung erfolgt dabei als partielle Ökobilanz (cradle-to-farm-gate; Wirkungskategorie Klimawandel). Welche Emissionsquellen grundsätzlich im LfL Klima-Check berücksichtigt werden, zeigt Abbildung 2. Bodenkohlenstoffveränderungen (etwa aufgrund von Landnutzungsänderungen sowie Bewirtschaftung organischer Böden) können sowohl zur Emission von THG als auch zu Festlegung von Kohlenstoff führen. Allerdings können diese Prozesse aktuell noch nicht im LfL Klima-Check berücksichtigt werden. Die wichtigsten Prozesse im Bereich Bodenkohlenstoff werden möglichst bald im LfL Klima-Check integriert.

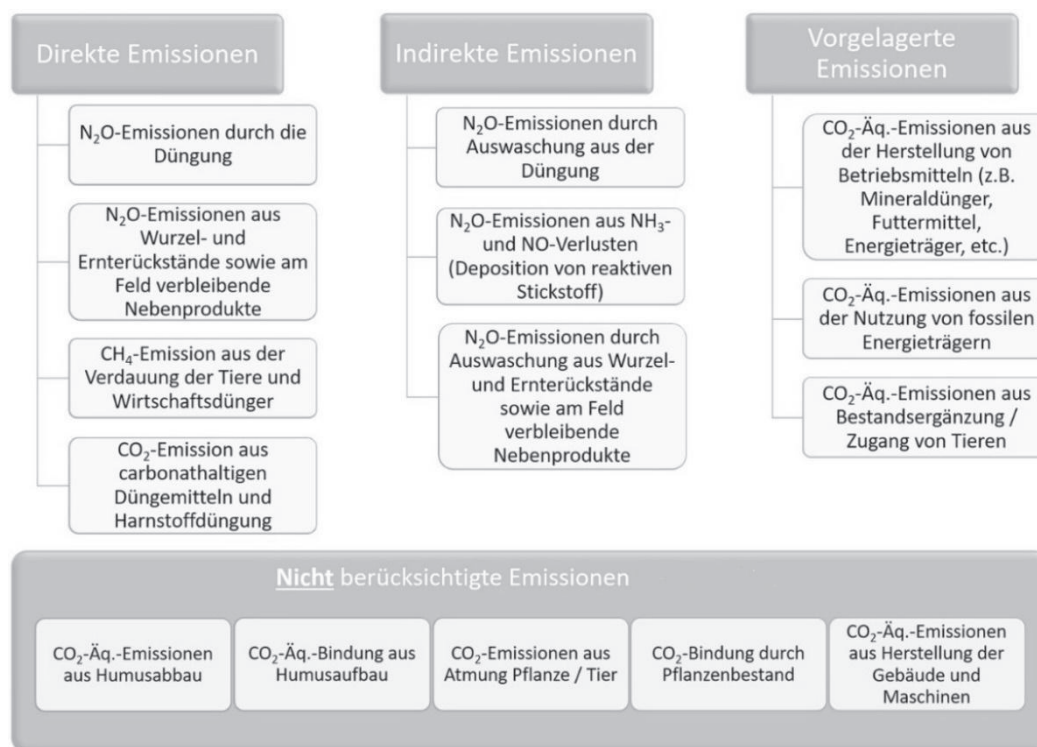


Abbildung 2: Der LfL Klima-Check beinhaltet direkte und indirekte THG-Emissionen aus Prozessen im betrachteten Produktionssystem, sowie THG-Emissionen aus den Vorketten des Produktionssystem (cradle-to-farm-gate)

Als ergänzendes Modul des LfL IDB übernimmt der LfL Klima-Check auch dessen Unterteilung des landwirtschaftlichen Betriebs in einzelne Produktionsverfahren. Ein Milchviehbetrieb wird dabei beispielsweise in die Produktionsverfahren Milchkuh und Kalbinnenaufzucht sowie die verschiedenen Futterbauverfahren unterteilt. Der LfL Klima-Check erlaubt als Anwendung sowohl eine THG-Bewertung der einzelnen Verfahren als auch eine Bewertung auf Betriebsebene, bei der mehrere Produktionsverfahren einen Gesamtbetrieb bilden. Für eine erste einfache Treibhausgasbewertung der Milcherzeugung kann der LfL Klima-Check Milchkuh auf Einzelverfahrens-Ebene verwendet werden. Die Emissionen aus der Herstellung der eingesetzten Futtermittel sowie aus der Kalbinnenaufzucht werden dann mit vorgelegten Standard-Emissionsfaktoren berechnet. Für eine betriebsindividuelle Bewertung der eigenen Kalbinnenaufzucht und des eigenen Futterbaus können in den jeweiligen LfL Klima-Check Verfahren betriebs eigene Emissionsfaktoren berechnet und im LfL Klima-Check Milchkuh eingesetzt werden. Abbildung 3 zeigt schematisch das Zusammenspiel der Module LfL Klima-Check Milchkuh, Kalbinnenaufzucht und Maissilage.

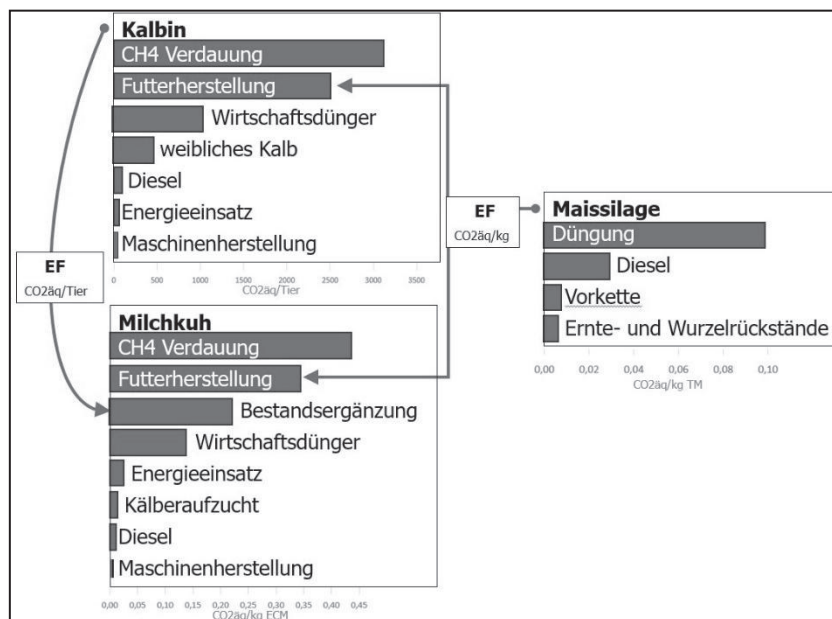


Abbildung 3: Die LfL Klima-Check Module Futterbau (im Beispiel Maissilage) und Kalbinnenanauflucht erlauben die Berechnung von betriebsindividuellen Emissionsfaktoren (EF) für den Einsatz im LfL Klima-Check Milchkuh. Die dargestellte Zusammensetzung der Emissionen in den jeweiligen Verfahren (kg CO₂äq/kg ECM; kg CO₂äq/kg TM; kg CO₂äq/Tier) bezieht sich auf einen Beispielbetrieb.

Alle Eingabefelder des IDB sind mit Standardwerten vorbelegt und können durch betriebseigene Werte ersetzt werden. Die Vorbelegung erlaubt einen schnellen Einstieg in die THG-Bewertung, unabhängig von der Verfügbarkeit betrieblicher Primärdaten. Gleichzeitig erlauben die produktionstechnischen Modelle bei entsprechender Datenverfügbarkeit eine sehr detaillierte, betriebsindividuelle THG-Bewertung. Durch die gleichzeitig ökonomische Auswertung (Deckungsbeitragsrechnung) ermöglicht der LfL Klima-Check eine ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen.

Neben der Benutzeroberfläche des IDB (LfL Klima-Check als Web-Anwendung) stehen für alle Verfahren mit LfL Klima-Check auch maschinenlesbare Schnittstellen (REST APIs) zur Verfügung. Über die APIs können Daten automatisiert in den LfL Klima-Check eingelesen und alle Berechnungsergebnisse ausgegeben werden. So kann der LfL Klima-Check in externe Anwendungen eingebunden werden.

Literaturverzeichnis

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin

Grethe, H., Martinez, J., Osterburg, B., Taube, F., Thom, F. (2021): Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschlands: Die drei zentralen Handlungsfelder auf dem Weg zur Klimaneutralität. Gutachten für die Stiftung Klimaneutralität.

Autorenanschrift

Lorenz Maurer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Agrarökonomie; Menzinger Straße 54, 80638 München

Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective

Sergiy Smetana^{1,2}

¹DIL Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.;

²Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Introduction

The global food system is under increasing pressure from rising protein demand, population growth, and climate change, with livestock production being a major driver of greenhouse gas emissions, land use, water depletion, and nutrient losses (Poore & Nemecek, 2018). In this context, edible insects have emerged as a promising protein source for both food and feed applications. Historically consumed in many regions worldwide, insects offer nutritional benefits such as high-quality protein, essential fatty acids, vitamins, and minerals (Nikkhah et al., 2021; van Huis et al., 2013). Importantly, many insect species can be reared on low-value organic side streams or waste biomass, potentially reducing pressure on agricultural land, improving nutrient recycling, and mitigating environmental burdens associated with feed production (Smetana, Bhatia, et al., 2023; Smetana et al., 2016). Species such as the black soldier fly (*Hermetia illucens*), yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), house cricket (*Acheta domesticus*), and lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) have received particular attention due to their efficient feed conversion ratios and capacity to valorize diverse organic substrates (Francis, Schmitt, et al., 2025; Pahlmeyer et al., 2022).

Life Cycle Assessment (LCA) is the main tool used to quantify the environmental impacts of insect production, with boundaries from feedstock supply to processing and end use. Studies generally show that insect-derived feed and food can outperform conventional protein sources such as soy meal, fish meal, and chicken meat – especially when insects are reared on low-impact underutilized substrates like food waste or agricultural by-products (Smetana et al., 2016). However, results vary widely with species, diet, processing intensity, and functional unit choice. Recent advances such as nutrition-based LCA (nLCA) allow for comparisons that reflect protein quality and digestibility, revealing that some production systems (e.g., cricket flour in Vietnam with insect fed with cassava leaves and frass unitization for agriculture) can have similar or lower climate impact than poultry (~6–10 kg CO₂-eq per kg edible mass) if protein basis is taken into account (de Vries & de Boer, 2010; Francis, Schmitt, et al., 2025). Yet not all findings are favorable: some of them indicate that under certain feed and processing scenarios, insect protein sources may have similar or higher environmental burdens than poultry, particularly when energy-intensive drying is used or when feed relies on high-impact crops (Dawson & Salmon, 2024; Smetana et al., 2016). Beyond direct protein substitution, insect systems can also contribute to nutrient circularity by converting organic waste into protein and frass fertilizer, thus aligning with circular economy strategies for nitrogen and phosphorus recovery (Rockström et al., 2009; Smetana, Bhatia, et al., 2023).

Key determinants of sustainability in insect production

There are several factors that determine the environmental sustainability of insect production:

Feed substrate – Diet composition is a dominant driver of environmental impacts. Protein-rich diets increase yield but may carry higher embedded impacts if derived from high-input crops. Conversely,

low-value by-products and organic waste might lead to more favorable sustainability outcomes (Pahmeyer et al., 2022; Smetana et al., 2016). The level of improvement in this case depends on the quality of feed for insects.

Rearing system design and scale – Modular, automated systems can improve resource efficiency, reduce labor costs, and enable decentralized production close to waste sources, minimizing transport emissions (Pahmeyer et al., 2022).

Processing and product type – Energy-intensive processing steps, such as drying or protein isolation, significantly affect results. Products with higher protein concentrations may achieve lower impacts per nutritional unit, even if per-mass impacts are higher (Francis, Schmitt, et al., 2025).

Co-product allocation – Frass (insect manure) and other by-products can reduce the environmental burdens of the main product (insect biomass) when used as organic fertilizer, but allocation methods (mass, economic, or system expansion) strongly influence results.

Geographical and regulatory context – Differences in energy mixes, waste legislation, and market acceptance influence both absolute impacts and feasibility of insect-based systems.

Gaps and emerging research directions

Despite rapid growth in LCA research on edible insects, gaps remain. Many studies still rely on pilot-scale or hypothetical data rather than long-term industrial operations. Few studies integrate social and economic dimensions alongside environmental indicators, although such integration is essential for comprehensive sustainability assessment. Furthermore, methodological harmonization in LCA for insects is needed – particularly in defining functional units, handling co-products, and incorporating nutritional quality. Emerging areas include hybrid systems that integrate insect production into broader waste management or aquaculture chains, dynamic LCAs capturing seasonal or market variability, and expanded application of circularity indicators in conjunction with LCA.

Goal of this review

This study aims to synthesize the most recent scientific evidence on the environmental sustainability of insect production for feed and food, with a specific focus on own Life Cycle Assessment results. By concentrating on recent peer-reviewed studies (both conventional and nutrition-based LCAs) this work evaluates the range of environmental outcomes, identifies the main determinants of sustainability, and highlights gaps for future research. In line with approaches used for comparing meat substitutes with conventional animal proteins (Smetana et al., 2015; Smetana, Ristic, et al., 2023), particular attention is given to benchmarking insect-based proteins against poultry, which is often considered the most resource-efficient conventional meat source. This comparison is essential to determine whether insects offer a clear environmental advantage when assessed per unit of nutritional value. It is hypothesized that integrating circularity principles and nutrition-adjusted functional units into LCA frameworks will provide a more accurate and nuanced assessment of insects as sustainable protein sources compared to traditional mass-based approaches.

Materials and Methods

The studies predominantly applied ISO 14040/44-guided Life Cycle Assessment (LCA) to quantify environmental impacts of insect production for feed and food (Francis, Schmitt, et al., 2025; Pahmeyer et al., 2022; Smetana et al., 2016). System boundaries were typically defined as cradle-to-farm gate or cradle-to-processing gate, though a few extended to cradle-to-end use to capture downstream impacts such as feed substitution or food consumption (Smetana et al., 2015, 2021). Functional units (FUs) varied widely, including mass-based (e.g., 1 kg fresh or dry insect product), nutrient-based (e.g., per kg crude protein, per kg digestible indispensable amino acids), and, in more recent works, nutrition-

based LCAs (nLCA) that adjust for protein quality and digestibility (Francis, Dang, et al., 2025). Impact categories most frequently reported included climate change, land use, water use, and eutrophication, with some studies also incorporating resource depletion, acidification, or energy demand (Bosch et al., 2019; Francis, Schmitt, et al., 2025; Smetana et al., 2019). Current study concentrated on climate change, land use, and energy demand for comparative assessment.

Allocation procedures for co-products, particularly frass and in some cases separated fats, were handled using mass allocation, economic allocation, or system expansion (avoided product substitution) (Pahmeyer et al., 2022; Smetana et al., 2016). Studies evaluating circularity potential combined LCA with material flow analysis (MFA) or scenario analysis, comparing business-as-usual feed systems with scenarios where insects valorize organic waste (Smetana, Bhatia, et al., 2023; van der Wiel et al., 2019). Data sources ranged from experimental trials and pilot-scale facilities to industry datasets and literature-based life cycle inventories, with geographic contexts spanning Europe, Asia, and Africa (Francis, Dang, et al., 2025; Halloran et al., 2016).

Results

According to the reviewed studies, climate change impacts for insect production ranged widely depending on species, feed substrate, and processing method. For mass-based functional units, GHG emissions were as low as 1.4–3.0 kg CO₂-eq/kg fresh product for black soldier fly larvae (BSFL) reared on low-impact waste streams (Smetana, Bhatia, et al., 2023; Smetana et al., 2016) and up to 15–20 kg CO₂-eq/kg dry product for cricket and mealworm systems using high-impact feed inputs and energy-intensive drying (Francis, Dang, et al., 2025; Pahmeyer et al., 2022). Land use impacts were generally low compared with conventional livestock, with BSFL requiring <1 m²/kg fresh product and mealworms somewhat higher but still favorable when fed on by-products (Francis, Schmitt, et al., 2025; Oonincx & de Boer, 2012; Smetana et al., 2016). Water use varied substantially from systems relying on crop-based feeds, which had higher freshwater footprints, to waste-fed systems which demonstrated reductions of up to 80% compared to soymeal (Pahmeyer et al., 2022). Nutrient-based LCAs often showed insects performing better than mass-based assessments; for example, cricket flour in Vietnam had climate impacts of 8.99 kg CO₂-eq/kg digestible protein with optimized feed and frass valorization (Francis, Dang, et al., 2025). Studies integrating circularity metrics found that using food waste or agricultural residues as feed not only reduced environmental burdens but also contributed to nutrient recovery, particularly nitrogen and phosphorus (Smetana, Bhatia, et al., 2023). However, unfavorable outcomes emerged in cases where feed inputs had high embedded impacts or when processing (especially oven or freeze-drying) consumed large amounts of energy (Dawson & Salmon, 2024).

When compared to poultry, insects show a mixed performance. Poultry production typically results in 6–10 kg CO₂-eq/kg edible product and requires ~10 m² land per kg product (Fig. 1), with relatively efficient feed conversion ratios (de Vries & de Boer, 2010; Leinonen et al., 2012). Optimized insect systems using low-impact substrates can match or slightly outperform poultry in GHG emissions per kilogram of digestible protein (Francis, Schmitt, et al., 2025; Smetana et al., 2015; Smetana, Ristic, et al., 2023), while offering lower land use and potential for nutrient recycling. However, scenarios with high-input feeds or energy-intensive processing often exceed poultry's impacts (Dawson & Salmon, 2024), making it clear that insects' environmental advantage is conditional on feed sourcing, processing efficiency, and system integration.

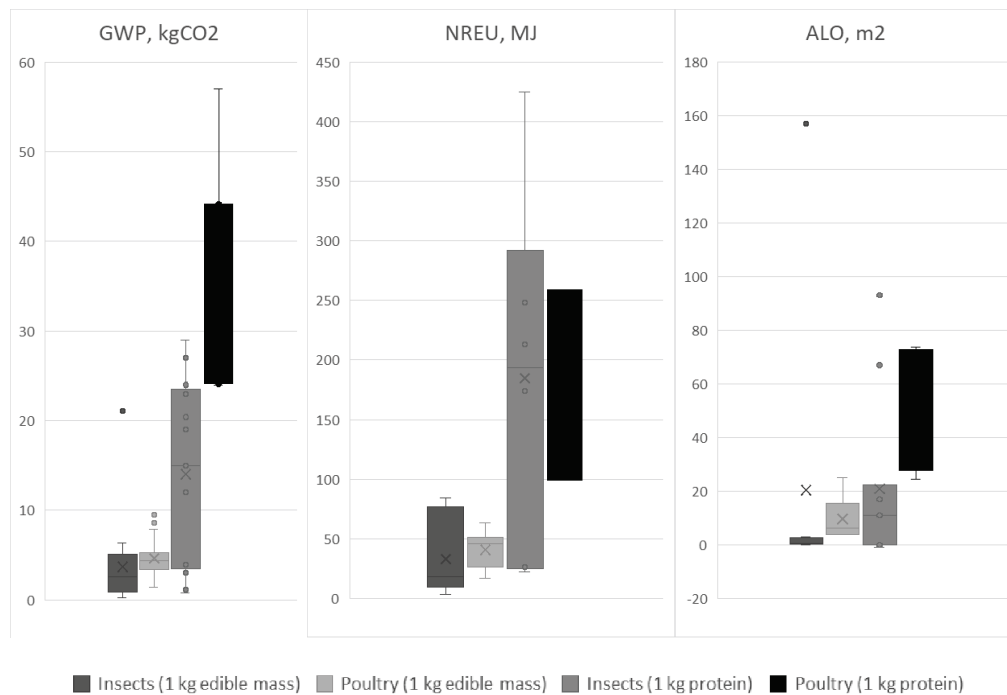


Figure 1. Environmental impact comparison of insect (various species) and poultry production systems (GWP – global warming potential, NREU – non-renewable energy use, ALO – agriculture land occupation)

Discussion

The synthesis of recent LCA studies confirms that insects can be an environmentally competitive protein source when evaluated under optimized production scenarios, but their advantage over conventional proteins, particularly poultry, is conditional. This aligns with our objective to benchmark insects against the most resource-efficient conventional meat source. As demonstrated in literature (Francis, Dang, et al., 2025; Francis, Schmitt, et al., 2025; Smetana et al., 2016), only systems with low-impact good quality feed inputs, efficient rearing, and effective co-product utilization consistently outperform poultry in GHG emissions per unit of nutritional value. The heterogeneity in results underscores the importance of functional unit choice – nutrition-adjusted units often reveal stronger performance for insects than mass-based units, supporting our hypothesis that nutrition-based LCA provides a more accurate sustainability picture.

Circularity emerges as a defining advantage of insect production when designed to valorize organic waste streams. By integrating waste conversion into the protein production chain, insect farming addresses both nutrient recycling and food waste reduction (Smetana, Bhatia, et al., 2023). However, in report for Defra from Ricardo (Dawson & Salmon, 2024) it is demonstrated that this benefit can be eroded when high-impact crop-based feeds or energy-intensive processing. This directly links to our objective of identifying main determinants of sustainability – feed substrate and processing method stand out as primary levers for environmental performance.

Methodological variability across studies remains a major limitation for cross-comparison and policy guidance. Differences in system boundaries, allocation methods, and impact categories introduce significant uncertainty. For example, cradle-to-farm gate assessments may overlook downstream benefits such as avoided feed production through system expansion, while cradle-to-end use boundaries

can integrate broader substitution effects. Harmonization in these methodological choices is essential to produce robust benchmarks, especially when making direct comparisons with poultry or other animal proteins.

Another critical aspect is the energy footprint of processing, particularly drying. For example, drying can account for more than half of total GHG emissions in some systems (Francis, Schmitt, et al., 2025; Pahmeyer et al., 2022). Transitioning to renewable energy sources or adopting less energy-intensive preservation methods would significantly improve insects' comparative performance. This directly supports our objective of identifying intervention points to improve sustainability outcomes.

Finally, while environmental indicators dominate current research, integrating social and economic sustainability dimensions will be necessary to fully understand the role of insects in future protein systems. The market acceptance, regulatory frameworks, and economic viability will strongly influence whether the environmental potential identified in LCAs translates into real-world benefits. Linking LCA with multi-criteria sustainability assessment could strengthen policy relevance and guide investment priorities.

Conclusion

Recent LCAs demonstrate that insect protein can match or surpass poultry's environmental performance under optimal conditions: low-impact feed inputs, efficient rearing, valorization of co-products, and minimized processing energy (as well as alternative energy sources). However, in systems relying on high-impact crops or energy-intensive fossil energy processing, insects' environmental advantages diminish or disappear. Our review confirms that nutrition-adjusted functional units and circularity metrics provide a more accurate and favorable picture of insect production sustainability, however more research is needed in these areas. Future work should prioritize methodological harmonization, integration of circular economy principles, and scenario modeling that includes both environmental and socio-economic dimensions to guide the sustainable scale-up of insect-based feed and food.

References

- Bosch, G., van Zanten, H. H. E., Zamprogna, A., Veenenbos, M., Meijer, N. P., van der Fels-Klerx, H. J., & van Loon, J. J. A. (2019). Conversion of organic resources by black soldier fly larvae: Legislation, efficiency and environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 222, 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.270>
- Dawson, E., & Salmon, J. (2024). *Life Cycle Assessment (LCA) of insect protein used in pig & poultry feeds. LCA background report. Technical Report for Defra (Project ID 21021)*.
- de Vries, M., & de Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1–3), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- Francis, A., Dang, N., Lewin Rukov, J., Siegrist, A., Green, A., Kasthuri Arachchilage, N. S., Olivas, E. H., Brodtkorb, A., & Smetana, S. (2025). Mass-based and nutritional life cycle assessment (nLCA) of crickets as human food. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1–18. <https://doi.org/10.1163/23524588-bja10212>
- Francis, A., Schmitt, E., & Smetana, S. (2025). Making better Bugs: Improving black soldier fly production for a more sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 521, 146240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146240>
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J., Cerutti, A., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 57. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8>
- Leinonen, I., Williams, A. G., Wiseman, J., Guy, J., & Kyriazakis, I. (2012). Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry Science*, 91(1), 8–25.

- Nikkhah, A., Van Haute, S., Jovanovic, V., Jung, H., Dewulf, J., Cirkovic Velickovic, T., & Ghnimi, S. (2021). Life cycle assessment of edible insects (*Protaetia brevitarsis* seulensis larvae) as a future protein and fat source. *Scientific Reports*, 11(1), 14030. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93284-8>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - a life cycle assessment. *PLoS One*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Pahmeyer, M. J., Siddiqui, S. A., Pleissner, D., Gołaszewski, J., Heinz, V., & Smetana, S. (2022). An automated, modular system for organic waste utilization using *Hermetia illucens* larvae: Design, sustainability, and economics. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134727. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134727>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., & Schellnhuber, H. J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2).
- Smetana, S., Bhatia, A., Batta, U., Mouhrim, N., & Tonda, A. (2023). Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe. *Animal Frontiers*, 13(4), 112–120. <https://doi.org/10.1093/af/vfad033>
- Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A., & Heinz, V. (2015). Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(9), 1254–1267. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6>
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A., & Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 137, 741–751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>
- Smetana, S., Ristic, D., Pleissner, D., Tuomisto, H. L., Parniakov, O., & Heinz, V. (2023). Meat substitutes: Resource demands and environmental footprints. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106831. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106831>
- Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2019). Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.042>
- Smetana, S., Spykman, R., & Heinz, V. (2021). Environmental aspects of insect mass production. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 553–571. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0116>
- van der Wiel, B. Z., Weijma, J., van Middelaar, C. E., Kleinke, M., Buisman, C. J. N., & Wichern, F. (2019). Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 3, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100014>
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security (FAO Forest). FAO, United Nations.

Author Address

DIL e.V., Prof-von-Klitzing-Str. 7, Quakenbrück, 49610, Germany

Effizienzverlust durch Endoparasiten

Luise Hohensee¹, Larissa Oser¹, Friederike Ebner¹

¹Professur für Infection Pathogenesis, TUM School of Life Sciences, Technische Universität München

Übersichtsvortrag

Endoparasiten, insbesondere gastrointestinale Nematoden (GIN) wie *Ascaris suum*, *Oesophagostomum spp.* und *Trichuris suis* stellen einen unterschätzten Kostenfaktor in der Schweineproduktion dar. In Deutschland und Europa zeigen Studien, dass zwischen 30 und 75 % der schweinehaltenden Bestriebe von diesen Parasiten betroffen sind, wobei traditionelle oder weniger hygienisch kontrollierte Haltungssysteme besonders anfällig sind. Selbst subklinische Infektionen führen zu deutlichen Leistungseinbußen: Durchschnittliche Tageszunahmen sinken um bis zu 31 %, die Futterverwertung verschlechtert sich um etwa 15–33 %, und infizierte Tiere erreichen Zielgewichte deutlich später. Neben den direkten ökonomischen Effekten wie Minderwuchs und schlechterer Futterverwertung verursachen Endoparasiten auch Organschäden wie Leberveränderungen, Lungenpathologien und Darmveränderungen. Diese können zu Schlachtverlusten und vermindertem Vermarktungswert führen. Modellstudien zeigen, dass mit GIN infizierte Tiere zudem eine erhöhte Anfälligkeit für Sekundärinfektionen und reduzierte Impfantworten zeigen, was die Produktionsrisiken weiter verstärkt. Die individuelle Schwere dieser Effekte korreliert stark mit der Wurmlast - entweder der Anzahl migrierender Larven oder adulter Parasiten, denn bei hohen Wurmlasten konkurrieren die Würmer direkt mit dem Wirt um Nährstoffe.

Aktuell stützt sich die Parasitenkontrolle fast ausschließlich auf Anthelminthika. In der EU sind dies vorrangig Benzimidazole, Makrozyklische Laktone und Imidazothiazole. Während die Behandlung den Verlust an Mastleistung und Organschäden signifikant reduziert, zeigen erste Feldstudien bereits Anzeichen für nachlassende Wirksamkeit zB. bei *Oesophagostomum spp.*, und regulatorische wie marktgetriebene Einschränkungen (Rückstandshöchstgrenzen, Einschränkungen erlaubter Wirkstoffklassen, Umwelteinträge von Anthelmintika) erschweren den Einsatz weiter. Hygiene, Stallstruktur, Bodenbeschaffenheit, Tiefen des Einstreusystems, All-in-all-out-Management und Zuchtstrategien spielen entscheidende Rollen in der Prävention, doch insbesondere bei kleinen Betrieben oder Freilandhaltung sind diese Maßnahmen oft nur eingeschränkt umsetzbar. Alternative Ansätze wie Futteradditive, Probiotika oder selektive Zucht zur Steigerung der Resistenz befinden sich noch in frühen Evaluationsstadien und können bisher keine vollständige Kontrolle gewährleisten.

Trotz der bekannten ökonomischen und gesundheitlichen Folgen bestehen wesentliche Wissenslücken: Warum entwickeln Schweine keine sterilisierende Immunität gegen Endoparasiten? Wie beeinflussen Immunantworten der Tiere die Pathogenese und den Energieverbrauch des Tieres? Welche Mechanismen liegen der reduzierten Impfantwort bei infizierten Tieren zugrunde? Warum gibt es keinen wirksamen Impfstoff? Wie können Wurmlast, Management und Genetik systematisch kombiniert werden, um nachhaltige Kontrollstrategien zu entwickeln? Diese Fragen werden im Rahmen des Vortrags am Beispiel der häufigsten GIN im Schwein diskutiert.

Ascaris suum, der häufigste gastrointestinale Nematode bei Schweinen, ernährt sich z.B. primär von vorverdauter Nahrung im Dünndarm, wodurch er direkt mit dem Wirt um Nährstoffe konkurriert.

Gleichzeitig induziert der Parasit eine **Th2-dominierte Immunantwort**, die Energie für Antikörperproduktion, Mastzellen- und Eosinophilenaktivierung sowie Schleimsekretion bindet. Studien in Kleintiermodellen deuten darauf hin, dass solche Immunprozesse **bis zu 10–15 % des täglichen Energiebedarfs** benötigen können. Alle Aspekte zusammen bedeuten erhebliche ökonomischen Verluste in der Schweinehaltung und unterstreichen die Notwendigkeit integrierter Kontroll- und Managementstrategie. Vor allem aber wird deutlich, wie wenig wir bislang von der komplexen Beziehung zwischen Wirt und Parasit verstehen – und welches Potenzial in ihrem besseren Verständnis für die Tiergesundheit und die nachhaltige Schweineproduktion liegt.

Autorenanschrift

Prof. Dr. rer. nat. Friederike Ebner
Technische Universität München
TUM School of Life Sciences - Infection Pathogenesis
Liesel-Beckmann-Str. 1
85354 Freising
Tel.: +49 8161 71 2004
e-mail: friederike.ebner@tum.de

Das Konzept hinter der QS-Klimaplattform

Thomas May¹

¹QS Qualität und Sicherheit GmbH

Einleitung

Klimadaten gewinnen immer mehr an Bedeutung. Europäische und nationale Regelungen fordern Treibhausgasminderungen und Unternehmen brauchen valide Klimadaten - auch CO₂-Daten aus den vorgelagerten Produktionsstufen wie beispielsweise der Landwirtschaft - für ihre Nachhaltigkeitsberichterstattung (EU-Richtlinie CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive). Gleichzeitig investieren Banken und Versicherungen in nachhaltigere Unternehmen, entsprechende Klimabilanzen sind von Vorteil.

Die QS-Klimaplattform ist eine Branchenlösung. Entwickelt durch Organisationen, die das landwirtschaftliche Umfeld genauestens kennen. Die Landwirtschaftskammern Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) sowie das Thünen-Institut und das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) haben ihre Expertise aus der Berechnung von Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung in ein harmonisiertes Berechnungsmodell für die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks von Mastschweinen einfließen lassen.

Ergebnisse

Seit dem 15. August können Schweinehalter die Primärdaten für die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks in eine Eingabemaske in der QS-Klimaplattform eingeben. Ende September können dann auch alle Betriebe, die diese Daten vollständig dort hinterlegt haben, ihren CO₂-Fußabdruck berechnen. Wenn der Tierhalter wünscht, kann er seinen CO₂-Wert dann für die Schlachtbetriebe freischalten. Die nachgelagerten Abnehmer können über eine bereits etablierte Schnittstelle die Werte abfragen. Ebenfalls können Tierhalter weiteren Interessierten wie Beratern oder auch der Bank oder Versicherung diese Daten zur Verfügung stellen.

Fazit

Mit der Branchenlösung wurde eine zentrale Datenerfassung und Datenauswertung geschaffen. Die Ergebnisse sind vergleichbar, individuelle Lösungen und mehrfache Erfassungen von teilweise unterschiedlichen Daten für unterschiedliche Empfänger werden vermieden. Zudem ermöglicht die Branchenlösung die Klimaleistung in der Nutztierhaltung insgesamt sichtbar zu machen und die einzelnen Landwirte erhalten die Möglichkeit, betriebsindividuelles Verbesserungspotential zu finden und die eigene Klimabilanz zu optimieren.

Nach dem Berechnungsmodell für die Schweinemast werden weitere Tierarten und Nutzungsrichtungen, z.B. die Ferkelerzeugung, folgen. Das Modell für Milchviehbetriebe ist weitgehend fertiggestellt. Daraus werden die Anforderungen für die Mastrinder abgeleitet. Die Vertreter der Geflügelwirtschaft haben die Anforderungen für die Geflügelmast bereits abgestimmt, die Umsetzung erfolgt zeitnah. Zudem wird

auch die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks für den Ackerbau sowie für die Produktion von Obst, Gemüse und Kartoffeln mit Nachdruck weiterverfolgt.

Autorenanschrift/ Author Address

Thomas May
Bereichsleiter Fleischwirtschaft und Lebensmittelhandel
E-Mail: thomas.may@q-s.de



Bewertung von Nebenprodukten in der Schweinemast – synergistische Effekte nutzen

Reinhard Puntigam¹, Stefan Hörtenhuber², Eduard Schneeberger³, Florian Berns-Müller¹, Wolfgang Preißinger⁴

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, 59494 Soest

²Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, 1180 Wien

³Garant-Tiernahrung, 3380 Pöchlarn

⁴Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 97359 Schwarzach am Main

Einleitung

Das kontinuierliche Wachstum der Weltbevölkerung lässt die Nachfrage nach Lebensmitteln weiter steigen. Dies gilt in hohem Maße für Lebensmittel tierischer Herkunft, vor allem für Fleisch, da dieses als Symbol für Wohlstand erachtet wird (Drewnowski and Hooker, 2025). Während in den Industrienationen ein Mehrfaches der erforderlichen Aufnahmemenge an tierischem Protein verzehrt wird, leiden weltweit etwa 820 Mio. Menschen an Hunger (Mangel an Makronährstoffen), während ca. 2 Mrd. Menschen vom sogenannten „hidden hunger“ (Mangel an Mikronährstoffen) betroffen sind (Cooper et al., 2021). Infolgedessen gewinnt die Nahrungskonkurrenz zwischen Menschen und Nutztieren zunehmend an gesellschaftliche Diskussion, denn die landwirtschaftliche Nutzfläche wird auf Grund vielfältigster lang- und kurzfristiger Faktoren knapper (z.B. Anstieg Weltbevölkerung, Urbanisierung und Flächenversiegelung, Erosion und Desertifikation, Krieg, etc.). Auf Basis des potenziell human-verwertbaren Anteils (human edible fraction, hef) einer Ration wird es möglich gemacht, die Nahrungsmittelkonkurrenz in der Nutztierernährung zu bewerten. Wiederkäuer weisen auf Grund hoher Anteile an Grobfutter, wie (Weide-) Gras oder Grassilage, das nicht für die menschliche Ernährung zugänglich ist, relativ geringe hef-Anteile in deren Rationen auf. Demgegenüber stehen monogastrische Nutztiere wie Schweine und Geflügel, deren Rationsgestaltung auf nährstoffreichen Komponenten wie Getreide und Soja basiert, in deutlicher höherer Konkurrenz (zwei Drittel bis drei Viertel) da diese auch direkt zu einem hohen Maße vom Menschen verzehrt werden könnten (Wilkinson, 2011). Nebenprodukte der Lebensmittelbe- und -verarbeitung weisen oftmals sehr geringe beziehungsweise vernachlässigbare hef-Anteile aus, wodurch ein wertvoller Beitrag zur Reduktion der Nahrungsmittelkonkurrenz geleistet werden kann (Ertl et al., 2015). Während hef die Futtermittel – im vorliegenden Beitrag über Protein – in Bezug auf ihre potenzielle Eignung für den menschlichen Verzehr bewertet, liefert die Lebensmittel-Konversions-Effizienz (engl. hefCE - human edible feed conversion efficiency) eine umfassendere Betrachtung. Die hefCE beschreibt unter Berücksichtigung des Futterbedarfs die Effizienz der genutzten human-verwertbaren Protein- bzw. Energiemenge im Futter im Verhältnis zum für Menschen essbare Protein- bzw. Energiemenge in den tierischen Produkten (Ertl et al., 2015). Wenn die hefCE steigen soll, muss demnach der potentiell human-verwertbare Anteil im Futter sinken. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass beim Einsatz von Nebenprodukten zwingend die Kenntnis der wertgebenden Nährstoffe erforderlich sind, um eine Unter- bzw. Überversorgung der Tiere zu vermeiden. Dieser Umstand betrifft im speziellen den oftmals hohen Gehalt an Phosphor (P) sowie Stickstoff (N). Zusätzlich bietet DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score) eine Kenngröße, um neben der hefCE, zusätzlich die Proteinqualität des Futter- und Lebensmittels zu bewerten. Im folglich dargestellten Fütterungsversuch soll der Effekt ansteigender Anteile an Nebenprodukten in Schweinemastrationen auf die Mast- und Schlachtleistungen, die N- und P-Ausscheidung, die Treibhausgasemissionen der Futtermittel und Rationen, potenziell humanverwertbare Anteile des Proteins in den Mastrationen, die hefCE und DIAAS der vier Futtergruppen sowie die Kosten der Rationen und der Erlöse über Futterkosten je Mastschwein untersucht werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde am Staatsgut Schwarzenau der Bayerischen Staatsgüter durchgeführt. Dazu wurden 96 Ferkel (ca. 27 kg LM) der Genetik Pi x (DL x DE) nach Wurf, Geschlecht und Lebendmasse (LM) den 4 Fütterungsgruppen (FG; 8 Buchten zu je 12 Tiere) zugeordnet. Die Rationen gliederten sich in eine Anfangs- (30-75 kg LM) und Endmast (75-120 kg LM) und wurden *ab libitum* mittels Abrufstation in pelletierter Form angeboten. Während in der Kontrollgruppe (Futtergruppe A) der Anteil an Getreide konventionellen Verhältnissen entsprach (Anfangsmast, AM: ca. 80%; Endmast, EM: ca. 90%; hef Protein ca. 70%) wurde dieser in den verbleibenden FG mit alternativen Eiweißfuttermitteln und hohem (B), mittlerem (C) sowie geringem (D) humanverwertbaren Futteranteil sukzessive reduziert. Als Ausgleich erfolgte hierzu der zunehmende Einsatz an Nebenprodukten, wie Weizenkleie und -nachmehl, sowie Trockenschnitzel. In den Futtergruppen B, C, D wurde ebenfalls der Anteil an Sojaextraktionsschrot durch Eiweißalternativen (Maisschlempe, Sonnenblumenschrot und Rapskuchen) vollständig ersetzt. Die Rationen wiesen einem mittleren gewichteten Gehalt an Rohprotein von ca. 142 g/kg TF (88 % TM) auf. Der hohe Anteil an Faser der Nebenprodukte machte einen gesteigerten Anteil an Fett erforderlich, um die Rationen isokalorisch zu gestalten.

Tabelle 1: Zusammensetzung und kalkulierte Nährstoffgehalte der Futtermischungen

	hef-Anteil	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
	Protein, %	A	B	C	D	A	B	C	D
Gerste	65	35,0	15,0	15,0	15,0	35,1	25,0	15,0	15,0
Weizen	80	15,8	22,6			23,7	28,0		
Triticale	80	15,0	15,0	20,7	23,3	15,0	15,0	22,1	19,0
Körnermais	80	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	15,0	
Sojaextr.-Schrot, HP	71	14,8				6,3			
Weizenkleie	10			10,0	15,0	1,0		15,0	20,0
Weizennachmehl	20			10,0	15,0			25,0	30,0
Maisschlempe	0		10,0	8,5	5,0		5,0		
Sonnenblumenschrot	30		10,6	7,5	5,0		5,0	1,0	
Maiskleberfutter	40				5,0				5,0
Rapskuchen	36		7,0	6,5	5,0		3,1	1,0	
Trockenschnitzel	0				5,0				5,0
Geflügelfett	0		1,3	3,0	3,1		0,4	2,4	2,8
Melasse	40	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0
Calciumcarbonat		0,73	0,60	0,63	0,60	0,70	0,58	0,62	0,58
Magnesiumoxid		0,10				0,10	0,10		
Monocalciumphosphat		0,25							
Viehsalz		0,32	0,26	0,27	0,24	0,33	0,30	0,33	0,28
Lysin-HCl 98		0,45	0,64	0,63	0,58	0,44	0,52	0,48	0,42
DL-Methionin		0,09				0,06	0,05		0,05
L-Threonin		0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,14	0,15	0,11
VM Tryptophan		0,10	0,16	0,19	0,15		0,10	0,08	
VM Phytase		0,30	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
VM Schweinemast		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
VM Vitamin E Erg.		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
VM Heimatversp.				0,10	0,10			0,13	
Kalkuliert, 88% TM									
Energie, ME, MJ		13,0	13,0	13,0	12,5	13,0	13,0	13,0	12,5
Verd. Lysin / ME, g/MJ		7,3	7,3	7,3	7,5	5,8	5,8	5,8	5,8
Verd. Lysin, %		0,95	0,95	0,95	0,91	0,75	0,75	0,75	0,73
Rohprotein, %		16,0	16,8	16,8	16,7	13,0	13,6	13,6	14,5
Rohfaser, %		3,2	5,3	5,3	6,1	3,2	4,1	3,8	5,0
Rohfett, %		2,1	4,5	6,5	6,2	2,0	3,0	5,3	5,7

Tabelle 1: Zusammensetzung und kalkulierte Nährstoffgehalte der Futtermischungen

	hef-Anteil Protein, %	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Stärke, %		45,4	39,5	35,3	30,8	50,2	47,6	43,1	35,6
Phosphor, %		0,39	0,47	0,56	0,61	0,32	0,38	0,53	0,61
Anteil Getreide, %		81	68	51	38	89	83	52	34
hef-Werte aus Ertl et al. 2015									
hef-Werte für synthetische Aminosäuren = 100									
*gemittelter Proteingehalt über die gesamte Mast: ca. 142 g/kg Trockenfutter (88% TM)									
VM, Vormischung.									

Erhoben wurden neben den klassischen Mast- (tägliche Lebendmassezunahme, Futter- sowie Energieverbrauch- und -aufwand) auch Parameter zur Schlachtleistung und Fleischqualität. Die N- und P-Ausscheidung wurde mittels Massenbilanzierung nach DLG (2019, MB 418) kalkuliert und basiert auf den kalkulierten Gehalten an N und P der Futtermischungen. Der CO₂-Fußabdruck der Futtermittel bzw. Rationen wurde mittels Agri-Footprint-Datensätzen (Blonk Agri-footprint BV, 2017) unter ökonomischer Allokation in der Software SimaPro (v 10.1) mit der Umweltwirkungsabschätzungsmethode „EF 3.1“ (IPCC, 2021, für die GWP₁₀₀-Umrechnungsfaktoren) kalkuliert. Die Schlachtgewichte (SG) und die Muskelfleischanteile (MFA) wurden mit einer in Bayern verbreiteten Abrechnungsmaske abgeglichen. Der optimale Gewichtsbereich lag zwischen 84 und 110 kg SG. Der Basispreis errechnete sich bei 57% MFA. Die Systemgrenzen lagen zwischen 84 und 120 kg SG bei 61% MFA. Unter 84 kg SG wurden maximal 57% MFA berücksichtigt. Statistisch wurden die aufbereiteten Daten mittels SAS® (Version 9.4) ausgewertet. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von <0,05 herangezogen. Die Ergebnisse werden in Folge als LSMeans ausgewiesen.

Ergebnisse

In der Tabelle 2 werden die Ergebnisse der analysierten Gehalte an ausgewählten Nährstoffen der Futtermischungen veranschaulicht. Es kann eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden. Der hohe Einsatz an Fett resultierte in vergleichbaren Gehalten an umsetzbarer Energie, wenngleich der Gehalt an Faser mit zunehmendem Grad an Nebenprodukten deutlich stieg. Dem gegenüber kann eine deutliche Reduktion an Stärke nachgewiesen werden. Zusätzlich ist ein deutlicher Anstieg an P in den Futtermischungen zu verzeichnen.

Tabelle 2: Gehalt an Nährstoffen und Energie der Futtermischungen, in g/kg TF (88 % DM)

	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Trockenmasse	896	899	902	905	891	891	896	899
Rohasche	43	44	49	52	38	39	40	50
Rohprotein	155	153	158	158	121	129	124	135
Energie, MJ ME	13,24	12,86	12,98	12,55	13,27	12,97	13,36	12,83
Netto Energie	10,13	10,03	10,12	9,73	10,35	10,17	10,57	10,06
Lysin : Energie, 1 : ...	0,77	0,80	0,81	0,83	0,61	0,64	0,59	0,66
Rohfaser	37	52	55	63	32	43	42	53
Rohfett	23	38	58	57	21	27	52	55
Stärke	472	449	384	337	524	498	457	384
Zucker	35	33	34	43	30	28	36	44
aNDFom	118	138	161	183	107	116	148	185
ADFom	48	71	77	87	43	57	53	70
Calcium	6,3	6,8	8,1	6,2	5,5	5,7	5,5	6,7

Tabelle 2: Gehalt an Nährstoffen und Energie der Futtermischungen, in g/kg TF (88 % DM)

	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Phosphor	4,1	4,7	6,0	6,4	3,4	4,1	5,4	6,4
Natrium	1,49	1,27	1,5	1,65	1,62	1,51	1,43	1,82
Magnesium	1,8	2,2	2,5	2,7	2,2	2,1	2,2	2,5
Kalium	6,9	5,9	7,0	8,0	5,4	5,2	6,0	7,2
Schwefel	1,9	2,1	2,4	2,5	1,6	1,9	1,7	2,1
Eisen, mg	191,9	242,3	207,6	266,7	197,2	191	224,5	260,0
Kupfer, mg	19,6	22,8	32,8	21,5	19,3	22,4	21,0	38,0
Zink, mg	88,9	97,1	123,2	109,7	88,9	101,0	115,1	131,2
Mangan, mg	55,1	53,6	85,9	79,9	56,2	68,1	85,5	115,7
Lysin	10,19	10,28	10,47	10,40	8,14	8,25	7,94	8,49
Methionin	2,75	2,62	3,11	2,69	2,21	2,43	2,19	2,49
Cystin	2,92	3,12	3,33	3,12	2,54	2,80	2,60	2,75
Threonin	6,37	6,63	6,93	6,69	5,14	5,36	5,14	5,43
Tryptophan	1,75	1,65	1,73	1,73	1,19	1,28	1,28	1,37
Valin	6,77	6,17	6,87	6,63	5,45	5,76	5,25	5,80

In der Tabelle 3 und 4 werden die Leistungsdaten aus dem Schweinemastversuch dargestellt. Insgesamt konnten im veranschaulichten Fütterungsversuch sehr hohe Leistungen erzielt werden. Speziell in der Anfangsmast konnte eine reduzierte Lebendmassezunahme der Tiere nachgewiesen werden, dieser Umstand könnte auf die Schmackhaftigkeit und den damit verbundenen verringerten Futterverbrauch zurückzuführen sein. Während sich der Futteraufwand zwischen den Futtergruppen nicht unterschied, wiesen Tiere mit gesteigertem Einsatz an Nebenprodukten geringere Werte für diesen Parameter aus. Demgegenüber sinkt der Energieaufwand je kg Lebendmassezunachs bei gleichbleibendem Energieverbrauch der Tiere pro Tag.

Tabelle 3: Ergebnisse der Mastleistung

Parameter	Futtergruppe				p-Wert FG	Sex	FG x Sex
	A	B	C	D			
Lebendmasse, kg							
Start	27,2	27,1	27,2	27,4	0,9891	0,5639	0,9953
Futterumstellung	85,4	82,4	83,7	80,8	0,0656	0,0003	0,6904
Endgewicht	121,5 ^a	118,3 ^b	121,6 ^a	118,1 ^b	0,0283	0,0001	0,4364
Lebendmassezunachs, kg							
Anfangsmast	58,2 ^a	55,3 ^{ab}	56,5 ^{ab}	53,4 ^b	0,0241	<0,0001	0,5361
Endmast	36,1	35,9	37,9	37,3	0,3353	0,7414	0,3811
Gesamt	94,3 ^{ab}	91,2 ^{bc}	94,3 ^a	90,7 ^c	0,0317	<0,0001	0,4298
Lebendmassezunahme, g/Tag							
Anfangsmast	924 ^a	878 ^{ab}	896 ^{ab}	848 ^b	0,0241	<0,0001	0,5361
Endmast	972	917	948	934	0,4639	0,0031	0,9878
Gesamt	942 ^a	892 ^b	918 ^{ab}	880 ^b	0,0471	<0,0001	0,7828
Mastdauer, Tage							
Anfangsmast	63	63	63	63			
Endmast	37	40	40	41	0,2371	0,0083	0,5744
Gesamt	100	103	103	104	0,2371	0,0083	0,5744
Futterverbrauch, kg/Tag							
Anfangsmast	2,00 ^a	1,94 ^{ab}	1,95 ^{ab}	1,87 ^b	0,0134	<0,0001	0,4912
Endmast	2,87 ^a	2,58 ^b	2,57 ^b	2,66 ^b	0,0010	0,0007	0,2589
Gesamt	2,32 ^a	2,19 ^b	2,19 ^b	2,18 ^b	0,0040	<0,0001	0,9026
Futteraufwand, kg/kg							
Anfangsmast	2,16	2,23	2,21	2,19	0,7396	<0,0001	0,5347
Endmast	2,97	2,79	2,78	2,84	0,1375	0,0011	0,4096
Gesamt	2,47	2,46	2,44	2,46	0,9307	<0,0001	0,8239

Tabelle 3: Ergebnisse der Mastleistung

Parameter	Futtergruppe		C	D	p-Wert FG	Sex	FG x Sex
	A	B					
Energieaufwand, MJ/kg							
Anfangsmast	25,96 ^a	25,23 ^a	25,34 ^a	23,32 ^b	0,0034	<0,0001	0,4669
Endmast	37,31 ^a	33,49 ^b	33,39 ^b	33,31 ^b	0,0003	0,0007	0,2460
Gesamt	30,17 ^a	28,41 ^b	28,52 ^b	27,22 ^c	<0,0001	<0,0001	0,8668
Energieverbrauch, MJ/Tag							
Anfangsmast	28,14	29,00	28,78	27,34	0,1883	<0,0001	0,4992
Endmast	38,56 ^a	36,32 ^b	36,16 ^b	35,45 ^b	0,0376	0,0009	0,3876
Gesamt	32,09	31,93	31,68	30,69	0,1155	<0,0001	0,7682
Input							
N, kg	5,442	5,507	5,575	5,640	0,2554	<0,0001	0,8347
P, g	831 ^d	960 ^c	1,240 ^b	1,374 ^a	<0,0001	<0,0001	0,7491
Retention							
N, kg	2,414 ^{ab}	2,335 ^{bc}	2,415 ^a	2,322 ^c	0,0317	<0,0001	0,4298
P, g	481 ^{ab}	465 ^{bc}	481 ^a	463 ^c	0,0317	<0,0001	0,4298
Ausscheidung							
N, kg	3,029	3,168	3,186	3,290	0,1101	<0,0001	0,8463
P, g	351 ^d	494 ^c	764 ^b	905 ^a	<0,0001	<0,0001	0,7545

Der geringere Lebendmassezuwachs in Futtergruppe C resultierte in geringerer N-Retention, während dessen sich die N-Ausscheidung zwischen den Gruppen nicht unterschied. Besonders hervorzuheben, gilt es die P-Aufnahme sowie dessen Ausscheidung. Während die Tiere der Versuchsgruppen 16, 49 und 65 % mehr an P aufnahmen, schieden diesen bei geringerer Retention deutlich mehr an kalkulierem P aus (41, 118 und 158%).

In der Tabelle 4 werden die Schlachtleistungen sowie Parameter zur Fleischqualität veranschaulicht. Das Schlachtkörpergewicht lag in Futtergruppe C und D geringer im Vergleich zu den weiteren Gruppen. Ebenfalls sank mit zunehmendem Anteil an Nebenprodukt auf Ausschlachtung. Dieser Umstand kann durch den gesteigerten Anteil an Faser und die Volumenvergrößerung des Gastrointestinaltraktes zurückgeführt werden (Daten in Auswertung). Ein numerisch verringertes Fleischmaß unter reduziertem Speckmaß und reduzierter Fettfläche unter Einsatz von gesteigerten Mengen an Nebenprodukten ließ beim Muskelfleischanteil der Tiere keinen Unterschied nachweisen. Die Parameter der Fleischqualität blieben Großteils unbeeinflusst.

Tabelle 4: Ergebnisse der Schlachtleistung sowie Fleischqualität

Parameter	Futtergruppe		C	D	p-Wert FG	Sex	FG x Sex
	A	B					
Schlachtkörpergewicht, kg	98,7 ^a	96,0 ^{bc}	97,6 ^{ab}	94,4 ^c	0,0015	0,0004	0,3185
Ausschlachtung, %	81,27 ^a	81,16 ^a	80,27 ^b	79,95 ^b	0,0042	0,0795	0,6589
Schlachtkörperlänge, mm	1,013 ^b	1,009 ^b	1,027 ^a	1,013 ^b	0,0126	0,2654	0,1767
Speckmaß Mittel, mm	19,53	18,39	18,84	18,92	0,7622	<0,0001	0,9457
Speckmaß B RM, mm	10,12 ^a	8,95 ^{ab}	8,78 ^{ab}	7,98 ^b	0,0078	<0,0001	0,8133
Speckmaß, B+M, mm	84,20	83,21	84,26	81,96	0,6206	0,5506	0,6974
Seitenspeck, mm	29,05	25,49	26,11	24,87	0,0551	<0,0001	0,7402
Muskelfleischanteil, %	59,48	59,53	60,39	60,27	0,2859	<0,0001	0,2302
Fleischmaß, mm	68,26	65,74	68,10	66,41	0,4317	0,8782	0,1604
Speckmaß, mm	14,82	14,29	13,74	13,56	0,1837	<0,0001	0,5723
Leitfähigkeit, Kotelett, 24 h	3,99	4,81	4,62	4,23	0,0506	0,8432	0,1893
Leitfähigkeit, Schinken, 24 h	2,26	2,40	2,50	2,36	0,1053	0,2745	0,5872
pH Wert, Kotelett, 45 min.	6,53 ^a	6,39 ^b	6,45 ^{ab}	6,48 ^a	0,0221	0,0825	0,7309

Tabelle 4: Ergebnisse der Schlachtleistung sowie Fleischqualität

Parameter	Futtergruppe				p-Wert	Sex	FG x Sex
	A	B	C	D	FG		
pH Wert, Kotelett, 24 h	5,35	5,32	5,34	5,32	0,3989	0,2318	0,7245
pH Wert, Schinken, 24 h	5,49	5,44	5,48	5,51	0,1464	0,2276	0,3073
Fleischfläche, cm ²	59,88	60,22	60,75	60,77	0,9140	0,0111	0,6183
Fettfläche, cm ²	17,97 ^a	16,96 ^a	16,66 ^{ab}	15,37 ^b	0,0305	<0,0001	0,9462
Fleisch : Fett-Verhältnis, 1 : ...	30,24 ^a	28,55 ^{ab}	27,57 ^{bc}	25,54 ^c	0,0077	<0,0001	0,8909
Schlachthälftengewicht, kg	48,38 ^a	47,03 ^{bc}	47,80 ^{ab}	46,23 ^c	0,0015	0,0004	0,3185
Fleischanteil im Bauch, %	56,02 ^b	57,82 ^{ab}	58,01 ^a	59,11 ^a	0,0215	<0,0001	0,9768

In der Tabelle 5 wird der kalkulierte Futterverbrauch je Futtergruppe und Mastphase sowie der Gesamtverbrauch dargestellt. Darauf basierend wurde der CO₂-Fußabdruck je Futtergruppe und Phase sowie je Gesamtfutterverbrauch kalkuliert.

Tabelle 5: Kalkulierter Futterverbrauch je Futterphase

Futterverbrauch, kg/Tier	A	B	C	D
Anfangsmast	126	123	125	117
Endmast	107	100	105	106
Gesamt	233	224	230	223

In der Tabelle 6 werden die kalkulierten Treibhausgasemissionen, die heFCE und (mittels DIAAs-Score) sowie die Proteinqualitäts-korrigierte heFCE dargestellt. Durch den gesteigerten Einsatz von Nebenprodukten kann der CO₂-Fußabdruck der Fütterung deutlich (bis zu ca. 40 % im Vergleich zu FG A) reduziert werden. Darüber hinaus steigt die heFCE kontinuierlich an, speziell dann, wenn neben der generierten Proteinmenge auch deren Qualität berücksichtigt wird. Mehr als das Doppelte (A, B) bis zur 1,2-fachen Proteinmenge im Schweinefleisch wird zuvor als potentiell human-verwertbares Futterprotein eingesetzt. Unter Berücksichtigung der DIAAs-Proteinqualität des pflanzlichen Futterproteins und des tierischen Proteins im Schweinefleisch dreht sich dieses Verhältnis um und unter hohem Einsatz an Nebenprodukten in den Rationen wird eine – im Durchschnitt von B bis D – doppelte qualitätskorrigierte Proteinmenge mit dem Fleisch gegenüber dem nahrungstauglichen Futter als Lebensmittel verfügbar.

Tabelle 6: Kalkulierte Treibhausgasemissionen, heFCE und (mittels DIAAs-Score) Proteinqualitäts-korrigierte heFCE der Futtermittel bzw. Rationen

CO ₂ eq, kg	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Alleinfutter, kg CO ₂ eq je kg	0,929	0,620	0,573	0,569	0,713	0,589	0,490	0,478
Anfangsm., Summe kg CO ₂ eq	117	76	72	67				
Endmast, Summe kg CO ₂ eq					76	59	51	51
Gesamt, Summe kg CO ₂ eq	193		135		123		118	
Gesamt, rel., %	100		70 (-30)		64 (-36)		61 (-39)	
hef und heFCE	Anfangsmast (30-75 kg LM)				Endmast (75-120 kg LM)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Alleinfutter, hef-Anteil, %	68,7	57,2	45,6	37,8	69,1	64,4	46,2	34,6
heFCE	0,411		0,455		0,625		0,784	
heFCE Proteinqualitäts-korrigiert (mit DIAAs-Score)	0,878		1,600		2,053		2,231	

In der Tabelle 7 wird abschließend die ökonomische Bewertung dargestellt. Der Schlachterlös je kg unterscheidet sich nicht, währenddessen dieser je Schwein speziell in FG D absinkt. Zusätzlich werden die Futterkosten als Rohstoffpreise (ohne Produktions-, Energie- und Frachtkosten) je Mastschwein für die Jahre 2023, 2024 und 2025 ausgewiesen. Kalkuliert man folglich den Erlös über Futterkosten je Mastschwein, so erzielt der Mittelwert über alle Versuchsgruppen nahezu jenen der Kontrollgruppe (145,5 vs. 146,0 €/Mastschwein).

Tabelle 7: Kalkulierte Futterkosten (Rohstoffpreise), Schlachterlöse und Erlös über Futterkosten

	A	B	C	D
Schlachterlös, €/kg	2,04	2,05	2,06	2,06
Schlachterlös, €/Schwein	201,3	196,8	201,1	194,5
Futterkosten, €/kg				
09.2023	57,9	55,4	54,5	50,2
09.2024	53,7	51,1	50,4	45,4
09.2025	55,0	54,1	53,6	48,1
Erlös über Futterkosten €/ Mastschwein (2025)	146,0	142,9	147,4	145,9

Für 2023, 2024 und 2025; €/dt; AM: A, 26,17; 24,28; 24,54; B, 25,98; 23,90; 25,22; C, 25,50; 23,57; 24,94; D, 23,94; 21,89; 23,09; EM: A, 23,29; 21,59; 22,49; B, 23,46; 21,73; 23,05; C, 21,53; 19,97; 21,35; D, 20,89; 18,70; 19,91.

Diskussion

Mit den dargestellten Ergebnissen kann veranschaulicht werden, dass mit zunehmendem Einsatz an alternativen Futtermitteln eine hohe Leistungsfähigkeit der Tiere aufrechterhalten werden kann. Futtergruppe B, C und D weisen im Mittel über den gesamten Versuchszeitraum eine Lebendmassezunahme von ca. 900 g/Tag aus und liegen damit ca. 40 g unter jenen Tieren der Kontrollgruppe. Vergleichbare Ergebnisse konnten auch in der Fütterungsstudie von Schedle (2024) nachgewiesen werden, auch dort resultierte der hohe Einsatz an Nebenprodukten in reduzierten Zunahmen (898 vs. 875 g/Tag). Dieser Umstand mag auf einen reduzierten Futterverbrauch zurückzuführen sein, ca. 130 g/Tag im Zuge des gesamten Betrachtungszeitraumes. Auch dieser Umstand deckt sich sehr gut mit den Ergebnissen von Schedle (2024) sowie Schop et al. (2024) und könnte auf den Effekt der Schmackhaftigkeit sowie dem hohen Faseranteil und der damit verbundenen physikalischen Sättigungswirkung zurückzuführen sein. Dieses Ergebnis kann mit nahezu identem Verbrauch an umsetzbarer Energie im Vergleich der Futtergruppen dargestellt werden. Der Futteraufwand wurde durch den hohen Einsatz an Nebenprodukten nicht beeinflusst, dies deckt sich mit den Ergebnissen von Schedle (2024). Demgegenüber sank diese in der Arbeit von Gerritsen et al. (2024) deutlich, was auf eine deutliche Reduktion der Gesamttraktverdaulichkeit der organischen Masse zurückzuführen war. Die Ergebnisse in dieser Arbeit wurden mit Absetzferkel durchgeführt und die damit verringerte Kapazität zur Fermentation im hinteren Verdauungstrakt könnte eine Erklärung sein (Jørgensen et al., 1996; Le Goff & Noblet, 2001). Die reduzierte Ausschachtung im dargestellten Versuch, wie auch die ermittelten Gewichte des Gastrointestinaltraktes (Daten in Auswertung) können hierzu als erstes Indiz herangezogen werden. Darüber hinaus sollen die dargestellten Alleinfuttermittel auf deren Gesamttraktverdaulichkeit der Nährstoff untersucht werden (Proben in Analytik). Die Schlachtleistungen sowie die Parameter zur Fleischqualität blieben unbeeinflusst, was sich ebenfalls mit der Arbeit von Schedle (2024) sowie Kowalski et al. (2024) deckt. Mit zunehmendem Anteil an Nebenprodukten kann ein deutlicher Anstieg der P-Aufnahme nachgewiesen werden (+16, +49 und +65%), was bei etwas geringerer P-Retention eine deutlich höhere P-Ausscheidung zur Folge hat (+41, +118 und +158%). Diese ist auf den hohen Gehalt an P der Nebenprodukte zurückzuführen (Rosenfelder et al., 2013) und wird in all den hier dargestellten Forschungsarbeiten beschrieben.

Die N-Ausscheidung deckt sich mit einem mittleren Gehalt an Rohprotein von ca. 140 g/kg TF gut mit den Angaben der DLG (MB 418, 2019). Mit steigendem Einsatz von Nebenprodukten konnte eine

deutliche Verringerung des CO₂-Fußabdruckes je Mastschwein nachgewiesen werden (-30, -36, -39%) was ebenfalls in der Arbeit von Schop et al. (2024) beschrieben wird und maßgeblich auf die Reduktion an Sojaextraktionsschrot und dessen Landnutzungsänderung zurückzuführen ist. Die Substitution von Sojaextraktionsschrot und deutliche Reduktion an Getreide trug ebenfalls zu einer Steigerung der heFCE bei. Auch Ertl et al. (2016) konnten unter gesteigertem Einsatz an Nebenprodukten diesen Effekt nachweisen, wenn gleich es zu betonen gilt, dass dieser Parameter in der Versuchsanstellung mit Schweinen noch zu selten Anwendung findet. Neben der heFCE wird auch die Proteinqualität, gemessen am DIASS-Score deutlich verbessert. Ökonomisch betrachtet ergeben sich durch den Einsatz von Nebenprodukten ebenfalls keine Nachteile.

Fazit

Mit dem gesteigerten Einsatz von Eiweißalternativen und Nebenprodukten der Lebensmittelbe- und -verarbeitung kann unter hohen tierischen Leistungen und ökonomischen Vorteil eine deutliche Minderung der Nahrungsmittelkonkurrenz, gesteigerter Kreislaufwirtschaft und weiterer umweltrelevanter Parameter nachgewiesen werden. Eine Grundvoraussetzung hierfür stellt die exakte Futterbewertung zur präzisen Rationsplanung unter bedarfsgerechter Energie- und Nährstoffversorgung dar. Den deutlich positiven Effekten steht eine gesteigerte P-Ausscheidung gegenüber, diesen Spagat gilt es sorgsam abzuwägen.

Dieser Versuch wurde im Rahmen des Projektes "**Heimatversprechen**" angestoßen und mit Mitteln des Freistaates Bayern gefördert. Das Projektziel besteht im Aufbau eines Netzwerks in der bayerischen Schweinebranche für eine nachhaltige heimische Schweinefleischherzeugung zur Versorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Lebensmitteln, auch in Krisenzeiten. Die maßgebliche Betreuung des Projektes erfolgt durch Martin Heudecker. <https://www.heimatversprechen.bayern>
martin.heudecker@heimatversprechen.bayern



Literatur

- Blonk Agri-footprint BV. (2017). Agri-Footprint - Part 2 - Description of data. Gouda, the Netherlands.
- Cooper, M., Müller, B., Cafiero, C., Bayas, J. C. L., Cuaresma, J. C., Kharas, H. (2021). Monitoring and projecting global hunger: Are we on track? *Global food security*, 30, 100568.
- DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. (2019). Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen: DLG-Merkblatt 418. 4. überarbeitete Auflage.
- Drewnowski, A. and Hooker, K. (2025). The protein transition: what determines the animal-to-plant (A: P) protein ratios in global diets. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1518793.
- Ertl, P., Klocker, H., Hörtenhuber, S., Knaus, W., Zollitsch, W. (2015). The net contribution of dairy production to human food supply: the case of Austrian dairy farms. *Agricultural systems*, 137, 119-125.
- Ertl, P., Zebeli, Q., Zollitsch, W., Knaus, W. (2016). Feeding of wheat bran and sugar beet pulp as sole supplements in high-forage diets emphasizes the potential of dairy cattle for human food supply. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1228-1236.
- Gerritsen, R., Fledderus, J., Bikker, P. (2024). Cereal by-products in diets for weaned piglets. In *The 75th EAAP Annual Meeting (2024): "Global quality: environment, animals, food "(974). EAAP.*
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- Jørgensen, H., Zhao, X. Q., Eggum, B. O. (1996). The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *British journal of nutrition*, 75(3), 365-378.

Kowalski, E., Aluwé, M., Janssens, S., Buys, N., De Smet, S., Millet, S. (2024). Effect of sire type and a by-products-based diet on performance and meat quality in growing finishing pigs. In The 75th EAAP Annual Meeting (2024): "Global quality: environment, animals, food "(974). EAAP.

Le Goff, G. and Noblet, J. (2001). Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Journal of animal science*, 79(9), 2418-2427.

Rosenfelder, P., Eklund, M., Mosenthin, R. (2013). Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 185(3-4), 107-125.

Schedle, K. (2024). Gesunde, nachhaltige Schweinefütterung durch faserreiche, nicht in Nahrungskonkurrenz stehende Eiweißalternativen. <https://dafne.at/projekte/pigfeedingfuture>, besucht am 15.08. 2025.

Schop, M., Kerksen, N. Bikker, P. (2024). Decreasing feed-food competition by use of cereal by-products in grower-finisher pig diets. In The 75th EAAP Annual Meeting (2024): "Global quality: environment, animals, food "(973). EAAP.

Wilkinson, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *animal*, 5(7), 1014-1022.

Autorenanschrift

Reinhard Puntigam
FH Soest, FB Agrarwirtschaft
Ernährung / Qualität tierischer Produkte
puntigam.reinhard@fh-swf.de

Strategien zur Treibhausgasminderung und Optimierung von Umwelt- und Klimaschutzleistungen bei der Milcherzeugung

Kurt-Jürgen Hülsbergen

Technische Universität München

Einleitung

Die Milchwirtschaft hat herausragende Bedeutung für die bayerische Land- und Ernährungswirtschaft. Milchkühe tragen wesentlich zur Erhaltung der Grünlandflächen bei, deren Böden wichtige Kohlenstoffspeicher sind. Die Grünlandnutzung hat positive Wirkungen auf die Biodiversität und das Landschaftsbild und leistet einen Beitrag zur Verbesserung des Gewässerzustandes und zur Verringerung der Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen. Milchkühe haben zudem wichtige Funktionen in den Nährstoffkreisläufen und bei der Humusreproduktion. Sie verwerten Klee- und Grünlandbiomasse und liefern wertvolle organische Dünger. Andererseits ist die Milchproduktion als Verursacher von Treibhausgasen (THG) in die Kritik geraten, vor allem aufgrund stoffwechselbedingter Methanemissionen. Nicht wenige Verbraucher greifen zu alternativen Produkten (Sojadrink, Haferdrink), um den eigenen ökologischen Fußabdruck zu vermindern. Die ökologische Bedeutung der Milchviehhaltung kann aber nicht auf die Methanemissionen reduziert werden – vielmehr ist eine Gesamtbetrachtung und Optimierung der Umwelt- und Klimawirkungen auf wissenschaftlicher Grundlage erforderlich.

Neben den THG-Emissionen sind in eine Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit der Milchproduktion daher weitere Umweltwirkungen einzubeziehen, u.a.

- die Nährstoffkreisläufe und die Nährstoffversorgung von Böden und Pflanzen,
- der Humusaufbau und die Kohlenstoffbindung in Böden,
- die Förderung der Bodenfruchtbarkeit,
- der Einfluss auf die Biodiversität.

Eine große methodische Herausforderung ist die Berechnung vollständiger und aussagekräftiger THG-Bilanzen der Milcherzeugung. Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen ist dies noch nicht vollständig gelöst. Viele der bisher vorgelegten THG-Bilanzen berücksichtigen nur ausgewählte Emissionen, nicht jedoch die Kohlenstoffspeicherung von Böden, was zu Fehlbewertungen führen kann. Wichtig ist zudem nicht nur eine Bestandsaufnahme der derzeitigen Umwelt- und Klimawirkungen, sondern die schrittweise Optimierung und Verbesserung.

Im bundesweiten Netzwerk von Pilotbetrieben wurden die Klimawirkungen von Milchviehbetrieben analysiert (Hülsbergen et al. 2022). Es wurden methodische Grundlagen für die Energie- und THG-Bilanzierung der Milcherzeugung geschaffen und ein praxisanwendbares Modell entwickelt (Frank et al. 2019). Durch die Anwendung dieses Modells in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben wurden Erfahrungen in der Betriebsoptimierung zur Minderung von THG-Emissionen gesammelt, die nachfolgend dargestellt werden.

Material and Methoden

In den Pilotbetrieben wurden detaillierte Betriebsdaten des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung erfasst (Abbildung 1). Die Betriebsdaten dienten als Eingangsdaten für die Modellierung der Stoff- und Energieflüsse mit dem Modell REPRO (Hülsbergen 2003) bzw. dem darauf aufbauenden THG-Milchviehtool (Frank et al. 2019).

Im Pflanzenbau wurden die Anbaudaten grundsätzlich auf der Ebene des Acker- und Grünlandschlages erfasst (alle Arbeitsgänge, der Betriebsmitteleinsatz, die Erträge und die Ertragsverwendung einschließlich der Futterkonservierung). Auch in der Milchviehhaltung erfolgte eine vollständige Erfassung aller relevanten Prozessdaten einschließlich der vorhandenen Futter- und Wirtschaftsdüngerlager, der Stallanlagen und technischen Ausstattung der Betriebe (z.B. Melkanlagen). Diese Datenerfassung war sehr aufwändig, erlaubte aber eine detaillierte Prozessanalyse bei der Energie- und THG-Bilanzierung sowie Szenariorechnungen und Betriebsoptimierungen.

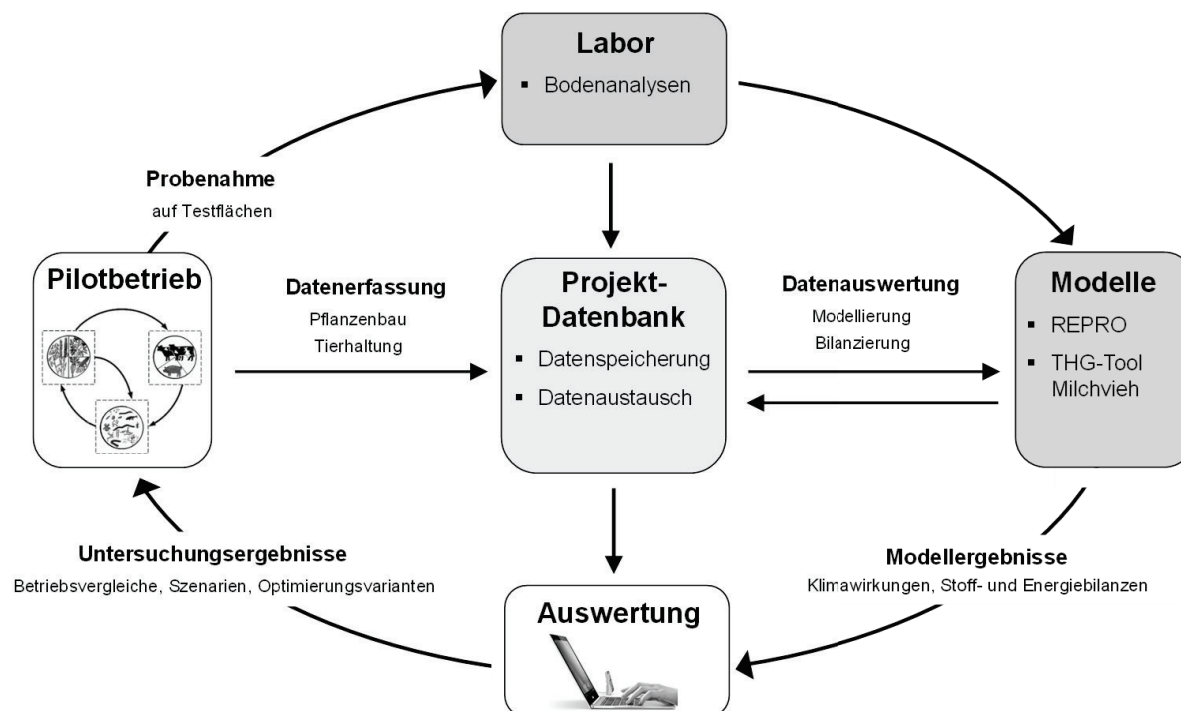


Abbildung 1: Schema zur Erfassung und Auswertung von Betriebsdaten

Die Betriebsdaten wurden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft. Um vollständige und konsistente Datensätze zu gewinnen, waren mehrfache Betriebsbesuche und fortlaufende Abstimmungen mit den Betriebsleitern notwendig. So wurde beispielsweise mit dem Modell REPRO überprüft, ob die betrieblichen Daten des Pflanzenbaus (z.B. Futtererzeugung, Gülleeinsatz) mit der Milchviehhaltung (Futtereinsatz, Gülleanfall) übereinstimmen. Hierzu wurden eine Futterbilanzierung sowie die leistungs- und fütterungsabhängige Berechnung des Anfalls organischer Dünger im Modell REPRO vorgenommen (Hülsbergen 2003). Die Modellierungsergebnisse wurden den Betriebsleitern übergeben und gemeinsam diskutiert (Abbildung 1).

Analyse von Nährstoffkreisläufen

Im Modell REPRO werden die Interaktionen zwischen Pflanzenbau und Tierhaltung als verknüpfte Nährstoffflüsse dargestellt (Abbildung 2). Bei der Modellierung der betrieblichen Nährstoffflüsse gilt, dass die Nährstoffoutputs eines Subsystems den Nährstoffinputs der anderen Subsysteme entsprechen. Dies gewährleistet die konsistente Modellierung von Betriebssystemen. Abbildung 2 verdeutlicht das Grundprinzip. Die Auflösung der innerbetrieblichen Stoffflussbeziehungen und die prozessorientierte

Analyse ermöglichen Aussagen zu Ursachen und zum Entstehungsort von Nährstoffverlusten. Dieser Ansatz bildet auch die Grundlage für Schwachstellenanalysen und die Ableitung von Optimierungsstrategien. REPRO enthält Methoden, um Nährstoffflüsse auf der Basis von Standort- und Bewirtschaftungsdaten zu berechnen. So werden z.B. die im Wirtschaftsdünger anfallenden Nährstoffmengen anhand des Tierbesatzes, der Fütterung, der Tierleistungen, des Haltungssystems sowie der Wirtschaftsdüngerlagerung und -aufbereitung kalkuliert.

Energiebilanzierung in der Milchviehhaltung

Die Energiebilanz ist wesentlicher Bestandteil der THG-Bilanz. Die wichtigsten direkten Energieinputs milchviehhaltender Betriebe sind Kraftstoff und Strom. Der indirekte Energieeinsatz umfasst den Energieeinsatz, der für die Produktion, die Erhaltung und Entsorgung stofflicher Inputs und Investitionsgüter erforderlich ist. Die wichtigsten indirekten Energieinputs sind Maschinen und Geräte, bauliche Anlagen und Betriebsmittel wie Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie der Zukauf von Tieren und Futtermitteln. Die Outputs eines Milchviehbetriebs sind Milch, Altkühe, Kälber und Färsen sowie Wirtschaftsdünger und ggf. pflanzliche Marktprodukte. Die Bewertung der Energieinputs und Outputs erfolgt über Energieäquivalente (Hülsbergen et al. 2001). Die verwendeten Energieäquivalente sind dem aktuellen Stand der Technik angepasst.

THG-Bilanzierung in der Milchviehhaltung

Mit dem Modell können alle relevanten Stoff-, Energie- und THG-Flüsse der Milchviehhaltung erfasst und in einer Systembetrachtung zusammengeführt werden. Das Modell ist gleichermaßen in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben einsetzbar. Es verwendet als Eingangsdaten umfangreiche Betriebsdaten (Ackerschlagkartei, Futterbilanzen, Tierbestandsmanager, Milchleistungsprüfungen). Grundlage der THG-Bilanzierung der Milchviehhaltung ist eine Prozessanalyse, die folgende Komponenten und Prozessschritte umfasst: (1) Futtererzeugung und den Futterzukauf, (2) Futterlagerung, (3) Haltungssystem, (4) stoffwechselbedingte Emissionen, (5) Milchgewinnung, (6) Entmistung und Düngerlagerung, (7) Nachzucht. Jeder Prozessschritt wird in einem Modul abgebildet. Die Module bauen aufeinander auf, wobei ein nachfolgendes Modul Eingangsdaten von vorhergehenden Modulen nutzt. Quantifiziert werden die auftretenden CO₂-, CH₄- und N₂O-Flüsse, die in CO₂-Äquivalente umgerechnet und produktbezogen ausgewiesen werden (Frank 2014). Im Modul „Allokation“ werden die Ergebnisse zusammengeführt; die THG-Flüsse werden den erzeugten Produkten nach festgelegten Allokationsregeln anhand physikalischer Kenngrößen (bezogen auf den Energieoutput der Produkte) zugeordnet.

Ergebnisse

Nährstoffkreisläufe und Emissionen

In jedem Pilotbetrieb wurden Nährstoffkreisläufe berechnet, beispielhaft ist in Abbildung 2 der Stickstoff (N)-Kreislauf eines Milchviehbetriebes in Oberbayern mit ökologischer Bewirtschaftung dargestellt.

Aufgrund des hohen Kleeernteanteils und hoher Kleeernteerträge ist die berechnete N₂-Fixierleistung (80 kg ha⁻¹ a⁻¹) sehr hoch; sie stellt den wichtigsten N-Input in das Betriebssystem dar. Bedingt durch hohe Futtererträge und Proteingehalte ist der N-Entzug (251 kg ha⁻¹ a⁻¹) außergewöhnlich hoch.

Der Betrieb verkauft keine pflanzlichen Produkte, er erzeugt ausschließlich Futter. Der in Abhängigkeit von den Tierleistungen, der Fütterung und den Haltungsbedingungen kalkulierte N-Anfall organischer Dünger beträgt nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste 159 kg ha⁻¹ a⁻¹ im Mittel der LN. Die organischen Dünger werden vollständig im Betrieb eingesetzt.

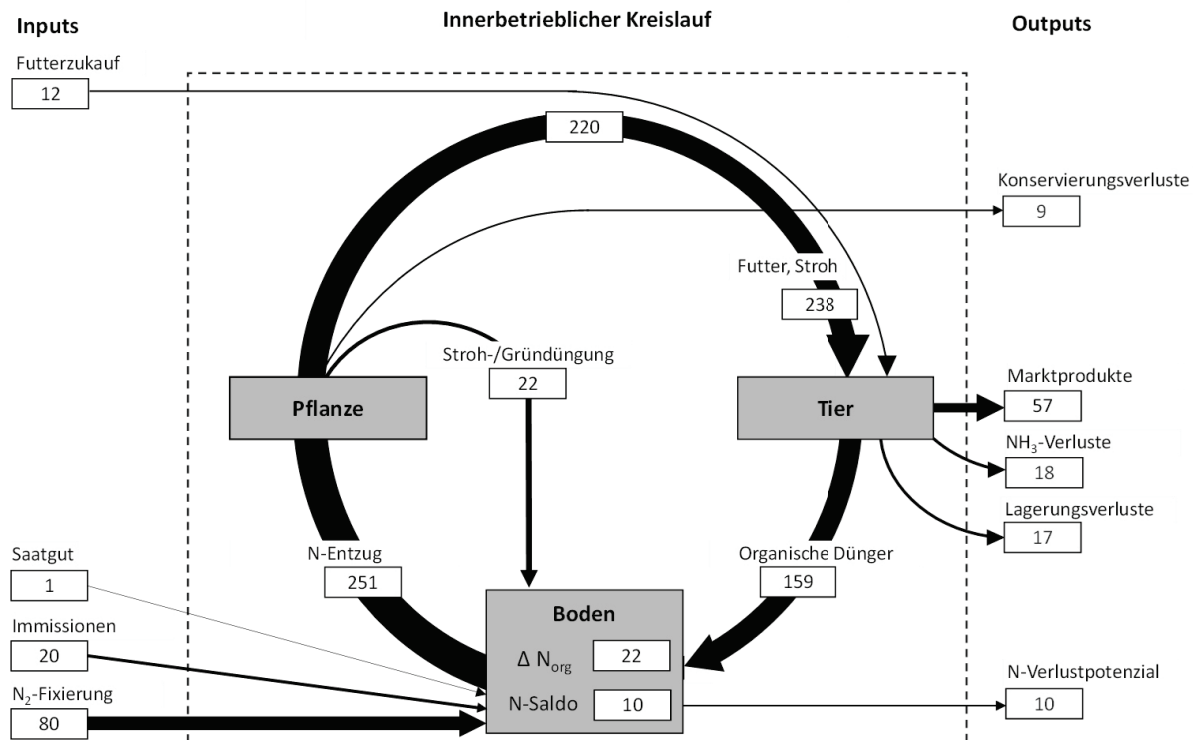


Abbildung 2: Stickstoffkreislauf eines ökologischen Milchviehbetriebes in Bayern. Tierbesatz: 1,7 GV ha⁻¹, Milchleistung: 7.846 kg a⁻¹ ECM, GL-Anteil: 32 % LN, Klee gras-Anteil: 39 % AL. Die N-Flüsse in kg ha⁻¹ a⁻¹ im Mittel der LN angegeben.

Trotz der intensiven Bewirtschaftung weist der flächenbezogene N-Saldo mit 10 kg ha⁻¹ a⁻¹ ein sehr geringes N-Verlustpotenzial aus. Der N-Kreislauf zeigt, dass in Betrieben mit Milchviehhaltung auf der Basis von Klee gras und intensiver Grünlandnutzung eine hohe N-Effizienz erreichbar ist. Zu beachten ist auch die Anreicherung von organischem N im Boden (22 kg ha⁻¹ a⁻¹) durch Humusaufbau.

Detaillierte Ergebnisse des Systemvergleichs ökologischer und konventioneller Betriebe mit Milchviehhaltung vs. Marktfruchtbau sind den Publikationen von Chmelíková et al. (2021, 2024) zu entnehmen. Demnach zeichnen sich Betriebe mit Milchviehhaltung, verglichen mit Marktfruchtbetrieben, durch eine höhere N- und Energieeffizienz im Pflanzenbau aus.

Bodenkohlenstoffbindung und Bedeutung für die THG-Bilanz

Die Bodenkohlenstoffbindung (C-Sequestrierung) hat starken Einfluss auf die flächen- und produktbezogenen CO₂-Emissionen im Pflanzenbau. Mit steigender C-Bindung im Humus gehen die flächen- und produktbezogenen CO₂-Emissionen zurück (Abbildung 3).

Die Humusbilanzen der Pilotbetriebe zeigen, dass Betriebe mit Milchviehhaltung den Böden mehr organische Substanz und C-Verbindungen zuführen als Marktfruchtbetriebe, und insgesamt eine deutlich bessere Humusversorgung erzielen. Humuserhaltung (z.B. auf Grünlandflächen) und Humusaufbau (z.B. durch Klee grasanbau/Ackerfutterbau und organische Düngung) sind wirksame Strategien, um THG-Emissionen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung auszugleichen.

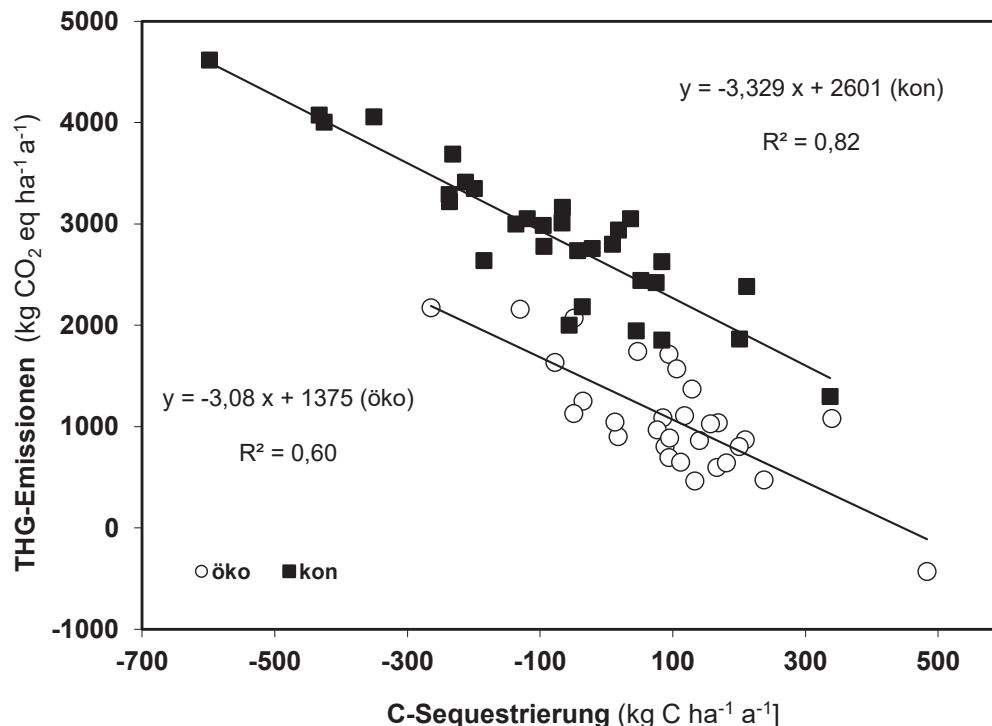


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen C-Sequestrierung und produktbezogener Treibhausgasemission im Pflanzenbau

THG-Bilanz der Milchviehhaltung

In der Milchviehhaltung tragen zahlreiche Prozesse zur Emission von Treibhausgasen bei. In dem in dieser Arbeit verwendeten Modell werden die CO₂-Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energie, die Lachgasemissionen, die CO₂-Emissionen bzw. die CO₂-Bindung durch Bodenkohlenstoffsequestrierung, Emissionen durch Landnutzungsänderungen (Sojaimport aus Brasilien), die Methanemissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer und die Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung einbezogen.

In den Pilotbetrieben wurde eine große Variabilität der THG-Flüsse in den einzelnen Prozessen und auch bei den produktbezogenen THG-Gesamtemissionen festgestellt. Eine Ursache ist die Vielfalt der erfassten Standortbedingungen und Milchproduktionssysteme sowie erhebliche Betriebsleiter- und Managementeinflüsse. Obwohl systembedingte Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung bei einigen Treibhausgasflüssen nachweisbar waren, sind die Unterschiede zwischen den Betrieben innerhalb der ökologischen bzw. konventionellen Milchviehhaltung wesentlich größer.

Beispielhaft werden ausgewählte Modellierungsergebnisse aus dem im deutschlandweiten Netzwerk ökologischer und konventioneller Betriebe dargestellt (Abbildung 4). Hierbei zeigte sich, dass mit steigender Leistung die produktbezogenen THG-Emissionen sinken (Abbildung 4). Bei gleicher Milchleistung sind die produktbezogenen THG-Emissionen der ökologischen Pilotbetriebe 200 g CO₂ eq kg⁻¹ ECM niedriger als die der konventionellen Betriebe.

Der Verlauf der Regressionskurven zeigt, dass deutliche THG-Minderungen durch Leistungssteigerungen zu erreichen sind, wenn das Ausgangs-Leistungsniveau relativ niedrig ist. So führt in den ökologischen Milchviehbetrieben eine Verdopplung der Jahresmilchleistung von 4.000 auf 8.000 kg a⁻¹ ECM zu einer Einsparung von etwa 450 g CO₂ eq kg⁻¹ ECM (ca. 33 %). Bei noch höheren Milchleistungen sind die

Potenziale zur THG-Minderung nur noch gering. Weitere Leistungssteigerungen erfordern einen höheren Kraftfuttereinsatz (mit hohem Energieaufwand und THG-Emissionen der Futtererzeugung) und die Nutzungsdauer der Milchkühe geht zurück (höherer Aufwand für die Bestandsreproduktion).

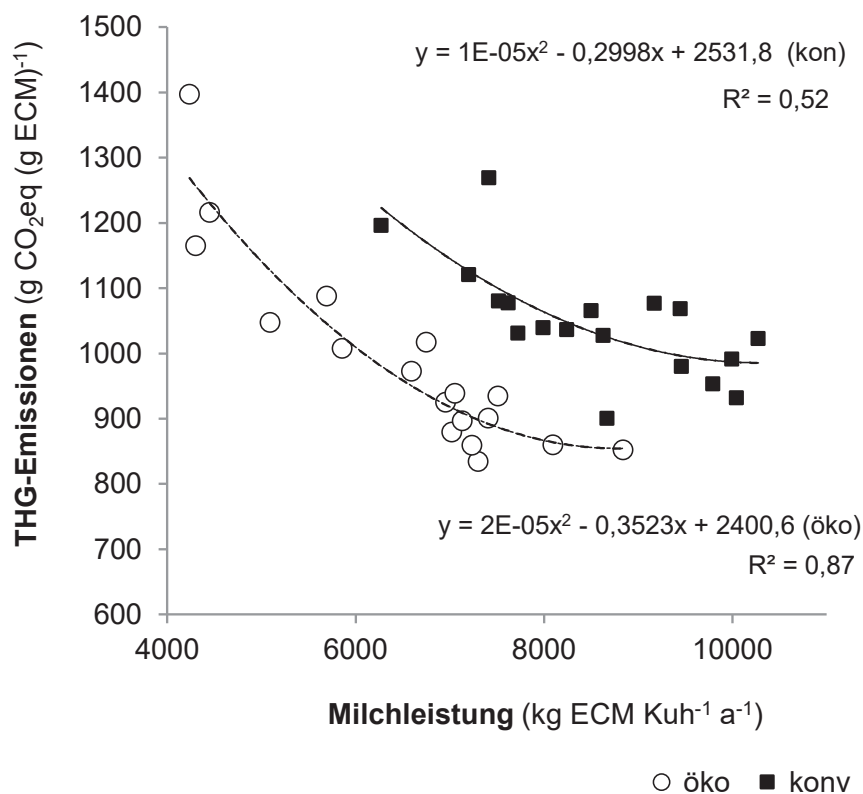


Abbildung 4: Saldierte Treibhausgasemission je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh, Modellgestützte Untersuchung in den Pilotbetrieben

Diskussion

Untersuchungen zu Klimawirkungen der Landwirtschaft waren bisher oft auf Teilprozesse und ausgewählte THG-Flüsse ausgerichtet – beispielsweise auf die N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden oder Methanemissionen von Milchkühen, weniger auf ganzheitliche Bewertungen von Pflanzenbau- und Betriebssystemen. Wenn jedoch nur einzelne Prozessschritte und Einflussfaktoren untersucht werden, kann dies zu Fehlbewertungen bei Systemvergleichen führen, weil relevante Emissionen in der Betrachtung fehlen oder Wechselwirkungen unbeachtet bleiben.

Die einzelnen Emissionsquellen und -prozesse beeinflussen sich gegenseitig. So wird die Höhe der stoffwechselbedingten Methanemissionen aus der Verdauung maßgeblich von der Zusammensetzung der Futterration bestimmt. Die Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung hängen mit der Zusammensetzung der Exkrememente und Wirtschaftsdünger zusammen. Die Zusammensetzung der Exkrememente ist wiederum von der Fütterung der Tiere abhängig. Wegen dieser Zusammenhänge und der Komplexität der biologischen Systeme hat die Abschätzung von Treibhausgasemissionen ein hohes Fehlerpotenzial. Die Berechnungen beruhen auf standardisierten, wenn auch möglichst genau angepassten Emissionsfaktoren. Diese Emissionsfaktoren wurden überwiegend unter Versuchs-

bedingungen ermittelt und können in der Praxis weit variieren. Auch in die Berechnungen eingehende Parameter (z.B. Boden- oder Pflanzeninhaltsstoffgehalte) beruhen in vielen Fällen auf differenzierten und angepassten Standardwerten. Eine exakte Erfassung der genauen betrieblichen Stoffströme würde umfangreiche Laboranalysen erfordern.

Der Anspruch an die Modellierung ist hoch, denn die Milchviehhaltung ist außerordentlich komplex mit vielen Subsystemen, Prozessen und Interaktionen. Zudem sind die Milchviehställe und die technischen Systeme sehr variabel und zum Teil betriebsindividuell gestaltet. Daher waren Vereinfachungen notwendig, um das Modell handhabbar zu machen. So wurden beispielsweise die Futterlager und Stallgebäude typisiert und für jeden dieser Lager- und Stallbautypen entsprechende Parameter abgeleitet, z.B. der Energieinput zur Herstellung.

Schlussfolgerungen

Die Milchviehhaltung hat enorme wirtschaftliche Bedeutung; für viele spezialisierte Betriebe ist die Milcherzeugung die einzige relevante Einnahmequelle. Rinder haben zudem wichtige ökologische Funktionen in betrieblichen Nährstoffkreisläufen (Küstermann et al. 2010). Wie die Ergebnisse aus den Pilotbetrieben bestätigen, trägt eine ökologische Milchviehhaltung zum Humusaufbau und zur C-Sequestrierung bei. Milchkühe können rohfaserreiche Biomasse vom Grasland nutzen und daher zum Erhalt von ökologisch wertvollem Grünland beitragen. Sie gelten daher auch künftig in weltweiten Ernährungsszenarien als unverzichtbar. Umso wichtiger ist es, die Ursachen und Einflussfaktoren der THG-Emissionen der Milchviehhaltung aufzuklären und effiziente THG-Minderungsstrategien abzuleiten, um die Milchviehhaltung klimafreundlich zu gestalten.

Zur Ermittlung standortspezifischer Leistungsoptima, bei denen die geringsten THG-Emissionen erreicht werden, ist es notwendig, weitere Untersuchungsbetriebe und Standorte einzubeziehen. Modellkalkulationen und Sensitivitätsanalysen, bei denen die Einflussparameter variiert und ein großer Leistungsbereich untersucht werden, können die Analyse realer Betriebe sinnvoll ergänzen, weil für die Betrachtung unwesentliche und zufällige betriebsindividuelle Gegebenheiten eliminiert werden.

Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten

Das beschriebene Modell kommt derzeit in bayerischen Milchviehbetrieben im Rahmen des Forschungsprojektes „Umwelt- und Klimaschutzmanagement in der Wertschöpfungskette Milch – am Beispiel der Andechser Molkerei“ zur Anwendung. Eine zentrale Forschungsfrage des Projektes lautet: „Können die THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette Milch so weit reduziert und die verbleibenden THG-Flüsse durch Kohlenstoffbindung kompensiert werden, so dass eine klimaneutrale Erzeugung hochwertiger Milchprodukte möglich wird?“

In Zusammenarbeit mit den Milchwerken Berchtesgadener Land führen wir derzeit das Projekt „Humusaufbau und Bodenkohlenstoffbindung in Grünland- und Ackerböden im voralpinen Grünlandgürtel – Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz in bayerischen Milchviehbetrieben“ durch. Die Bedeutung der Milchkühe für die Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufe auf Acker- und Grünlandstandorten muss weiter erforscht werden. Das bisher vorhandene Messnetz zur Analyse der Bodenkohlenstoffvorräte auf Grünlandböden im Alpenvorraum ist nicht ausreichend, es gibt zu wenig Boden-Dauer-B Beobachtungsflächen. Der Einfluss des Klimawandels, der Standortbedingungen und der Bewirtschaftung (Weidegang, Düngungsintensität) auf die Humusdynamik ist unklar. Die Relevanz der Bodenkohlenstoffbindung für die THG-Bilanz in der Wertschöpfungskette Milch wird kontrovers beurteilt. Erste Ergebnisse von Schuster et al. (2024) zeigen, dass bei Grünlandnutzung gegenüber Ackernutzung nicht nur deutlich höhere Humus- und Kohlenstoffgehalte auftreten, sondern selbst nach einem Grünlandumbruch und anschließender Ackernutzung auch Jahrzehnte später signifikant höhere Humusgehalte nachweisbar sind, die auf diesen Flächen zu höheren Biomasseerträgen führen. In die Forschungsarbeiten sind die Landwirte und Milchviehbetriebe direkt eingebunden.

Im Projekt „Klimaschutz durch Tierhaltung (KlimaTier), gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, nutzen wir gemeinsam mit Forschungspartnern die naturwissenschaftlichen Daten unserer THG-Bilanzen für ökonomische Analysen, um eine monetäre Bewertung der Umwelt- und Klimaschutzleistungen (im Sinne eines „True Benefit Accounting“) vorzunehmen.

Literaturverzeichnis

- Chmelíková, L., Schmid, H., Anke, S., & Hülsbergen, K.-J. (2021). Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119(3), 337–354.
- Chmelíková, L., Schmid, H., Anke, S., & Hülsbergen, K.-J. (2024). Energy-use efficiency of organic and conventional plant production systems in Germany. *Scientific reports*, 14(1), 1806.
- Hülsbergen, K.-J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., & Diepenbrock, W. (2001). A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, ecosystems & environment*, 86(3), 303–321.
- Hülsbergen, K.-J. (2003). Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Halle, Wittenberg, Univ., Habil.-Schr., 2002. Berichte aus der Agrarwissenschaft. Aachen.
- Hülsbergen, K.-J., Schmid, H., & Paulsen, H. M. (Eds.) (2022). Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report, vol. 92. Braunschweig: Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Küstermann, B., Christen, O., & Hülsbergen, K.-J. (2010). Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. *Agriculture, ecosystems & environment*, 135, 70–80.
- Frank, H. (2014). Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2014. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, Bd. 2, 1st edn. Berlin.
- Frank, H., Schmid, H., & Hülsbergen, K.-J. (2019). Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*, 69(1), 37–46.
- Schuster, J., Hagn, L., Mittermayer, M., & Hülsbergen, K.-J. (2024). After effects of historical grass-land on soil organic carbon content and plant growth in croplands in southern Germany determined using satellite data. *Science of the total environment*, 947, 174507.

Autorenanschrift

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann-Straße 2, 85354 Freising

Methan-Ausstoß von Rindern messen und mindern

Thomas Ettle, Veronika Huber, Richard Armstrong

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

Einleitung

Der Anteil der Landwirtschaft an den gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland lag 2024 bei 8,3% (UBA, 2025), wobei in dieser Berechnung die direkte und indirekte Nutzung fossiler Energieträger nicht berücksichtigt ist. Weitaus höher liegt der Beitrag der Landwirtschaft beim Methan mit fast 76% Anteil an den Gesamtemissionen des Jahres 2024 (UBA, 2025). Der größte Treiber ist hier das Methan aus den Verdauungsvorgängen in der Nutztierhaltung, insbesondere von Wiederkäuern. Methan wird im Pansen der Wiederkäuer produziert, um das bei den mikrobiellen Abbauvorgängen entstehende H_2 aus dem Pansen zu entfernen. Da die Methansynthese damit essenziell für die Aufrechterhaltung der Fermentationsvorgänge im Pansen ist, wird die Haltung von Wiederkäuern immer untrennbar mit Methanemissionen verbunden sein. Andererseits wird auch klar, dass die Höhe der Methanproduktion unmittelbar durch die Fütterung der Wiederkäuer beeinflusst wird und die Fütterung dementsprechend Methanminderungspotential verspricht. Eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Verringerung von Emissionen aus der Wiederkäuerhaltung ist die Quantifizierung der CH_4 -Produktion, die aus der Fermentation des Futters im Verdauungstrakt von Wiederkäuern entsteht (GfE, 2023). Im folgenden Beitrag sollen verschiedene Methanerfassungstechniken vorgestellt werden. Weiterhin werden Fütterungsmaßnahmen zur Minderung der Methanemission dargestellt.

Methan-Ausstoß von Rindern messen - Techniken zur Erfassung der Methanproduktion

Die klassische Referenztechnik zur Messung des Gaswechsels bei Tier (und Mensch) ist das System der (geschlossenen) Respirationskammern (DLG, 2023). Sie bestehen im Prinzip aus zwei oder auch mehreren Kammern zur Aufnahme der Tiere sowie den technischen Einrichtungen zur Erfassung und Analyse der Gase. Hinsichtlich der Luftführung können offene und geschlossene Systeme unterschieden werden (Kirchgessner, 2014). Obwohl diese Technik sehr aufwändig ist, ergibt eine Literaturübersicht von Della Rossa et al. (2023), dass die Ergebnisse zu Methanausscheidungen in den meisten (51%) der Veröffentlichungen der vorausgegangenen 25 Jahre mit Hilfe von Respirationskammern erarbeitet wurden. Vorteil an den Respirationskammern ist die Möglichkeit einer sehr exakten Messung unter standardisierten Bedingungen, die auch das Methan erfasst, das nicht über die Atemluft abgegeben wird. Es bietet die Möglichkeit, die Methanausscheidungen im Tagesverlauf abzubilden und erfordert vergleichsweise geringe Tierzahlen zur Absicherung der Ergebnisse (Hristov et al., 2025). Allerdings entspricht die Haltung in Respirationskammern nicht den Haltungsbedingungen in der Praxis und die Dauer der Messperioden ist nicht zuletzt auf Grund von tierschutzrechtlichen Bedenken begrenzt. Die eingeschränkte Bewegungsfreiheit der Tiere kann die Physiologie beeinflussen und mögliche Effekte auf die Futteraufnahme nach sich ziehen, was wiederum Auswirkungen auf die Methanemissionen hätte (Hristov et al., 2025).

Ein weiterer Ansatz zur Messung am Einzeltier ist die Schwefelhexafluorid-(SF_6)-Tracer-Gas-Technologie (DLG, 2023), die in 36% der in den letzten Jahren veröffentlichten Studien Verwendung fand (Della Rossa et al., 2023). Mit der Hilfe von Boli, die das Tracer-Gas SF_6 kontrolliert emittieren und der Kuh eingegeben werden, wird permanent SF_6 von der Kuh abgegeben. Im Bereich des Flotzmauls der Kuh werden kontinuierlich Gasproben gesammelt und in einem auf dem Rücken der Kuh befindlichen Behälter gesammelt. Schließlich wird die Gaszusammensetzung in regelmäßigen Abständen analysiert.

Aus dem Verhältnis von SF₆-Tracer-Gas und Methan kann dann auf die emittierte Menge an Methan geschlossen werden. Das System ist insbesondere geeignet, um z.B. unter Weidebedingungen die Methanemission zu messen. Die tatsächliche Analyse der emittierten Gase verbleibt bei der jeweiligen Forschungseinrichtung. Die Methode gilt bei Einhaltung geeigneter Messprotokolle als sehr exakt, so dass nur geringe Tierzahlen notwendig sind (Hristov et al., 2023). Nachteilig ist, dass die Methode arbeits- und kostenaufwändig ist und dass SF₆ ein potentes Treibhausgas ist (Hristov et al., 2023). Die Versuchstiere müssen an das Verfahren gewöhnt werden und es könnten sich auch tierversuchsrechtliche Bedenken ergeben. Obwohl die sogenannten „GreenFeed-Stationen“ (C-Lock Inc., USA) ein vergleichsweise neues System zur Erfassung der Methanausscheidungen beim Einzeltier sind, wurde dieses System bereits in 7% der publizierten Arbeiten zur Methanausscheidung beim Einzeltier in den letzten Jahren verwendet (Della Rossa et al., 2023). Die Messstation besteht aus einer kleinen Kraftfutterabrufstation mit geschütztem Kopfraum, in dem die Atemluft der Milchkuh erfasst wird und von dort in den Kamin abgesaugt wird. Im Kamin befindet sich ein Luftmassenmesser. Außerdem wird im Kamin eine Probe der Atemluft entnommen und über einen Schlauch in Richtung des Messensors für Methan geleitet. Das Messprinzip beruht auf der nichtdispersiven Infrarotsensorik. Eine automatische Tiererkennung ordnet die Messung der einzelnen Kuh zu. Weil der Methanausstoß im Tagesverlauf nicht konstant ist, werden täglich mehrere Besuche pro Kuh an den GreenFeedern angestrebt. Von den verschiedenen klassischen Referenztechniken für CH₄-Messverfahren scheint das GreenFeed-System (GF; C-Lock Inc.) jedoch am besten für den Einsatz in landwirtschaftlichen Betrieben geeignet zu sein, da es einen hohen Durchsatz an Tieren ermöglicht und über lange Zeiträume messen kann. Die erfassten Daten werden online an den Hersteller der GreenFeed-Stationen weitergeleitet und der Nutzer erhält die geprüften Daten zum Methanausstoß des Einzeltieres zurück. D.h., ein wesentlicher Vorteil dieses Systems ist, dass die Erfassung des Methanausstoßes automatisiert ist und die Verrechnung der primär erfassten Daten outgesourct wird. Da das System einen hohen Standardisierungsgrad aufweist, sind Messergebnisse aus unterschiedlichen Einrichtungen gut vergleichbar (DLG, 2023). Es kann davon ausgegangen werden, dass das GreenFeed-System in Zukunft noch weite Verbreitung finden wird. In 2% der in den letzten Jahren veröffentlichten Studien mit Erfassung des Methanausstoßes beim Einzeltier wurden sogenannte Sniffer-Systeme verwendet (Della Rossa et al., 2023), die üblicherweise in automatischen Melksystemen integriert sind. Vorteilhaft an dieser Messtechnik ist, dass mit vergleichsweise hohen Tierzahlen über lange Zeiträume unter praxisüblichen Bedingungen gearbeitet werden kann. Als Nachteil wird angeführt, dass das System nicht standardisiert ist und Uneinigkeit über ein einheitliches Messprotokoll existiert (Hristov et al., 2025). Größter Nachteil in Hinblick auf die Beurteilung des Einflusses von Fütterungsmaßnahmen auf die Methanemissionen ist allerdings, dass bei der Sniffertechnologie keine Erfassung des ausgeatmeten Volumenstromes, sondern lediglich eine Erfassung der Gaskonzentration erfolgt und dementsprechend eine tägliche Methanausscheidung nur indirekt abgeleitet werden kann. Auf Interesse stößt die Messtechnik vereinzelt in Untersuchungen, in denen die Methanausscheidung von sehr hohen Tierzahlen erfasst werden muss, und in der lediglich die Abweichung des Einzeltiers in Relation zum Populationsmittel von Bedeutung ist.

Ein weiterer Ansatz ist die Erfassung der Methanausscheidung von Kühen über einen Laser-Methan-Detektor (LMD; DLG, 2023), einem aus dem Berg- bzw. Straßenbau stammenden portablen Gerät. Wie beim Sniffer wird jedoch lediglich die Methankonzentration in der Atemluft der Kuh erfasst. Auch wenn diese Technologie eine Bestimmung auf unterschiedlichen Betrieben auch unter Praxisbedingungen erlaubt, ist ein verbreiteter Einsatz der Methodik nicht zuletzt wegen des nicht unerheblichen Aufwandes kaum zu erwarten.

Neben den dargestellten Methoden werden weitere Methoden zur Erfassung der Methanausscheidung der Wiederkäuer z.B. über Gesichtsmasken oder die Erfassung an Gruppen bzw. auf Stallebene beschrieben. Einzelheiten dazu sind in entsprechenden Übersichtsarbeiten dargestellt (z.B. Hristov et al., 2025; Tedechi et al., 2022). Ergebnisse, die aus *in vitro*-Untersuchungen abgeleitet wurden, weisen zwar eine hohe Wiederholbarkeit auf, bilden die Verhältnisse *in vivo* aber nur selten ausreichend ab.

Solche Techniken sind dementsprechend lediglich für screening-Untersuchungen z.B. zur Einschätzung der Rangierung des Einflusses unterschiedlicher Futtermittel auf die Methanbildung geeignet.

Methan-Ausstoß von Rindern mindern

Wichtige Einflussgrößen auf den gesamten CO₂-Fussabdruck von rinderhaltenden Betrieben sind Umfang und Art der Nutztierhaltung, Erträge und Aufwendungen im Futterbau (z.B. Mineraldünger, Diesel, Spritzmittel etc.) und die Ausgestaltung der Fütterung (DLG, 2023). Eine rasche Umsetzung von Kot und Harn in Biogasanlagen kann den CO₂-Fußabdruck aus dem Wirtschaftsdünger stark senken. Beim Futter ist die Senkung der Verluste in Menge und Qualität ein wesentlicher Ansatzpunkt. Werden die Verluste gesenkt muss weniger Fläche bewirtschaftet werden und die Leistung aus dem Futter ist höher. Die Höhe der Bestandsergänzung wirkt sich im milchkuhhaltenden Betrieb v.a. wegen der Senkung des Futteraufwandes sowie der Minderung des Methananfalls aus der Jungrinderaufzucht sehr stark aus (DLG, 2023). Potenziale bestehen in der Optimierung des Erstabkalbealters und der Nutzungsdauer. Wesentlichen Einfluss auf den CO₂-Fussabdruck und die Methanemissionen hat darüber hinaus die Leistung bzw. Effizienz der Tiere. Eine Leistungssteigerung kann auf Grund der häufig miteinhergehenden Steigerung der Futteraufnahme zwar zu einer steigenden Methanemission je Tier und Tag führen, die Methanemission je kg erzeugtem kg Milch und Fleisch sinkt dagegen in der Regel ab. Da der Methanausstoß von Wiederkäuern eine unmittelbare Folge der Verdauungsvorgänge ist, liegt es auch Nahe, dass unterschiedliche Fütterungsmaßnahmen diesen beeinflussen können. Einige davon sollen im Folgenden näher betrachtet werden. Tiefergehende Informationen sind entsprechenden Übersichtsarbeiten (z.B. Arndt et al., 2022; Beauchemin et al., 2022, GfE, 2023) zu entnehmen.

Eine Erhöhung des Konzentratanteils der Ration erhöht die Energiedichte der Ration, senkt den Anteil an Strukturkohlenhydraten, erhöht die ruminale Passagerate und führt zu einer Absenkung des ruminalen pH-Wertes, was insgesamt die Methanproduktion je kg TM-Aufnahme senkt (Janssen, 2010). Die Fütterung von Konzentraten mit schnell abbaubaren Kohlenhydraten fördert die Stärkefermentation im Pansen und erhöht die Bildung von Propionat. Die Propionsäurebildung ist ein zur Methanbildung alternativer Weg der Aufnahme von Wasserstoff (Janssen, 2010; Ungerfeld, 2015), was die methaninhibierende Wirkung bei der Fütterung rasch abbaubarer Kohlenhydrate zum großen Teil erklärt. Die Auswirkungen unterschiedlicher Gehalte an (abbaubaren) Kohlenhydraten in der Ration für Milchkühe konnten auch in einer ersten Untersuchung im Rahmen des Projektes MethaCow bestätigt werden (Huber et al., 2024a). Dieses Projekt wird an der LfL Bayern in Kooperation mit dem Staatsgut Achselschwang der BaySG durchgeführt und wird durch das StMELF gefördert. Vordergründiges Ziel ist es, Fütterungseinflüsse auf die Methanausscheidungen von Milchkühen unter den in Bayern geltenden Bedingungen zu überprüfen. Der Methanausstoß der Kühe wird im Projekt mit GreenFeedern gemessen.

Tabelle 1: Einfluss des Gehaltes an Stärke und Zucker in der Ration auf Leistung und den Methanausstoß von Milchkühen (Huber et al., 2024)

Variable	Gruppe		P-Wert	s.e.
	200 g ST+ZU (Trockenschnitzel)	310 g ST + ZU (Körnermais)		
TM, kg/Tag	25,3	24,6	0,176	0,35
Milch, kg/Tag	39,5	41,7	0,006	0,54
Fett, %	3,58	3,33	0,002	0,05
ECM, kg/Tag	37,7	38,5	0,338	0,56
CH ₄ , g/d	426	402	0,003	5
g CH ₄ /kg Milch	11,2	9,92	0,001	0,22
g CH ₄ /kg ECM	11,7	10,6	0,002	0,22
g CH ₄ /kg TM	17,1	16,8	0,509	0,33

Es wird deutlich, dass den geschilderten Fütterungsstrategien (Konzentratanteil, Gehalt an abbaubaren Kohlenhydraten) in Bezug auf das Methanminderungspotential Grenzen gesetzt sind. Durch die Erhöhung des Anteils an (abbaubaren) Kohlenhydraten (200 g ST+ZU/kg TM vs. 310 g ST+ZU/kg TM) wurde eine Reduktion des täglichen Methanausstoßes um knapp 6 % erreicht, die Methanintensität (g Methan/kg Milch) wurde um 11% reduziert (Tabelle 1). Dies ist zwar statistisch gut abzusichern, in der absoluten Größenordnung allerdings nicht überzeugend. Es ist zu beachten, dass die genannten Fütterungsstrategien eine Absenkung des ruminalen pH-Wertes bewirken und damit die Gefahr einer (subakuten) Acidose erhöhen können. Weiterhin kann der MilCHFettgehalt negativ beeinflusst werden, was sich auch in dieser Untersuchung abzeichnet. Zusätzlich ist zu bedenken, dass stärkereiche Konzentrate meist unter höherem Aufwand (Pflanzenbau, Verarbeitung, Transport) erzeugt werden als Grobfuttermittel, was insgesamt den CO₂-footprint des Erzeugungssystems erhöhen dürfte.

Die Zulage von Fetten und Ölen stellt eine effektive Methanminderungsstrategie dar, wobei die Wirkung von der Fettquelle-, form-, -menge-, -zusammensetzung und der Fettsäurezusammensetzung der Basalration abhängig ist (Patra, 2013). Fettsäuren wie Myristinsäuren und PUFA, wie sie in Fisch-, Sonnenblumen, Leinsaat und Rapsöl vorkommen, weisen die stärkste methaninhibierende Wirkung auf. Laut einer Metaanalyse von Arndt et al. (2022) können Öle, Fette und Ölsaaten die tägliche Methanausscheidung um rund 20 % senken, die Auswirkungen auf den Methanertrag und die Methanintensität sind etwas geringer und von der Leistungsrichtung (Milch, Fleisch) abhängig. Die methanhemmende Wirkung beruht auf einer Toxizität gegen Methanogene und Protozoen, Biohydrogenierung von ungesättigten Fettsäuren (Wasserstoffsénke) und einer Verschiebung des Musters an kurzkettigen Fettsäuren in Richtung Propionat (Newbold et al., 2015). Nach den Angaben der LfL (2023) sollte der Rohfettgehalt der Ration für Milchkühe 4,0 – 4,5% der TM (6% bei geschützten Fetten) nicht übersteigen, da erhöhte Gehalte negative Effekte auf die Pansenfermentation und die Futter- bzw. Faserverdaulichkeit haben können (Patra, 2013, 2014). Letzteres kann dann wiederum zu einer erhöhten Ausscheidung von organischer Masse und Nährstoffen sowie zu erhöhten CH₄-Emissionen aus der Gülle führen (Hassanat and Benchaar, 2019).

Vergleichsweise intensiv untersucht wurde der methaninhibierende Effekt von Tanninen (sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe), bei denen zwischen den hydrolysierbaren weniger komplexen und den kondensierten Tanninen unterschieden werden kann (GfE, 2023). Eine Quelle, die sich wiederholt als effektiv erwiesen hat, ist ein Tanninextrakt aus der Rinde von *Acacia mearnsii* (GfE, 2023). Darüber hinaus sind Tannine auch in Traubentrester, Wein- oder Haselblättern zu finden. In unverarbeiteter Form müssen zur Erzielung eines methanmindernden Effektes aber meist so hohe Mengen eingesetzt werden, dass die Verdaulichkeit der Ration negativ beeinflusst wird. Da Tannine auch in Leguminosen enthalten sind, scheint sich die Möglichkeit zu ergeben, „methanhemmendes Futter vom heimischen Acker“ zu erzeugen. In einer neueren Untersuchung von Gerster et al. (2023) konnten die Methanausscheidungen je kg erzeugter Milch zwar signifikant, in der absoluten Größenordnung von 4% jedoch nur moderat gesenkt werden. Insgesamt besteht weiterer Forschungsbedarf, um zu klären, für welche Tanninguellen in welcher Dosierung methaninhibierende Wirkungen ohne mögliche negative Auswirkungen konsistent nachgewiesen werden können (Beauchemin et al., 2022).

Ionophore, wie z.B. Monensin, erhöhen die Membran-Permeabilität von H₂-produzierenden Mikroorganismen (z.B. gram-positive Bakterien und Protozoen) was die Verfügbarkeit von H₂ für die Methanogenese senkt und das Fettsäuremuster im Pansen in Richtung Propionat verschiebt (Duffield et al., 2008). Der Haupteffekt der methansenkenden Wirkung beruht eher auf einer verbesserten Futterverwertung als auf der direkten Wirkung. In Deutschland dürfte der Einsatz in der Fütterung auch zukünftig weiter untersagt bleiben.

Organische (Malat, Fumarat) oder anorganische (Nitrat, Sulfat) Elektronenakzeptoren entziehen der Methanogenese Elektronen und führen sie alternativen Stoffwechselwegen zu. Die methansenkende

Wirkung von Fumarat und Malat ist hoch variabel (Beauchemin et al., 2022) und die Einsatzwürdigkeit ist auf Grund der hohen Kosten bei relativ geringer Wirkung stark limitiert.

Nach einer Metaanalyse von Feng et al. (2020) senkt die Supplementation von Nitrat die tägliche Methanausscheidung in Abhängigkeit des gewählten Auswertungsmodells dosisabhängig um 11,4 - 13,9%. Irritierend erscheint dabei die mittlere Nitratdosierung von 16,7 g/kg TM. Nach Angaben der LfL (2024) stellt ein Nitratgehalt von 5.000 mg/kg TM bereits bei Einzelkomponenten in der Ration (z.B. Grassilage) eine kritische Grenze dar. Auf Grund der möglichen Toxizität und des möglichen Überganges von Nitrat in die Milch ist fraglich, ob in der Milchkuhfütterung (GfE, 2023) und der Fütterung von fleischproduzierenden Wiederkäuern eine Nitratsupplementierung zur Methanminderung überhaupt in Erwägung gezogen werden sollte. Darüber hinaus kann die Fütterung von Nitrat auch zu negativen Umweltwirkungen, wie die Bildung von N₂O im Pansen und erhöhten N-Ausscheidungen führen (Beauchemin et al., 2022).

Ätherische Öle sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die für den charakteristischen Geruch und Geschmack der Pflanzen verantwortlich sind (Benchaar and Greathead, 2011). Als Extrakt und Konzentrat oder auch als chemisch synthetisierte Substanzen können sie antimikrobielle Wirkung gegen Bakterien und Pilze aufweisen (Chao et al., 2000). Für die ätherischen Öle von Thymian, Oregano und Zimt so wie die Extrakte dieser Pflanzen sind methanmindernde Wirkungen beschrieben (GfE, 2023), wobei häufig die exakte Zusammensetzung der Öle sowie die wirksamen Substanzen und der mode of action kaum bekannt sind. Insgesamt scheinen aber etliche als Aromastoff zugelassene Futterzusatzstoffe das Potential zu haben, die Methanausscheidungen von Wiederkäuern zu senken, woraus sich weiterer Forschungsbedarf ergibt.

Eine starke Absenkung der Methanausscheidung wurde nach Fütterung von Algen, insbesondere von Rotalgen (*Asparagopsis taxiformis* und *Asparagopsis armata*), nachgewiesen (Übersicht bei Lean et al., 2021). Die Wirkung scheint auf dem Inhaltsstoff Bromoform zu beruhen, der mit einem Vitamin-B12-Kofaktor reagiert, der für die Methanogenese essenziell ist (GfE, 2023).

Nach Verfütterung von relativ geringen Mengen an *Asparagopsis taxiformis* an Milchkühe wurden zum Teil deutlich erhöhte Gehalte an Bromoform, Bromid und Jod in der Milch gefunden (Stefenoni et al., 2021), so dass vor dem Einsatz dieser Algen weitere Untersuchungen zum Übergang in tierische Produkte und den möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit des Konsumenten notwendig sind (GfE, 2023).

Auch Braunalgen enthalten Stoffe wie z.B. Polyphenole und hierbei insbesondere Phlorotannine (PT), denen antimikrobielle und methanmindernde Eigenschaften zugesprochen werden. In einer neueren Untersuchung (von Soosten et al., 2024) konnte jedoch keine methaninhibierende Wirkung nach Fütterung von *Ascophyllum nodosum* an Milchkühe festgestellt werden.

3-Nitrooxypropanol (3-NOP) ist derzeit der einzige in der EU zugelassene Futterzusatzstoff in der Funktionsgruppe „Stoffe, die die Umwelt günstig beeinflussen“. Die Wirkung beruht auf der Hemmung des Enzyms, das den letzten Schritt der Methanbildung katalysiert. Nach Metaanalysen von Kebreab et al. (2023) wird die Methanemission durch 3-NOP dosisabhängig um rund 30 % gesenkt, wobei die Wirksamkeit mit steigenden Gehalten an NDF in der Ration gemindert wird. Über die langfristige methansenkende Wirksamkeit von 3-NOP liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. Van Gastelen et al. (2020) berichten von einer über etwa 16 Wochen persistierenden Wirksamkeit. In einer Untersuchung von Schilde et al. (2021) näherten sich die Methanemissionen nach Zulage von 3-NOP zu Rationen mit niedrigem Konzentratanteil von 4 Wochen ap bis 17 Wochen pp kontinuierlich auf das Niveau der Kontrollgruppe an. Bei konzentratreichen Rationen war die methaninhibierende Wirkung dagegen eher anhaltend. In einer über die gesamte Laktation hinweg durchgeführten Studie von van Gastelen et al. (2024) scheint die Effizienz von 3-NOP mit der Zeit abzunehmen, wobei dieser Effekt nicht kontinuierlich war. Es ist schwierig, die Einflüsse der über die Zeit wechselnden Rationszusammensetzung und variierenden Futterqualitäten von der Konsistenz der Wirksamkeit von 3-NOP zu trennen. In einem

längerfristigen Milchkühfütterungsversuch, der von der LfL im Rahmen des Projekts MethaCow durchgeführt wurde, lag der methansenkende Effekt von 3-NOP über 33 Laktationswochen hinweg im Bereich der Literaturangaben (Huber et al., 2024b). Die finale Auswertung der Daten bis hin zum Laktationsende steht derzeit an.

Fazit

Es stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Messung des Methanausstoßes von Wiederkäuern zur Verfügung. In Forschungseinrichtungen, in denen zeitgleich die tierindividuelle Futteraufnahme und die Leistung erfasst werden kann, bietet sich die Möglichkeit den Einfluss unterschiedlicher Fütterungsstrategien oder auch von Futterzusatzstoffen auf die Methanausscheidungen, den Methanertrag und die Methanintensität (weiter) zu überprüfen. Damit können auch die erforderlichen Daten generiert werden, um indirekte Methoden zur Abschätzung der Methanausscheidungen in der Praxis zu validieren und weiterzuentwickeln. Eine starke Erweiterung der Datenbasis zur Methanausscheidung von Milchkühen ist erforderlich, um die Zucht auf weniger Methan zu ermöglichen. Einer Minderung der Methanausscheidungen über Fütterungsmaßnahmen sind Grenzen gesetzt. Trotzdem sollten die Möglichkeiten genutzt werden, die unter Berücksichtigung von möglichen Nebenwirkungen auf Tier und Mensch, Ökonomie und gesellschaftliche Akzeptanz adäquat erscheinen.

Literatur

- Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., Oh, J., Dijkstra, J., Bannink, A., Bayat, A. R., Crompton, L. A., Eugène, M. A., Enahoro, D., Kebreab, E., Kreuzer, M., McGee, M., Martin, C., Newbold, C. J., Reynolds, C. K., Schwarm, A., Shingfield, K. J., Veneman, J. B., Yáñez-Ruiz, D. R., Yu, Z. (2022): Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5°C target by 2030 but not 2050. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 119, e2111294119
- Beauchemin, K.A., Ungerfeld, E. M., Abdalla, A.L., Alvarez, A., Arndt, C., Becquet, P., Benchaar, C., Berndt, A., Mauricio, R.M., McAllister, T.A., Oyhantçabal, W., Salami, S.A., Shalloo, L., Sun, Y., Tricarico, J., Uwizeye, A., De Camillis, C., Martial Bernoux, Robinson, T., Kebreab, E. (2022): Invited review: Current enteric methane mitigation options, *Journal of Dairy Science*, 105, 9297-9326
- Benchaar, C., Greathead, H. (2011): Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166–167, 338–355
- Chao, S. C., Young, D. G., Oberg, C. J. (2000): Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *J. Essent. Oil Res.*, 12, 639–649
- Della Rosa, M.M., Waghorn, G.C., Vibart, R.E., Jonker, A (2023): An assessment of global ruminant methane-emission measurements shows bias relative to contributions of farmed species, populations and among continents. *Anim. Prod. Sci.*, 63, 201-212
- DLG (2023): Im Fokus: Methan bei der Milchkühe – Methanausweisung im Rahmen der Milchleistungs- bzw. Milchgüteprüfung und Nutzung als Benchmark. Autoren: J. Braunleder, L. M. Dale, T. Ettle, E. Gerster, F. Grandl, M. Kammer, D. Kampf, W. Richardt, M. Schilde, H. Spiekers, E. Velasco, A. Werner, M. Zehetmeier, DLG-Merkblatt 491
- Doreau, M., Arbre, M., Popova, M., Rochette, Y., Martin, C. (2018): Linseed plus nitrate in the diet for fattening bulls: Effects on methane emission, animal health and residues in offal. *Animal*, 12, 501-507
- Duffield, T. F., Rabiee, A. R., Lean, I. J. (2008): A meta-analysis of the impacts of monensin in lactating dairy cattle. Part 1: Metabolic effects. *J. Dairy Sci.* 91, 1334–1346
- Feng, X.Y., Dijkstra, J., Bannink, A., van Gastelen, S., France, J., Kebreab, E. (2020): Antimethanogenic effects of nitrate supplementation in cattle: A meta-analysis, *Journal of Dairy Science*, 103, 11375-11385
- GfE (2023): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr.12. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Guyader, J., Eugène, M., Meunier, B., Doreau, M., Morgavi, D. P., Silberberg, M., Rochette, Y., Gerard, C., Loncke, C., Martin, C. (2015): Additive methane-mitigating effect between linseed oil and nitrate fed to cattle. *J. Anim. Sci.* 93, 3564–3577

- Hassanat, F., Benchaar, C. (2019): Methane emissions of manure from dairy cows fed red clover-or corn silage-based diets supplemented with linseed oil. *J. Dairy Sci.* 102, 11766–11776
- Hristov, A. N., Bannink, A., Battelli, M., Belanche, A., Sanz, M. C. C., Fernandez-Turren, G., Garcia, F., Jonker, A., Kenny, D. A., Lind, V., Meale, S. J., Zilio, D.M., Muñoz, C., Pacheco, D., Peiren, N., Ramin, M., Rapetti, L., Schwarm, A., Stergiadis, S., Theodoridou, K. (2025): Feed additives for methane mitigation: Recommendations for testing enteric methane-mitigating feed additives in ruminant studies. *Journal of Dairy Science*, 108, 322-355
- Huber, V., Hoffmann, K., Blümel, F., Müller, I., Schomaker, T., Ettle, T. (2024): Untersuchungen zum Einsatz von 3-Nitrooxypropanol in der Milchkuhfütterung, VDLUFA-Schriftenreihe 81, 450 – 456
- Huber, V., Obermaier, A., Hoffmann, K., Blümel, F., Ettle, T. (2024a): Auswirkungen der Gehalte an pansenabbaubarer Stärke und Zucker der Ration auf die Methanemissionen und Abgleich der Messwerte mit Schätzgleichungen, Tagungsband 62. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT), 98 – 104
- Janssen, P. H. (2010): Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 160, 1–22
- Kebreab, E., Bannink, A., Pressman, A. M., Walker, N., Karagiannis, A., van Gastelen, S., Dijkstra, J. (2023): A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle, *Journal of Dairy Science*, 106, 927-936
- Kirchgeßner, M., Stangl, G.I., Schwarz, F.J., Roth, F.X., Südekum, K.-H., Eder, K. [Hg.] (2014): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 14., aktualisierte Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl.
- Lean, I. J., Golder, H. M., Grant, T. M. D., Moate, P. J. (2021): A meta-analysis of effects of dietary seaweed on beef and dairy cattle performance and methane yield. *PLoS One* 16:e0249053
- LfL (2024): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 48. Auflage
- Newbold, C. J., De La Fuente, G., Belanche, A., Ramos-Morales, E., McEwan, N. R. (2015): The role of ciliate protozoa in the rumen. *Front. Microbiol.* 6,1313
- Patra, A. K. (2013): The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. *Livest. Sci.* 155, 244–254
- Patra, A. K. (2014): A meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparison of these responses between cattle and sheep. *Livest. Sci.* 16, :97–103
- Schilde, M., von Soosten, D., Hüther, L., Meyer, U., Zeyner, A., Dänicke, S. (2021): Effects of 3-nitrooxypropanol and varying concentrate feed proportions in the ration on methane emission, rumen fermentation and performance of periparturient dairy cows, *Archives of Animal Nutrition*, 75 79-104
- Tedeschi, L.O., Abdalla, A.L., Alvarez, C., Anuga, S.W., Arango, J., Beauchemin, K.A., Becquet, P., Berndt, A., Burns, R., De Camillis, C., Chara, J., Echazarreta, J.M., Hassouna, M., Kenny, D., Mathot, M., Mauricio, R.M., McClelland, S.C., M. Niu, M., Onyango, A.A., Parajuli, R., Pereira, L.G.R., Del Prado, A., Paz Tieri, M., Uwizeye, A., Kebreab, E. (2022): Quantification of methane emitted by ruminants: A review of methods *J. Anim. Sci.*, 100, Article skac197
- UBA (2025): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> (aufgerufen am 13.09.2025)
- Ungerfeld, E. M. (2015): Shifts in metabolic hydrogen sinks in the methanogenesis-inhibited ruminal fermentation: A meta-analysis. *Front. Microbiol.* 6, 37
- van Gastelen, S., Dijkstra, J., Binnendijk, G., Duval, S. M., Heck, J. M. L., Kindermann, M., Zandstra, T., Bannink, A. (2020): 3-Nitrooxypropanol decreases methane emissions and increases hydrogen emissions of early lactation dairy cows, with associated changes in nutrient digestibility and energy metabolism, *Journal of Dairy Science*, 103, 8074-8093
- von Soosten, D., Schilde, M., Meyer, U., Dänicke, S. (2024): Einfluss der Meeresalge *Ascophyllum nodosum* in der Ration von Milchkühen auf Leistungsparameter und Methanemissionen Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 75-78

Autorenanschrift:

Dr. Thomas Ettle,
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub
Prof.-Dürrwachter-Platz 2, 85586 Poing
Email: Thomas.Ettle@LfL.bayern.de

Decarbonisierung durch Einsatz von Siliermitteln

Mariana Schneider

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

Einleitung

Die Dekarbonisierung der Landwirtschaft ist eine der zentralen Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte. Im Rahmen internationaler Klimaschutzabkommen, der europäischen Green-Deal-Strategie und nationaler Klimagesetze wird der Agrarsektor zunehmend aufgefordert, seinen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen zu leisten. Während Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen aus Energie- und Maschineneinsatz gut quantifizierbar sind, stellen Methan (CH₄) aus der enterischen Fermentation und Lachgas (N₂O) aus Böden die dominanten Klimagase der Landwirtschaft dar. Dekarbonisierung bedeutet daher im Agrarsektor nicht nur die Verringerung fossiler Energieverbräuche, sondern umfasst alle Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Jede Tonne Futter, die effizienter konserviert, verwertet und umgesetzt wird, reduziert indirekt Treibhausgasemissionen – sei es durch geringeren Flächenbedarf, eingesparte Betriebsmittel oder niedrigere spezifische Emissionen pro Produkteinheit.

Während in der öffentlichen Diskussion häufig über technische Innovationen wie emissionsarme Stalltechniken oder Methanhemmstoffe gesprochen wird, finden Maßnahmen auf der Ebene der Futterkonservierung weniger Aufmerksamkeit. Dabei kann der Einsatz von Siliermitteln eine bemerkenswerte Rolle spielen: Sie senken vermeidbare Futterverluste, sichern die Qualität und erhöhen die Effizienz der Futterwirtschaft. Damit tragen sie unmittelbar zur Dekarbonisierung der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette bei. Der folgende Beitrag ordnet Siliermittel in den Gesamtzusammenhang der Dekarbonisierungsstrategien ein.

Siliverluste und deren Klimarelevanz

Siliverluste

Die Silierung ist seit Jahrzehnten das wichtigste Verfahren zur Konservierung von Grünfutter. Ziel ist es, durch Milchsäuregärung einen stabilen und nährstoffreichen Futtermittelvorrat zu erzeugen. Von der Ernte bis zur Verfütterung gehen jedoch 10–30 % der Trockensubstanz verloren (Köhler et al., 2019). Diese Verluste bedeuten, dass auf dem Feld mehr Biomasse produziert werden muss, um die gleiche Futtermenge zu sichern. Damit steigen Flächenbedarf, Energieeinsatz und Düngemittelverbrauch – mit direkten Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz. Als zentrale Problemfelder gelten Atmungsverluste, Fehlgärungen und aerobe Instabilität. Atmungsverluste entstehen durch den Reststoffwechsel der Pflanzenzellen und äußern sich in Kohlendioxidemissionen. Fehlgärungen, beispielsweise mit Buttersäurebildung, führen zu erheblichen Nährstoffverlusten und beeinträchtigen die Futterqualität. Die Öffnung des Silos und dem damit verbundenen Eintritt von Sauerstoff kann schließlich zur aeroben Instabilität führen, die durch Schimmelbildung und Erwärmung charakterisiert ist und weitere Verluste sowie zusätzliche Emissionen nach sich zieht. Die konsequente Minimierung dieser Verluste ist daher ein wesentlicher Hebel zur Reduktion von Treibhausgasemissionen in der Futterproduktion. Eine Zusammenfassung entsprechender Maßnahmen ist bei Misthilger et al. (2025) in diesem Tagungsband zu finden.

Klimarelevanz direkt

Während der Silierung entstehen unterschiedliche klimarelevante Gase. Der direkte Effekt von CO₂-Emissionen aus Silage gilt als klimaneutral, da es sich um Kohlenstoff handelt, der während des Pflanzenwachstums erst kürzlich durch Photosynthese gebunden wurde. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass die Futterproduktion fossile Ressourcen wie Treibstoffe und Dünger erfordert. Außerdem sind CO₂-Emissionen während des Silierprozesses oder der aeroben Entnahmephase mit Futter- und Energieverlusten verbunden. Um die gleiche Futtermenge bereitzustellen, muss dieser Verlust durch zusätzliches Grundfutter oder Konzentrate ausgeglichen werden – jeweils mit einem eigenen CO₂-Fußabdruck. Methan und Lachgas besitzen hingegen ein deutlich höheres Treibhauspotenzial und können nicht als klimaneutral angesehen werden.

Im Silierprozess lassen sich zwei Phasen der Gasbildung unterscheiden. In der anaeroben Phase nach dem Verdichten und luftdichten Abdecken des Silos entsteht überwiegend Kohlendioxid. Bei Fehlgärungen können zusätzlich geringe Mengen Methan und Lachgas freigesetzt werden (Deeken et al., 2024a; Schmithausen et al., 2022). Mit der Öffnung des Silos und dem Eintritt von Sauerstoff beginnt die aerobe Phase, in der durch die Aktivität von Hefen und Schimmelpilzen erneut CO₂ gebildet wird; unter ungünstigen Bedingungen kann außerdem N₂O entstehen (Deeken et al., 2024b). Damit sind CO₂, CH₄ und N₂O die zentralen klimarelevanten Gase im Rahmen des Silierungsprozesses (Krommweh et al., 2020).

Klimarelevanz indirekt

Der Beitrag von Siliermitteln zur Dekarbonisierung lässt sich nur schwer quantifizieren, da neben direkten auch indirekte Wirkungen zu berücksichtigen sind. Werden Silierverluste reduziert, kann mehr Energie und Protein in der Wertschöpfungskette genutzt werden, wodurch die Treibhausgasemissionen je Produkteinheit sinken. Auch die Verbesserung der Futterqualität trägt dazu bei, die Effizienz zu steigern und die spezifischen Methanemissionen zu verringern.

Siliermittel können zur Dekarbonisierung beitragen, indem sie Trockenmasseverluste reduzieren, das Gär säuremuster verbessern und den Eiweißabbau vermindern. Eine verbesserte Silagequalität führt nicht nur zu einer effizienteren Futterverwertung, sondern auch zu geringeren Methanemissionen pro Kilogramm Milch, Fleisch oder Biogas-basierter Energie (Deeken et al., 2024b). Darüber hinaus kann der Einsatz hochwertiger Silagen die Abhängigkeit von Konzentraten verringern, die häufig mit hohen Vorkettenemissionen behaftet sind. Neben diesen ökologischen Vorteilen ergeben sich auch positive Effekte für Tiergesundheit, Fütterungseffizienz und Wirtschaftlichkeit.

Siliermittel: Kleine Maßnahme, große Wirkung?

Siliermittel wirken, indem sie den Gärprozess steuern oder stabilisieren. Dabei können sowohl biologische (Milchsäurebakterien) als auch chemische Siliermittel eingesetzt werden: Milchsäurebakterien beschleunigen die pH-Absenkung, sichern die Konservierung oder können durch heterofermentative Stämme die aerobe Stabilität über die Bildung von Essigsäure erhöhen. Chemische Siliermittel wie Ameisensäure, Propionsäure oder Sorbate hemmen Hefen, Schimmel oder Clostridien. Sie sind besonders bei kritischen Silierbedingungen wirkungssicherer. Grundsätzlich wird der Einsatz DLG-zertifizierter Siliermittel empfohlen, da diese in unabhängigen Wirksamkeitsprüfungen nach einem festen Prüfschema untersucht wurden und einer regelmäßigen Überwachung der Wirksamkeit unterliegen (DLG-Qualitätssiegel).

Die Wirksamkeitsprüfung von Siliermittel erfolgt nach den Prüfrichtlinien der DLG (2018) für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens (Qualitätssiegel) für Siliermittel. Die Bewertung der Wirksamkeit von Siliermitteln unterliegt allerdings methodischen Herausforderungen, da eine differenzierte Beurteilung nur möglich ist, wenn die Prüfbedingungen eine messbare Wirkung zulassen. Eine zentrale Voraussetzung ist daher, dass die Kontrollsilage, also die unbehandelte Vergleichsvariante, Mängel hinsichtlich Gärqualität oder aerober Stabilität aufweist. Nur wenn in der Kontrolle beispielsweise

erhöhte Trockenmasseverluste, instabile Gärungsverläufe oder Qualitätsminderungen auftreten, kann der Effekt des Zusatzstoffes zuverlässig quantifiziert werden. Gleichzeitig darf die Prüfbedingung nicht künstlich verschlechtert werden, da dies die Praxisrelevanz infrage stellen würde. Die Balance zwischen „hinreichender Problemstellung“ und „realistischer Versuchsdurchführung“ ist daher essenziell. Eine besonders stabile Kontrollsilage birgt hingegen die Gefahr, dass selbst wirksame Siliermittel keinen statistisch signifikanten Vorteil aufzeigen können. Ein weiteres Problemfeld liegt in der Variabilität der Ausgangssubstrate: Unterschiede in Trockenmassegehalt, Zuckerverfügbarkeit oder mikrobieller Ausgangsflora beeinflussen die Effekte einzelner Zusätze erheblich. Aufgrund dieser hohen Variabilität ist eine Rangierung der Wirksamkeit verschiedener Siliermittel untereinander kaum möglich; vielmehr muss die Bewertung immer im Kontext der jeweiligen Ausgangsbedingungen erfolgen.

Um die Wirkungen von Siliermitteln greifbar zu machen, werden im Folgenden typische Effekte aus DLG-anerkannten Prüfungen zusammengefasst. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Siliermittel nicht nur die Gärqualität verbessern, sondern auch messbare Auswirkungen auf Futterwert und tierische Leistung haben können. Tabelle 1 fasst die nachweisbaren Verbesserungen gegenüber unbehandelten Kontrollen zusammen und zeigt das Ausmaß der Effekte in der Praxis. Die Effekte der Siliermittel auf den Futterwert beruhen auf den reduzierten Verlusten an Trockenmasse, Energie und Nährstoffen, dem verbesserten Gär säuremuster und dem verminderten Eiweißabbau.

Tabelle 1: Siliermitteleffekte der DLG-Wirkungsrichtung 4 und 5a; Verbesserung gegenüber der Kontrolle (DLG, 2006)

Kenngroße	Einheit	Ausmaß der Effekte
Verdaulichkeit	% der organ. Masse	+ 1,0 bis 3,0
Energiekonzentration	MJ NEL/kg TM	+ 0,1 bis 0,3
Futteraufnahme	% der Silage	+ 5 bis 10
Milchleistung	kg je Tier und Tag	bis + 1,2
Mastleistung	g Zunahme je Tier und Tag	bis + 85

Diskussion

Eigene Berechnungen mit dem LfL-THG-Rechner (LfL, 2025) zeigen, dass der Einsatz biologischer Siliermittel den Aufwand an CO₂-Äquivalenten je kg energiekorrigierter Milch (ECM) um etwa 7% verringern kann. Auch Deeken et al. (2024b) konnten anhand von Versuchsdaten eine Reduktion klimarelevanter Emissionen von bis zu 13,6% nachweisen. Van Wikselaar et al. (2025) berichteten zudem, dass selbst in einem eingeschränkten Versuchsdesign mit Laborsilos und nur zwei Wiederholungen pro Behandlung deutliche Effekte erkennbar waren: Inokulanten können insbesondere während der Entnahmephase die CO₂-Verluste aus Silagen mindern; Einsparungen von bis zu 30% erscheinen möglich, bedürfen jedoch einer Bestätigung in weiterführenden Studien.

Neben diesen positiven Effekten auf die Emissionsbilanz sind jedoch auch die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Herstellung, Verteilung und Anwendung von Siliermitteln zu berücksichtigen. Diese verursachen einen eigenen CO₂-Fußabdruck, dessen Höhe stark von den jeweiligen Produktionsprozessen und der Systemgrenze der Analyse abhängt (Deeken et al., 2024b; Milimonka et al., 2019). Um ihre Klimawirkung zu rechtfertigen, müssen Siliermittel daher durch die Reduktion von Trockenmasseverlusten und die Verbesserung der Silagequalität zu einer spürbaren Senkung klimarelevanter Emissionen beitragen. In Abbildung 1 sind dazu zwei Silagemanagement-Szenarien und das resultierende Decarbonisierungspotential von Siliermitteln unter Berücksichtigung von Emissionen

aus ihrer Herstellung gegenübergestellt. Ein deutliches THG-Minderungspotential ergibt sich bei einem ungünstigen Silagemanagement.

Auch im Biogassektor besteht erhebliches Einsparungspotenzial, da hier Qualitätsverluste weniger beachtet werden, da sie sich beispielsweise nicht in Einschränkungen der Tiergesundheit äußern, aber dennoch mit deutlichen Klimawirkungen verbunden sind.

Im Kontext der Dekarbonisierung ist es daher entscheidend, vermeidbare Verluste konsequent zu minimieren. Besonders problematisch sind Fehlgärungen, bei denen wertvolle Futterstoffe in klimarelevante Gase wie CH₄ und N₂O umgewandelt werden. Offene Fragen betreffen die exakte Quantifizierung der direkten Emissionseffekte, die Abgrenzung zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Verlusten sowie die ökonomische Bewertung auf Betriebsebene. Ein zentrales Problem ist zudem die hohe Variabilität der Ausgangssubstrate, die eine Vorhersage möglicher Siliermitteleffekte erschwert.

Für die Praxis zeigt sich, dass Siliermittel ein kostengünstiges und sofort verfügbares Instrument darstellen, um Treibhausgasemissionen zu senken – insbesondere im Vergleich zu technisch aufwändigeren Maßnahmen wie Stallumbauten oder Methanhemmern. Ihre Einbindung in betriebliche Klimastrategien könnte den Ressourceneinsatz optimieren und die Emissionsintensität der Milch- und Fleischproduktion senken. Bisher werden Siliermittel jedoch vor allem als Qualitätsinstrument wahrgenommen und finden weder in Klimabilanzen noch in Förderprogrammen Berücksichtigung. Hier besteht erhebliches Potenzial, ihre Anwendung durch politische Rahmensetzung und finanzielle Anreize deutlich zu verbreitern.

Insgesamt verdeutlichen die bisherigen Ergebnisse, dass Siliermittel nicht nur ein Beitrag zur Futterqualitätssicherung, sondern auch ein relevantes Instrument der landwirtschaftlichen Dekarbonisierung sind.

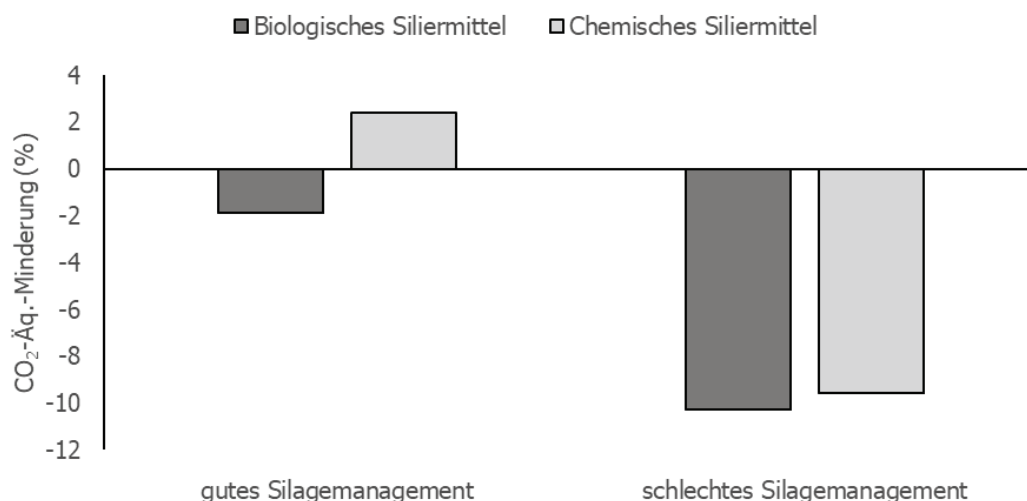


Abbildung 1: Reduktion der Silage-Emissionen durch Siliermittel unter Berücksichtigung der Emissionen aus deren Herstellung (nach Deeken et al., 2024b)

Fazit und Ausblick

Die Bewertung der Klimawirkung von Siliermitteln ist aufgrund der hohen Variabilität des Ausgangsmaterials und der vielfältigen Folgewirkungen anspruchsvoll. Dennoch verdeutlichen die vorliegenden Ergebnisse, dass ein optimal gesteuerter Silierprozess – unterstützt durch wirksame

Managementpraktiken und den gezielten Einsatz von Siliermitteln – einen messbaren Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann.

Siliermittel senken Trockenmasseverluste, verbessern die Futterqualität und steigern die Ressourceneffizienz. Damit reduzieren sie indirekt Flächen- und Betriebsmittelbedarf und führen zu geringeren Treibhausgasemissionen pro Produkteinheit. Zugleich ergeben sich positive Effekte auf Tiergesundheit, Fütterungseffizienz und Wirtschaftlichkeit. Wichtig ist jedoch: Siliermittel können grundlegende Managementfehler nicht kompensieren. Die Ursachen unbefriedigender Gärqualität müssen zunächst identifiziert und behoben werden, bevor Zusatzstoffe ihren vollen Nutzen entfalten können (vgl. Misthilger et al., 2025).

Für die Praxis stellen Siliermittel ein kostengünstiges, sofort verfügbares und durch unabhängige DLG-Prüfungen abgesichertes Instrument dar. Sie sind einfach anzuwenden und bieten Landwirtinnen und Landwirten die Möglichkeit, unmittelbar zur Reduktion von CO₂-Emissionen beizutragen. Jede Tonne Futter, die effizienter konserviert und genutzt wird, ist ein Gewinn für Klimaschutz, Ressourcenschonung und Betriebe.

Zukünftig sollten Siliermittel daher stärker in Beratung, Klimabilanzen und Fördermechanismen integriert werden. Damit können sie von einem bislang unterschätzten Qualitätsinstrument zu einem fest verankerten Baustein landwirtschaftlicher Klimastrategien werden – praxisnah, wirksam und mit unmittelbarer Wirkung für Dekarbonisierung und nachhaltige Tierernährung.

Literaturverzeichnis

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2025): Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten: Internet Deckungsbeitragsrechner – IDB und Klima-Check. Abgerufen am 18.09.2025 von <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>

Deeken, H. F., Büscher, W., Trimborn, M., Schmithausen, A. J., Weiß, K., Lipski, A., Maack, G. C. (2024a): Greenhouse gas and volatile organic compound emissions of additive-treated whole-plant maize silage: part A—anaerobic fermentation period. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 134.

Deeken, H. F., Büscher, W., Trimborn, M., Schmithausen, A. J., Weiß, K., Lipski, A., Maack, G. C. (2024b): Greenhouse gas and volatile organic compound emissions of additive-treated whole-plant maize silage: part B—aerobic storage period and carbon footprint of silage additive use. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 180.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2006): Praxishandbuch Futter- und Substrat-konservierung. 7. überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main.

DLG e.V. (2018): DLG-Prüfrichtlinien für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel, erarbeitet unter Federführung der DLG-Kommission Siliermittel, Frankfurt am Main.

Köhler, B., Taube, F., Ostertag, J., Thurner, S., Kluß, C., Spiekers, H. (2019): Dry-matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. *Grass and Forage Science*, 74(2): 274-283.

Krommweh, M. S., Schmithausen, A. J., Deeken, H. F., Büscher, W., Maack, G. C. (2020): A new experimental setup for measuring greenhouse gas and volatile organic compound emissions of silage during the aerobic storage period in a special silage respiration chamber. *Environmental Pollution*, 267, 115513.

Milimonka A, Thaysen J, Richter C. (2019): Nachhaltigkeit - können Siliermittel einen Beitrag leisten? In: Harms K, Windisch W, editors. 57. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.; 10.10.2019; Grub/Poing, Germany. Freising: Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.; 2019. p. 96–101.

Misthilger, B., Harms, K., Schäffler, M., Schneider, M. (2025): Den Futterverlusten auf der Spur - Mit effizientem Futtermanagement Verluste und Treibhausgasemissionen reduzieren. in: Tagungsband der 63. Jahrestagung der BAT.

Schmithausen, A. J., Deeken, H. F., Gerlach, K., Trimborn, M., Weiß, K., Büscher, W., Maack, G. C. (2022): Greenhouse gas formation during the ensiling process of grass and lucerne silage. *Journal of Environmental Management*, 304, 114142.

van Wikselaar, P. G., Bruinenberg, M., Goselink, R. M. A. (2025): Greenhouse gases produced by maize silages treated with different inoculants: harvesting season 2023 (No. 1552). Wageningen Livestock Research, <https://edepot.wur.nl/687521>.

Autorenanschrift

Dr. Mariana Schneider
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwächter-Platz 2,
85586 Poing/Grub
E-Mail: Mariana.Schneider@LfL.bayern.de

Potentiale der Heutrocknung im Hinblick auf Futterqualität, tierische Leistungen und Nachhaltigkeit

Reinhard Resch¹, Georg Terler²

¹HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Irdning-Donnersbachtal, Österreich

²HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Irdning-Donnersbachtal, Österreich

Einleitung

Heutrocknung stellt die traditionelle Form der Konservierung von Grünlandbeständen dar. Obwohl der Anteil der Heuproduktion in Österreich in den vergangenen Jahrzehnten auf 20-25% zurückging (Wilkinson et al., 1996; Resch, 2024), füttern aktuell ca. 13.000 viehhaltende Betriebe, davon ca. 7.000 Milchkuhbetriebe, als Grobfutter ausschließlich frisches Grünfutter (Weide und Eingrasfutter) und Heu, d.h. sie verzichten auf den Einsatz von fermentierten Futtermitteln und werden dafür gefördert (ÖPUL-Maßnahme 2023: UBB-Topup „Heuwirtschaft“, früher bekannt als „Silageverzicht“). Etwa 15% der Milchproduktion in Österreich sind Heumilch, die vor allem zu Hartkäse aus clostridienfreier Rohmilch verarbeitet wird. Österreichs Heumilchproduzenten befinden sich vor allem im benachteiligten Berggebiet auf einer mittleren Seehöhe von 880 m (Resch und Stögmüller, 2023). Die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Heumilchbauern (www.heumilch.com) hat die Heuwirtschaft durch ein qualitätsorientiertes Marketingkonzept verbessert, was in den letzten Jahren zu steigenden Absatzmengen von Heumilchprodukten im In- und Ausland geführt hat. Die FAO (Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen) hat die traditionelle Heumilchwirtschaft im Jahr 2024 zum landwirtschaftlichen Kulturerbe von globaler Bedeutung ausgezeichnet.

Durch Trocknung von Grünlandaufwüchsen wird die Haltbarkeit der Futterkonserve mittels Wasserentzug auf Feuchtegehalte von weniger als 14 % erreicht. Nach Steinhöfel et al. (2023) werden durch das Verdunsten oder Verdampfen von Wasser aus dem Pflanzenmaterial die pflanzlichen Enzymaktivitäten und mikrobielle Abbauprozesse deaktiviert, wobei durch den geringen Stoffumbau die Proteine (Wyss 2018), Zucker und Strukturwirksamkeit weitgehend erhalten bleiben. Speziell die Bodenheutrocknung trägt aufgrund einer längeren Feldphase ein höheres Wetterrisiko sowie ein hohes Verlustpotenzial durch Bröckelverluste (Resch et al., 2024). Für die Futterkonservierung gebräuchliche Trocknungsverfahren sind Bodentrocknung, Belüftungstrocknung (Warm- bzw. Kaltluft) und Heißlufttrocknung (DLG, 2025).

Physikalische Eigenschaften des Futters und anlagentechnische Auslegungen erfordern von LandwirtInnen technisches Verständnis und Erfahrung in der Anlagenbedienung, ansonsten verursacht die Trocknung hohe Kosten und bringt nicht den optimalen Erfolg. Kaltbelüftungen haben einen eingeschränkten Trocknungseffekt. Insbesondere bei kühlen Temperaturen oder hohen Luftfeuchtigkeiten ist die Wasseraufnahme der Luft sehr gering und das reduziert die Effektivität der Heutrocknung. Belüftung mit Kaltluft hat somit Grenzen im Hinblick auf den Wassergehalt des Ernteguts (Wirleitner et al., 2014).

Trocknungsverfahren mit Luftanwärmung oder Luftentfeuchtung können auch bei ungünstigen Lufttemperaturen bzw. -feuchtigkeiten entsprechende Wassermengen aus dem Futter abführen. Mit entsprechendem Energieeinsatz aus nicht fossilen Quellen (Agro-PV, Solardach, Hackschnitzelofen, Abwärme Biogasanlage etc.) könnte mit derartigen Verfahren prinzipiell auch Anweilfutter mit bis zu

50% Wassergehalt getrocknet werden, allerdings steigen hier die Kosten stark über ein wirtschaftliches Maß hinaus (Fritz, 2018). Aufgrund der Klimaerwärmung und des CO₂-Fußabdrucks von Heizöl oder Gas, sind nicht nachhaltige fossile Energieträger für die Futtertrocknung heutzutage abzulehnen. Teuerung von Energie mindert den wirtschaftlichen Erfolg der Unterdachtrocknung, daher spielt die Energieeffizienz der Belüftungstrocknung eine entscheidende Rolle in punkto Wirtschaftlichkeit.

Einflüsse auf die Heuqualität

Nach Resch et al. (2015) haben primär die botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, der Aufwuchs und das phänologische Entwicklungsstadium einen entscheidenden Einfluss auf die Gehalte von Inhalts- und Mineralstoffen sowie auf die Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) und die Energiekonzentration (ME) im Grünfutter. Speziell dikotyle Pflanzen – Kräuter und Leguminosen – sind nach Dulphy (1987) und Rotz et al. (2011) mit zunehmender Anwelkung (TM-Gehalt) von Bröckelverlusten der wertvollen Blattmasse betroffen, sodass die Heutrocknung und Ernte von gräserreicheren Beständen grundsätzlich mit weniger Verlusten verläuft. Für den Erfolg der Heutrocknung ist der TM-Gehalt des Ernteguts ein entscheidender Faktor. Für die einzelnen Trocknungsverfahren gibt es jeweils einen Optimalbereich (Abbildung 1).

Erdverschmutzung im Heu

Sauberes Heu enthält weniger als 500-600 mg Eisen/kg TM bzw. weniger als ca. 90 g Rohasche/kg TM. Ein Drittel der im LK-Heuprojekt untersuchten Heuproben wiesen eine Erdverschmutzung auf. Dichtere Grasnarben ohne Erdhaufen von Wühlmaus & Co und richtige Höheneinstellung der Erntegeräte (Mähhöhe mindestens 7 cm, Zetter-/Schwaderzinken 4 cm über Boden) verbessern die Situation. Heupartien von hängigen Berglagen, die mit Messerbalken-Mähwerken gemäht wurden, wiesen tendenziell mehr Futterverschmutzungen auf. Heu mit stärkerer Erdverschmutzung hatte am Lager auch häufiger mit Schimmelbildung zu kämpfen als sauberes Futter. Bei der Heuaufnahme können Wiederkäuer einen Teil der Verunreinigung selektieren und somit die Futterqualität verbessern.

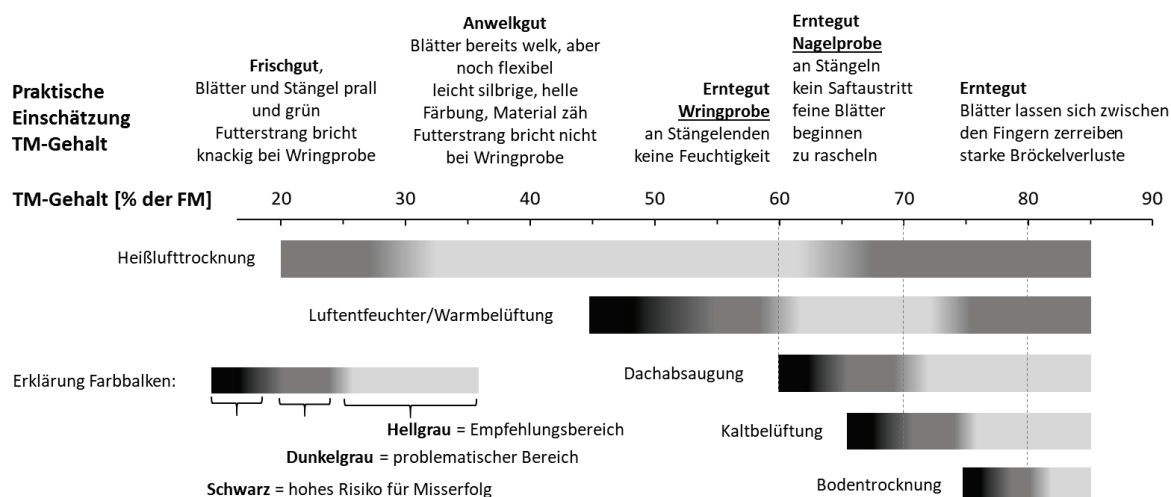


Abbildung 1: Einschätzung des Erntegut TM-Gehaltes, sowie Empfehlungs-/Problem-/Risikobereiche für unterschiedliche Trocknungsverfahren in Abhängigkeit der Futtertrockenmasse bei Trocknung von losem Heu; (Dunkelgraue Zonen bei Heißlufttrocknung und Luftentfeuchter/Warmbelüftung beziehen sich auf Aspekte der Wirtschaftlichkeit im niederen bzw. Bröckelverluste im hohen TM-Bereich; Schwarze Zonen tragen bei Dachabsaugung, Kaltbelüftung und Bodentrocknung ein hohes Risiko hinsichtlich ungünstiger Futterhygiene)

Im Forschungsprojekt „Heutrocknung“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (2010-2012) wurden unter Praxisbedingungen drei Heutrocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Luftentfeuchtertrocknung) mit Grassilage an Dauerwiesenfutter mit vier Aufwüchsen bei gleichem Mähzeitpunkt verglichen (Gruber et al., 2015) und auch die Entwicklung der Futterqualität der Konserven während der Lagerung untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Heuqualität signifikant durch Wettergeschehen (Jahreseffekt), Aufwuchs, das Trocknungsverfahren und durch die Lagerungsdauer beeinflusst wurde. Heu aus Bodentrocknung wies im Durchschnitt signifikante Qualitätsdefizite im Rohproteingehalt (-5 g/kg TM) und Beta-Carotingehalt (-25 mg/kg TM), sowie in der OM-Verdaulichkeit (-2%) und Energie (- 0,3 MJ ME/kg TM), speziell jedoch auch in punkto Lagerverpilzung gegenüber den Varianten mit Belüftungstrocknung auf. Die statistischen Ergebnisse (GLM) des Projekts „Heutrocknung“ ergaben einen Zusammenhang zwischen der Zunahme der Keimzahl an verderbanzeigenden Schimmelpilzen und der Verschlechterung der OM-Verdaulichkeit (Resch et al., 2014).

Im Bodenheu mit ca. 20% Wasser im Erntegut, dauerte es am Heulager drei bis vier Wochen lang, bis genügend Wasser durch die Vermehrung von Bakterien und Pilzen „rausschwitzte“, um den kritischen Wassergehalt von 14% zu unterschreiten. Mit dem Verfahren Kaltbelüftung (Erntegut ca. 28% Wasser) bzw. mit Luftentfeuchtung (ca. 38% Wasser im Erntegut), wurde der kritische Wassergehalt im Heu bereits nach etwa 72 Stunden Belüftung unterschritten (Resch et al., 2014). Somit konnte nachgewiesen werden, dass eine zeitlich effiziente Wasserabfuhr im Heulager mit Hilfe der Heubelüftungstrocknung zu messbar besseren Heuqualitäten führt.

Ein wesentlicher Vorteil höherer Feuchtegehalte des Ernteguts liegt neben der Verringerung der Bröckelverluste insbesondere in der Verkürzung der Feldliegezeit des Futters (Pöllinger, 2015). Dieser Umstand verkürzt den Zeitbedarf für die Phase der Feldtrocknung. In mehreren LK-Heuprojekten wurden seit 2007 mehr als 3.700 Heuproben aus Praxisbetrieben chemisch und zum Teil mikrobiologisch untersucht, sowie das Management von Ernte, Konservierung und Lagerung abgefragt. Resch und Stögmüller (2023) konnten aus den Erhebungen aufzeigen, dass Heubetriebe mit Warmbelüftungsanlagen, auf gleicher Seehöhe, die Ernte um 11 Tage früher begannen als Betriebe mit Bodenheutrocknung. Daraus ergibt sich ein qualitätsverstärkender Effekt durch frühere Nutzung und Heubelüftung, sodass im 1. Aufwuchs durchschnittliche Rohproteingehalte bei Bodenheu (96 g/kg TM) signifikant niedriger lagen als bei Kaltbelüftungsheu (106 g/kg TM) bzw. Warmbelüftungsheu (116-121 g/kg TM). Die Energiegehalte differierten um 0,3 bzw. 0,7 MJ ME/kg TM zugunsten des Belüftungsheus. In Österreich veränderte sich der Erntezeitpunkt beim ersten Aufwuchs in den vergangenen 15 Jahren tendenziell zu einer um 7 Tage früheren Heuernte. Dieser Trend wird wahrscheinlich von den Faktoren Klimaerwärmung, höherer Anteil an Belüftungsanlagen auf Heubetrieben und der besseren Grundfutterleistung der Tiere bei höherer Futterqualität getrieben.

Futterhygiene von Heu

Nach Strauß und Schoch (2003) kann fehlerhaftes Management wie Schnittzeitpunkt, Mahd bei zu geringer Schnitthöhe, Pressdichte bei Ballen etc. zu einer Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen. Zu viel an Feuchte, speziell bei der Einlagerung von Bodenheu, führt zu einem stärkeren Temperaturanstieg im Heulager, sodass bei Temperaturen über 40°C die wenig thermotoleranten Arten aus der produkttypischen Feldflora rasch zurückgehen (Wittenberg, 1997) und häufig von einer verderbanzeigenden Lagerflora abgelöst werden - VDLUFA-Keimgruppe 5 (z. B. *Aspergillus glaucus*, *Wallemia sebi*) und Keimgruppe 6 (*Mucorales*). Die meisten Pilzarten treten in einem Temperaturbereich von 10 bis 40°C auf (Adler, 2002).

Sporenbildende Pilze und Hefen treten häufig bei Erntegutfeuchtigkeiten von 20 bis 25% und Temperaturen bis maximal 45°C dominant in Erscheinung. Steigt die Temperatur im Heulager über ca. 45°C, vermehren sich thermophile Mikroorganismen und es kommt zur Bräunung (Maillard-Reaktion), wodurch ein Teil des Proteins unverdaulich wird (Goering et al., 1973). Hierbei geht auch viel β -Carotin verloren. Stark erhitzte Heupartien sind braun, riechen brandig und werden aufgrund der massiven

Lagerverpilzung sehr staubig. Schimmelpilzsporen siedeln sich im Atmungs- und Verdauungstrakt an, wo sie Mykosen und Allergien bei Tier und Mensch (Farmerlunge) auslösen können. Bei Einlagerung zu feuchter Partien (< 75 bis 80 % TM), kann es ohne eine zusätzliche Belüftung sogar zu unkontrollierten Temperaturerhöhungen mit anschließender Selbstentzündung kommen.

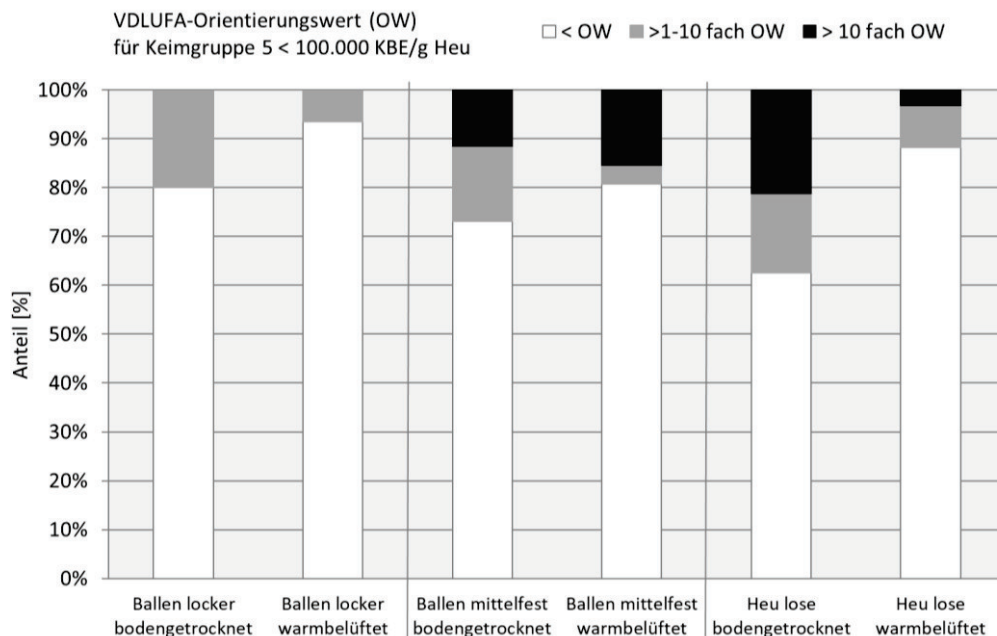


Abbildung 2: Einfluss von Pressdichte und Trocknungsverfahren auf die Schimmelpilzgehalte der VDLUFA-Keimgruppe 5 in Heuballen (LK-Heuprojekt 2018 und 2022)

Dichte Heulagerung ist ungünstig

Eine zentrale Erkenntnis aus den LK-Heuprojekten 2018 und 2022 ist, dass die Lagerungsdichte von Heu in Verbindung mit mehr als 14 % Wassergehalt einen erheblichen Einfluss auf die Verpilzung mit Schimmelpilzen am Heulager hat. Laut VDLUFA (2012) ist die Futterhygiene bezogen auf verderbanzeigende Schimmelpilze einwandfrei und somit Qualitätsstufe I, wenn weniger als 100.000 kolonienbildende Einheiten (KBE/g Heu) nachgewiesen werden können. Wird dieser Orientierungswert (OW) um mehr als das 10-fache überschritten (schwarzer Bereich in Abbildung 2), gilt Heu als verdorben – Qualitätsstufe IV – und darf laut EU-Futtermittelhygiene-Verordnung (VO 183/2005) nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

Bei locker gepressten Rundballen war keine Heuprobe durch Schimmel verdorben und Heubelüftungstrocknung bewirkte eine zusätzliche Verbesserung der Futterhygiene, weil die Gebläseluft über den „Kamineffekt“ leichter durch den lockeren Ballen strömen kann. Durch mittelfeste Ballenpressung waren bei Bodentrocknung 12 % und bei Warmlufttrocknung 15 % der untersuchten Heuballen verdorben (Abbildung 2). Gebläseluft kann bei zu starker Pressung nicht durch den Ballen strömen, daher bleibt Feuchtigkeit in den verdichteten Zonen erhalten und Schimmelpilze können sich vermehren.

Futteraufnahme und tierische Leistungen bei Heufütterung

Seit 2010 wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und der Veterinärmedizinischen Universität Wien mehrere Projekte durchgeführt, in welchen Effekte der Fütterung von Heu als alleiniges Grobfutter auf Futteraufnahme und tierische Leistungen untersucht wurde. Die Ziele dieser Versuche waren einerseits ein Vergleich mit Grassilagefütterung und andererseits Einflüsse der Heuqualität zu untersuchen.

Für die Versuche, in welchen Heu- und Grassilagefütterung verglichen wurden, wurden jeweils alle Schnitte eines Jahres herangezogen. Zudem wurden Heu und Silage am selben Feld und zum selben Zeitpunkt geerntet und Heu oder Grassilage als einziges Grobfutter angeboten. In einem Versuch verglichen Kiendler et al. (2019) die Fütterung von Frischgras, Grassilage und Heu an Milchkühe. Sowohl die Trockenmasse (TM)-Aufnahme als auch die Energie-korrigierte Milchleistung (ECM-Leistung) lagen bei Frischgras- und Heufütterung auf einem ähnlichen Niveau. Im Vergleich dazu waren Futteraufnahme und ECM-Leistung der Kühe bei Grassilagefütterung signifikant niedriger (im Vergleich zu Heufütterung 1,6 kg niedrigere TM-Aufnahme und 1,2 kg niedrigere ECM-Leistung pro Tag).

In einem zweiten Projekt wurde Heu auf drei verschiedene Arten getrocknet (Boden-, Kaltbefeuchtungs- und Entfeuchtertrocknung) und wiederum mit Grassilage verglichen. Auch in diesem Versuch fraßen mit Heu gefütterte Milchkühe signifikant mehr Grobfutter als die Kühe der Grassilage-Gruppe, und das unabhängig von der Heutrocknungsmethode (Abbildung 3). Alle drei Heutrocknungsmethoden führten zu vergleichbaren TM-Aufnahmen der Kühe (Fasching et al., 2015). Die scheinbare Verdaulichkeit der Organischen Masse (OM) war bei allen vier Futtermitteln vergleichbar (Gruber et al., 2015). Daher ist davon auszugehen, dass die höhere TM-Aufnahme nicht auf verdauungsphysiologische Gründe, sondern auf eine höhere Akzeptanz oder Schmackhaftigkeit des Heus im Vergleich zur Grassilage zurückzuführen war.

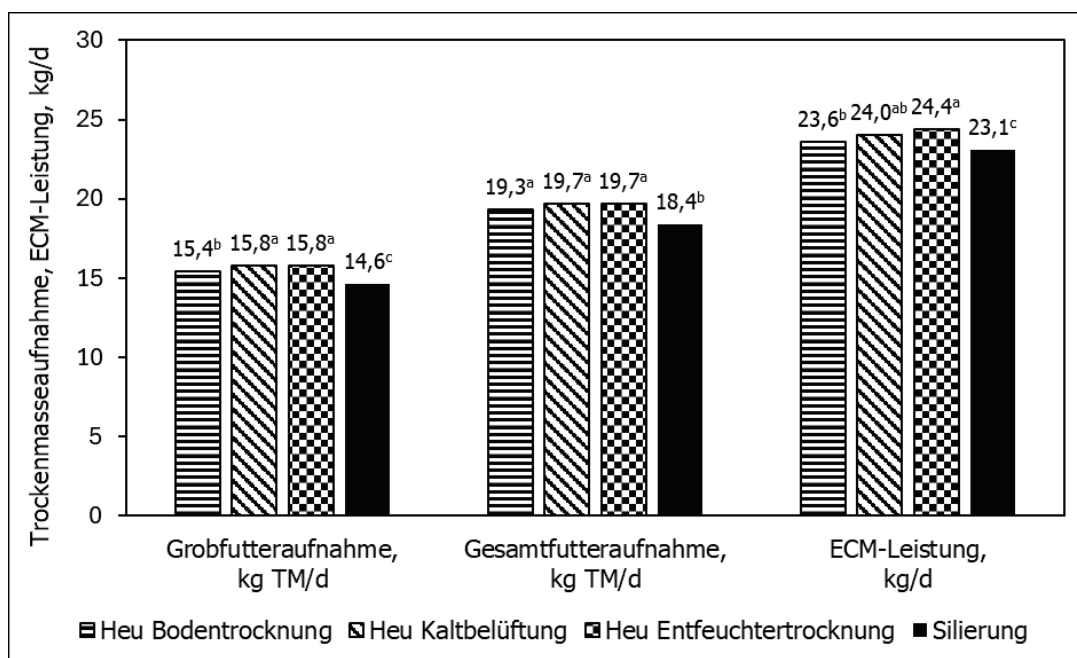


Abbildung 3: Grobfutter- und Gesamtfutteraufnahme sowie Energie-korrigierte Milchleistung (ECM-Leistung) von Milchkühen bei Fütterung von unterschiedlich getrocknetem Heu oder Grassilage (Fasching et al. 2015)

Die höhere TM-Aufnahme bei Heufütterung hatte auch eine höhere ECM-Leistung im Vergleich zur Silagefütterung zur Folge (Fasching et al., 2015), womit die Ergebnisse mit der Studie von Kiendler et al. (2015) übereinstimmen. Hinsichtlich der ECM-Leistung stellten Fasching et al. (2015) zudem signifikante Vorteile der Entfeuchtertrocknung im Vergleich zur Bodentrocknung fest (0,8 kg/d höhere ECM-Leistung bei Entfeuchtertrocknung). Zusammenfassend lassen die beiden beschriebenen Versuche den Schluss zu, dass Heufütterung bei gleichem Pflanzenbestand und gleichem Erntezeitpunkt zu höherer Futteraufnahme und ECM-Leistung führt als Grassilagefütterung.

Wie bereits weiter oben erwähnt, kann es große Unterschiede in der Heuqualität geben. Besonders hochwertig ist sogenanntes Energie- oder Zuckerheu. Solches Heu besteht vorwiegend aus hochwertigen Gräsern (z.B. englisches Raygras), welche bereits im Schossen gemäht werden, womit das Heu Zucker- und Rohproteinkonzentrationen von rund 200 g/kg TM und eine Energiekonzentration von mehr als 11 MJ umsetzbare Energie pro kg TM aufweist (Kleefisch et al., 2018, Terler et al., 2022). In einem Versuch mit Milchkühen in den ersten vier Laktationswochen zeigte sich, dass bei ausschließlicher Fütterung von Energieheu (ohne Ergänzung von Konzentraten) ECM-Leistungen von über 35 kg pro Tag erreichbar sind (Kleefisch et al., 2018). Eine Vergleichsgruppe, welche 75% Energieheu und 25% Konzentrate erhielt, unterschied sich hinsichtlich ECM-Leistung nicht von den Milchkühen mit reiner Heufütterung. Erst bei 40% Konzentratergänzung wurde ein deutlicher Anstieg der Milchleistung beobachtet. Allerdings zeigten sich bei reiner Heufütterung höhere MilCHFettgehalte und Körpermasseverluste sowie höhere Konzentrationen an Beta-Hydroxybutyrat (BHB) und Nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) im Blut, allesamt Anzeichen für Ketose (Kleefisch et al., 2018). Trotz der hohen Zuckerkonzentration des Energieheus wurde jedoch kein Effekt auf den pH-Wert im Pansen festgestellt (Klevenhusen et al., 2019), weshalb kein erhöhtes Azidoserisiko zu erwarten ist. Dieser Versuch zeigt, welches Potenzial in Heu steckt, wenn man auf hohe Qualität setzt. Ein Verzicht auf Konzentratzufütterung ist jedoch in der Früh-laktation von Hochleistungskühen nicht zu empfehlen, da dies zu einem Energiemangel und somit zu Ketose führen kann.

Das Energieheu eignet sich nicht nur sehr gut für die Milchviehfütterung, sondern auch für die Aufzucht-kälberfütterung. Rund um das Absetzen im Alter von 12 Wochen erreichten Aufzucht-kälber bei ausschließlicher Fütterung von Energieheu ähnliche TM-Aufnahmen und Tageszunahmen als bei Fütterung von typischen Kälberstarten, bestehend aus 70% Konzentrat und 30% Heu (Terler et al., 2022). Der Grund lag vor allem in der hohen scheinbaren OM-Verdaulichkeit, welche bei Energieheu und konzentratreichem Kälberstarter auf demselben Niveau lag. Wie beim oben beschriebenen Milchvieh-Versuch wurden auch in diesem Kälberversuch bei reiner Energieheufütterung höhere BHB-Konzentrationen im Blut als bei Fütterung von Kälberstartern festgestellt. Die Konzentration von BHB im Blut wird nicht nur von Mobilisationsprozessen beeinflusst, sondern auch von der Aufnahme an Butyrat über die Pansenschleimhaut (Bergman, 1990). Da die Tageszunahmen im Versuch identisch waren, ist davon auszugehen, dass die höheren BHB-Gehalte im Blut auf eine höhere Aufnahmekapazität der Pansenschleimhaut bei Kälbern mit ausschließlicher Energieheufütterung zurückzuführen sind (Terler et al., 2022). Auch der pH-Wert im Pansen lag trotz der hohen Zuckerkonzentration des Energieheus über 6,0, weshalb von keiner Beeinträchtigung der Pansengesundheit auszugehen ist (Poier et al., 2022). Auch dieser Versuch zeigt somit, welches Potenzial in hochqualitativem Heu steckt. Die Herausforderung bleibt, das Grünland- und Erntemanagement so zu optimieren, dass derartige Qualitäten erreicht werden können.

Effekte der Heufütterung auf die Milchqualität

Seitens der ARGE Heumilch Österreich (2025) werden oftmals der gute Geschmack und die hohe Qualität der Heumilch hervorgehoben. Geschmack ist oftmals ein subjektives Empfinden und lässt sich schwer objektiv messen. Was man jedoch gut untersuchen kann, ist die Milchezusammensetzung. In der Studie von Kiendler et al. (2019) wurde keine Unterschiede in der Milchezusammensetzung (Fett-, Eiweiß- und Laktosegehalt) zwischen Heu- und Grassilagemilch festgestellt. Dagegen wies die Heumilch in der

Untersuchung von Fasching et al. (2015) einen höheren Eiweiß- und niedrigeren Fettgehalt als Grassilagemilch auf. Der höhere Eiweißgehalt und das geringere Risiko für eine Kontamination mit Clostridien und somit Käsefehlern bei Silageverzicht macht die Heumilch prädestiniert für die Käseproduktion.

Ein weiterer Aspekt der Milchqualität ist die Fettsäurezusammensetzung. Mehrfach-ungesättigte Fettsäuren (PUFA) und speziell Omega 3-Fettsäuren haben positive Wirkungen auf die menschliche Gesundheit. Daher sind hohe Anteile solcher Omega-3-Fettsäuren in den Gesamt-Fettsäuren von Nahrungsfetten erstrebenswert. In den Untersuchungen von Velik et al. (2015) und Kiendler et al. (2019) wurden signifikant höhere Anteile an Omega 3-Fettsäuren in Heumilch im Vergleich zu Grassilagemilch festgestellt. Allerdings ist auch zu erwähnen, dass der Anteil der Omega-3-Fettsäuren in beiden Milchsorten nur bei rund 1 bis 2% der Gesamt-Fettsäuren lag.

Fazit

Neben Pflanzenbestand, Aufwuchs und Erntezeitpunkt haben auch die Erdverschmutzung, das Ernteverfahren und der TM-Gehalt des Heus am Lager einen wesentlichen Einfluss auf die Heuqualität. Ein ausreichend hoher TM-Gehalt von mindestens 86% ist besonders entscheidend für die Vermeidung von Lagerverpilzung und somit eine hohe Futterhygiene. Moderne und nachhaltige Trocknungsmethoden (z.B. Entfeuchtertrocknung mit Nutzung von Sonnenenergie) unterstützen bei der Produktion von hochqualitativem Heu. Im Vergleich zu Grassilagefütterung führt Fütterung von Heu vergleichbarer Qualität zu höherer Futteraufnahme und ECM-Leistung von Milchkühen. Die Heumilch hat ein etwas günstigeres Fettsäuremuster als Silagemilch und ist besser für die Hartkäseerei geeignet. Zusammenfassend hat Heufütterung einige Vorteile, für eine ökonomisch rentable Heumilchproduktion braucht es jedoch aufgrund höherer Produktionskosten ein gutes Marketing in Form von Heumilchprogrammen.

Literaturverzeichnis

- Adler, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. 8. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Zeitgemäße Futterkonservierung, BAL Gumpenstein, 9.-10. April 2002, 17-26.
- ARGE Heumilch Österreich, 2025: Vorteile Heumilch. <https://www.heumilch.com/heumilch/vorteile-heumilch>, besucht am 17.07.2025.
- Bergman, E.N., 1990: Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews* 70, 567-590.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft], 2025: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 9. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, in Druck.
- Dulphy, J.P., 1987: Fenaion: pertes en cours de recolte et de conservation. 16. Journées du Grenier de Theix. Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation, Ceyrat (France), Institut National de la Recherche Agronomique, 21-23. Mai 1985, 103-124.
- Fasching, C., Gruber, L., Mietschnig, B., Schauer, A., Häusler, J., Adewöhrer, A., 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 67-74.
- Fritz, C., 2018: Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 21.-22. März 2018, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 75-90.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J., Hemken, R.W., 1973: Relative susceptibility of forages to heat damage as affected by moisture, temperature and pH. *J. Dairy Sci.* 56: 137-143.
- Gruber, L., Resch, R., Schauer, A., Steiner, B., Fasching, C., 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 57-66.

- Kiendler, S., Gruber, L., Terler, G., Velik, M., Eingang, D., Schauer, A., Royer, M., 2019: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 10.-11. April 2019, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 97-109.
- Kleefisch, M.-T., Zebeli, Q., Humer, E., Gruber, L., Klevenhusen, F., 2018: Effects of feeding high-quality hay with graded amounts of concentrate on feed intake, performance and blood metabolites of cows in early lactation. Arch. Anim. Nutr. 72, 290-307.
- Klevenhusen, F., Kleefisch, M.-T., Zebeli, Q., 2019: Feeding hay rich in water-soluble carbohydrates improves ruminal pH without affecting rumination and systemic health in early lactation dairy cows. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 103, 466-476.
- Poier, G., Terler, G., Klevenhusen, F., Sharma, S., Zebeli, Q., 2022: Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed of dairy calves: II. Effects on the development of chewing and gut fermentation, and selected systemic health variables. J. Dairy Sci. 105, 3113-3128.
- Pöllinger, A., 2015: Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsverfahren. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 41-48.
- Resch, R., Adler, A., Pötsch, E.M., 2014: Impact of different drying techniques on hay quality. 16th International Symposium Forage Conservation, 3.-6. Juni 2014, Brno, Mendel University Brno, 27-38.
- Resch, R., Peratoner, G., Romano, G., Piepho, H.-P., Schaumberger, A., Bodner, A., Buchgraber, K., Pötsch, E.M., 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland, 1.-2. Oktober 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 61-75.
- Resch, R., Stögmüller, G., 2023: LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 29.-30. März 2023, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 123-155.
- Resch, R., 2024: Futter-, Energie- und Rohproteinträge für Grünland in Österreich 2023. Faustzahlen für Wirtschafts- und Extensivgrünland, Feldfutterbau, Silomais und Futterrüben, Datenanforderung des BML für den Grünen Bericht 2024.
- Resch, R., Thaysen, J., Köhler, B., 2024: Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage. VDLUFA-Kongressband 2024, VDLUFA-Schriftenreihe 81, Pflanzliche Produktion, Karlsruhe, 279-286.
- Rotz, C.A., Borton, L.R., Black, J.R., 1991: Harvest and storage losses with alternative forage harvesting methods. Forages: A versatile resource. Proc. 1991 Forage and Grassland Com., Columbia, MO, 1-4.
- Steinhöfel, O., Resch, R., Martens, S., 2023: Konservierung von Grünfuttermitteln. In: Dänicke, S. et al., (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRIMEDIA, Erling-Verlag, 191-216.
- Strauß, G., Schoch, M., 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. 115. VDLUFA-Kongress, Saarbrücken, Kurzfassungen der Referate, 152-153.
- Terler, G., Poier, G., Klevenhusen, F., Zebeli, Q., 2022: Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed in dairy calves: I. Effects on nutrient intake, growth performance, and blood metabolic profile. J. Dairy Sci. 105, 2326-2342.
- VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (Hrsg.), 2012: Methode 28.1.4 Futtermitteluntersuchung - Verfahrensweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung: Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Wilkinson, J.M., Wadephul, F., Hill, J., 1996: Silage in Europe – A Survey of 33 countries. Chalcombe Publications, 154 S.
- Wirleitner, G., Aschauer, C., Kittl, M., Neuhofer, K., Nydegger, F., Pöllinger, A., Resch, R., Jakschitz-Wild, S., Ostertag, J., Thurner, S., 2014: Empfehlungen für die Belüftungstrocknung von Heu. Landwirt ÖAG-Sonderbeilage Info 4/2014, 11.
- Wittenberg, K.M., 1997: Microbial and nutritive changes in forage during harvest and storage as hay. Proceedings XVIII International Grassland Congress, Canada 1997, 265-270.
- Wyss, U., 2018: Influence of silage making or haymaking on different protein fractions. EGF-Symposium, Grassland Science in Europe, Vol 23, Sustainable meat and milk production from grasslands, 381-383.

Autorenanschrift

Reinhard Resch, Georg Terler
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich
reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at
georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

Posterbeiträge

Mykotoxin-Belastung von Weizenkleie: Ergebnisse aus Bayern (2016-2024)

Elisa Rocchi¹, Josef Rampl², Sonja Logemann³, Elisabeth Beckmüller¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub/Schwarzenau

²Bayerischer Müllerbund e.V., München

³QAL GmbH – Gesellschaft für Qualitätssicherung in der Agrar- und Lebensmittelwirtschaft, Vierkirchen

Einleitung

Weizenkleie ist ein Nebenprodukt der Mehlerstellung und kann als Futtermittel für Schweine, Wiederkäuer und Geflügel eingesetzt werden. Gerne wird es als klassisches Faserfuttermittel eingesetzt, aber auch die hohe Lysin-Konzentration im Rohprotein macht dieses Futtermittel für die Ernährung von Monogastriern interessant. In der bayerischen Praxis wird Weizenkleie bislang jedoch nur in begrenztem Umfang eingesetzt – insbesondere in der Schweinefütterung – was vor allem auf die Sorge vor einer möglichen Belastung mit Mykotoxinen zurückzuführen ist.

Besonders relevant für die Schweinegesundheit sind dabei die Mykotoxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA), welche als Stoffwechselprodukte von Pilzen der Gattung *Fusarium* gebildet werden. Eine erhöhte DON-Aufnahme über das Futter kann bei Schweinen zu Erbrechen (sog. „Vomitoxin“), verminderter Nahrungsaufnahme, Wachstumsdepression, Veränderung von Blutwerten und negativer Beeinflussung des Immunsystems führen (Pesta et al., 1994; Prelusky et al., 1994; Trenholm et al., 1994). ZEA zeigt östrogene Wirkungen und kann zu pathologischen Veränderungen des Genitaltrakts sowie Reproduktionsstörungen führen (Ewald et al., 1991; Decasto et al., 1995). Auch das von den Pilzgattungen *Aspergillus* und *Penicillium* gebildete Mykotoxin Ochratoxin A (OTA) kann für Schweine aufgrund seiner Nierentoxizität zum gesundheitlichen Risiko werden.

In Bayern fielen im Getreidewirtschaftsjahr 2024/2025 rund 320.923 Tonnen Mühlennebenprodukte an – davon entfallen 250.000 Tonnen auf Weizenkleie (Bayerischer Müllerbund, 2025). Jedoch wird nur ein Bruchteil davon für die menschliche Ernährung nachgefragt. Die übrige Weizenkleie stellt ein potenzielles Futtermittel – insbesondere für schweinehaltende Betriebe – dar. Neben dem ernährungsphysiologischen Potential bietet Weizenkleie zusätzlich ökologische Vorteile: Sie kann zur Reduktion des CO₂-Fußabdrucks, zur Verringerung der Nahrungskonkurrenz zwischen Mensch und Tier (Teller vs. Trog) sowie zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft beitragen.

Vor diesem Hintergrund stellen sich die Fragen, wie hoch die tatsächliche Belastung von Weizenkleie mit Mykotoxinen ist und ob eine Verfütterung an Schweine mit einem erhöhten Risiko verbunden ist.

Material und Methoden

Zur Beantwortung dieser Frage wurden im Rahmen des Projektes „Sustainable Meat“ insgesamt 154 Mykotoxinanalyse-Befunde von Weizenkleie aus den Jahren 2016 bis 2024 ausgewertet. Die Proben

stammten aus verschiedenen bayerischen Mühlen und wurden im Zuge der Qualitätssicherung durch die Gesellschaft für Qualitätssicherung in der Agrar- und Lebensmittelwirtschaft (QAL) entnommen und untersucht.

In den Proben wurden die Gehalte an DON, ZEA und/oder OTA bestimmt. Für die Bestimmung der DON- und ZEA-Gehalte wurden kommerziell erhältliche ELISA-Kits verwendet. Die OTA-Konzentration wurde mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) ermittelt. Insgesamt liegen für den Auswertungszeitraum von neun Jahren 74 Ergebnisse für DON, 68 Ergebnisse für ZEA und 43 Ergebnisse für OTA vor. Analyseergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze wurden für die Auswertung mit dem halben Wert der jeweiligen Nachweisgrenze berücksichtigt.

Ergebnisse

Die Auswertung der Belastung der Weizenkleie-Proben mit DON, ZEA bzw. OTA lässt sich den Tabellen 1, 2 bzw. 3 entnehmen.

Tabelle 1: Auswertung der Gehalte an Deoxynivalenol in Weizenkleie-Proben aus den Jahren 2016 bis 2024. Angabe von Mittelwert, Maximum (Max) und Minimum (Min) in mg/kg (88 % TM)

Jahr	Anzahl Proben	Mittelwert	Max	Min
2016	8	0,356	1,200	0,150
2017	11	0,241	0,900	0,150
2018	7	0,207	0,600	0,125
2019	10	0,273	0,500	0,125
2020	9	0,325	1,000	0,125
2021	6	0,308	0,800	0,150
2022	8	0,403	1,280	0,125
2023	7	0,374	0,950	0,100
2024	8	0,481	1,080	0,300
2016-2024	74	0,330	1,280	0,100
Richtwerte gemäß EU-Kommission (2006), Angaben in mg/kg (88 %TM):				
Einzelfuttermittel (Getreide und Getreideerzeugnisse): 8				
Mischfuttermittel für Schweine: 0,9				

Im Mittel lagen alle DON-Ergebnisse unter den Richtwerten der Europäischen Kommission (EU-Kommission, 2006). Bei genauerer Betrachtung überschritten 7 von 74 Proben der DON-Untersuchung den Grenzwert von 0,9 mg DON/kg Mischfuttermittel (88% TM). Jedoch lag selbst der höchste gemessene Wert von 1,3 mg DON/kg Weizenkleie (88% TM) deutlich unter dem Richtwert für das Einzelfuttermittel Weizenkleie.

Tabelle 2: Auswertung der Gehalte an Zearalenon in Weizenkleie-Proben aus den Jahren 2016 bis 2024. Angabe von Mittelwert, Maximum (Max) und Minimum (Min) in mg/kg (88 % TM)

Jahr	Anzahl Proben	Mittelwert	Max	Min
2016	8	0,051	0,240	0,013
2017	8	0,036	0,130	0,013
2018	6	0,013	0,013	0,013
2019	10	0,036	0,250	0,013
2020	8	0,016	0,037	0,013
2021	7	0,083	0,469	0,013
2022	10	0,013	0,013	0,013
2023	5	0,013	0,013	0,013
2024	6	0,026	0,085	0,003
2016-2024	68	0,032	0,469	0,003
Richtwerte gemäß EU-Kommission (2006), Angaben in mg/kg (88 % TM): Einzelfuttermittel (Getreide und Getreideerzeugnisse): 2 Mischfuttermittel für Ferkel und Jungsauen: 0,1 Mischfuttermittel für Sauen und Mastschweine: 0,25				

Die mittleren Gehalte an ZEA unterschritten durchgehend die von der Europäischen Kommission festgelegten Richtwerte für Mischfuttermittel, welche an Sauen und Mastschweine verfüttert werden. Lediglich bei zwei Proben wurde ein Wert oberhalb des Richtwerts von 0,1 mg/ kg Mischfuttermittel für Ferkel und Jungsauen (TM 88 %) festgestellt. Der Richtwert für das Einzelfuttermittel wurde von keiner Probe überschritten.

Tabelle 3: Auswertung der Gehalte an Ochratoxin A in Weizenkleie-Proben aus den Jahren 2018 bis 2024. Angabe von Mittelwert, Maximum (Max) und Minimum (Min) in mg/kg (88 % TM).

Jahr	Anzahl Proben	Mittelwert	Max	Min
2018	4	0,0002	0,0003	0,0001
2019	6	0,0022	0,0125	0,0001
2020	9	0,0003	0,0003	0,0003
2021	7	0,0007	0,0028	0,0003
2022	6	0,0003	0,0010	0,0001
2023	5	0,0002	0,0004	0,0001
2024	6	0,0001	0,0003	0,0001
2018-2024	43	0,0006	0,0125	0,0001
Richtwerte gemäß EU-Kommission (2006), Angaben in mg/kg (88 % TM):				
Einzelfuttermittel (Getreide und Getreideerzeugnisse: 0,25				
Mischfuttermittel für Schweine: 0,05				

In allen untersuchten Proben wurden nur sehr geringe OTA-Gehalte analysiert. Keine Probe überschritt die Richtwerte für OTA in Einzel- und Mischfuttermitteln gemäß Europäischer Kommission (EU-Kommission, 2006).

Diskussion

Weizenkleie überzeugt als Futtermittel in puncto Nachhaltigkeit auf mehreren Ebenen. Da die Fütterung maßgeblich zum CO₂-Fußabdruck der Nutztierhaltung beiträgt, rücken „klimafreundlichere“ Futtermittel zunehmend in den Fokus. Als Nebenprodukt der Mehlerstellung verursacht Weizenkleie vergleichsweise geringe Emissionen, da der Großteil der CO₂-Belastung bereits bei der Produktion des Hauptprodukts – dem Mehl – anfällt. Das konkrete Reduktionspotenzial hängt allerdings von der jeweiligen Methodik zur CO₂-Bilanzierung ab (Van Middelaar et al., 2012).

Nachhaltigkeit umfasst jedoch mehr als nur Klimafreundlichkeit. Auch die Frage der Nahrungskonkurrenz gewinnt – insbesondere in Zeiten politischer und wirtschaftlicher Krisen – immer wieder an Bedeutung. Hier stellt sich die grundlegende Überlegung, ob Ackerflächen primär für die Erzeugung von Lebens- oder Futtermitteln genutzt werden sollten. Weizenkleie bietet in diesem Kontext Vorteile, da sie als Nebenprodukt keine zusätzliche Fläche beansprucht und derzeit nur in geringem Umfang für die Humanernährung verwendet wird. Nutztiere übernehmen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft eine wichtige Funktion, indem sie solche ungenutzten Reststoffe in hochwertige Lebensmittel umwandeln (Ammer et al., 2024)

Allerdings steht dem Nachhaltigkeitspotenzial ein möglicher Risikofaktor gegenüber: Die Belastung mit Mykotoxinen – insbesondere für Schweine, die als besonders empfindliche Tierart gelten. Die Auswertung bayerischer Weizenkleie-Proben im Zeitraum von 2016 bis 2024 zeigt jedoch insgesamt

keine Überschreitungen der EU-Richtwerte für Einzelfuttermittel. Auch bei Anwendung der „strengerer“ Grenzwerte für Mischfuttermittel für Schweine wurden nur sehr vereinzelte Überschreitungen festgestellt. Erhöhte Gehalte an Mykotoxinen in Futtermitteln sind vor allem auf ungünstige Witterungsverhältnisse beim Anbau (z.B. niedrige Temperaturen und hohe Feuchtigkeit im Sommer) oder ungünstige Lagerbedingungen (z.B. hohe Feuchtigkeit mit Bildung von Schimmelnestern) zurückzuführen (Obst et al., 2000). Eine vollständige Vermeidung von Mykotoxinen ist daher kaum möglich.

Jedoch hat sich in der Vergangenheit auch die Mehlmüllerei stetig weiterentwickelt. Vor dem Hintergrund der Produktion von Lebensmitteln werden zunehmend höhere Qualitätsanforderungen an den zu vermahlenden Weizen gestellt. Strengere Grenzwerte für Mykotoxine in Mahlgetreide und Lebensmitteln führen zu einer gezielteren Auswahl von Getreidepartien. Die Mühlen kontrollieren nicht nur im QS-Nachprodukte-Monitoring in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Qualitätssicherung in der Agrar- und Lebensmittelwirtschaft auf Mykotoxine, sondern schon bei der Getreideannahme wird mittels Bonitur, Schnelltests und dem Europäischen Getreidemonitoring gezielt auf mögliche Belastungen von Mykotoxinen geachtet. Für die menschliche Ernährung nicht geeignete Parteien werden von den Mühlen abgelehnt, sodass sich dies auch in den Mühlennachprodukten positiv widerspiegelt. Zudem wird in enger Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft seit Jahren ein DON-Vorerntemonitoring durchgeführt. Dieses spezielle Monitoring hilft bereits im Vorfeld die DON-Belastung der kommenden Weizenernte realistisch einzuschätzen und damit die Warenströme zu lenken. Zudem wird damit erfolgreich eine Sensibilisierung der Mühlen und Landwirtschaft für dieses Thema erreicht. Mit Broschüren, Plakaten und regelmäßigen Vorträgen werden Mühlen und Landwirte über Risikofaktoren und geeigneten Maßnahmen zur Reduktion von Mykotoxinen aufgeklärt.

Nichtsdestotrotz sollte das Risiko einer Mykotoxinbelastung vor dem Einsatz eines Futtermittels stets geprüft werden. Eine regelmäßige Analyse auf die Leittoxine DON, ZEA und OTA ist daher auch bei Weizenkleie empfohlen. Für die Bewertung der Ergebnisse bieten sich die Richtwerte der Europäischen Kommission an (EU-Kommission, 2006), ergänzt durch die in Deutschland veröffentlichten – etwas strengeren – Orientierungswerte des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMELH, 2019), die jedoch als vorläufig einzustufen sind. Obwohl Weizenkleie formal als Einzelfuttermittel gilt, erfolgt die Risikobewertung in der Praxis oft auf Basis der Grenzwerte für Mischfuttermittel für Schweine. Diese konservativere Herangehensweise berücksichtigt mögliche additive Effekte mehrerer belasteter Komponenten in der Ration und dient dem vorbeugenden Gesundheitsschutz sensibler Tiergruppen sowie der Vermeidung wirtschaftlicher Schäden. Bei der Beurteilung von Mykotoxinanalysen sollte der jeweils angewendete Bewertungsmaßstab daher stets bewusst und kontextabhängig gewählt werden.

Fazit

Weizenkleie stellt ein vielversprechendes Futtermittel dar, um die Fütterung von Nutztieren – insbesondere Schweinen – nachhaltiger zu gestalten. Sie punktet mit einem geringen CO₂-Fußabdruck, geringer Nahrungskonkurrenz und sinnvoller Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Die Auswertung bayerischer Weizenkleie-Proben von 2016 bis 2024 zeigt insgesamt niedrige Gehalte an DON, ZEA und OTA, sodass ein Einsatz in der Schweinefütterung grundsätzlich ohne erhöhtes Risiko möglich erscheint. Dennoch ist eine regelmäßige Mykotoxin-Analyse empfehlenswert, um Schwankungen durch Anbau- und Lagerbedingungen frühzeitig zu erkennen und Tiergesundheit sowie Wirtschaftlichkeit abzusichern.

Literaturverzeichnis

Ammer, S., Doleschel, P., Freibauer, A., Götz, K.U., Kussmann, M., Schätzl R., Spiekers, H. (2024) LfL-Standpunkt: Konkurrenz auf der Agrarfläche - Anbau von Lebensmitteln, Futtermitteln und Nachwachsenden Rohstoffen – Ein Beitrag zur "Trog – Teller – Tank" Debatte.

Bayerischer Müllerbund e. V., München (2025) Persönliche Mitteilung.

[BMELH] Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (2019) Orientierungswerte für die Beurteilung der Gehalte an Deoxynivalenol und Zearalenon in Futtermitteln im Rahmen des § 3 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuchs:.. Zuletzt abgerufen am 27.08.2025, <https://www.bmleh.de/DE/themen/tiere/futtermittel/werte-deoxynivalenol-zearalenon.html>

Dacasto, M., Rolando, P., Nachtmann, C., Ceppa, L. und Nebbia, C. (1995). Zearalenone mycotoxicosis in piglets suckling sows fed contaminated grain. Vet. Huma. Toxicol. 37(4):359-61.

EU-Kommission (2006) EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 17. August 2006 betreffend das Vorhandensein von Deoxynivalenol, Zearalenon, Ochratroxin A, T-2- und HT-2- Toxin sowie von Fumonisin in zur Verfütterung an Tiere bestimmten Erzeugnissen (2006/576/EG). Amtsblatt der Europäischen Union L229/7.

Ewald, C., Rehm, A. und Haupt, C. (1991) Mykotoxine als Risikofaktor für das Entstehen von Krankheiten und Leistungsminderung in Schweinebeständen - eine epidemiologische Studie. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 104:161–166.

Obst, A., Lepschy, J., Beck, R., Bauer, G. und Bechtel, A. (2000) The risk of toxins by *Fusarium graminearum* in wheat - interactions between weather and agronomic factors. Mycotoxin Res. 16 A:16-20.

Pestka, J.J. und Dong W. (1994) Progressive serum IgE elevation in the B6C3F1 mouse following withdrawal of dietary vomitoxin (deoxynivalenol). Fundam - Appl. Toxicol. 22:314-316.

Preluksy, D. B., Gerdes, R.G., Underhill, K.L., Rotter, B.A., Jui P. Y., Trenholm H.L. (1994) Effects of low-level dietary deoxynivalenol on haematological and clinical parameters of pigs. Nat. Toxins 2:97-104.

Trenholm, H.L., Foster, B.C., Charmley, L.L., Thompson, B.K., Hartin, K.E., Coppock R.W. und Albassam M.A. (1994) Effects of feeding diets containing *Fusarium* (naturally) contaminated wheat or pure deoxynivalenol (DON) in growing pigs. Can. J. Animal. Sci. 74:361-369.

Van Middelaar, C. E., Cederberg, C., V. Vellinga, T., Van der Werf, H. M. G., De Boer, I. J. M (2012) Exploring variability in methods and data sensibility in carbon footprints of feed ingredients. Int J Life Cycle Assess 18:768-782.

Autorenanschrift

Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft (ITF)
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Grub-Poing
E-Mail: ITF@LfL.Bayern.de

Einfluss rohproteinreduzierter Alleinfuttermischungen auf die Mast- und Schlachtleistung sowie die Stickstoffbilanz langsam wachsender Masthühner unter ökologischen Fütterungsbedingungen

Philipp Hofmann¹, Felicitas Ahrens¹

¹Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft,
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Kitzingen

Einleitung

Durch die Reduktion des Rohprotein-(CP)-Gehalts in Masthühnerrationen können die Stickstoff-(N)-Ausscheidungen und die damit verbundenen Ammoniak-Emissionen in der Masthühnerhaltung wirksam reduziert werden (Bregendahl et al., 2002; Hofmann et al., 2020b). Dies trägt dazu bei, düng- und umweltrechtlichen Vorgaben einzuhalten. Zudem kann eine CP-Reduktion im Futter die Gesundheit der Fußballen und damit einhergehend das Tierwohl von Masthühnern erhöhen (Lemme et al., 2019). Zahlreiche Untersuchungen haben bereits gezeigt, dass der CP-Gehalt in konventionellen Futterrationen ohne Reduzierung der Leistung von Masthühnern abgesenkt werden kann, wenn der Bedarf an Aminosäuren (AA) gedeckt ist (Siegert und Rodehutscord, 2019). Dies wird in den meisten Fällen durch den Einsatz freier AA erreicht.

Im Gegensatz zu konventionellen Futtermischungen ist bei ökokonformen Rationen nach Verordnung (EU) 2018/848 der Einsatz freier AA nicht erlaubt. Daher ist eine CP-Reduktion in ökokonformen Rationen nur eingeschränkt möglich. Allerdings werden in der ökologischen Hühnermast für gewöhnlich langsamer wachsende Herkünfte eingesetzt. Zum Nährstoffbedarf dieser Herkünfte ist im Gegensatz zu schnell wachsenden Herkünften weniger bekannt, was eine CP-Absenkung ohne Reduzierung der Leistung ermöglichen könnte (Rezaei et al., 2018).

Das Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, in welchem Ausmaß der CP-Gehalt in ökokonformen Alleinfuttermischungen für langsam wachsende Masthühner reduziert werden kann, ohne die Mast- und Schlachtleistung zu beeinträchtigen. Zudem wurde die Auswirkung der CP-Reduktion auf die N-Ausscheidung und die N-Nutzungseffizienz rechnerisch bilanziert.

Material und Methoden

Für die Untersuchung standen 1.056 langsam wachsende Masthühner der Herkunft Hubbard JA57 x ColorYield (Lebendgewicht: $33,7 \pm 0,26$ g) gemischtgeschlechtlich (50/50) in 24 Boxen mit je 44 Tieren zur Verfügung. Die Haltung erfolgte am Versuchs- und Bildungszentrum Geflügel, Staatsgut Kitzingen, unter Einhaltung der bei ökologischer Haltung maximal erlaubten Besatzdichte von 21 kg/m^2 . Jedes Abteil hatte eine Grundfläche von 5 m^2 und wurde mit Strohpellets ($1,9 \text{ kg/m}^2$) eingestreut.

Die Fütterung erfolgte zweiphasig, wobei in eine Starter- (bis Tag 21) und eine Mastphase (Tag 21 bis 55) unterschieden wurde. Es wurden je Phase drei ökokonforme Rationen mit unterschiedlichen CP-Gehalten eingesetzt (Tabelle 1). Die Kontrollvarianten wurden so kalkuliert, dass praxisübliche CP-Gehalte von 21,3 % (Starter) bzw. 20,0 % (Mast) erreicht wurden. Die CP-Gehalte in den übrigen Rationen waren stufenweise reduziert, sodass kalkulierte Gehalte von 20,4 % bzw. 19,4 % CP (Starter) sowie 19,4 % bzw. 18,6 % CP (Mast) erreicht wurden. Die AA-Gehalte waren entsprechend reduziert,

da keine freien AA verwendet wurden. Es ergaben sich somit folgende Varianten: K: Kontrolle, CP-: CP-reduziert, CP--: stark CP-reduziert. Je Futtermittelvariante standen acht Wiederholungen zur Verfügung.

Die Futtermischungen (hergestellt und geliefert von einer Öko-Futtermühle) wurden den Tieren in pelletierter Form *ad libitum* angeboten. Wasser war ebenfalls frei verfügbar. Die Tiere wurden täglich durch geschultes Personal kontrolliert und etwaige Abgänge wurden erfasst und gewogen.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Futtermischungen sowie analysierte und kalkulierte Nährstoffgehalte

Futtermittel, % FM	Starterphase (Tag 1-21)			Mastphase (Tag 21-55)		
	K	CP -	CP --	K	CP -	CP --
Weizen, Bio	20,5	21,0	21,4	26,3	26,0	27,6
Mais, Bio	20,4	21,0	21,4	15,5	16,0	17,0
Sojakuchen, Bio	19,0	19,8	21,6	19,1	18,4	17,7
Weizenkleie, Bio	10,5	10,1	10,2	7,85	9,35	9,65
Sonnenblumenkuchen, Bio	8,00	11,0	13,0	11,5	11,0	8,50
Sonnenblumenkuchen aus teilgeschälter Saat, Bio	7,50	3,50	-	-	-	2,00
Vormischung ¹	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Kartoffeleiweiß, konventionell	2,50	2,50	1,25	1,25	1,25	1,25
Zuckerrübenmelasse, Bio	2,30	2,30	2,30	2,50	2,50	2,50
Erbsen, Bio	-	-	-	3,40	3,50	3,40
Maiskleber, konventionell	2,10	1,30	1,20	3,35	2,50	1,00
Hafer, Bio	-	-	-	3,00	3,00	3,00
Calciumcarbonat	1,70	1,65	1,60	1,25	1,30	1,30
Bierhefe, getrocknet	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Monocalciumphosphat	1,50	1,60	1,70	1,00	0,95	0,95
Sojaöl, Bio	-	0,25	0,40	-	0,25	0,15
Analysierte Nährstoffgehalte², % in 88 % TM, sofern nicht anders hinterlegt						
Rohprotein	19,7 (21,3)	19,3 (20,4)	18,1 (19,4)	19,1 (20,0)	18,1 (19,4)	17,4 (18,6)
Lysin	0,94 (1,00)	0,88 (0,98)	0,85 (0,92)	0,87 (0,93)	0,88 (0,90)	0,85 (0,88)
Methionin	0,35 (0,39)	0,33 (0,35)	0,28 (0,32)	0,30 (0,35)	0,29 (0,32)	0,29 (0,30)
Methionin + Cystein	0,67 (0,74)	0,65 (0,69)	0,58 (0,64)	0,61 (0,67)	0,58 (0,66)	0,58 (0,63)
AME _N , MJ/kg	11,1 (11,2)	11,8 (11,2)	11,6 (11,2)	11,5 (11,3)	11,3 (11,3)	11,5 (11,3)

¹ Liefert pro kg Futtermischung: 7.650 I.E. Vitamin A; 4.614 I.E. Vitamin D₃; 60 mg Vitamin E; 3 mg Vitamin K₃; 4,5 mg Vitamin B₁; 12 mg Vitamin B₂; 6,8 mg Vitamin B₆; 0,05 mg Vitamin B₁₂; 80,3 mg Vitamin C; 60 mg Nicotinsäure; 12 mg Pantothersäure; 1,1 mg Folsäure; 0,38 mg Biotin; 82,6 mg Eisensulfat Monohydrat; 75 mg Manganoxid; 75 mg Zinkoxid; 10,5 mg Kupfersulfat Pentahydrat; 0,49 mg Jod als Calciumjodat und 0,36 mg Selen als Natriumselenit; 536 mg Betain; 375 mg Cholinchlorid; 110 U 1,4-β-glucanase; 96 U 1,3 (4)-β-glucanase; 372 U 1,4-β-xylanase

² in Klammern () kalkulierte Werte

FM: Frischmasse; TM: Trockenmasse

Zum Start der Untersuchung, zum Ende der Starterphase an Tag 21 sowie zum Ende der Mastphase an Tag 55 erfolgte die Wiegung aller Tiere und der Restfuttermengen. An Tag 55 wurden pro Abteil jeweils drei männliche und drei weibliche Tiere ausgewählt, die dem durchschnittlichen Tiergewicht des

jeweiligen Abteils entsprachen. Diese Tiere wurden genüchtert, an Tag 56 geschlachtet und anschließend zur Erfassung der wertvollen Teilstücke zerlegt.

Die statistische Auswertung der aufbereiteten Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SAS (Version 9.4, Cary, NC, USA). Mastleistungsmerkmale wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet, Schlachtmerkmale mit zweifaktorieller Varianzanalyse unter Berücksichtigung von Futtervariante und Geschlecht. Als Signifikanzniveau wurde ein p -Wert von $<0,05$ festgelegt. Bei Vorliegen von signifikanten Unterschieden wurde ein zweiseitiger t -Test zur Darstellung von Mittelwertsdifferenzen durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Folgenden als LS-Means ausgewiesen.

Ergebnisse

Rationen

Die analysierten CP-Gehalte lagen bis zu 1,6 %-Punkte unter den kalkulierten Werten (Tabelle 1). Dementsprechend waren die analysierten AA-Gehalte ebenfalls niedriger. Dennoch wurde die angestrebte abgestufte CP-Reduktion erreicht.

Mastleistung

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Mastleistung, N-Bilanz sowie Ökonomie dargestellt. Nach der Starterphase lag das Tiergewicht bei K noch unter den Leistungszielen des Züchters (384 g vs. 504 g), übertraf aber am Ende der Mastphase (Tag 55) die Zielgröße (2.090 g vs. 2.001 g). Nach der Starterphase an Tag 21 unterschied sich die Lebendmasse analog zur CP-Reduktion signifikant zwischen den drei Gruppen ($p<0,001$). Während bei K 384 g/Tier festgestellt wurden, wogen die Tiere von CP- 375 g/Tier und jene von CP -- 350 g/Tier. Am Ende der Mastphase an Tag 55 waren die Tiergewichte zwischen CP - (1.964 g/Tier) und CP -- (1.920 g/Tier) vergleichbar ($p=0,137$), während die Tiere von K mit 2.090 g/Tier höhere Gewichte zeigten ($p<0,001$). Variante K zeigte über die ganze Mastdauer hinweg die höchsten täglichen Gewichtszunahmen und Futterverbräuche ($p<0,004$). Während sich die täglichen Zunahmen von CP - und CP -- in der Mastphase und insgesamt auf einem ähnlichen Niveau bewegten ($p>0,509$), unterschied sich der tägliche Futterverbrauch in der Mastphase und insgesamt zwischen allen drei Varianten ($p<0,014$). Daraus resultiert über den gesamten Versuchszeitraum gesehen mit 2,29 kg/kg ein niedrigerer Futteraufwand bei K im Vergleich zu den anderen Varianten ($p<0,048$). Der Futteraufwand von CP - und CP -- war vergleichbar (2,35 bzw. 2,33 kg/kg; $p=0,366$). Bei CP -- wurden mit über 4% höhere Mortalitätsraten festgestellt als bei den anderen Varianten (1,42% bzw. 1,71%; $p<0,001$), wobei die meisten Verluste während der Starterphase auftraten.

Die rechnerisch bilanzierte N-Nutzungseffizienz unterschied sich zwischen den drei Futtervarianten ($p<0,003$). Die N-Nutzungseffizienz war bei CP -- mit 49,3 % am höchsten, gefolgt von CP - mit 46,7% und K mit 45,4%. Der Futterkostenüberschuss (IOFC) war bei K (2,67 €/Tier) höher als bei CP - (2,49 €/Tier) ($p=0,006$). Ein höherer Europäischer Produktionsindex (EPI) war bei K mit 161 Punkten/Tier festzustellen als bei den beiden CP-reduzierten Gruppen ($p<0,001$).

Tabelle 2: Einfluss der Futtermischungen auf die Mastleistung, Stickstoff-Bilanz sowie Ökonomie

Merkmal	K	CP -	CP --	Pooled SEM	p-Wert
Lebendmasse, g/Tier					
Tag 1	33,8	33,7	33,7	0,130	0,744
Tag 21	384 ^a	375 ^b	350 ^c	5,191	<0,001
Tag 55	2090 ^a	1964 ^b	1920 ^b	34,11	<0,001
Tägliche Gewichtszunahme, g/Tier					
Tag 1-21	16,6 ^a	16,2 ^b	14,9 ^c	0,246	<0,001
Tag 22-55	50,2 ^a	46,7 ^b	46,1 ^b	0,903	0,001
Gesamt	37,3 ^a	35,1 ^b	34,1 ^b	0,636	<0,001
Täglicher Futterverbrauch, g/Tier					
Tag 1-21	27,3	26,7	26,3	0,427	0,137
Tag 22-55	122 ^a	117 ^b	113 ^c	1,209	<0,001
Gesamt	85,5 ^a	82,3 ^b	79,4 ^c	0,888	<0,001
Futtermittelverbrauch, kg/kg					
Tag 1-21	1,64 ^b	1,65 ^b	1,76 ^a	0,015	<0,001
Tag 22-55	2,43 ^b	2,50 ^a	2,45 ^b	0,026	0,012
Gesamt	2,29 ^b	2,35 ^a	2,33 ^a	0,021	0,020
Mortalität, %					
Tag 1-21	1,42 ^b	1,71 ^b	3,41 ^a	0,432	0,002
Tag 22-55	0,00	0,00	0,85	0,367	0,075
Gesamt	1,42 ^b	1,71 ^b	4,26 ^a	0,534	0,001
N-Bilanzierung¹, g/Tier, sofern nicht anders dargestellt					
N-Aufnahme	150 ^a	136 ^b	126 ^c	1,447	<0,001
N-Ansatz ¹	67,8 ^a	63,7 ^b	62,1 ^b	1,137	<0,001
N-Ausscheidung	81,7 ^a	72,8 ^b	63,9 ^c	0,685	<0,001
N-Nutzungseffizienz, %	45,4 ^c	46,7 ^b	49,3 ^a	0,427	<0,001
Ökonomie					
IOFC ² , €/Tier	2,67 ^a	2,49 ^b	2,56 ^{ab}	0,074	0,020
EPI ³ , Punkte/Tier	161 ^a	147 ^b	140 ^b	4,389	<0,001

^{a-c} Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Futtermischungen; Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$.

¹ Bilanziert nach DLG (2014) mit angenommenem N-Ansatz von 33 g/kg Zuwachs für langsam wachsende Masthühner nach Meyer et al. (2023).

² IOFC: Income over feed cost mit folgenden Annahmen berechnet: Schlachterlös: 3,15 €/kg Lebendgewicht; Futterkosten: K: 0,87 €/kg (Starterphase) und 0,83 €/kg (Mastphase); CP-: 0,85 €/kg (Starterphase) und 0,81 €/kg (Mastphase); CP --: 0,83 €/kg (Starterphase) und 0,79 €/kg (Mastphase).

³ EPI: Europäischer Produktionsindex = ((Überlebensrate (%) * tgl. Zunahmen (g)) / Futterverwertung (kg Futter pro kg Zuwachs)) * 10.

K: Kontrolle, CP -: Rohprotein reduziert, CP --: Stark Rohprotein reduziert, N: Stickstoff

Schlachtleistung

In Tabelle 3 werden die Ergebnisse der Schlachtkörpermerkmale am 56. Tag dargestellt. Die Lebendgewichte lagen entsprechend der Wiegung am Tag vor der Schlachtung bei K am höchsten, gefolgt von CP - und CP --. Somit waren die an Tag 55 zur Schlachtung ausgewählten Tiere repräsentativ für die jeweilige Futtermischungsvariante.

Die zweifaktorielle Auswertung ergab bis auf das Flügengewicht keine signifikanten Interaktionen ($p \geq 0,057$). Die männlichen Tiere wiesen höhere Brust-, Flügel-, und Schenkelgewichte auf als die weiblichen ($p < 0,001$). Bei der Ausschlachtung, dem Anteil der Brust sowie dem Anteil an Abdominalfett zeigten die weiblichen Tiere höhere Werte als die männlichen ($p \leq 0,007$).

Analog zum Lebendgewicht reduzierte sich das Schlachtkörpergewicht mit zunehmender CP-Reduktion. Die Ausschlachtung lag bei K um 0,7 %- bis 0,9%-Punkte höher als bei den anderen Varianten

($p \leq 0,011$). Die Gewichte von Brust und Schenkel sanken stufenweise mit zunehmender CP-Reduktion ab ($p \leq 0,013$). Bezogen auf das Schlachtkörpergewicht war bei diesen Merkmalen kein Unterschied zwischen den Futtermischungen zu erkennen.

Tabelle 3: Einfluss der Futtermischungen auf Gewicht und Anteil wertvoller Teilstücke sowie Abdominalfett am Schlachtkörpergewicht am Tag 56

Haupteffekt Futtermischung							
Merkmal	K	CP -	CP --	Pooled SEM	p-Wert Futtermischung	p-Wert Geschlecht	p-Wert Variante x Geschlecht
Gewicht (g/Tier)							
Lebendgewicht	2072 ^a	1944 ^b	1886 ^c	24,20	<0,001	<0,001	0,518
Schlachtkörpergewicht	1515 ^a	1409 ^b	1364 ^c	20,02	<0,001	<0,001	0,617
Brust ohne Haut	321 ^a	298 ^b	282 ^c	4,390	<0,001	<0,001	0,837
Flügel	182	171	164	2,095	<0,001	<0,001	0,039
Schenkel	460 ^a	427 ^b	413 ^c	4,976	<0,001	<0,001	0,478
Abdominalfett	32,9	29,6	32,2	1,168	0,119	0,484	0,594
Anteil am Schlachtkörpergewicht (%)							
Ausschlachtung	73,2 ^a	72,5 ^b	72,3 ^b	0,281	0,004	0,007	0,804
Brust ohne Haut	21,3	21,2	20,7	0,202	0,055	<0,001	0,987
Flügel	12,0	12,2	12,1	0,086	0,517	0,137	0,057
Schenkel	30,3	30,2	30,2	0,213	0,986	<0,001	0,077
Abdominalfett	2,18	2,12	2,37	0,078	0,058	<0,001	0,731

^{a-c} Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Futtermischungen; Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$.

K: Kontrolle, CP -: Rohprotein reduziert, CP --: Stark Rohprotein reduziert, SEM: Standardfehler

Diskussion

Die Fütterung ökokonformer Alleinfuttermischungen mit CP-Gehalten von 19,7% (Starterphase) bzw. 19,1% (Mastphase) führte bei langsam wachsenden Masthühnern am Ende der Mast zu Gewichten, die den Angaben des Züchters entsprachen. Die CP-Reduktion um mindestens 0,4 (Starterphase) bzw. 1 (Mastphase) %-Punkte bei gleichzeitiger Absenkung der AA-Gehalte führte jedoch zu einer Reduzierung der Mast- und Schlachtleistung. Das geringere Wachstum bei den CP-reduzierten Rationen deutet darauf hin, dass mindestens eine AA das Wachstum limitiert hat. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann jedoch nicht abgeleitet werden, welche AA das Wachstum limitierte(n). Darüber hinaus ist es möglich, dass die Verdaulichkeit der AA in diesen Rationen reduziert war, was die geringeren Leistungen erklären könnte. Im Zuge der CP-Reduzierung wurden die Anteile an höher verdaulichen Eiweißkomponenten reduziert (Sonnenblumenkuchen aus geschälter Saat, konventioneller Maiskleber, konventionelles Kartoffeleiweiß) und der Anteil von Komponenten mit geringerer Verdaulichkeit erhöht (Sonnenblumenkuchen aus teilgeschälter Saat).

Die Reduzierung der CP-Gehalte führte zu einer Erhöhung der N-Nutzungseffizienz. Dies ist in Übereinstimmung mit Studien, die mit schnell wachsenden Masthühnern unter konventionellen Fütterungsbedingungen durchgeführt wurden (Hofmann et al. 2019; Hofmann et al. 2020a). Allerdings lag das Niveau der N- Nutzungseffizienz auf einem deutlich niedrigeren Niveau als bei konventionell gefütterten Masthühnern. Hier werden bei N-reduzierter Fütterung Werte von ca. 63% N-Nutzungseffizienz bilanziert (DLG, 2023). Dies verdeutlicht die Unterschiede in der Nährstoffeffizienz zwischen konventionell und ökologisch gefütterten Masthühnern, die vor allem auf die höheren CP-Gehalte in ökokonformen Futtermitteln zurückzuführen sind, da der Zusatz freier AA nicht erlaubt ist. Zudem trägt ein höherer Futteraufwand bei gleichzeitig längerer Mastdauer dazu bei, dass die N-

Nutzungseffizienz in der ökologischen im Vergleich zur konventionellen Haltung deutlich niedriger ausfällt.

Schlussfolgerungen

Eine Reduktion des CP-Gehalts in ökokonformen Rationen um mindestens 0,4 %-Punkte in der Starterphase und 1 %-Punkt in der Mastphase, ohne den Zusatz freier AA, führt bei langsam wachsenden Masthühnern zu einer Verringerung der Mast- und Schlachtleistung. Zwar steigt die N-Nutzungseffizienz durch die CP-Reduktion, das Niveau ist jedoch im Vergleich zu konventionell gefütterten Masthühnern deutlich niedriger. Möglicherweise ist eine Reduzierung der CP-Gehalte bei ökologisch gefütterten Masthühnern ohne Reduzierung der Leistung möglich, wenn mehr als zwei Phasen gefüttert werden und/oder die Reduktion erst in den späteren Fütterungsabschnitten vorgenommen wird.

Literaturverzeichnis

- Bregendahl, K., J. L. Sell und D. R. Zimmerman. 2002. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult. Sci.* 81:1156–1167.
- DLG – Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. 2014. Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG – Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. 2023. Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Masthühnern, Jung- und Legehennen, DLG-Merkblatt 457, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Hofmann, P., W. Siegert, Á. Kenéz, V.D. Naranjo und M. Rodehutscord. 2019. Very low crude protein and varying glycine concentrations in the diet affect growth performance, characteristics of nitrogen excretion, and the blood metabolome of broiler chickens. *J. Nutr.* 149: 1122-1132.
- Hofmann, P., W. Siegert, V.D. Naranjo und M. Rodehutscord. 2020a. Effects of supplemented nonessential amino acids and nonprotein nitrogen on growth and nitrogen excretion characteristics of broiler chickens fed diets with very low crude protein concentrations. *Poult. Sci.* 99: 6848-6858.
- Hofmann, P. 2020b. Investigations on factors influencing the response of broiler chickens to low crude protein diets with specific regard to nonessential amino acids. Dissertation Universität Hohenheim.
- Lemme, A., P. Hiller, M. Klahsen, V. Taube, J. Stegemann und I. Simon. 2019. Reduction of dietary protein in broiler diets not only reduces n-emissions but is also accompanied by several further benefits. *J. Appl. Poult. Res.* 28:867-880.
- Meyer, A., P. Hiller, K. Schemmann, J. Klüß und M. Kölln. 2023. Ganzkörperanalysen von langsam wachsenden Mastherkünften und Bruderhähnen. 16. Tagung Schweine- und Geflügelernährung Wittenberg. Tagungsband Seite 42 bis 44.
- Rezaei, M., J. Yngvesson, S. Gunnarsson, L. Jönsson und A. Wallenbeck. 2018. Feed efficiency, growth performance, and carcass characteristics of a fast- and a slower-growing broiler hybrid fed low- or high-protein organic diets. *Org. Agr.* 8, 121-128.
- Siegert, W. und M. Rodehutscord. 2019. The relevance of glycine and serine in poultry nutrition: a review. *Br. Poult. Sci.* 60(5): 579-588.
- VDLUFa (2022): Analysenspielräume (ASR), Version 13 (2022), URL: https://www.vdlufa.de/wp-content/uploads/2022/04/ASR-eASR-Version-13_2022.pdf (31.10.2023)

Autorenanschrift

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft
Arbeitsgruppe Geflügelfütterung und -haltung
Mainbernheimer Str. 101, 97318 Kitzingen
Tel.: 08161/86401922
E-Mail: philipp.hofmann@lfl.bayern.de

Untersuchung der Effizienz einer saponinreichen Mischung zur Ammoniakreduktion *in vitro* und *in vivo* in der Mastschweineproduktion

Hoa Bui¹, Maxime Le Bot¹, Amine Benarbia¹, Anne Oberdorf-Bruhn²

¹ Nor-Feed SAS, Angers, Frankreich

² Pulte GmbH & Co. KG, Grünwald, Deutschland

Einleitung

Die Schweinehaltung ist für etwa 15 % der globalen Ammoniakemissionen (NH₃) aus der Nutztierhaltung verantwortlich. Die täglichen Emissionen aus Ställen liegen bei Mastschweinen zwischen 34,3 g und 146,4g NH₃ pro 500 kg Lebendgewicht [1]. Diese Emissionen beeinträchtigen nicht nur die Tiergesundheit und -leistung erheblich, sondern stellen auch eine Gefahr für die menschliche Gesundheit und eine Belastung der Umwelt dar [2].

Der Einsatz pflanzlicher Komponenten in der Fütterung, wie phytogener Zusatzstoffe, hat sich als praktikable Methode zur Reduzierung von NH₃-Emissionen erwiesen. Unter den Lösungsansätzen zeigt die Rationsergänzung mit saponinreichen Pflanzenextrakten – insbesondere aus *Yucca schidigera* – eine konsistente Wirksamkeit bei der Senkung von Ammoniakemissionen in der Schweinehaltung [3],[4]. *Yucca schidigera* zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Steroidsaponinen aus, die zu ihrer Wirksamkeit beitragen. Die Kombination von *Y. schidigera* mit anderen saponinreichen Pflanzen, insbesondere solchen, die Triterpensaponine enthalten, kann die molekulare Vielfalt der Formulierung erhöhen, möglicherweise die biologische Aktivität erweitern und die funktionale Leistung verbessern [5]. Darüber hinaus kann dieser Ansatz die Abhängigkeit von einer einzelnen botanischen Quelle verringern und so zur Verbesserung der Nachhaltigkeit beitragen.

Diese Studie untersucht das Ammoniakminderungspotenzial einer saponinreichen, standardisierten Vormischung (Norponin® Opti), in welcher *Yucca schidigera* mit weiteren Pflanzen kombiniert ist, welche reich an Triterpensaponinen sind. Das Ziel der Studie ist es, das Potential dieser Vormischung zur Minderung von Ammoniakemissionen sowohl *in-vitro* als auch *in-vivo* bei einem Versuch mit Mastschweinen zu prüfen. Der Saponingehalt und die Ammoniakreduktionswirkung der Vormischung wurden dabei mit einem handelsüblichen *Y. schidigera*-Produkt verglichen, um zu bewerten, ob das Produkt aus verschiedenen saponinreichen Pflanzen eine nachhaltige und wirksame Lösung zur Ammoniakminderung in intensiven Schweinehaltungssystemen darstellt.

Material und Methoden

Es wurden kommerzielle Proben einer saponinreichen Mischung (Norponin Opti®, Nor-Feed) und *Y. schidigera* verwendet. Vor der Untersuchung wurden beide Produkte mithilfe der patentierten kolorimetrischen Methode Q-sap® [6] auf einen Gesamtgehalt von 7,9 % Saponinen standardisiert.

Die Ammoniakbindungskapazität der beiden Produkte wurde *in-vitro* mit einer internen Methode basierend auf der Berthelot-Reaktion untersucht. Diese Methode, auch ABC 50 („Ammonia Binding Capacity“) genannt, bestimmt die Produktmasse (in mg), die erforderlich ist, um 50 % des freien Ammoniaks in Lösung zu binden. Ein niedrigerer ABC 50-Wert bedeutet eine höhere Effizienz des getesteten Produkts [7].

Um den Zusammenhang zwischen analysierter Effizienz der Ammoniakbindung und tatsächlicher Ammoniakreduktion in der Praxis zu bestätigen, wurde eine *in-vivo*-Studie an Mastschweinen durchgeführt. Insgesamt 468 Mastschweine im Alter von 10 Wochen mit einem Lebendgewicht von 30kg wurden nach dem Zufallsprinzip drei separaten Gruppen mit jeweils 162 Tieren zugeordnet:

- CTL-Gruppe: Standardfutter (2,5 kg Alleinfutter) ohne Zusatz
- *Yucca schidigera*-Gruppe: Standardfutter (2,5 kg Alleinfutter), ergänzt mit 120 ppm *Y. schidigera* über einen Zeitraum von 4 Wochen
- Norponin® Opti -Gruppe: Standardfutter (2,5 kg Alleinfutter), ergänzt mit 120 ppm der saponinreichen Pflanzenmischung über einen Zeitraum von 4 Wochen

Die Ergänzung erfolgte an 6 Tagen pro Woche vor der Flüssigfütterung am Trog. Jede Gruppe wurde einem anderen Stall zugewiesen (1 Gruppe = 1 Raum, 1 Raum = 6 Boxen mit 26 Schweinen). Die Versuchsdauer umfasste zwei Zeiträume. Im ersten Abschnitt wurden eine Woche lang Messungen durchgeführt, um den anfänglichen Grundwert des Ammoniakgehalts in der Luft vor der Ergänzung (T0) zu ermitteln. Der nächste vierwöchige Abschnitt (EXP) entspricht dem Ergänzungszeitraum. Alle Ammoniakmessungen wurden wöchentlich 30 cm über der Lauffläche (2 Messungen an 3 Stellen pro Raum und Woche) mit einem tragbaren Gasdetektor (Pro Gas Badge®, Industrial Scientific Corporation) durchgeführt.

Die statistischen Analysen wurden mit der Software GraphPad Prism (Version 8.0.2) durchgeführt. Zum Vergleich der ABC50-Werte zwischen der *Yucca*- und der Opti-Gruppe *in-vitro* wurde ein Student-t-Test verwendet, während die Daten aus dem *in-vivo*-Versuch mit einer einseitigen Varianzanalyse (ANOVA, R v3.4.3) analysiert wurden.

Ergebnisse

Bei gleichem Saponingehalt von 7,9 % zeigte die saponinreiche Mischung (Norponin® Opti) *in-vitro* numerisch bessere ABC50-Werte im Vergleich zu *Y. schidigera* (3 mg vs. 3,4 mg), wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant war (Abbildung 1).

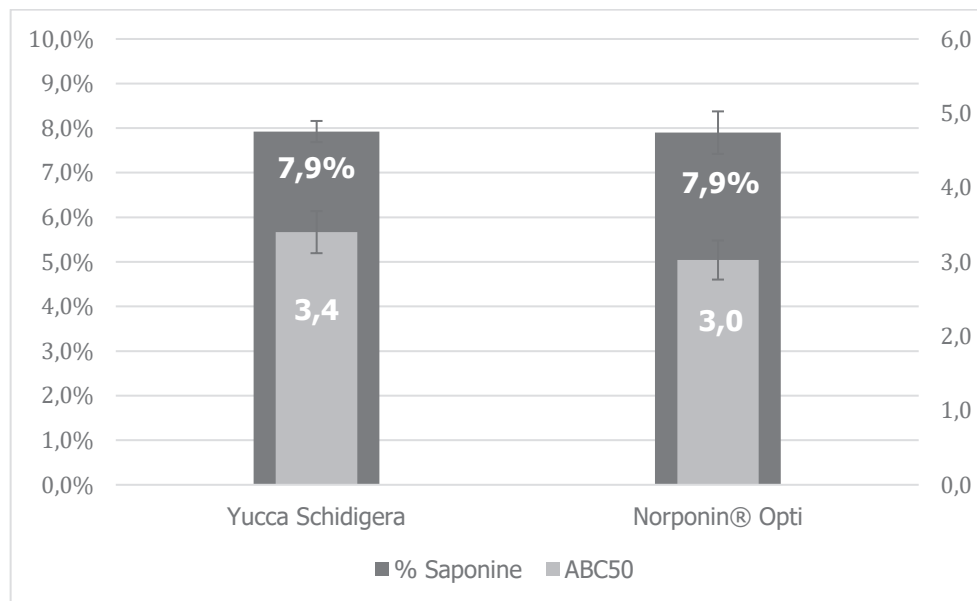
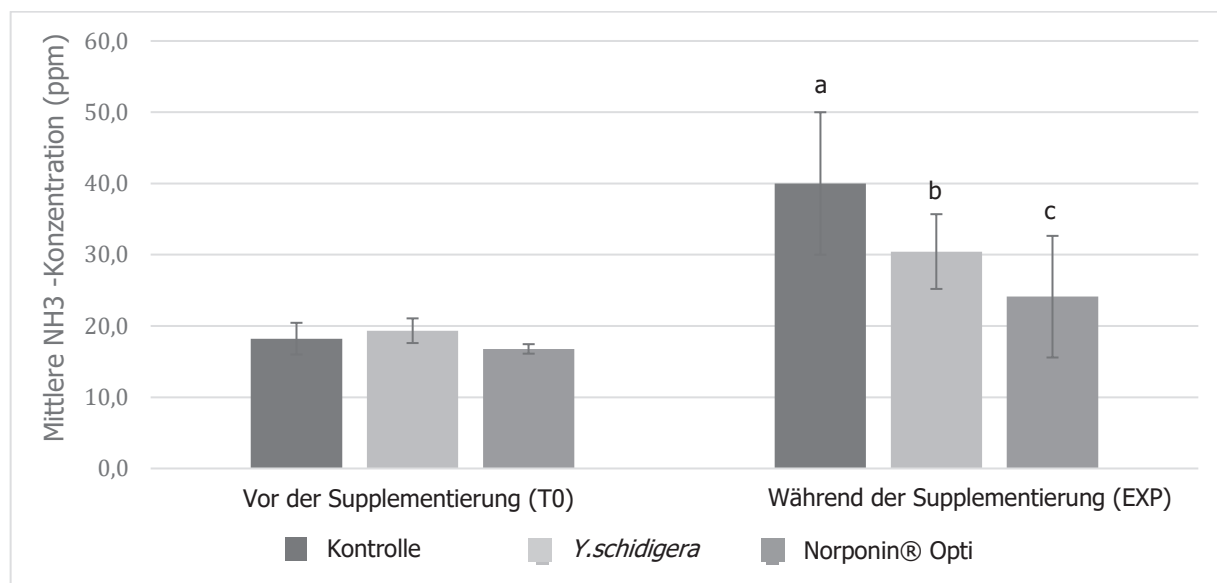


Abbildung 1: Gesamtsaponin und ABC50 *in-vitro*

Im *in-vivo*-Versuch zeigte sich, dass die Ammoniakkonzentrationen in der Luft der Schweineställe bei den Gruppen, die mit der saponinreichen Mischung supplementiert wurden, niedriger war als in der Kontrollgruppe ohne Zusatz. Bei den Schweinen, die Yucca-Saponine zusätzlichen zum Standardfutter erhielten, war die Ammoniakemission um 22 % geringer im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p < 0,01$). Die Tiere, deren Futter mit der formulierten Saponinmischung (Norponin® Opti -Gruppe) supplementiert wurde, erreichten eine noch stärkere Reduktion um 41 % gegenüber der Kontrollgruppe ($p < 0,01$). Im direkten Vergleich war die Norponin® Opti -Gruppe fast doppelt so wirksam wie die Yucca-Gruppe (41% gegenüber 22%, $p < 0,0001$) (Abbildung 2).



Unterschiedliche Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin ($P \leq 0,05$).

Abbildung 2: Entwicklung der Ammoniakkonzentration in Schweineställen vor und während des Versuchs

Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse dieser Untersuchung verdeutlichen die Bedeutung des Gesamt-Saponingehalts sowie des ABC₅₀-Werts als ergänzende Parameter zur Beurteilung des Potenzials saponinreicher pflanzlicher Zusatzstoffe zur Ammoniakminderung. Diese Analyseinstrumente ermöglichen eine praxisnahe Einschätzung und Vergleichbarkeit der funktionellen Wirksamkeit unterschiedlicher Pflanzenquellen sowohl unter kontrollierten Laborbedingungen als auch im praktischen Feldeinsatz.

Die getestete kommerzielle Mischung saponinreicher Pflanzen (Norponin® Opti) wies *in vitro* eine vergleichbare Ammoniakreduktionskapazität wie *Yucca schidigera* auf, übertraf diese jedoch deutlich *in vivo*. Diese verbesserte Leistung lässt sich vermutlich auf die größere strukturelle Vielfalt und die sich ergänzenden Wirkmechanismen der in der Mischung enthaltenen Saponine zurückführen.

Die Resultate unterstreichen somit das Potenzial pflanzlicher Formulierungen aus mehreren Quellen als nachhaltige Strategie zur Weiterentwicklung von Fütterungsstrategien mit pflanzlichen Lösungen durch gezielte Saponinprofilierung und -kombination. Für eine umfassende Validierung dieser Ansätze sind jedoch weiterführende Studien notwendig, insbesondere zur detaillierten Charakterisierung der Saponinzusammensetzung und zur Klärung der zugrunde liegenden Wirkmechanismen im tierischen Verdauungstrakt sowie in Güllesystemen.

Literaturverzeichnis

- [1] K. E. Wyer, D. B. Kelleghan, V. Blanes-Vidal, G. Schaubberger, et T. P. Curran, « Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health », *J. Environ. Manage.*, vol. 323, p. 116285, déc. 2022, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116285.
- [2] F.-X. Philippe, J.-F. Cabaraux, et B. Nicks, « Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques », *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 141, n° 3, p. 245-260, mai 2011, doi: 10.1016/j.agee.2011.03.012.
- [3] F. Chen *et al.*, « Dietary Yucca schidigera Extract Supplementation During Late Gestating and Lactating Sows Improves Animal Performance, Nutrient Digestibility, and Manure Ammonia Emission », *Front. Vet. Sci.*, vol. 8, p. 676324, juill. 2021, doi: 10.3389/fvets.2021.676324.
- [4] M. J. Adegbeye *et al.*, « Potential influence of Yucca extract as feed additive on greenhouse gases emission for a cleaner livestock and aquaculture farming - A review », *J. Clean. Prod.*, vol. 239, p. 118074, déc. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118074.
- [5] G. Francis, Z. Kerem, H. P. S. Makkar, et K. Becker, « The biological action of saponins in animal systems: a review », *Br. J. Nutr.*, vol. 88, n° 6, p. 587-605, déc. 2002, doi: 10.1079/BJN2002725.
- [6] M. Le Bot, J. Thibault, Q. Pottier, S. Boisard, et D. Guilet, « An accurate, cost-effective and simple colorimetric method for the quantification of total triterpenoid and steroidal saponins from plant materials », *Food Chem.*, vol. 383, p. 132597, juill. 2022, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132597.
- [7] S. Suor-Cherer, H. Bui Thi Quynh, P. Caillis, « Standardization of an in vitro spectrophotometric method for the evaluation of the ammonia-binding properties of plant extracts rich in saponins | Request PDF », *ResearchGate*, juill. 2025, doi: 10.1055/s-0039-3399745.

Autorenanschrift

Armand MANIERE
Nor-Feed SAS
3 rue Amedeo Avogadro
49070 BEAUCOUZE
Hoa.bui@norfeed.net
www.norfeed.net

Bewahren, was kostbar ist.



PULTE

Wir machen den Unterschied.

Natürlich.

Futtermittel **einzel**n | **zusätzlich** | **ergänzend**



www.pulte.de

Impfung von Schweinen gegen *Lawsonia intracellularis* i.m. oder i.d.- Kalkulation der Effekte eines verbesserten Futteraufwandes auf die N- und P-Ausscheidung sowie den CO₂-Fußabdruck

Robert Tabeling, Friederike von und zur Mühlen, Christine Renken

Intervet Deutschland GmbH, ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Feldstraße
1a, 85716 Unterschleißheim

Einleitung

- Stickstoff- (N) und Phosphor- (P) Emissionen der Schweinehaltung: N- und P-Einträge in die Umwelt können die Wasserqualität durch übermäßige Nährstoffanreicherung mit nachfolgender Eutrophierung schädigen (1). Durch das Ausbringen von wirtschaftseigenen Düngern auf landwirtschaftliche Nutzflächen kann es u.a. zur Auswaschung ins Grundwasser oder direktes Abschwemmen in Oberflächengewässer kommen. Stickstoff muss für optimale Leistungen von Tieren und Pflanzen in adäquater Menge und Qualität zur Verfügung stehen (elementarer Proteinbaustein). Mit Fütterungsmaßnahmen, wie der Absenkung des Rohprotein-Gehaltes (RP) und der Optimierung des Aminosäurenmusters (z.B. Einsatz synthetischer Aminosäuren) können relevante Verminderungen der N-Ausscheidungen beim Schwein ohne Leistungseinbußen erfolgen (2). Auch die Versorgung von Schweinen mit Phosphor ist essenziell für eine Reihe von Körperfunktionen, insbesondere für das Knochenwachstum. Die P-Versorgung erfolgt durch Futterpflanzen und mineralische Quellen. Der in Pflanzen weitgehend phytingebundene Phosphor kann durch das Enzym Phytase freigesetzt werden, welches weder Schweine noch deren Darmflora ausreichend bereitstellen können, so dass der Futterzusatz von Phytasen die Effizienz der P-Verwertung erheblich verbessern kann. Rationsgestaltung und tierischen Leistungen sind entscheidend bei der Bilanzierung von N- und P-Emissionen.

- Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft und speziell der Schweinehaltung: Aufgrund der Notwendigkeit zum Klimaschutz wird auch die Schweineproduktion vor die Aufgabe gestellt, Verringerungen beim Ausstoß von Treibhausgas-Emissionen (THG gemessen in Kohlendioxid-Äquivalent CO₂-e) vorzunehmen. 2021 betrug der ermittelte Anteil der THG-Emission im Sektor deutsche Landwirtschaft 7,4% der deutschen THG-Emissionen (3). Der durch die Tierhaltung verursachte Anteil stammte zu 85,4% aus der Rinder- und zu 10,1% aus der Schweinehaltung. Der Rückgang der Tierzahlen seit 1990 führte bereits zu einer Reduktion der THG-Emissionen. Im Klimaschutzgesetz vom 24.06.2021 war bis dessen Änderung am 21.06.23 für jeden Sektor der Wirtschaft eine definierte THG-Minderung vorgesehen (Ziel Sektor Landwirtschaft 2021: 62; 2030: - 10% 56 Mio. t CO₂-e). Mit Änderung des Klimaschutzgesetzes gelten die Gesamtmengen aller Wirtschaftsbereiche als Grundlage.

- *Lawsonia intracellularis* (LI): Der Erreger ist der Verursacher einer der wichtigsten Darmerkrankungen beim Schwein (4). Das Bakterium besiedelt die Enterozyten und verursacht eine mangelhafte Ausreifung dieser Zellen. Diese unreifen proliferierenden Darmzellen sind wiederum die Ursache für die charakteristische Verdickung der Darmwand – beschrieben als „hirnwindungsartig“. Betroffen ist vor allem der letzte Abschnitt des Dünndarms, das Ileum. Die infizierten Tiere reagieren in Abhängigkeit vom Alter zum Zeitpunkt der Infektion sehr unterschiedlich. Klinisch stehen Durchfälle im Vordergrund, die in unterschiedlicher Ausprägung und Schwere bis hin zu perakuten Verläufen mit Todesfolge vorkommen. Hervorgerufen durch einen höheren Erhaltungsbedarf und eine reduzierte Verdaulichkeit des Futters bei den infizierten Tieren verschlechtert sich der Futteraufwand. Da in der Schweinemast die Kosten der Futtermittel an erster Stelle stehen, führen LI-Infektionen, unabhängig von der Schwere des Verlaufes, immer zu wirtschaftlichen Einbußen (5, 6, 7). Der erhöhte Futteraufwand hat aber auch ökologische Folgen: Höhere Nährstoffmengen werden ausgeschieden.

Material und Methoden

In 9 Praxisbetrieben (Tab. 1) wurde die intramuskuläre (i.m.) oder intradermale (i.d.) LI-Impfung der Ferkel eingeführt und betriebliche Leistungsdaten ohne und mit dieser Impfung dokumentiert. In den meisten Betrieben wurde eine zeitversetzte Auswertung durchgeführt, in Betrieb 5 eine parallele Auswertung. Die Mastbetriebe unterschieden sich in ihrer Struktur: vier geschlossene Betriebe mit LI-Impfung der Saugferkel (4. Lebenswoche, LW), vier Zukaufbetriebe mit LI-Impfung bei Einstellung in die Mast, ein Betrieb mit Einstellung geimpfter Ferkel. Vor Einführung der LI-Impfung wurden die Tiere bei auftretender Klinik antibiotisch behandelt (AB; 6 Betriebe) oder mittels oraler LI-Vakzine geimpft (3 Betriebe). Die vor der Einführung der LI-Impfung vorhandene Klinik unterschied sich ebenfalls zwischen den Betrieben und wurde durch die betreuenden Tierarztpraxen diagnostisch aufgearbeitet und beurteilt. Die genaue Methodik und die Ergebnisse der Leistungsauswertungen wurden bereits veröffentlicht (6, 7). Aus den erhobenen Daten wurden Tageszunahme (TGZ) und Futteraufwand (FA) kalkuliert. Die Auswertung der Parameter erfolgte deskriptiv und es wurden nur Tiergruppen auf Betriebsebene verglichen (Verwendung von arithmetischen Mitteln).

Tabelle 1: Übersicht der Praxisbetriebe mit deren Leistungsdaten die Kalkulationen erstellt wurden

Betrieb	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ferkelherkunft (ca. 25-30 kg)	eigen	Zukauf	eigen, gleiche Ferkelherkunft		eigen	Zukauf	Zukauf	Zukauf	Zukauf
Klinische Ausprägung	akut-chronisch	akut	chronisch	chronisch	sub-klinisch	akut	akut-chronisch	chronisch	chronisch
Maßnahme bislang	AB	orale LI-Impfung				AB			
LI-Impfung i.m., i.d.	gemischt mit PCV M. hyo		als Einzelimpfstoff						
Impfung Alter LW/ Gewicht kg	4. LW	4. LW	4. LW	4. LW	ca. 33	ca. 26	ca. 26	ca. 27	ca. 33
Auswertung der Gruppen	zeitver- setzt	zeitver- setzt	zeitver- setzt	zeitver- setzt	zeitver- setzt	zeit- gleich	zeitver- setzt	zeitver- setzt	zeitver- setzt
Tierzahl Vergleichsgruppe	4021	412	40693	15161	962	1983	581	530	600
Tierzahl Impfgruppe	2034	419	11183	4162	962	1533	528	530	600

Die Bandbreite der einzelbetrieblichen Leistungsdaten vor der Einführung der LI-Impfung reflektierte in etwa das Leistungsniveau in der deutschen Schweineproduktion. Die Schweine wogen im Mittel ca. 29 kg bei Einstellung und ca. 124 kg bei Ausstallung (Ø ca. 96 kg Zuwachs). Mit TGZ zwischen 782 und 1106 g befanden sich die Betriebe vor der Einführung der Impfung auf sehr unterschiedlichem Niveau. Betriebe mit geringerer TGZ wiesen tendenziell auch einen schlechteren FA auf (Ø 1:2,84; 2,58-3,07).

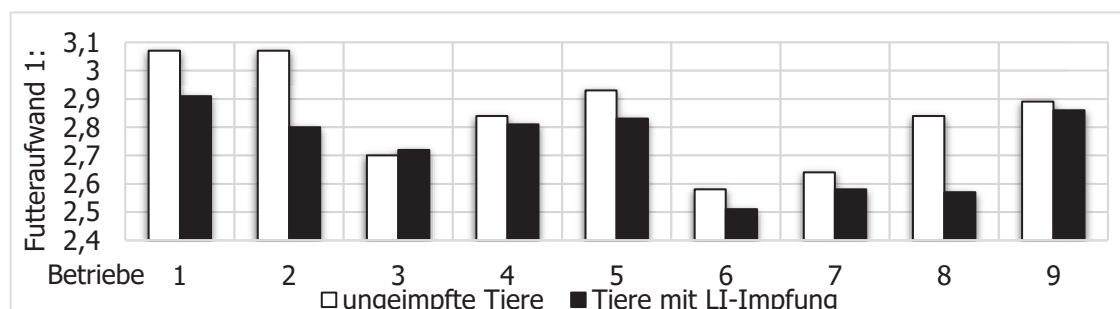


Abbildung 1: FA auf den ausgewerteten Betrieben vor und nach Einführung der LI-Impfung

Es konnte in den Felddaten gezeigt werden, dass sich mit Einführung der Impfmaßnahme in den Betrieben die klinischen Probleme verbesserten, im Mittel Tierverluste und vorzeitige Verkäufe reduzierten und weniger antibiotische Behandlungen in den Betrieben notwendig waren. Alle Betriebe bis auf Betrieb 3 konnten beim FA eine Verbesserung (Ø 1:2,73), die meisten auch eine Verbesserung

der TGZ erreichen. Der Futteraufwand konnte um 1:0,02 bis 1:-0,27 beeinflusst werden (Ø 1:-0,11). Damit wurde der durchschnittliche FA um 3,79 % verbessert (+0,74—9,52%).

- N- und P-Bilanz:

Anhand der Daten zum FA konnte auf Grundlage des DLG-Merkblattes 418 „Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen“ (8) die N- und P-Ausscheidung auf Betriebsebene für die Gruppen kalkuliert werden. Dafür wurde das frei verfügbare Programm „Berechnung einer individuellen Stallbilanz“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NDS; 9) genutzt. Es wurde mit vier Rationen unterschiedlicher N- und P-Gehalte kalkuliert, um neben den Effekten der Leistung auch die der unterschiedlichen Nährstoffdichte modellhaft betrachten zu können (pro kg Futter uS: „Universalfutter“ RP 17%, P 5,1 g; „N/P reduziert“ RP 16,4%, P 4,6 g; „N/P stark reduziert“ RP 15,4%, P 4,3 g; „N/P sehr stark reduziert RP“ 14,4%, P 4,1 g). Bei den Angaben der N-Ausscheidung handelt es sich immer um Bruttoangaben (kein Abzug von Stall- und Lagerverlusten).

- CO₂-Bilanz

Zur Kalkulation der CO₂-Bilanz als Maß für die THG-Emissionen wurde das Programm Treibhausgas-Emissions-Kalkulator-Landwirtschaft („TEKLa“) der LWK NDS genutzt (10). TEKLa basiert auf einem deutschlandweit abgestimmten Berechnungsstandard für Klimabilanzierungen in der Landwirtschaft (BEK). Die THG-Emissionen aus der gesamten Produktionskette, auch aus dem vorgelagerten Bereich, werden für das Produktionsverfahren berechnet. Die Daten wurden zusammen mit einer Mitarbeiterin der LWK NDS eingegeben und fachlich überprüft. Folgendes wurde zu Grunde gelegt:

- Ergebnisse der Einzelbetriebsdaten über die tierischen Leistungen
- Standardwerte für das Futter aus der Beratungspraxis der LWK NDS, die für alle Betriebe gleichermaßen verwendet wurden, um den Ansatz des Modellcharakter verfolgen zu können. Es wurde mit einem Universalfutter mit 12,6% importiertem Sojaextraktionsschrot gerechnet.
- Weitere Umgebungsfaktoren wurden mit praxisüblichen Daten aus der Erfahrung der LWK NDS für alle Betriebe in gleicher Weise berücksichtigt.

Ergebnisse

- N-Ausscheidung

Die N-Ausscheidung im Modell war eng mit den N-Gehalten im Futter aber auch mit dem FA verknüpft (Abb. 2), wobei die Nährstoffgehalte die entscheidendere Rolle spielten. Die mittlere Reduktion der N-Ausscheidung aller Rationen in LI-geimpften Gruppen betrug 5,4-5,9% gegenüber ungeimpften Tieren.

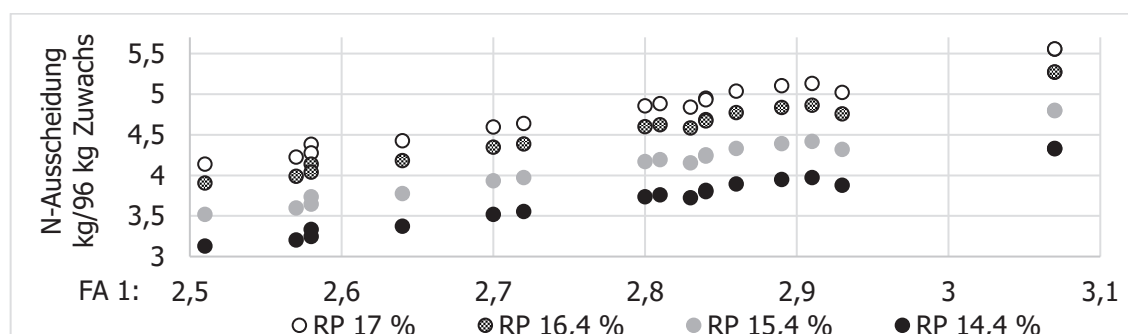


Abbildung 2: Berechnete N-Ausscheidung kg/96 kg Zuwachs bei unterschiedlichen N-Gehalten der Rationen (RP 17,0 – 14,4%) und ermittelter FA der beobachteten Tiergruppen auf den Praxisbetrieben vor und nach Einführung der LI-Impfung. Teilweise überlappen sich Datenpunkte.

Der Betrieb mit der größten Verbesserung des FA durch die LI-Impfung (-0,27; -9,5%) zeigte eine Reduktion der N-Ausscheidung um 15,7%. Zwischen den Gruppen mit schlechtester Futtereffizienz bei Kalkulation mit Universalfutter (1:3,07; RP 17%; 57,9 g N/kg LM) und dem Betrieb mit bestem FA bei

sehr stark N-reduziertem Futter (1:2,51; RP 14,4%; 32,6 g N/kg LM) lag eine theoretische Einsparung von 25,3 g N/kg LM (43%). Bezogen auf den Zuwachs von 96 kg je Schwein, würden im ungünstigsten Fall 5,6 kg N, im günstigsten Fall 3,2 kg N pro erzeugtem Mastschwein ausgeschieden werden.

- P- Ausscheidung

Auch bei der P-Ausscheidung waren vergleichbare Entwicklungen zu verzeichnen. Aus den biologischen Leistungsdaten bei LI-Impfung resultierte rechnerisch je nach P-Gehalt der Ration (14,4-17%) eine reduzierte P-Ausscheidung von durchschnittlich 5,7-6,4% (max. 17,1%). Im Betrieb mit ungünstigstem FA bei höchstem P-Gehalt im Futter (FA 1:3,07 ;5,1 g P/kg uS) wurde eine Ausscheidung von 10,5 g/kg LM oder 1012 g P/96 kg Zuwachs errechnet, während es im günstigsten Fall (FA 1:2,51; P 4,1 g/kg uS) 5,2 g P/kg LM oder 503,9 g P/Mastschwein mit 96 kg Zuwachs wären (vgl. Abb. 3).

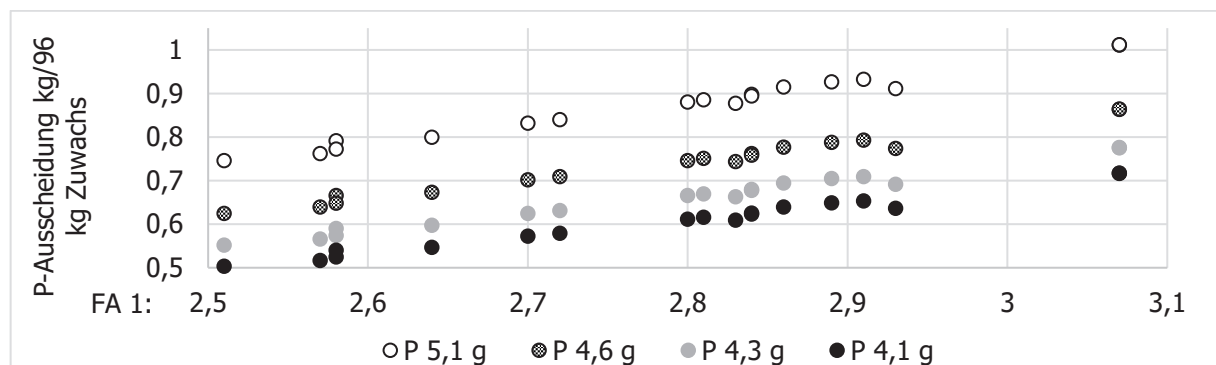


Abbildung 3: Berechnete P-Ausscheidung kg/96 kg Zuwachs bei unterschiedlichen P-Gehalten der Rationen (5,1 bis 4,1g/kg uS) und ermittelt FA der beobachteten Tiergruppen auf den Praxisbetrieben vor und nach Einführung der LI-Impfung. Teilweise überlappen sich Datenpunkte.

Die mittleren P-Ausscheidungen aller Betriebe vor und nach Einführung der Impfung hätten kalkuliert anhand der Ableitung mit P-reduzierter Ration (P 4,6 g/kg uS) bei 757 g bzw. nach Impfung bei 715 g/96 kg Zuwachstier gelegen und damit hätte der mittlere Unterschied je Tier 42 g P betragen.

- CO₂-Bilanz

Anhand der einzelbetrieblichen Leistungsdaten errechnete das TEKLa Programm mit der vorgegebenen Mastmischung (Annahme: 12,6% importiertes Sojaextraktionsschrot) für einen Zuwachs von 96 kg LM im Mittel über alle Betriebe 2891 g CO₂-e/kg LM (2718-3065; Abb. 4).

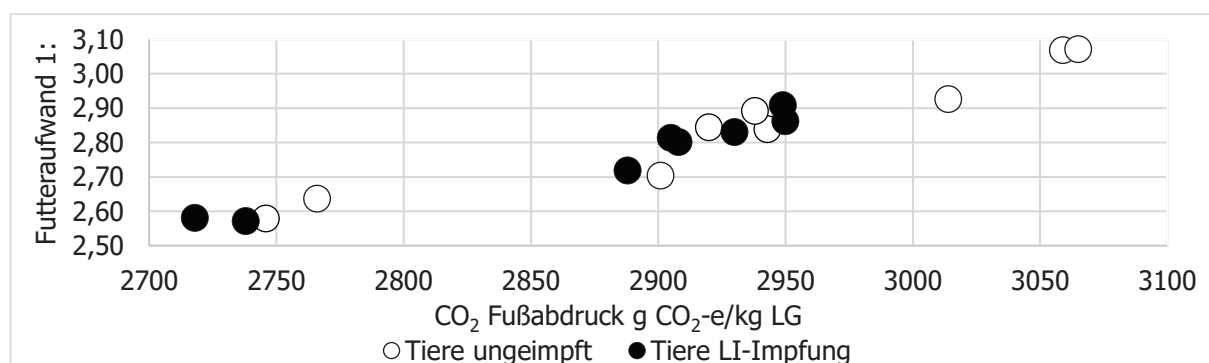


Abbildung 4: CO₂-Fußabdruck (g CO₂-e/kg LM) in Abhängigkeit vom FA (1:). Dargestellt ist der berechnete CO₂-Fußabdruck vor und nach der Einführung der LI-Impfung in den einzelnen Betrieben (TEKLa-Programm, LWK NDS). Teilweise überlappen sich Datenpunkte

Davon entfielen in diesem Modell 1594 g (53-58%; 1522-1774 g CO₂-e/kg LM) allein auf Futter. Bedeutend war auch der Anteil der Ferkelerzeugung mit durchschnittlich 28,2% (817 g CO₂-e/kg LM)

am Mastschwein, der mit der Höhe des Einstallgewichtes und dem Futterverbrauch variierte. Dunganfall und Verdauung wurden im Mittel mit 22%, Energieverbrauch mit 2,7% am CO₂-Fußabdruck berechnet. Aufgrund der Nutzung des organischen Düngers in der Kreislaufwirtschaft wurden dafür wiederum durchschnittlich 233 g CO₂-e/kg LM (8%) gutgeschrieben.

Im Betrieb mit der höchsten erreichten Verbesserung des FA von 1:-0,27 wurde eine Gesamtverbesserung des CO₂-Fußabdruckes von 182 g CO₂-e/kg LM (6,23%) kalkuliert. Das Modell zeigte, dass Gruppen vor der Impfung durchschnittlich 2928 g CO₂-e/kg LM emittierten, während mit LI-Impfung 2853 g CO₂-e/kg LM emittiert wurden (Differenz 74,7 g CO₂-e/kg LM; Verbesserung Ø über alle Betriebe 2,5%). Zwischen den schlechtesten und besten Betrieben/Mastdurchgängen betrug die Differenz 371 g CO₂-e/kg LM (12,1%).

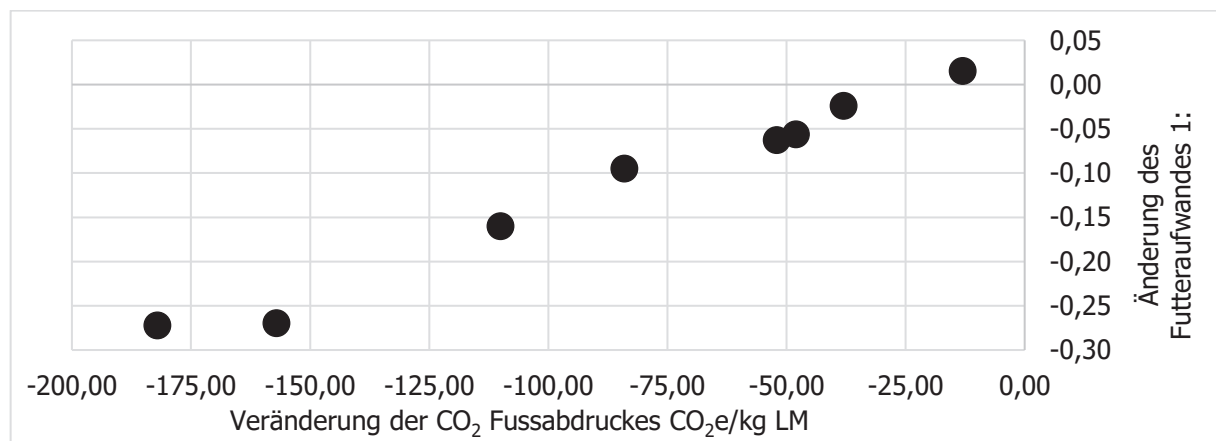


Abbildung 5: Änderungen des FA (%) und berechnete/modellierte Änderung des CO₂-Fußabdruckes (g CO₂-e/kg LM; TEKLa Programm, LWK NDS) der Praxisbetriebe. Teilweise überlappen sich Datenpunkte.

Diskussion

Unter der Annahme eines aktuellen durchschnittlichen FA von 1:2,80 in Deutschland und eines möglichen Zielbereichs des FA von 1:2,50 würde sich ein theoretisches Optimierungspotenzial von 1:0,30 ergeben. Die Verbesserung von 1:-0,11 würde daher einer Nutzung von 37% dieses Potenzials entsprechen. Das Modell zeigte, dass mit der LI-Impfung im Mittel auf den Betrieben die N-Ausscheidung um 266 g/96 kg (CP 16,4%) und die P-Ausscheidung um 47 g/96 kg (P 5,1 g/kg) reduziert werden konnte. Übertragen auf 45 Millionen Mastschweine (ungefähre Anzahl der in Deutschland geschlachteten Schweine ohne Sauen) würde das theoretische Einsparpotenzial durch eine solche Maßnahme, wenn sie auf alle Betriebe angewendet werden würde, 11.970 t N/Jahr und 2.115 t P/Jahr betragen. Wenn das ehemalige deutsche GHG-Sektorziel für die Landwirtschaft (-10% bis 2030) angewendet werden würde, könnte die mittlere Reduktion im CO₂-Fußabdruck von 2,5% durch die LI-Impfung 25% dieser Anforderung in der Schweinehaltung abdecken. Das Potenzial für die GHG-Reduktion ist zwar größer im Bereich des Güllemanagements und der Herkunft des Futters, speziell des Sojaanteils, aber der Vorteil des verbesserten Futteraufwandes durch die LI-Impfung liegt insbesondere darin, dass LI zuverlässig diagnostiziert werden kann, die Maßnahme schnell umsetzbar ist und ihr Erfolg pragmatisch überprüft werden kann. LI ist auf nahezu allen Betrieben verbreitet und ihre Bedeutung wird aufgrund des häufig subklinischen Auftretens oft massiv unterschätzt. Darüber hinaus führt die LI-Impfung in der überwiegenden Mehrheit der bewerteten Fälle zu einer deutlich höheren Rentabilität (6; 7) und unterliegt auch in der ökologischen Produktion keinerlei Einschränkungen. Dies macht sie zu einer sehr geeigneten, robusten und kurzfristigen Lösung, die keine weiteren, langwierigen strukturellen Investitionen erfordert.

Schlussfolgerungen

Unter den Bedingungen dieser Feldbeobachtung und Modellberechnungen wurde gezeigt, dass die N- und P-Ausscheidung bei Mastschweinen durch die Verbesserung der Leistungsdaten mittels einer Impfung gegen *Lawsonia intracellularis* sowie durch die Anpassung der N- und P-Gehalte im Futter deutlich reduziert werden kann. Zudem wurde mit der TEKLa-Modellberechnung eine Verringerung der Treibhausgasemissionen aufgezeigt, die mit einer verbesserten Futtereffizienz bei gegen *Lawsonia intracellularis* geimpften Schweinen einhergeht. Diese Daten legen nahe, dass die Impfung gegen *Lawsonia intracellularis* in Kombination mit einer optimierten Futtergestaltung ein hohes Potenzial zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Schweinemast bietet.

Literatur

1. Leip, A., Billen G., Garnier J., Grizzetti B., Lassaletta L., Reis S., Simpson D., Sutton M.A., de Vries W., Weiss F., Westhoek H. (2015): Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. Environ. Res. Lett. 10, 1-13
2. Weber, M (2021): N- und P-reduzierte Fütterung als Voraussetzung zukünftiger Schweinehaltung, Vortrag Mitteldeutscher Schweinetag 11.11.2021, Halle
3. Thünen Institut: Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft; <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>; Abrufdatum 10.07.2023
4. Vannucci F. A., Gebhart C. J., & McOrist S. (2019). Proliferative enteropathy. Diseases of swine, 898-911.
5. Jacobs A. A. C., Harks F., Hazenberg L., Hoeijmakers M. J. H., Nell T., Pel S., Segers R. P. A. M. (2019). Efficacy of a novel inactivated *Lawsonia intracellularis* vaccine in pigs against experimental infection and under field conditions. Vaccine, 37(15), 2149-2157
6. V.u.z. Mühlen F., Pfeiffer F., Schmidt P., v. Brehm K., Busen K., Renken C., Vogels J., Tabeling R. (2021): Praxisdaten zu Klinik und Leistung von Porcilis® *Lawsonia* geimpften Tieren in deutschen Betrieben. Tierärztl. Umschau 2:28-37
7. Nieberding C., v.u.z. Mühlen F., Tabeling R., Renken C. (2022): Praktische Beobachtungen zum Einsatz einer intradermalen *Lawsonia* Impfung. Tierärztl. Umschau 3:16-24
8. DLG: DLG-Merkblatt 418: Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. URL: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_418.pdf; Abrufdatum 10.07.2023
9. LWK NDS: Berechnung einer individuellen Stallbilanz; https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/news/33749_Berechnung_einer_individuellen_Stallbilanz; Abrufdatum 10.07.2023
10. LWK NDS: Landwirtschaftskammer erstellt einzelbetriebliche Klimabilanzen; https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/30009_Landwirtschaftskammer_erstellt_einzelbetriebliche_Klimabilanzen; Abrufdatum 10.07.2023

Autorenanschrift

Dr. Robert Tabeling
Intervet Deutschland GmbH – Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit
Feldstrasse 1a
85716 Unterschleißheim
robert.tabeling@msd.de

„Klima-Milchfarm“ – Umsetzung von Treibhausgasminderungsmaßnahmen und deren Bewertung im Praxisbetrieb

Veronika Leberle, Stephan Schneider

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät
Agrarwirtschaft, Volkswirtschaft und Management

Einleitung

Der Klimawandel und die damit verbundene Reduzierung der Treibhausgas (THG-)Emissionen ist eine der größten Herausforderung für die Menschheit. Deshalb fordern politische Entscheidungsträger auf internationaler (Global Methan Pledge, Green Deal) und nationaler Ebene (Klimaschutzgesetze) schon länger eine deutliche Senkung der THG-Emission des Sektors Landwirtschaft (Zehetmeier et al., 2021). In Deutschland war die Landwirtschaft im Jahr 2024 laut Nationalem Treibhausgasinventar nach vorläufigen Daten für 53,7 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente (CO₂e) verantwortlich (UBA, 2025). Dies entspricht einem Anteil von 8,2 % der Gesamtemissionen Deutschlands.

Neben der politischen Forderung nach einer klimafreundlicheren Landwirtschaft werden beispielsweise über die Science Based Targets-Initiative (SBTi) Klimaschutzziele von Unternehmen – beispielsweise Lebensmitteleinzelhändlern oder Molkereien – definiert. Im Zuge der SBTi verpflichtete sich das Unternehmen Nestlé seine Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis 2050 auf Netto-Null zu senken (Grüne Null). Ausgehend vom Basisjahr 2018 sollen die THG-Emissionen bis 2025 um 20 % und bis 2030 um 50 % reduziert werden.

Um die eigenen Emissionsziele zu erreichen, setzt Nestlé im Rahmen der eigenen Klimastrategie weltweit Projekte mit ausgewählten Lieferanten um. Auch in Deutschland plante Nestlé sogenannte „Low-Carbon-Betriebe“. Darunter sollte auch ein repräsentativer Lieferbetrieb der Hochwald Foods GmbH (Hochwald) sein, welcher auf Low-Carbon umgestellt wird. Das Ziel dieser weltweiten Pilot-Projekte von Nestlé besteht darin, effektive Hebel aufzuzeigen, mithilfe derer Treibhausgasemissionen auf einem Milchviehbetrieb deutlich reduziert und gleichzeitig der Lebensunterhalt der Landwirte gesichert werden kann. Dabei wurde ein Pilotbetrieb über vier Jahre lang bei der Auswahl und Implementierung von CO₂e-Minderungsmaßnahmen begleitet und dessen CO₂e-Emissionen im Bereich der Milchproduktion jährlich bilanziert.

Vorgehensweise

Im Jahr 2021 wurde die erste Klima-Milchfarm Deutschlands im hessischen Mörshausen initiiert. Für die Nullpunktbestimmung (Status Quo-Erhebung) wurde eine detaillierte Analyse der CO₂e-Emissionen des Betriebs durchgeführt, um Minderungspotentiale zu identifizieren und entsprechende Optimierungsmaßnahmen zu ergreifen. Gleichzeitig wird von der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU) Nürtingen-Geislingen die Nachhaltigkeit der einzelnen Maßnahmen, das heißt die Ökonomie, die

Ökologie sowie soziale Gesichtspunkte bewertet und zusätzlich ein Kosten-Nutzen-Modell für den Landwirt entwickelt.

Grundlage der Betriebsauswahl waren die Angaben der Lieferbetriebe im Qualitäts- und Nachhaltigkeitsprogramm MilchPlus der Molkerei Hochwald. In die Vorauswahl einbezogen wurden der Betriebsstandort (Milcheinzugsgebiet Werk Hünfeld), das Vorhandensein eines CO₂e-Fußabdrucks (erstellt mit dem Programm „Cool Farm Tool“) sowie die Betriebsgröße. Die so ausgewählten Betriebe wurden telefonisch über die Projektschritte informiert. Aus dem Pool von 57 Betrieben waren sieben Betriebe bereit, sich dem weiteren Auswahlprozess zu stellen. Projektvertreter von Nestlé Deutschland, der Molkerei Hochwald sowie der HfWU besuchten alle sieben Betriebe und bewerteten diese anhand einer von der HfWU erstellten Nutzwertanalyse bezüglich der Eignung als „Klima-Milchfarm“.

Bevor eine Treibhausgasberechnung durchgeführt und Minderungsmaßnahmen empfohlen werden konnten, musste zuerst Technik auf dem Betrieb eingeführt werden, welche es erlaubte, belastbare Daten für die Bilanzierung zu erheben. Deshalb wurde, in Absprache mit dem Betriebsleiter, unterschiedliche Messtechnik (Fuhrwerkswaage zur Erfassung der Ernteerträge, Kälberwaage, ...) auf dem Betrieb eingeführt. Durch die installierte Messtechnik war es erst möglich, eine Vorher-Nachher Betrachtung von THG-Minderungsmaßnahmen zu tätigen. Gerade im Schwerpunktthema „Futter und Fütterung“ sind zahlreiche Daten auf einem landwirtschaftlichen Betrieb für die CO₂e-Bilanzierung standardmäßig nicht vorhanden oder werden häufig nicht regelmäßig ausgewertet.

Bei der Datendokumentation und -auswertung konnten während der bisherigen Projektlaufzeit große Fortschritte erzielt werden. Anfänglich wurden viele Daten vom Betriebsleiter oder den Mitarbeitern händisch erfasst und dokumentiert um diese später digital zu übertragen. Hinsichtlich der zunehmenden digitalen Übertragung und Sicherung der Daten konnte über den Projektzeitraum deutlich Arbeitszeit eingespart und Fehleingaben vermieden werden. Durch die Anschaffung von Technik mit entsprechender Software wurde die Möglichkeit geschaffen, die Daten von extern abzurufen und digital auszuwerten (beispielsweise Futterdaten aus der Cloud des Futtermischwagenherstellers). Ein weiterer Punkt ist die Weiterentwicklung der Managementsysteme während des Projektes: Im Herdenmanagement- und Brunstüberwachungssystem werden nun mehr Daten erfasst und ausgewertet, sodass zahlreiche händische Aufzeichnungen bzw. Eintragungen in den anfänglich genutzten Online-Tabellen wegfallen.

Nachdem eine Status-Quo Bilanzierung für das Wirtschaftsjahr 2020/2021 mit dem Programm Cool Farm Tool (CFT, Version v2.31.0) durchgeführt wurde, konnten im Projektverlauf zahlreiche Minderungsmaßnahmen definiert und umgesetzt werden, um die Emissionen im Bereich des Produktionssystems Milch zu reduzieren. Diese wurden durch den Betriebsleiter – mit Unterstützung durch die HfWU und verschiedenen Beratungsorganisationen und Firmen – häufig zeitgleich umgesetzt. Alle infrage kommenden Maßnahmen wurden in fünf Schwerpunktbereiche eingeteilt (Tab. 1):

Tabelle 1: Schwerpunktbereiche der Treibhausgasminderungsmaßnahmen mit ausgewählten Maßnahmen

Schwerpunktbereich	Ausgewählte Beispiele für umgesetzte Maßnahmen
Energieerzeugung und -verbrauch	Gesamtbetriebliches Energiekonzept inklusive Verbrauchsmessung, LED-Lampen im Melkstand
Futter und Fütterung	<i>ad libitum</i> Tränke Saugkälber, Silierhilfsmittel Grobfutter, Futterzusatzstoff
Herdenmanagement	erhöhte Fressstände, Genotypisierung
Güllemanagement	emissionsmindernde Gummimatten, Güllezusatzstoff
Acker- und Grünlandbewirtschaftung	Nitrifikationsinhibitor, Anlage von Landschaftsstrukturelementen

Zu Projektanfang wurde - in Absprache mit Nestlé Deutschland und der Molkerei Hochwald - eine Aufstellung möglicher Minderungsmaßnahmen durch die HfWU erstellt. Abhängig von behördlichen Genehmigungen, der betrieblichen Notwendigkeit, sowie der Verfügbarkeit von Daten des Betriebes bzw. aus der Literatur, wurden daraus einzelne CO₂e-Minderungsmaßnahmen priorisiert. Die Minderungsmaßnahmen wurden aufgrund der zu betreuenden Personen seitens des Betriebs und der HfWU in die Bereiche Innen- und Außenwirtschaft eingeteilt. Während der Projektlaufzeit wurden auch zusätzliche Minderungsmaßnahmen diskutiert und umgesetzt, welche bei Projektbeginn noch nicht bedacht wurden.

Mit Hilfe des Programms CFT wurde der carbon footprint des Produktionssystems Milch seit dem Wirtschaftsjahr 2020/2021 jährlich bilanziert. Dabei wurden ausschließlich Daten ausgewertet, die das Produktionssystem Milch betreffen. Alle betrieblichen Aktivitäten, die keinen Zusammenhang mit dem Produktionssystem Milch aufweisen, waren nicht Gegenstand der Bilanzierung. Zu nennen ist hier der Marktfruchtbau von Winterweizen, Zuckerrüben oder Winterraps. Die Bilanzierung der Kohlenstoffsequestrierung wurde außerhalb des CFT vorgenommen, da die Berechnungsgrundlage dafür im CFT nicht transparent ist. Berücksichtigt wurde dabei der Anbau von Pflanzen, die humusaufbauend/-mehrend sind. Dazu gehört der Anbau von Leguminosen und Gemengen, in denen Leguminosen enthalten sind. Außerdem wurde der Anbau von Zwischenfrüchten in den Futterbauflächen für die C-Sequestrierung einbezogen. Darüber hinaus entsteht durch die Anlage von Hecken und Blühstreifen eine Kohlenstoffspeicherung, die bei der Bilanzierung anteilig berücksichtigt wird. Auch bei der Weidehaltung kann Kohlenstoff sequestriert werden. Bei der externen Bilanzierung der Kohlenstoffsequestrierung wurde auf Literaturwerte zurückgegriffen. Da in der Literatur für die C-Sequestrierung oft Minimum- und Maximumwerte angegeben werden und die Literatur zu den einzelnen Maßnahmen heterogen ist, wurde aus den Publikationen für die Bilanzierung der einzelnen Maßnahmen auf dem Betrieb Frese der Median verwendet. Da einzelne Maßnahmen im Bereich der C-Sequestrierung nicht nur das Produktionssystem Milch, sondern den gesamten Betrieb betreffen, mussten diese Maßnahmen mit einem Allokationsfaktor korrigiert werden.

Ergebnisse

Nach der Nullpunktbestimmung wurden auf dem Betrieb schrittweise THG-Minderungsmaßnahmen umgesetzt, um den carbon footprint der Milch zu reduzieren. Eine deutliche Reduktion der Emissionen wurde erst in der Drittpunktbestimmung im Wirtschaftsjahr 2023/2024 erreicht (Tab. 2).

Tabelle 2: CO₂e-Emissionen nach Kategorie laut Cool Farm Tool, C-Sequestrierung sowie carbon footprint je kg FPCM Milch im Projektverlauf

		WJ 20/21	WJ 21/22	WJ 22/23	WJ 23/24
Einheit/Jahr		Nullpunkt	Erstpunkt	Zweitpunkt	Drittpunkt
CO ₂ e -Emissionen nach Kategorie					
Beweidung	t CO ₂ e	2,4	1,3	1,1	2,1
Grünlanddüngung	t CO ₂ e	0	0	0	0
Futtermittelproduktion	t CO ₂ e	292	264	264	285
Enterogene Fermentation	t CO ₂ e	688	650	616	432
Güllemanagement	t CO ₂ e	487	536	507	189
Energie & Verarbeitung	t CO ₂ e	26,9	22,4	41,9	46,5
Transport	t CO ₂ e	12,3	10,5	9,6	3,0
Gesamtemissionen	t CO ₂ e	1.509	1.484	1.440	958
C-Sequestrierung	t CO ₂ e	keine C-Seq.	62,8	58,8	62,0
carbon footprint FPCM	kg CO ₂ e/kg FPCM	1,15	1,25	1,18	0,80
carbon footprint FPCM abzüglich C-Sequestrierung	kg CO ₂ e/kg FPCM	1,15	1,20	1,14	0,75

FPCM, Fett- und eiweißkorrigierte Milch.

Im Wirtschaftsjahr 2023/2024 konnte die höchste prozentuale Emissionsminderung in der Kategorie „Güllemanagement“ (-62 % zum Vorjahr) erreicht werden (Abb. 1). Der Grund hierfür ist, dass 1/3 der Mistmenge durch eine nahe gelegene Biogasanlage fermentiert wurde und zusätzlich ein emissionsminderndes Gülleadditiv zur Gülle zudosiert wurde. Wird dieses Additiv mit einer nachträglichen Abdeckung des Güllelagers kombiniert, verringert dies die Entstehung von Treibhausgasen um ca. 80 % (Holtkamp et al. 2023).

Die zweitgrößte Emissionsminderung ergab sich in der Kategorie „Enterogene Fermentation“ (-30% zum Vorjahr). Hauptverantwortlich ist dabei der Einsatz eines Futterzusatzstoffs, welcher die Methanemissionen der laktierenden Milchkühe – in Abhängigkeit des Rohfett- und Fasergehaltes - deutlich reduziert.

Der Futterzusatzstoff, die vermehrte Vergärung des Mistes in der Biogasanlage und das Gülleadditiv wurden zu Beginn des Wirtschaftsjahres 2023 um- bzw. eingesetzt. Neben zahlreichen anderen Maßnahmen sind diese für die deutliche Verringerung des CO₂e-Fußabdrucks verantwortlich.

Auch im Futtermittelanbau wurden Maßnahmen umgesetzt. Allerdings lässt sich der Effekt nur schwer messen, da die Verfügbarkeit von Wasser einen höheren Einfluss auf das Wachstum der Pflanzen hatte als der Effekt einer einzelnen Maßnahme, wie z. B. der teilflächenspezifischen Düngung oder des Zusatzes von Nitrifikationshemmern.

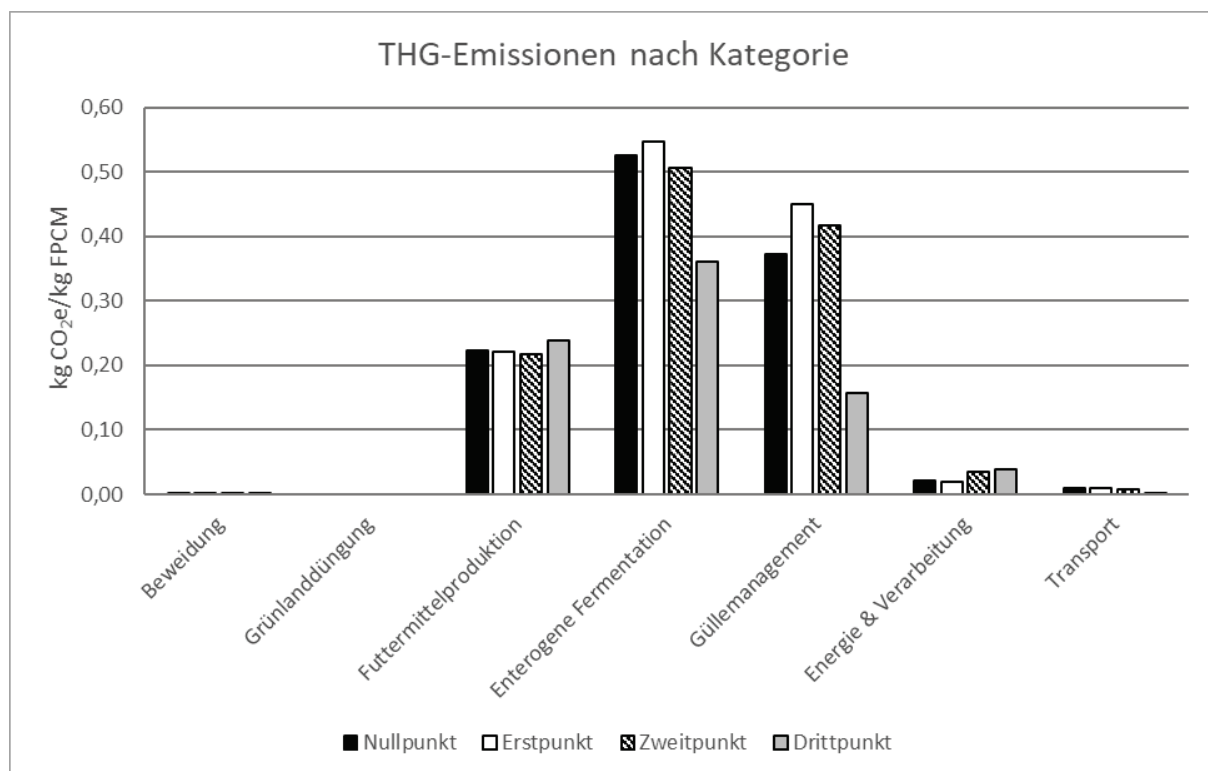


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen des Produktsystems Milch

In der Nullpunktbestimmung wurden die Kohlenstoffsequestrierungen nicht berücksichtigt, da vom Projektteam zu diesem Zeitpunkt die wissenschaftliche Literatur zu diesem Thema als nicht belastbar genug eingestuft wurde.

Fazit und Ausblick

Bevor eine belastbare CO₂e-Bilanzierung des Produktionssystems Milch durchgeführt werden kann, muss zuerst die Datenverfügbarkeit durch Wiegen und Messen, insbesondere im Bereich Futter, Fütterung und Güllemanagement gegeben sein. Die konsequente Umsetzung der guten fachlichen Praxis ist Grundlage eines niedrigen CO₂e-Fußabdrucks. Bei der Priorisierung von Maßnahmen hätten im Nachhinein Maßnahmen im Bereich der Zucht (Genotypisierung) und Jungviehaufzucht (Intensivierung der Fütterung) früher umgesetzt werden müssen, um deren Wirkung im Projektverlauf

besser abbilden zu können. Die Implementierung von THG-Minderungsmaßnahmen zeigt sich erst zeitverzögert im Bilanzierungsergebnis. Futterzusatzstoffe und Gülleadditive können die CO₂e-Emissionen deutlich reduzieren.

Die Erkenntnisse aus dem Pilot-Projekt werden in die langfristige Nachhaltigkeitsstrategie der Molkerei Hochwald integriert. Einzelne Maßnahmen aus dem Projekt wurden bereits in das 2019 eingeführte freiwillige Hochwald MilchPlus-Programm aufgenommen. Aus der Sicht des Betriebsleiters hatten Maßnahmen, welche sich langfristig auf das Betriebsmanagement auswirken, den größten betrieblichen Nutzen.

Die größte Änderung machte sich vor allen in der Kälber- und Jungviehaufzucht bemerkbar. Hierbei sind die metabolische Programmierung mittels ad libitum-Tränke, die Genotypisierung und die intensivere Jungviehaufzucht zu nennen. Des Weiteren wurde viel Wert auf die Umgestaltung der (Grob-) Futterlagerung und das Güllemanagement gelegt, welche sich zukünftig positiv auf den CO₂e-Fußabdruck auswirken. Der Vorteil eines Praxisbetriebes als „Klima-Milchfarm“ liegt darin, dass „Learnings“ der Maßnahmenumsetzung für weitere Betriebe genutzt werden können. Im letzten Teil des Projektes geht es um die ökonomische Bewertung und Rangierung der Maßnahmen. Denn ohne Ökonomie und Soziales ist auch die beste Ökologie nicht zukunftsfähig.

Literaturverzeichnis

Holtkamp, F., Clemens, J., Trimborn, M. (2023). Calcium cyanamide reduces methane and other trace gases during long-term storage of dairy cattle and fattening pig slurry. *Waste Manage.* 161, 61-71.

UBA-Umweltbundesamt (2025). Nationale Treibhausgasinventare 1990-2023 (Stand 03/2025), für 2024 vorläufige Daten.

Zehetmeier, M., Karrer, A., Reindl, A., Karger, V., Strobl, M. (2021). Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks unter praktischen Verhältnissen. In: Harms, K. und Windisch, W. (Hrsg.). 59. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. – „Futter und Fütterung im Hinblick auf die Klimarelevanz und Vermeidung von Nahrungsmittelkonkurrenz“. ISBN 978-3-9816116-8-7, S. 21-26.

Autorenanschrift

Veronika Leberle und Stephan Schneider
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen
Neckarsteige 6-10
72622 Nürtingen
E-Mail: veronika.leberle@hfwu.de
E-Mail: stephan.schneider@hfwu.de

Quantifizierung des Umwelteinflusses der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 in der Milchproduktion anhand eines Life Cycle Assessments (LCA)

**Nizar Salah¹, Julie Duclos¹, H  lo  se Legendre¹, Erika Paiva¹, Maxime Briche¹,
Celine Garat Boute¹, Jasper Scholten², Mariem Maaoui²**

¹Phileo by Lesaffre, 59520 Marquette-lez-Lille, Frankreich

²Blonk Sustainability Tools, Groen van Prinsterersingel 45, 2805 TD Gouda,
Niederlande

Einleitung

Milchviehhalter stehen vor großen Herausforderungen: An erster Stelle steht die Forderung nach einer Verringerung des CO₂-Fußabdrucks der Tierhaltung, insbesondere der Treibhausgasemissionen (THG). Hinzu kommt die Notwendigkeit, nachhaltige Rohstoffe zu verwenden und gleichzeitig das Tierwohl zu verbessern. Angesichts dieser Anforderungen gilt es Lösungen anzubieten, die die Rentabilität landwirtschaftlicher Betriebe erhält und gleichzeitig Emissionen durch die Milchproduktion verringert. Phileo by Lesaffre ist ein Befürworter nachhaltiger Lösungen. In Zusammenarbeit mit Blonk Consultants, einem internationalen Spezialisten für die Life Cycle Assessments (LCA) von Agrar- und Lebensmittelprodukten, hat Phileo by Lesaffre ein LCA für die probiotische Lebendhefe CNCM I-4407 durchgeführt. Die Berechnung des ökologischen Fußabdrucks ist eine grundlegende Möglichkeit, unser Wirken auf den Planeten zu messen, zu überwachen und zu verbessern und nachhaltigere Produktionssysteme mit geringen Treibhausgasemissionen und besserer Ressourcenausnutzung aufzubauen, die für jede Art von Produktion benötigt werden.

Methodik

Im Rahmen dieser Studie wurden zur Durchführung des LCA die Normen ISO 14040 und ISO 14044 herangezogen, die als Referenzmethoden zur Bewertung der Umweltleistung von Produkten, Waren und Dienstleistungen weit verbreitet sind. Die Methodik der Lebenszyklus-Auswirkungsanalyse (LCIA) orientiert sich an den Empfehlungen und Anforderungen der Europäischen Kommission im Rahmen des Produkt-Umweltfu  abdrucks (PEF). Darüber hinaus folgte die in dieser Studie verwendete Ökobilanzierung den Produktumweltfu  abdruck-Kategorienregeln (PEFCR) für Milchprodukte und Tierfutter. Zur Erstellung des LCA wurden vier Schritte befolgt: (1) Definition des Ziels und des Umfangs (Funktionseinheit und Grenzen des Systems); (2) Analyse der Lebenszyklusinventur (LCI, einschließlich der Erfassung des Inputs und Outputs für alle Prozesse); (3) die Lebenszyklus-Wirkungsanalyse (LCIA) und (4) die Lebenszyklus-Interpretation (Abbildung 1). Das LCA wurde einer externen kritischen Überprüfung gemäß den Normen ISO 14040 und ISO 14044 unterzogen. Die kritische Überprüfung konzentrierte sich auf die Analyse der Ziele und des Umfangs, die Analyse der Bestandsaufnahme sowie die Bewertung der Auswirkungen und die Interpretation. Von drei unabhängigen Fachleuten wurden die Konsistenz der Methoden, die wissenschaftliche und technische Validität der angewandten Methoden, die Angemessenheit der Daten, die Bewertung der Interpretation sowie die Transparenz und Konsistenz des Studienberichts überprüft.

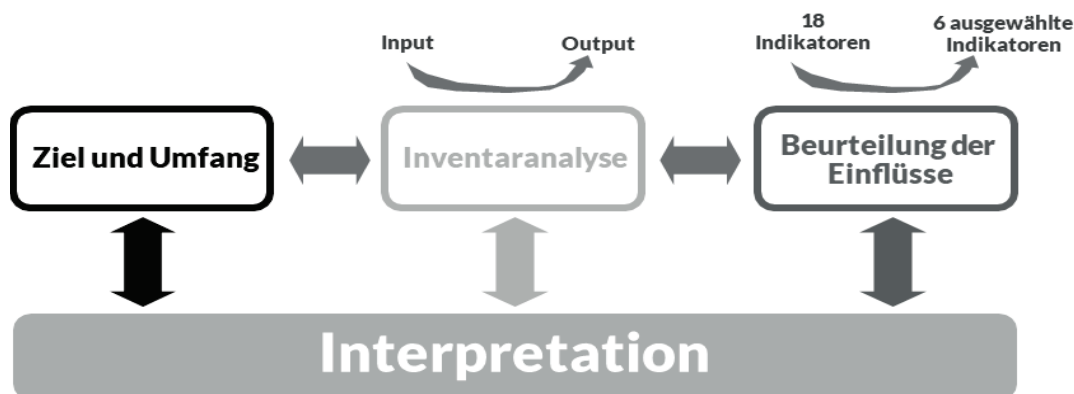


Abbildung 1: Übersicht über die Prozesse in der Ökobilanzierung

Das Ziel dieser Ökobilanzstudie ist es, die Umweltauswirkungen der Herstellung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 und die ökologischen Folgen seiner Verwendung bei Milchkühen zu quantifizieren. Im Rahmen der Studie wurden sechs Wirkungskategorien analysiert, darunter der CO₂-Fußabdruck, die Landnutzung, der Wasserverbrauch, die Versauerung, die Eutrophierung und die Nutzung fossiler Ressourcen. Nachfolgend werden nur die Daten zum CO₂-Fußabdruck betrachtet.

Es wurden zwei Funktionseinheiten entsprechend der festgelegten Systemgrenzen „von der Wiege bis zum Hofter“ identifiziert (Abbildung 2). Die erste Einheit, vorgelagerter Bereich, umfasst die Produktion der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 am Produktionsstandort in Frankreich. Die zweite Einheit, nachgelagerter Bereich, berücksichtigt die Produktion von fett- und proteinkorrigierter Milch (FPCM) auf Ebene des Milchviehbetriebes. Die FPCM wurde gemäß der Definition der Europäischen Kommission von 2018 wie folgt berechnet:

$$\text{FPCM (kg)} = \text{Milchmenge (kg)} \times (0,1226 \times \text{Fettgehalt in \%} + 0,0776 \times \text{Proteingehalt in \%} + 0,2534)$$

Im vorgelagerten Bereich wurden zur Bewertung des Herstellungsprozesses der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 Parameter aus dem Ackerbau, die Verarbeitung und Beschaffung aller notwendigen Rohstoffe sowie die Herstellung bis hin zur Lagerung im Werk bewertet. Für den vorgelagerten Bereich wurden spezifische Daten zum Anbau, zur Verarbeitung und zum Transport von Futtermitteln aus Agri-footprint 5.0 und Ecoinvent 3.6 bezogen. Alle Daten zu den verschiedenen Schritten der Herstellung von CNCM I-4407, von der Anlieferung im Werk bis zur Lagerung, einschließlich Energie- und Wasserverbrauch, Substratmenge, Behandlung, Fermentation, Trocknung und Verpackung, wurden von Lesaffre auf der Grundlage der von EVEA (Arthur III Straße 11, 44200 Nantes) im Jahr 2022 durchgeführten LCA-Analyse für die CNCM I-4407-Produktion bereitgestellt.

Für den nachgelagerten Bereich wurden die Auswirkungen der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 auf die Milchleistung aus drei Versuchen in drei verschiedenen Ländern ermittelt, die sich jeweils durch ihr eigenes Managementsystem, ihre Futterrationen und ihr Tierpotenzial auszeichneten. In jedem Versuch wurde die Milchviehherde in zwei Gruppen aufgeteilt: eine Kontrollgruppe ohne und eine Versuchsgruppe mit probiotischer Lebendhefe CNCM I-4407 (Dosierung: 5x10¹⁰ oder 10x10¹⁰ KBE/Kuh/Tag). Während der Versuche in Frankreich und Großbritannien begann die Supplementierung mit dem Kalben und erstreckte sich über den Höhepunkt der Laktation. Im deutschen Versuch begann die Supplementierung nach dem Laktationspeak. Der Unterschied zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe wurde verwendet, um die Umweltauswirkungen der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407-Supplementierung zu quantifizieren. Weitere Daten zu zootechnischen Leistungen und Futtermerkmalen, Daten zu Herdenmerkmalen, Energie- und Wasserverbrauch sowie Einstreumaterial wurden gemäß den Angaben im Milchviehmodul der Animal Production System Footprint Platform (APS-Footprint von Blonk Sustainability Tools) verwendet. Diese Parameter dienen dazu, den Fußabdruck pro

1 kg Milch (FPCM) zu berechnen. Der Fußabdruck setzt sich zusammen aus Emissionen aus der enterischen Fermentation und des Güllemanagements, wie Methan und direktes und indirektes Lachgas (N_2O), berechnet mit dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), sowie nicht-methanhaltigen flüchtigen Verbindungen (NMVOC) und Feinstaub ($\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10}), berechnet mit den Luftschadstoffemissionen aus dem Inventarhandbuch der Europäischen Umweltagentur (EMEP/EEA). Emissionen im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch und Einstreumaterial, die mit Ecoinvent Energy und Agrifootprint modelliert wurden, wurden ebenfalls zur Berechnung des endgültigen ökologischen Fußabdrucks herangezogen.

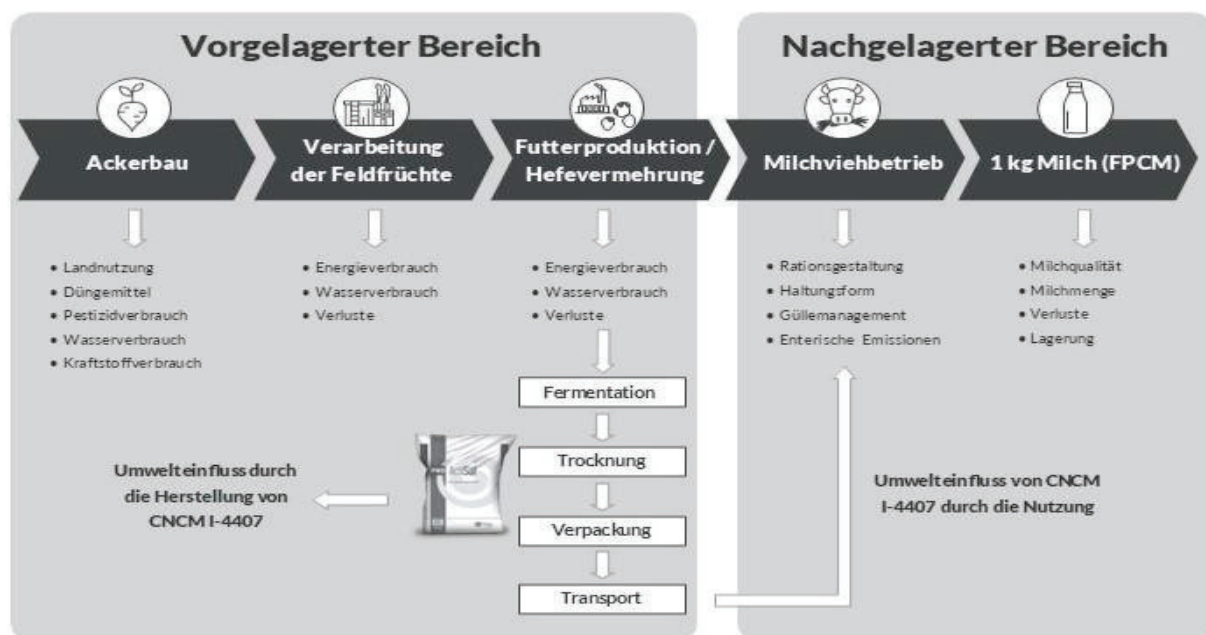


Abbildung 2: Systemgrenzen und funktionale Einheiten

Zootechnische Leistungsdaten wie Milchmenge, Milchsatzzusammensetzung, Trockenmasseaufnahme und Futterverwertung, ermittelt in den Versuchen, wurden zur Berechnung der Umweltauswirkungen aus Kontroll- und der Versuchsgruppe und zur Quantifizierung der potenziellen Auswirkungen durch die Verwendung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 herangezogen. Nicht verfügbare Daten wie Energieverbrauch, Güllemanagement und Herdenzusammensetzung wurden aus dem Referenzsystem für Milchviehhaltung in der Datenbank von Blonk bereitgestellt. Für jeden Versuch wurde ein Referenzsystem verwendet, das einen durchschnittlichen länderspezifischen Betrieb repräsentiert und in der Agri-Footprint-Datenbank V6 enthalten ist. Die Dauer jedes Versuchs deckt nicht die gesamte Laktationsperiode ab. Ein LCA nach ISO 14040 und ISO 14044 erfordert hingegen die Berücksichtigung der kompletten Laktation plus Trockenstehtzeit. Zootechnische Leistungen außerhalb des Versuchszeitraums waren nicht verfügbar. Deswegen wurde für die Milchproduktion außerhalb des Versuchszeitraumes Werte aus dem Referenzsystem angenommen, ohne Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe. Die Daten wurden mit SimaPro 9.3 und dem Footprint-Tool für Tierproduktionssysteme (APS) analysiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zootecnische Leistung in den drei Versuchen inklusiv der Extrapolation auf Jahreswerte

	Französischer Versuch		Versuch Vereinigtes Königreich		Deutscher Versuch	
	Kontrolle	CNCM I-4407	Kontrolle	CNCM I-4407	Kontrolle	CNCM I-4407
Dauer des Versuches (Tage)	108	108	120	120	92	92
Milchleistung (kg/Tag)	37,9	42,9	47,5	50,1	34,1	34,0
MY im Versuchszeitraum (kg)	4093,2	4633,2	5700,0	6012,0	3137,2	3128,0
MY im Referenzsystem (kg/Jahr)	7.373	7.373	12.500	12.500	7.748	7.748
MY 109.–305. Laktationstag	4.206	4.206	(-)	(-)		
MY 121.–305. Laktationstag	(-)	(-)	6.263	6.236		
MY 1.–108. und 202.–305.	(-)	(-)	(-)	(-)	5.502	5.502
Jahresmilchmenge (kg)	8.802,0	8.836,0	11.963,0	12.275,0	8.639,2	8.630,0
Fett %	4,29	4,33	3,90	3,97	3,84	3,81
Protein %	3,00	3,06	3,25	3,23	3,35	3,35
Jahresmenge FPCM (kg/Kuh)	8.403	9.028	11.768	12.161	8.502	8.462
FA (kg TM/Kuh/Tag)	21,9	23,4	23,9	24,0	21,9	20,9
FA Versuchszeitraum (kg TM/Kuh)	2.365,2	2.527,2	2.868,0	2.880,0	2.015,0	1.923,0
FA außerhalb des Versuchszeitraumes (kg TM/Kuh)	2.427	2.427	3.151	3.151	3.533	3.533
Geschätzte FA in der Trockenstehzeit (kg/Kuh)	600	600	600	600	600	600
Jährliche FA (kg TM/Kuh) ¹	5.392,2	5.554,2	6.619,0	6.631,0	6.148,0	6.056,0
Bruttoenergieaufnahme (MJ/Kuh)	99.464	102.453	122.122	122.341	113.430	111.733
Futtermittelfizienz (kg FPCM/kg TMA)	1,75	1,83	1,94	2,02	1,53	1,60
CH ₄ (kg/Kuh)			0,467	0,462		
CH ₄ (kg/kg ECM)			0,01	0,0095		
CH ₄ (kg/kg TMA)			0,0197	0,0194		

MY: Milchmenge; FA: Futteraufnahme; FPCM: fett- und proteinkorrigierte Milch; TM: Trockenmasse; TMA: Trockenmasseaufnahme; ECM: energiekorrigierte Milch.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Herstellung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 am Produktionsstandort in Frankreich, werden 2,10 kg CO₂-Äquivalente pro 1 kg CNCM I-4407 erzeugt.

Aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen in Bezug auf Standort, Managementsystem, Futterationen und Tiere, wurden die Umweltauswirkungen der drei Betriebe separat analysiert. Ein Life Cycle Assessment erfordert die Berücksichtigung der gesamten Laktationsperiode (305-Tage-Leistung). Die drei Versuche deckten nicht die gesamte Laktationsperiode ab. Tatsächlich umfasste die Supplementierung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 den Zeitraum vom Kalben bis zum 201. Tag der Laktation, gefolgt von einer Periode ohne Ergänzung. Für den Zeitraum ohne Ergänzung wurde für beide Gruppen eine Milchleistung angenommen, die dem Referenzsystem für das Vereinigte Königreich, Frankreich und Deutschland entspricht und die keinen Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe darstellte. Dies kann zu einer Unterschätzung der Vorteile einer Ergänzung mit der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 für die gesamte LCA-Periode von 305 Tagen führen. Grundsätzlich reduziert die probiotische Lebendhefe CNCM I-4407 den CO₂-Fußabdruck von 1 kg Milch

(FPCM) um bis zu 5 % im Zeitraum der Supplementierung und sorgt darüber hinaus für Verringerungen in weiteren Umweltverträglichkeitskategorien.

Für alle drei Versuche sind die Umweltvorteile, die sich aus der Ergänzung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 bei Milchkühen im Vergleich zu den Standardbedingungen ohne Ergänzung ergaben, in Tabelle 1 dargestellt. Die Supplementierung mit der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 reduzierte den CO₂-Äquivalente-Fußabdruck um 2,9 % für einen kompletten Betrieb mit Berücksichtigung von laktierenden und trockengestellten Kühen sowie der Nachzucht. In der Berechnung wurde zusätzlich für Versuchs- und Kontrollgruppe für den Zeitraum vom 202. bis 305. Laktationstag Werte ohne Einsatz der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 berücksichtigt.

Methanemissionen aus der enterischen Fermentation und der Güllebewirtschaftung, der Mischfutterproduktion, Emissionen aus Landnutzungsänderungen (LUC) und N₂O-Emissionen aus der Güllebewirtschaftung auf dem Hof waren die Kategorien, die am meisten zu den potenziellen Auswirkungen beitrugen.

Tabelle 2: Ergebnisse der Ökobilanzierung von drei Versuchen ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten pro kg fett- und eiweißkorrigierter Milch

	Französischer Versuch		Versuch Vereinigtes Königreich		Deutscher Versuch	
	Kontrolle	CNCM I-4407	Kontrolle	CNCM I-4407	Kontrolle	CNCM I-4407
Total	1,016	0,980	1,152	1,116	1,290	1,270
Kraftfutter	0,258	0,249	0,391	0,381	0,350	0,350
Raufutter	0,043	0,041	0,002	0,002	0,020	0,020
CO ₂ -Emissionen	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
N ₂ O-Emissionen	0,055	0,053	0,041	0,039	0,050	0,050
CH ₄ -Emissionen	0,562	0,542	0,474	0,457	0,810	0,780
Energieverbrauch	0,007	0,006	0,023	0,022	0,040	0,040
Wasserverbrauch	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
CNCM I-4407	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001

Zusammenfassung

Die positiven Auswirkungen der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 auf den Pansenstoffwechsel, die Milchleistung, die Futterverwertung und die Wirtschaftlichkeit sind im Vergleich zu ihren Auswirkungen auf die Umwelt gut bekannt und untersucht. Um die Umweltauswirkungen zu bewerten, wurde ein Life Cycle Assessment (LCA) durchgeführt, das sowohl für die Herstellung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 als auch deren Verwendung bei Milchkühen umfasst. Das LCA wurde gemäß den Normen ISO 14040 und ISO 14044 einer externen kritischen Überprüfung unterzogen. Basierend auf eines von EVEA im Jahr 2022 durchgeführten LCA wurden bei der Herstellung von 1 kg probiotischer Lebendhefe CNCM I-4407 2,1 kg CO₂-Äquivalent emittiert. In der Milchkuhhaltung erhöht die Zugabe der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 zum Milchleistungsfutter den gesamten CO₂-Fußabdruck um 0,005 bis 0,016 %, was im Vergleich zu anderen Kategorien vernachlässigbar ist. Andererseits reduzierte die Verwendung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 den CO₂-Fußabdruck während des Ergänzungszeitraums, der sowohl die Spitzen- als auch die Mittellaktationsphase umfasst, um bis

zu 5 %. Auf jährlicher Betriebsebene, unter Berücksichtigung der gesamten Laktation, der Trockenperiode und des Zeitraums ohne CNCM I-4407-Ergänzung, reduzierte die Verwendung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 in drei verschiedenen Milchviehbetrieben den CO₂-Fußabdruck durchschnittlich um 2,9 %. Diese positiven Auswirkungen sind auf die unterstützende Wirkung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 auf Leistung und Futterverwertung zurückzuführen. Andere Vorteile, wie die Verbesserung der Reproduktionsleistung, der Gesundheit und der Güllequalität, wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, was auf ein noch größeres Reduzierungspotential im praktischen Betrieb hindeuten kann. Weitere Versuche mit einer Ergänzung in der gesamten Laktationsperiode werden empfohlen und könnten die positive Wirkung verstärken.

Literatur

Salah, N.; Legendre, H.; Paiva, E.; Duclos, J.; Briche, M.; Maaoui, M.; Schoulten, J.; Garat Boute, C. Quantification of the Environmental Impact of Feeding Yeast Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* Actisaf Sc 47 in Dairy Cow: A Life Cycle Assessment Approach. *Animals* 2024, 14

Garnsworthy, P.; Saunders, N.; Goodman, J. R.; Algherair, I. H.; Mann, G. E.; Ambrose, J. A.: Effects of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on feed efficiency, methane emissions and fertility of high-yielding dairy cows, University of Nottingham, School of Biosciences, Sutton Bonington Campus, Loughborough LE12 5RD, UK.

Salah, N.; Legendre, H.; Faivre, L.; Briche, M.; Gourdon, R.; Nenov, V.: Evaluating Fecal Sieving Tool as an Indicator of Feed Valorization and the Impact of Feeding Strategy on Dairy Cow Performance under Farm Conditions. *Agric. Sci.* 2023, 14, 1420–1435.

Salah, N.; Legendre, H.; Pain, P.P.; Berger, C.; Nenov, V.; Machuron, F.; Briche, M.: Meta-Analysis Study of the Effects of Yeast Probiotic Supplementation on Milk Production and Energy Corrected Milk of Lactating Dairy Cows. *Agric. Sci.* 2023, 14, 1179–1192. Life cycle assessment report by BLONK CONSULTANTS, the international leader in environmental and sustainability research in the agrifood sector – LCA compliant with the requirements of the ISO standards ISO 14040/44 and critically reviewed.

Kumprechtová, D.; Legendre, H.; Kadek, R.; Nenov, V.; Briche, M.; Salah, N.; Illek, J.: Dose effect of Actisaf Sc 47 yeast probiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on production, reproduction, and negative energy balance in early lactation dairy cows. *Trans. Anim. Sci.* 2024, 8, txad132

NF EN FR 14040; Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework. AFNOR: Paris, France, 2006

NF EN FR 14044; Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. AFNOR: Paris, France, 2006

European Commission. PEFCR Guidance Document—Guidance for the Development of Product Environment Footprint Category Rules (PEFCRs), Version 6.3. European Commission: Brussels, Belgium, 2018.

European Commission. PEFCR Feed for Food Producing Animals, Version 4.1, European Commission: Brussels, Belgium, April 2018.

IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Simon, E., Leandro, B., Kyoko, M., Todd, N., Kiyoto, T., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2006.

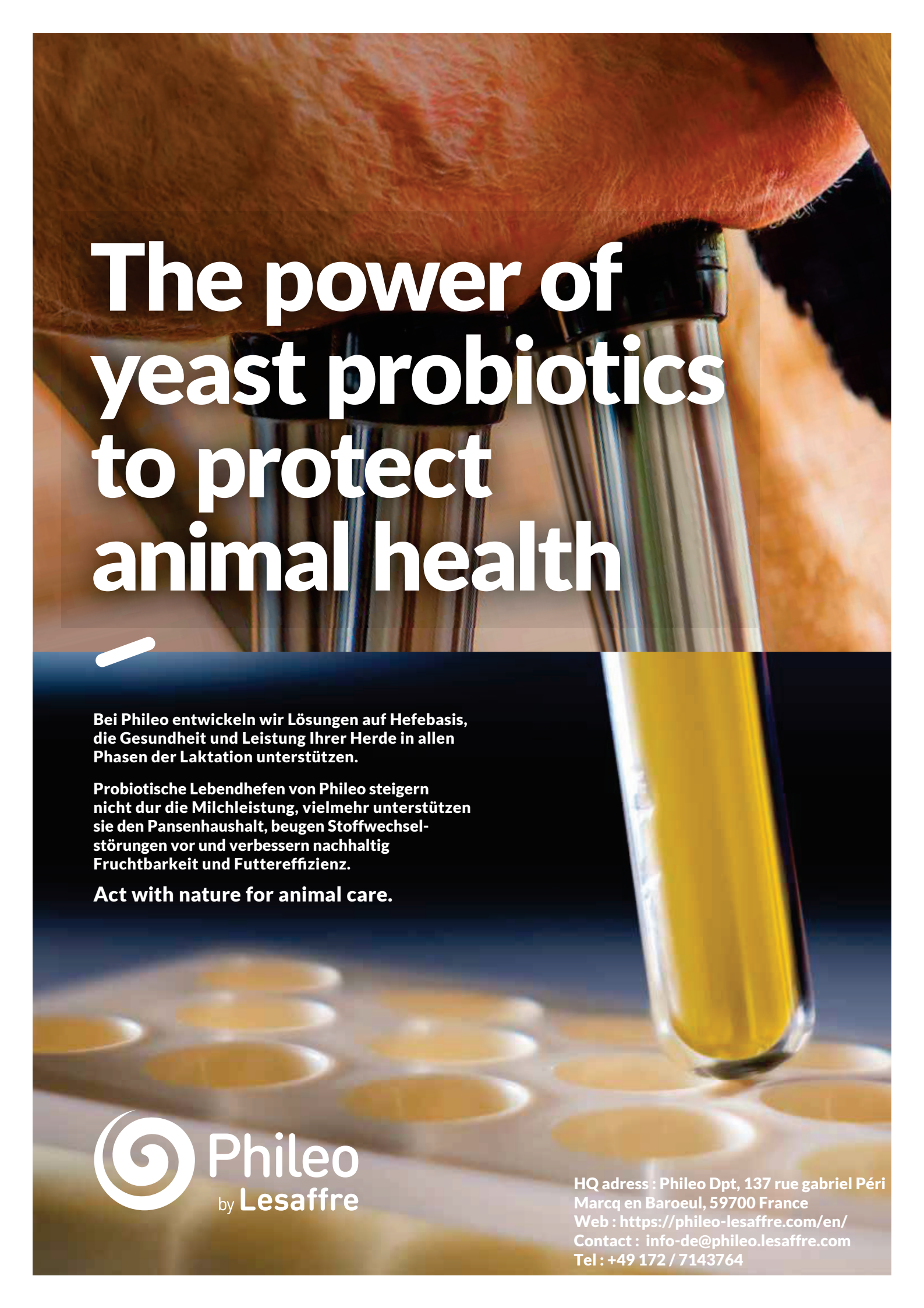
IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., et al., Eds.; 2024, in press.

Blonk Consultants. Agrifootprint Database, Version 5.0: part 2: Description of Data. 2019. Available online: <https://www.agri-footprint.com/wp-content/uploads/2019/11/Agri-Footprint-5.0-Part-2-Description-of-data-17-7-2019-for-web.pdf> (accessed on 21 April 2024).

Blonk Consultants. APS Footprint Methodology Dairy. 2020. Available online: <https://elasticbeanstalk-eu-west-1-035027530995.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/methodology/APS-footprint+methodology++dairy.pdf> (accessed on 21 April 2024).

Autorenanschrift

Markus Mayer
Lesaffre Deutschland GmbH, Phileo by Lesaffre
Ohmstr. 1, 77694 Kehl
m.mayer@phileo.lesaffre.com



The power of yeast probiotics to protect animal health

Bei Phileo entwickeln wir Lösungen auf Hefebasis, die Gesundheit und Leistung Ihrer Herde in allen Phasen der Laktation unterstützen.

Probiotische Lebendhefen von Phileo steigern nicht nur die Milchleistung, vielmehr unterstützen sie den Pansenhaushalt, beugen Stoffwechselstörungen vor und verbessern nachhaltig Fruchtbarkeit und Futtereffizienz.

Act with nature for animal care.



HQ adress : Phileo Dpt, 137 rue gabriel Péri
Marcq en Baroeul, 59700 France
Web : <https://phileo-lesaffre.com/en/>
Contact : info-de@phileo.lesaffre.com
Tel : +49 172 / 7143764

Den Futterverlusten auf der Spur - Mit effizientem Futtermanagement Verluste und Treibhausgasemissionen reduzieren

Barbara Misthilger, Katrin Harms, Martin Schäffler, Mariana Schneider

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

Einleitung

Die Grobfutterproduktion stellt auf landwirtschaftlichen Betrieben neben dem intensivsten Arbeitszeitaufwand auch den größten Kostenfaktor dar. Daher sind eine hohe Futterqualität und ausreichend Futterreserven das oberste Ziel. Dies kann nur durch eine effiziente Futterwirtschaft erreicht werden. In der Praxis wird allerdings unterschätzt wie viele Futterverluste tatsächlich entlang der Prozesskette – vom Feld bis zum Futtertisch – in Form von Mengen (Trockenmasse), Nährstoffen und Energie verloren gehen. Meistens wird bei Verlusten nur an die sichtbaren Verluste wie Bröckelverluste, Siloabraum durch Schimmel oder den Futterrest gedacht. Aber es gibt in Wirklichkeit viele weitere unsichtbare Verlustquellen, die einen sehr hohen Einfluss auf die Futtermenge, Qualität, Kosten und auch auf das Klima haben. Im folgenden Beitrag werden die verschiedenen Verlustquellen bei der Produktion von Grassilage und Heu dargestellt. Zudem werden Möglichkeiten für die Praxis vorgestellt, wie sowohl Verluste als auch Treibhausgasemissionen bei der Futtergewinnung nachhaltig reduziert werden können.

Definition und Methodik

Da eine komplett verlustfreie Herstellung von Silage und Heu nicht möglich ist, wird zwischen **vermeidbaren** und **unvermeidbaren Verlusten** differenziert. Beide Verlustquellen treten bei der Futterbergung, im Silierprozess, im Lager und bei der Futtervorlage auf. Die nicht vermeidbaren Verluste haben allerdings nur einen geringen Effekt auf Menge, Nährstoffgehalte und Verdaulichkeit des Futters. Anders ist das bei den vermeidbaren Verlusten. Diese zeigen eine sehr hohe Spannweite von minimal bis zu extremen Einbußen auf, je nach Sorgfalt und Technik bei der Futterherstellung. Verluste treten sowohl in Form von Masseverlusten auf als auch in Form von Nährstoff- und Energieverlusten. Nach dem DLG-Merkblatt 416 „Mengenmäßige Erfassung des wirtschaftseigenen Futters“ werden die entstehenden Verluste in drei Kategorien unterteilt (Abb. 1): Feld-Lager-Fütterung/Tier

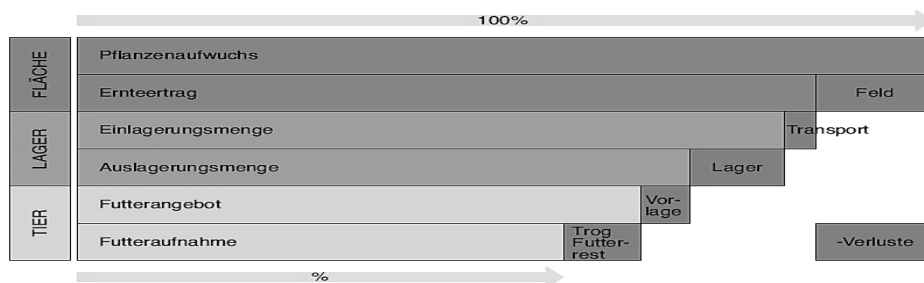


Abbildung 1: Begriffsdefinition der Massen- und Stoffströme bei der Futterproduktion (DLG, 2016)

Feld: Feldverluste bilden die Differenz von dem verfügbaren Pflanzenaufwuchs und dem tatsächlich geernteten Ertrag ab. Darunter fallen mehrere Bereiche wie Atmungs- und Bröckelverluste bei der Mahd und Werbung sowie Aufnahmeverluste bei der Futterbergung und Transport.

Lager: Diese Kategorie fasst alle auftretenden Verlustquellen im Silo und Heulager zusammen. Dazu zählen Atmungs- und Gärverluste sowie Abraum und Entnahmeverluste. Lagerverluste zählen zu den höchsten vermeidbaren Verlustquellen in der Futterwirtschaft. Hier liegt das größte Potential für Verbesserungen.

Fütterung/Tier: In diesem Bereich werden alle Verluste zusammengefasst, die bei der Futtervorlage und Futteraufnahme entstehen.

Masseverluste: Um Futterverluste messen zu können, ist die Grundlage die Erfassung der Futtermengen bei der Ernte und Futtervorlage. Nach Köhler et al. (2014) durchgeführte Praxiserhebungen zur effizienten Futterwirtschaft in Futterbaubetrieben zeigen, dass vom Feld bis zum Maul Masseverluste auf Basis Trockenmasse (TM-Verluste) von bis zu 30 % auftreten können. Die höchsten TM-Verluste treten dabei im Lager auf (siehe Abb. 2). Im Silo entstehen die überwiegend vermeidbaren Verluste durch Gärstoffbildung, Fehlgärungen, Nacherwärmung und Schimmelbildung. Im Mittel liegen die Lagerverluste bei guten Mais- und Grassilagen bei 10 %. Daraus wurde als Benchmark 8 % abgeleitet. Je nach Intensität der unerwünschten Prozesse ist die Spannweite an vermeidbaren TM-Verlusten im Lager deutlich höher. Im Heulager entstehen die höchsten und zugleich auch vermeidbaren Masseverluste bei Verderbprozessen und Selbsterhitzung.

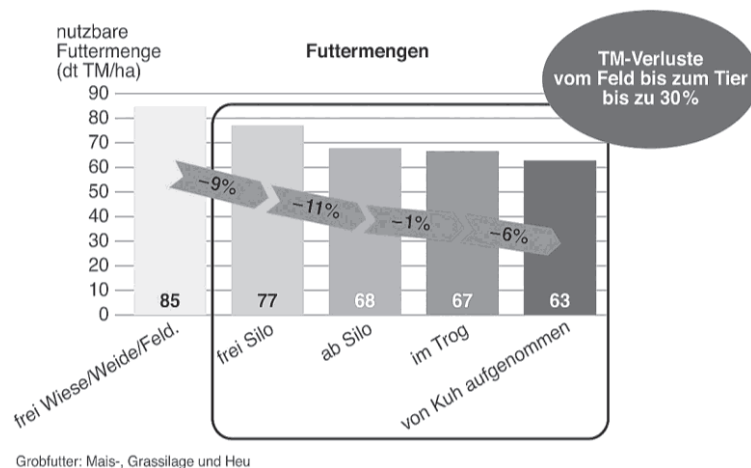


Abbildung 2: Masseverluste auf Basis Trockenmasse entlang der Futterproduktionskette (DLG, 2016, Darstellung nach Dorfner, IBA, 2013, Datengrundlage: Köhler et al. 2014)

Nährstoff-/Energieverluste: Durch Atmungs- und Fermentationsprozesse gehen sowohl im Anwelkgut als auch in der Silage bzw. Heu Nährstoffe verloren. Damit sinkt der Energiegehalt im konservierten Futter im Vergleich zum Ausgangsmaterial. Dabei werden Zucker, wasserlösliche Kohlehydrate und Rohprotein abgebaut. Die höchsten Verluste treten bei der Silagebereitung analog zu den TM-Verlusten im Bereich der vermeidbaren Verluste wie Fehlgärungen, Nacherwärmung und aerobem Verderb auf. In Tab. 2 sind die Spannweiten an Nettoenergieverlusten bei der Grassilageproduktion dargestellt. Dabei ist eindeutig zu erkennen, dass die höchsten Verluste an Energie vermeidbar sind und im Wesentlichen vom Silomanagement abhängig sind. In der Heuproduktion sind die auftretenden Nährstoffverluste durch die Trocknung geringer. Die Höhe der Verluste unterscheidet sich aber zwischen den Produktionsformen (Bodentrocknung, künstliche Trocknung) und Lagerung.

Tabelle 1: Verluste an Nettoenergie bei der Grassilageproduktion (Zimmer, 1968)

Ursache	Bewertung	Verlust (%)
Bröckelverluste	verfahrensabhängig	1 bis 5
Veratmung	unvermeidbar	1 bis 2
Vergärung	unvermeidbar	4 bis 10
Gärsaft	verfahrensabhängig	0 bis 7
Fehlgärungen	vermeidbar	0 bis 10
Aerober Verderb	vermeidbar	0 bis 10
Nacherwärmung	vermeidbar	0 bis 10

Optimierungsmöglichkeiten bei der Futterproduktion

Feld

Schnittzeitpunkt: Wichtig für die Silierbarkeit ist, dass das Siliergut ideale Voraussetzungen für den Silierprozess mit sich bringt. Dabei ist der optimale Schnittzeitpunkt entscheidend. Im Stadium des Ähren-Rispenstehens sind die Gehalte an Rohprotein, Energie und Struktur im idealen Verhältnis. Zudem verfügen die Pflanzen noch über ausreichend Zucker und lassen sich im Silo gut verdichten. Zu überstündiges Material weist einen niedrigen Zuckergehalt auf und lässt sich deutlich schlechter komprimieren. Folglich setzt auch der gewünschte Silierprozess verzögerter ein, was wiederum höhere Silierverluste zur Folge hat. Die Konservierung kann kein schlechtes Material besser machen.

Futterverschmutzung: Eine der bekanntesten aber oft unterschätzten Verlustquelle in der Silage und Heuproduktion ist die Futterverschmutzung. Durch den Eintrag von Schmutz in Form von Erdanhaftungen gelangen sowohl unerwünschte Bakterien wie Clostridien als auch schlecht vergärbare Material in das Futter, die bei der Silierung Fehlgärungen verursachen können. Zudem verschlechtert ein hoher Schmutzanteil den Futterwert, da Schmutz in Form von Sand und Erdanhaftungen einen Verdünnungseffekt („Räuber“) auf die im Anwelkgut enthaltenen Nährstoffe und Energiegehalte hat (Resch, 2014). Zusätzlich verschlechtert der Schmutzeintrag nicht nur die spätere Schmackhaftigkeit des Futters, sondern führt neben einer geringeren Futteraufnahme auch zu negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit.

Optimierung: Entscheidend für einen geringen Schmutzeintrag sowohl bei Silage als auch bei Heu ist neben der Bestandszusammensetzung der Wiesen die Dichtigkeit der Grasnarbe. Lückige Bestände oder durch Dürre geschädigte Flächen haben durch die offene Grasnarbe ein deutlich höheres Risiko für hohen Schmutzeintrag bei der Ernte. Pflegemaßnahmen im Frühjahr wie das Einebnen von Erdhaufen durch Striegeln und Abschleppen sind die ersten wichtige Schritte, um Erdanhaftungen zu reduzieren. Bei der Mahd ist eine angepasste Schnitthöhe (> 7 cm) ist die beste Prophylaxe vor Schmutzeintrag. Dadurch reduziert sich der Erdanhang enorm und auch in den weiteren Bearbeitungsschritten (Zetten, Wenden, Schwadern) erfolgt durch die höhere Materialablage eine deutlich geringere Verschmutzung des Anwelkguts. Zusätzlich wird mit einer angepassten Schnitthöhe ein zügiger Wiederaustrieb der Bestände gefördert. Neben der Schnitthöhe empfiehlt sich auch das Mähen nur bei abgetrockneten Beständen, gerade mit Aufbereiter, damit ein Ankleben von Schmutzpartikeln vermieden wird.

Mechanische Verluste: Bei der Bearbeitung des Ernteguts entstehen sogenannte mechanische Verluste. Diese sind bei feinblättrigem Material wie Klee oder Luzerne deutlich höher als bei sehr stängelreichem Material. Unvermeidbar sind ca. 8 % TM-Verluste, die am Feld sowohl wohl bei Silage als auch Heugewinnung liegen bleiben. Je intensiver die Bearbeitung des Anwelkguts ist, umso höher werden dann die zusätzlich vermeidbaren mechanischen Verluste. In Abb. 3 sind die Bröckelverluste bei der Silage und Heuwerbung vergleichend dargestellt. Gerade durch mehrmaliges Wenden wie bei der Bodentrocknung steigen die Verluste an Blattmasse unabhängig vom Schnitt auf ein sehr hohes Niveau. Mit dem Verlust an Blattmasse steigen auch die Nährstoff- und Energieverluste, da die Blätter nährstoffreicher als der faserreiche Stängel sind. Nach Pöllinger et al. (2013) verbleiben durch Bröckel-/Rech und Aufnahmeverluste wie Pick-up bis zu 800 Liter Milch/ha und Schnitt auf dem Feld, wovon mindestens 500 Liter vermeidbare Verluste sind.

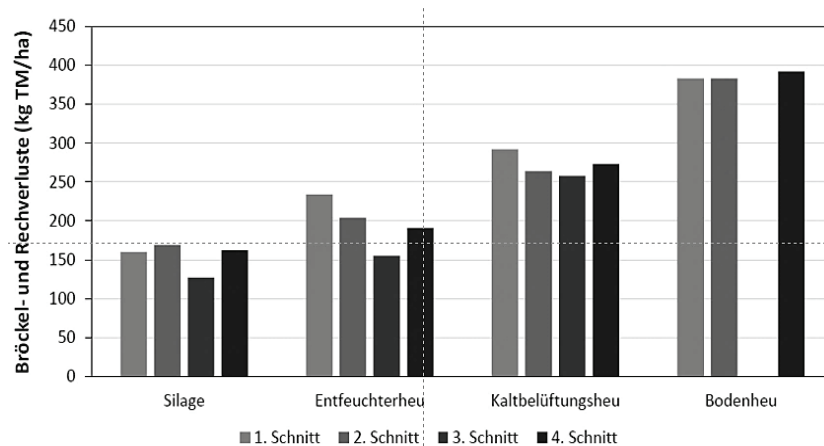


Abbildung 3: Bröckel- und Rechverluste bei der Futtergewinnung von Silage und Heu (Pöllinger, 2014)

Verbesserung: Massen- und Nährstoffverluste bei der Futterbergung können durch eine angepasste Einstellung der Erntemaschinen minimiert werden. Dazu gehört eine angepasste Fahr- (< 8 km/h) und Drehzahlgeschwindigkeit der Erntemaschinen. Eine hohe Drehzahl ist bei frisch gemähtem Material zur Breitablage geeignet und eine niedrige Drehzahl bei bereits angewelktem Futter. Grundsätzlich ist die künstliche Trocknung beim Heu im Vergleich zur Bodentrocknung immer deutlich verlustärmer.

Atmungsverluste: Das Gras ist unmittelbar nach dem Mähen nicht wie oft gedacht „tot“, sondern es werden durch enzymatische Prozesse immer noch leicht lösliche Kohlenhydrate veratmet und das im Anwelkgut enthaltene Protein um- bzw. abgebaut. Diese Prozesse sind nicht komplett vermeidbar, aber können in ihrem Umfang eingeschränkt werden. Bei zügigen Anwelken liegen die Masse- und Energieverluste bei 1-2%. Bei ungünstigen Anwelkbedingungen können diese bis zu 8% hoch sein. Die Veratmung im Schnittgut stellt sich ein, sobald ein TM-Gehalt von > 25% erreicht ist.

Verbesserung: Nach der Mahd ist ein zügiges Anwelken auf 25 % TM wichtig. Gras hat im frisch gemähten Zustand ca. 18% TM. Bei moderaten Temperaturen steigt der TM-Gehalt pro Stunde um ca. 1-2% an, bei hohen Temperaturen sogar um bis zu 4 %. Gerade bei sehr hohen Aufwuchsmengen hat der Einsatz eines Aufbereiters klare Vorteile für ein gleichmäßiges Anwelken. Zudem sollte die Feldliegezeit, also der Zeitraum zwischen Mähen und Einlagern bei maximal 36 Stunden liegen. Je kürzer, umso besser, damit die Veratmungsprozesse zügig gestoppt werden. Ideal ist daher die Eintagessilage. Untersuchungen von Edmunds (2013) zeigen zudem, dass ein schnelles Anwelken des Mähguts den Anteil an pansenstabilem Rohprotein (UDP) erhöht und den Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) senkt.

Lager- Silo

Im Silierprozess selbst entstehen immer unvermeidbare Verluste im Zuge der Restveratmung von Sauerstoff und der anschließenden Milch-/Essigsäurebildung. Dabei gehen rund 4-5% an Masse verloren. Im gleichen Umfang sinkt auch der Energiegehalt vom Anwelkgut zur Silage ab.

Zu den sichtbaren und vermeidbaren Silierverlusten zählt der Sickersaft: Gerade bei Silagen mit einem TM-Gehalt von unter 30% treten hohe Mengen auf. Silagesickersaft enthält neben Wasser eine hohe Menge an Nährstoffen, die durch den hohen Feuchtegehalt aus der Silage ausgewaschen werden. Damit stehen sie für die Fütterung nicht mehr zur Verfügung. Je nach Intensität können die Masse- und Energieverluste bei Sickersaftbildung bis zu 7% betragen.

Deutlich höhere und vermeidbare Verluste treten bei Fehlgärungen auf. Die verlustreichste Form ist die Buttersäurebildung. Dabei wird der im Siliergut enthaltene Zucker von buttersäurebildenden Bakterien zu Buttersäure umgewandelt. Im Zuge der Bildung wird sehr viel Zucker von den Bakterien verzehrt. Die Masseverluste liegen je nach Intensität bei bis zu 12% (siehe Abb. 4). Je höher die TM-Verluste sind, umso höher sind zugleich auch die Qualitätsverluste durch den Abbau von Nährstoffen und Energie. Folglich wird aus dem Silo nicht nur weniger Masse ausgelagert, sondern auch Futter mit deutlich geringerer Nährstoff- und Energiedichte. Sowohl die Schmackhaftigkeit und der Futterwert der Silage als auch die Verdaulichkeit verschlechtert sich mit der Bildung von Buttersäure und dem Rohproteinabbau. Zudem können auch biogene Amine gebildet werden, welche in Verdacht stehen negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit zu haben. Die wirtschaftlichen Folgen für den Betrieb sind Milchgeldverluste durch die nicht erzeugte Milch und zusätzliche Kosten durch Konzentratzukauf.

Fehlgärungen	Szenario 1	Szenario 2 ¹⁾		Szenario 3 ¹⁾
Fehlgärungen, z.B. Buttersäure	ohne	mäßig		stark
Silobereiche	komplettes Silo (3/3)	1/3	2/3	komplettes Silo (3/3)
Frischgras eingelagert ²⁾ , t TM	220	73	147	220
TM-Verluste, %	8	8	10	12
TM-Verluste, t	18	21		26
Folgen für Milchviehbetrieb				
Fläche umsonst angebaut, ha	5,3	6,2		8,0
verfügbare Silage, t TM	202	67	132	194
zusätzlicher Verlust an NEL durch Fehlgärung ³⁾ , MJ/kg TM			0,1	0,2
NEL der Silage, MJ/kg TM	6,4	6,4	6,3	6,2
NEL im Silo, MJ	1.295.360	1.263.387		1.200.320
NEL-Verlust durch Fehlgärung, MJ		31.973		95.040
nicht erzeugbare Milch ⁴⁾ , kg		9.748		28.976
alternativ Zukauf Körnermais zum Ausgleich der Verluste				
Zukauf Körnermais, t		4,3		12,9

¹⁾ Für Szenario 2 und 3 wird von höheren TM-Verlusten durch Buttersäuregärung und einer verminderten Qualität (Energiegehalt) ausgegangen.

²⁾ 67 ha Fläche mit 3,3 t TM/ha und 35% TM-Gehalt, insgesamt 220 t TM Gras eingelagert.

³⁾ Verluste an NEL bei Abzug von 2 bzw. 5 Punkten aufgrund von Buttersäure in sensorischer Prüfung (DLG 2011).

⁴⁾ 3,28 MJ NEL werden zur Bildung von 1 kg Milch (ECM) benötigt (Kirchgeßner et al. 2014)

Abbildung 4: Verluste an Trockenmasse und Energie (NEL) durch Fehlgärungen in der Grassilage (DLG, 2024)

Optimierung: Zunächst ist auf ein schmutzarmes und passend angewelktes Siliergut zu achten. Zur Vermeidung von Sickersaft ist ein TM-Gehalt > 30% anzustreben. In diesem Bereich können auch die gewünschten Silierprozesse am besten ablaufen. Zusätzlich kann mit dem Einsatz von Siliermitteln die Milchsäurebildung gezielt gefördert werden. Mit der Zugabe von Milchsäurebakterien (biologische Siliermittel) kann eine zügig einsetzende Milchsäurebildung sichergestellt werden. Bei sehr ungünstigen Siliervoraussetzungen (niedriger TM-Gehalt, höhere Verschmutzung) können chemische Siliermittel die Silagequalität erhalten und vor Fehlgärungen bzw. kompletten Verderb schützen. Durch den passenden Einsatz von DLG-geprüften Siliermitteln können so in der Silage vermeidbare Verluste an Masse und Nährstoffen gezielt minimiert werden. Außerdem kann die Verdaulichkeit der Silage, die Futteraufnahme sowie die Milch- bzw. Mastleistung signifikant verbessert werden. Die Kosten der Verluste, die als Geldwert nicht direkt vom Konto sozusagen weggehen, sind aber deutlich höher als die Kosten von geeigneten Siliermitteln. Höhere Milchleistungen und/oder geringere Konzentratfuttergaben kommen als positive Effekte noch hinzu.

Entnahmeverluste: Durch mangelhafte luftdichte Abdeckung bzw. mit dem Öffnen des Silos, können sich Hefen und Schimmelpilze im Silostock erneut vermehren. Die einsetzenden Verderbnisprozesse äußern sich in Form von Schimmelbildung und Nacherwärmung. Beide Verlustquellen sind definitiv vermeidbar. Ob und wie stark Schimmelbildung und Nacherwärmung auftreten hängen von der Verdichtung und dem täglichen Vorschub ab. Schimmel führt je nach Intensität zu hohen Masseverlusten, da das Futter nicht mehr verfütterbar ist (Toxinbildung möglich). Oft unterschätzt sind die vielfältigen Folgen der Nacherwärmung (siehe Abb.5).

Nacherwärmung	Szenario 1	Szenario 2 ¹⁾		Szenario 3 ¹⁾	
Silomanagement/Verdichtung	sehr gut	mittel		schlecht	
Silobereiche	komplettes Silo (3/3)	Kernbereich (2/3)	Randbereich + oben (1/3)	Kernbereich (2/3)	Randbereich + oben (1/3)
Frischgras eingelagert ²⁾ , t TM	220	147	73	147	73
TM-Verluste, %	8	8	12	8	20
TM-Verluste, t	18	21		26	
Folgen für Milchviehbetrieb					
Fläche umsonst angebaut, ha	5,3	6,2		8,0	
verfügbare Silage, t TM	202	135	65	135	59
zusätzlicher Verlust an NEL durch Nacherwärmung ³⁾ , %			6		9
NEL der Silage, MJ/kg TM	6,4	6,4	6,0	6,4	5,8
NEL im Silo, MJ	1.295.360	1.251.806		1.205.248	
NEL-Verlust durch Nacherwärmung, MJ		43.554		90.112	
nicht erzeugbare Milch ⁴⁾ , kg		13.279		27.473	
alternativ Zukauf Körnermals zum Ausgleich der Verluste					
Zukauf Körnermais, t		5,9		12,2	

¹⁾ Für Szenario 2 und 3 wird für die typischen Problembereiche eines Silos von höheren TM-Verlusten und einer verminderten Qualität (Energiegehalt) ausgegangen.

²⁾ 67 ha Fläche mit 3,3 t TM/ha und 35% TM-Gehalt, insgesamt 220 t TM Gras eingelagert.

³⁾ Nacherwärmung über 6 Tage und Erhöhung um 10°C bzw. 15° entspricht 6% bzw. 9% Verlust an NEL (Hein 1993).

⁴⁾ 3,28 MJ NEL werden zur Bildung von 1 kg Milch (ECM) benötigt (Kirchgeßner et al. 2014).

Abbildung 5: Verluste an Trockenmasse und Energie (NEL) durch Nacherwärmung bei Grassilage (DLG, 2024)

Im Prozess der Nacherwärmung vermehren sich Hefen im Futterstock explosionsartig und bauen die in der Silage enthaltene Milchsäure und Nährstoffe (Zucker, Stärke) ab. Durch deren Stoffwechselproduktivität entsteht Wärme, das Futter wird warm und Schimmelpilze können sich zugleich wieder leichter vermehren. Je nach Ausprägung der Nacherwärmung entstehen dabei sowohl TM-Verluste von bis zu 20 % als auch Energieverluste von bis zu 9 %. Erwärmte Silagen werden zusätzlich deutlich schlechter bis gar nicht mehr gefressen und können auch Probleme in der Tiergesundheit verursachen. Je intensiver eine Nacherwärmung im Silostock ausgeprägt ist, umso höher sind auch die wirtschaftlichen Einbußen (siehe Abb.5).

Optimierung: Entscheidend für die Stabilität der Silage ist eine hohe Verdichtung. Je weniger Luft über die Anschnittfläche in das Siloinnere eintritt, umso langsamer können sich Hefen und Schimmelpilze vermehren. Zusätzlich ist eine luftdichte Abdeckung bis zum Silo öffnen wichtig. Im geöffneten Zustand ist ein ausreichender Vorschub pro Woche entscheidend für Stabilität am Anschnitt. Dabei sind 2 m pro Woche sowohl für den Sommer als auch den Winter einzuplanen. Dies ist frühzeitig bereits bei der Silobefüllung zu berücksichtigen. Bei der Entnahme ist auf eine möglichst geringe Auflockerung an der Anschnittfläche zu achten. Diese Punkte sind allseits schon bekannt, werden aber in der Praxis immer noch nicht optimal umgesetzt. Allerdings sind diese essenziell, um Verluste am Anschnitt langfristig vermeiden zu können. Sind die aeroben Verderbprozesse erst in Gang gekommen, können sie kaum mehr gestoppt werden und die Verluste ebenso. Zusätzlich kann die Stabilität der Silage mit Hilfe von Siliermitteln der Wirkungsrichtung 2 (Verbesserung der aeroben Stabilität) gezielt gefördert werden. Dabei stehen biologische Siliermittel auf Basis von Milchsäurebakterien und chemische Siliermittel auf Basis von organischen Säuren und Siliersalzen zur Verfügung.

Lagerverluste- Heu

Durch den Wasserentzug ist das Heu mit einem TM-Gehalt von > 85% lagerstabil. Zu hohe Restfeuchten oder wiederkehrende Feuchte führen zu Selbsterhitzung, Schimmel und Staubbildung. Bei optimalen Lagerbedingungen liegen die TM-Verluste bei Bodentrocknung bei 4%, bei Kaltbelüftung bei 3% und Warmbelüftung bei 2%. Bei falscher Lagerung durch wiederkehrende Befeuchtung können die TM-Verluste bis zu 40% betragen. Die Nährstoffverluste korrelieren entsprechend den Masseverlusten bei den einzelnen Produktionsformern. Verderbprozesse führen wie auch bei der Silagebereitung zu hohen vermeidbaren Nährstoff-/Energieverlusten bis zum Totalverderb.

Optimierung: Bei der Heulagerung ist eine gute Durchlüftung des Materials in der Trocknungsanlage bzw. Ballen wichtig, damit die Restfeuchte entweichen kann. Dabei ist die lockere Befüllung bei der Heutrocknung essentiell, um einen gleichmäßigen Feuchtigkeitsentzug sicherzustellen. Neben der Befüllweise ist auch dem TM-Gehalt des Materials entsprechend die Trocknungszeit einzustellen. Nur ausreichend trockenes Heu bleibt lagerstabil. Ballen sind so zu lagern, dass sie nach dem Pressen noch gut ausschwitzen können. Dabei ist die nicht gestapelte Lagerung auf Paletten für den Zeitraum von 6-8 Wochen am besten. Wichtig ist zudem, dass während der Lagerzeit im Winter das Heu nicht durch Kondenswasserbildung vom Dach erneut feucht wird. Bei nicht optimalen Trocknungsbedingungen auf dem Feld ist die Heulage eine verlustarme Alternative.

Fütterung/Tier

Bei der Fütterung entstehen die Verluste an Menge zwischen Futtervorlage und tatsächlich gefressener Menge. Entscheidend ist dabei, dass die vorgelegte Futtermischung gut gefressen wird und nur eine geringe Selektion am Futtertisch stattfindet. Für eine homogene Futteraufnahme ist eine gleichmäßige Schnitt- /Häckselqualität (<4 cm) sowohl bei Silage als auch Heu wichtig. Die in der Silage gebildeten Gärsäuren entscheiden zudem, wie gern die vorgelegte Mischung gefressen wird. Häufig unterschätzt werden die Folgen, wenn die Mischung am Futtertisch warm wird. Neben einer deutlich reduzierten

Futtermittelaufnahme entstehen zusätzliche Verluste an Masse- und Nährstoffen in der Mischung. Diese können je nach Intensität bis zu 20 % betragen. Zusätzlich wird durch die Erwärmung der Futtermittelpartien die Futtermittelhygiene negativ beeinflusst.

Optimierung: In der Silagebereitung kann durch eine Optimierung des Silierprozesses die Stabilität und die Schmackhaftigkeit des Futtermittels verbessert bzw. eine hohe Grobfuttermittelaufnahme sichergestellt werden. Zusätzlich sollte im Sommer durch eine angepasste Futtermittelvorgabe eine Nacherwärmung der Mischung im Trog verhindert werden. Mit Hilfe von DLG-geprüften TMR-Stabilisatoren kann die Haltbarkeit der Ration am Futtermitteltisch zusätzlich verbessert bzw. bei warmen Temperaturen gesichert werden. Die Nacherwärmung der Silagen im Trog beeinträchtigt schlussendlich die gesamte Ration.

Controlling (*Messen und Steuern*)

Um seine Verluste im Bereich Feld, Lager und Fütterung zu erkennen, ist es wichtig ein Controlling fest in den Betriebsablauf zu integrieren. Dies bildet sowohl die Ist-Situation ab und zeigt zugleich Bereiche auf, die verbessert werden können. Denn nur was man misst, kann man auch steuern und gezielt verbessern. Ein Controlling umfasst dabei die aufgelisteten Punkte von der Ertragerfassung, Futtermittelbergung bis zur Einschätzung der Futtermittelqualität, Futtermittelvorgabe und -aufnahme. Eine Checkliste für das betriebseigene Controlling von der Ernte bis zum Trog ist im DLG-Merkblatt 495 verfügbar. Mit der Digitalisierung kann ein Controlling auch zukünftig einfacher auf dem Betrieb etabliert werden.

Klimabilanz

Neben dem Auftreten von unterschiedlich hohen Massen- und Nährstoffverlusten bei der Futtermittelproduktion entstehen dabei auch Treibhausgasemissionen. Eine emissionsfreie Futtermittelproduktion ist in der Praxis nicht möglich, aber der Umfang ist wie auch bei den Verlusten steuerbar. Die relevantesten Treibhausgasemissionen in der Futtermittelherstellung sind Kohlendioxid CO₂, Lachgas N₂O und Methan CH₄. CO₂ entsteht im Landwirtschaftlichen Sektor überwiegend bei der Erzeugung von Mineraldünger, Pflanzenschutzmitteln, Strom- und Wärmeproduktion. Aber auch bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Diesel und Humusverlusten. N₂O entsteht bei der Umsetzung von N aus Gülle oder Mineraldünger im Boden. Methan wird vom Wiederkäuer bei Fermentationsprozessen im Vormagen und Dickdarm gebildet und auch bei Umsetzungsprozessen in der Gülle (DLG, 2023). Als Vergleichsbasis werden die Klimagasemissionen in CO₂-Äquivalente umgerechnet, welche den CO₂-Fußabdruck abbilden. In Betriebsvergleichen zeigt sich dabei, dass die Futtermittelherzeugung und Futtermittelverluste eine sehr relevante Stellschraube beim CO₂-Fußabdruck eines Milchviehbetriebs sind (DLG, 2023).

Feld: Als Basis zur Reduktion von Emissionen bei der Futtermittelbergung ist wichtig zu wissen, welche Mengen von den Flächen geerntet werden. So kann eine nährstoffangepasste Düngung erfolgen und der Mineraldüngereinsatz optimiert werden. Mit der Erfassung der Futtermittelmengen und Qualitäten kann zugleich eine strukturierte Futtermittelmengenplanung erfolgen und die Flächeneffizienz strategisch verbessert werden. Zur Sicherung der Futtermittelmengen und Qualitäten sollten mehr Feinkörnigeleguminosen, wie Klee und Luzerne, eingesetzt werden. Diese haben neben einem höheren Rohproteingehalt zugleich auch eine positive Klimawirkung durch die Stickstofffixierung im Boden.

Lager: In den Gärprozessen entstehen bei der Milch- und Essigsäurebildung durch die Umsetzung von Nährstoffen Emissionen unter anderem in Form von CO₂. Diese sind in der Silageproduktion wie auch die Verluste an Trockenmasse nicht vermeidbar. Allerdings entstehen die höchsten und zugleich vermeidbaren Emissionen bei den unerwünschten Prozessen im Silostock, also bei Fehlgärungen und aerobem Verderb (Milimonka et al., 2019; Xue et al., 2024). Mit einem strategischen Siliermitteleinsatz können gezielt Fehlgärungen und aerobe Instabilität bei Silagen verhindert werden. Dadurch können sowohl Verluste an Trockenmasse, Nährstoffen und Energie als auch Emissionen reduziert werden.

Fütterung/Tier: Je besser die Qualität von Silage und Heu ist, umso höher ist die Grobfutterleistung der Tiere. Dadurch sind weniger Zukaufsfuttermittel nötig, die im hohen Maß den CO₂-Fußabdruck des Betriebs erhöhen. Eine weitere Option, um Emissionen in der Futterproduktion einzusparen, ist die saisonale Weidehaltung, da hier die Tiere das Futter selbständig ohne Verluste ernten und direkt verwerten.

Fazit

Die Futterverluste in Menge und Qualität im Rahmen des Möglichen zu reduzieren hat für den Betrieb viele ineinandergreifende Vorteile. Weniger Masseverluste bedeutet mehr Futter, weniger Nährstoff- und Energieverluste sichern eine höhere Grobfutterleistung sowie bessere Futtereffizienz des betriebseigenen Grobfutters. Dass wirkt sich definitiv positiv auf den Geldbeutel, den CO₂-Footprint und die Klimabilanz des Betriebs aus. Es ist somit kein Hexenwerk Verluste zu minimieren. Die vorhandene Technik und Mittel müssen nur optimal in der Futterproduktion sowie Fütterung eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

Dorfner, G., Hofmann G., 2013: Milcherzeugung auf Grünland aus ökonomischer Sicht. In: „Agrarforschung hat Zukunft“, Wissenschaftstagung der LfL, LfL-Schriftenreihe 01/2013, Freising 223-231.

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG), 2016: DLG-Merkblatt 416 Mengenmäßige Erfassung des wirtschaftseigenen Futters, Definitionen von Mengengrößen und Verlustgrößen. DLG e.V., Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main. 2.Auflage, Stand 7/2016

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG), 2023: DLG-Merkblatt 491 Im Fokus: Methan bei der Milchkuh. Methanausweisung im Rahmen der Milchleistungs- bzw. Milchgüteprüfung und Nutzung als Benchmark. DLG e.V., Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main. 2.Auflage, Stand 8/2023

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG), 2024: DLG-Merkblatt 495 Futterhygiene bei Grünlandnutzung in Futterbaubetrieben. DLG e.V., Fachzentrum Landwirtschaft, Frankfurt am Main. 1.Auflage, Stand 9/2024

Edmunds, B., Spiekers, H., Südekum, K.-H.; Nussbaum, H.; Schwarz, F.-J. & Bennett, R., 2013: Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. Grass and Forage Science, 69, p. 140-152

Köhler, B., S. Thurner, M. Diepolder, H. Spiekers, 2014: Effiziente Futterwirtschaft und Eiweißbereitstellung in Futterbaubetrieben. LfL Schriftenreihe 5/2014, 141 Seiten, ISSN 1611-4159

Milimonka, A., Thaysen, J., Richter, C., 2019: Nachhaltigkeit – können Siliermittel einen Beitrag leisten? 57. BAT Tagung 2019, 96-101, ISBN 978-3-9816116-6-3

Pöllinger, A., 2013: Technische Möglichkeiten zur Reduktion der Feldverluste bei der Grünlandernte, Fachtagung für biologische Landwirtschaft 2013, 129 – 132, ISBN: 978-3-902559-97-5

Pöllinger, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich, 19. Alpenländisches Expertenforum 2014, 35 – 44, ISBN: 978-3-902849-06-9

Resch, R., 2014: Auswirkungen von erdiger Futterverschmutzung, Landwirt 2014, Ausgabe 18, S.20-25

Xue, Y., Wu, N., Na, N., Sun, J., Sun, L., Qili, M., Li, D., E, L., & Yang, B., 2024: *Dynamics of gas and greenhouse gases of ensiling barley with lactic acid bacteria during fermentation*. Research Article. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4096932/v1>

Zimmer, E., 1969: Biochemische Grundlagen der Einsäuerung, Proceedings 3. General Meeting of the European Grassland Federation, Braunschweig, S. 113 – 125

Autorenanschrift

Barbara Misthilger
Prof.-Dürrwaechterplatz 2
85586 Poing-Grub
Barbara.Misthilger@lfl.bayern.de



novonesis

novonesis - The future of animal farming is biological

Bringing together the power of enzymes and microbes

As the world's leading biosolutions provider, we're always exploring new ways to unlock the potential of nature's tiniest changemakers, enzymes and microbes, in animal farming. This dedication to exploration and optimization has led us to a complete portfolio of worldclass enzymes, probiotics and silage inoculants that can help you stay one step ahead. Novonesis has acquired dsm-firmenich's animal feed enzyme business. This acquisition brings dsm-firmenich's sales and distribution under the same roof as Novonesis' innovation and production, giving you the best of both worlds.

We believe the future of animal farming is biological and we can't wait to get started unlocking more of its potential together with you.



Dedicated to the animal farming industry

Scan the code to get in touch with a Novonesis expert and learn more about how enzymes and microbes can help your animal farm business unlock its full potential.

Visit novonesis.com

Einfluss ausgewählter Tränkesysteme auf das Verhalten und Wachstum von Kälbern bis zur 12. Lebenswoche

Jule Kleibaumhüter¹, Michael Hovenjürgen², Reinhard Puntigam¹

¹ FH Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest, Deutschland

² BEWITAL agri GmbH&Co.KG, Südlohn-Oeding, Deutschland

Einleitung

Die erfolgreiche und leistungsgerechte Aufzucht von Kälbern erfordert ein intensives Tränkeregime im Anschluss an eine konsequente und vor allem ausreichende Kolostrumversorgung (Hammon et al., 2019). Dass eine erhöhte Tränkeintensität positive Auswirkungen auf die Entwicklung von Kälbern hat, etablierte bereits die DLG (2011) und wurde bis dato oftmals wissenschaftlich bestätigt (Frieten et al., 2017; Rosenberger et al., 2017). Die Empfehlung der LfL (2023) sieht für Kälber im Gewichtsbereich von 50 kg bis 78 kg eine tägliche Versorgung mit 24 MJ ME sowie 320 g Rohprotein vor. Diese Empfehlungen decken sich ebenfalls mit den aktuellen Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NASEM, 2021) für Kälber mit hohem genetischem Wachstumspotenzial. Im Kontext aktueller Tränkeschemata rückt die „kontrolliert-satt Fütterung“ zunehmend in den Fokus praxisnaher und wissenschaftlicher Diskussionen. Sie positioniert sich konzeptionell zwischen restriktiven und *ad libitum*-Strategien und zielt darauf ab, eine physiologisch bedarfsgerechte Milchmenge bereitzustellen, die sich an den individuellen Sättigungssignalen des Kalbes orientiert, jedoch ohne freien Zugang zur Tränke (Busko, 2017). Die praktische Umsetzung erfolgt häufig über sogenannte Milchbarsysteme unter Einsatz schwergängiger Sauger, welche die Milchflussgeschwindigkeit reduzieren und dadurch die Tränkedauer verlängern. Dies fördert ein triebgerechtes Saugverhalten und unterstützt die physiologische Sättigung im Sinne des kontrolliert-satt Fütterungskonzepts. Diese Gestaltung des Tränkesystems hat ebenfalls zudem maßgeblichen Einfluss auf das Verhalten der Kälber (Kürn, 2017; Welk et al., 2023). Im Rahmen dieser Untersuchung sollte daher der Einfluss ausgewählter Tränkesysteme auf das Verhalten und Wachstum von Kälbern bis zur 12. Lebenswoche in der landwirtschaftlichen Praxis geprüft werden.

Material und Methoden

Auf einem Milchviehbetrieb (Gütersloh, Nordrhein-Westfalen) wurde ein Fütterungsversuch mit zwei Gruppen von weiblichen Kälbern der Rasse Deutsche Holsteins (2,4 Laktationen) über einen Zeitraum von 84 Tagen durchgeführt. Hierzu wurden die Kälber einer Kontroll- (KG, n = 4) und einer Versuchsgruppe (VG, n = 8, 2 Boxen) nach deren Alter zugeordnet. Die KG und VG unterschieden sich an Hand der eingesetzten Tränketechnik, der Saugerart sowie dem Tränkekonzzept.

Die Kälber wurden unter Einzelhaltung in den ersten 5 Lebenstagen ausschließlich mit Biestmilch versorgt (6 l/Tier/Tag), anschließend folgte eine zweitägige Übergangsphase (50/50, Biestmilch und MAT [BEWI-MILK AM 9, 22% XP und 17,8 MJ ME, BEWITAL agri GmbH & Co. KG]) bis zum Lebenstag 7. Vom 7. bis 14. Lebenstag wurden die Kälber ausschließlich mit MAT (150 g je Liter Tränke) und Raufutter (Heu, *ad libitum*) in Einzelhaltung versorgt (KG: 6 und VG: 7,5 l MAT/Tag – 2 Mahlzeiten). Hierzu wurden Nuckeleimer mit ausgewählten Nuckeln (KG und VG1: Standardnuckel, Hiko 1-Click Kälberzapfen, Wahl, Dietmannsried; VG2: ECF Käbernuckel gelb, Wennemars, Vreden) verwendet. Ab Lebenstag 14 wurden die Kälber in Gruppenhaltung gehalten (4 Tiere/Box) wobei der MAT in der VG mittels Milchbarsystem „ECF6-Tränke“ (Wennemars, Vreden) angeboten wurde.

Hierzu fanden die Tränkenuckel (ECF Käbernuckel schwarz, Wennemars, Vreden) Anwendung, die sich durch einen gesteigerten Sauwiederstand auszeichnen. Es wurde bewusst auf eine *ad libitum*-Tränke verzichtet und stattdessen auf eine kontrolliert-satt Fütterung gesetzt, indem nach 30 Minuten die Milchbar entfernt wurde. Die KG wurde auch in der Gruppenhaltung weiterhin über Nuckeleimer mit standardisiertem Nuckel (Standardnuckel, Hiko 1-Click Kälberzapfen, Wahl, Dietmannsried), rationiert versorgt. Die zugeteilten Tränkemengen an MAT ab dem 15. Lebenstag sind in der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 1) ersichtlich. Ab dem Lebenstag 57. wurde mit dem Abtränken der Kälber begonnen. Neben dem MAT erhielten die Kälber Kälbertrocken-TMR (15,5% XP, 11,2 MJ ME; Sendfeld, Ahaus) und Heu *ad libitum* angeboten. Wasser wurde *ad libitum* über den gesamten Zeitraum angeboten.

Die Entwicklung der Lebendmasse der Kälber wurde zu ausgewählten Zeitpunkten erfasst (14., 28., 56. und 84. Lebenstag). Neben der Lebendmasse wurden die Verbrauchsmengen an MAT-Tränke gesamt sowie kalkuliert je Minute (zwei Mal täglich) und Kälber Kälbertrocken-TMR je Box täglich erfasst (in den Ergebnissen wöchentlich zusammengefasst). Zusätzlich wurde das Verhalten der Kälber vor, im Zuge und nach der Tränke auf ausgewählte Parameter (Aktivität, Vokalisierung, Tränkefokus, Speichelbildung und Interaktion, etc.) dokumentiert. Darüber hinaus wurde die Kälbergesundheit erfasst.

Tabelle 1: Tränkeplan ab dem 14. Lebenstag der Kälber (= Versuchsphase)

Lebenstag, d	Tagesmenge (l) je 2 Mahlzeiten	
	Kontrollgruppe (KG)	Versuchsgruppe (VG)
15.	6,5	9,0
22.	7,0	10,0
29.	8,0	11,0
36.	8,0	11,0
44.	8,0	11,0
51.	8,0	11,0
57.	7,0	9,0
64.	6,0	7,0
71.	4,0	4,0
78.	2,0	2,0

Ergebnisse

In der Tabelle 2 werden die Ergebnisse zur Lebendmasseentwicklung und zum Futterverbrauch sowie zur Ökonomie dargestellt. Die Kälber der VG starteten mit ca. 5 kg geringerer Lebendmasse ab Tag 14 und konnten bereits ab Tag 28 deutlich höhere Gewichte im Vergleich zur KG aufweisen. Dieser Umstand resultierte auch in deutlich höheren täglichen Lebendmassezunahmen. Auf Grund von Krankheit wurden die täglichen Lebendmassezunahmen in der VG reduziert – korrigiert man diese (in Klammer) so erkennt man einen deutlichen Vorteil seitens der VG. Die Kälber der VG nahmen im Versuchszeitraum (14. - 84. Lebenstag) ca. 30 % mehr an MAT-Tränke auf (444 vs. 580 l/Kalb) wobei die Restmengen (in Klammer) sehr gering waren. Demgegenüber war die Aufnahme an Kälbertrocken-TMR geringer (ca. - 12 %, 49 vs. 43 kg/Kalb).

Dem zur Folge war sowohl die Aufnahme an Rohprotein (+17 %) und umsetzbarer Energie (+18 %) je Kalb im Mittel der Versuchsphase (14. - 84. Lebenstag) höher. Ökonomisch betrachtet lagen die Kosten je kg Zuwachs in der KG mit € 3,59,- geringer als in der VG (€ 3,95,-).

Tabelle 2: Ergebnisse zur Leistung und zum Futterverbrauch sowie zur Ökonomie

Phase	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe	SEM	p-Wert
Lebendmasse je Kalb, d				
14.	54,3	49,3	1,61	0,145
28.	62,5	65,7	1,49	0,325
56.	80,0	93,3 (93,8)	3,16	0,034
84.	110,0	112,4 (118)	3,23	0,443
Tägliche Lebendmassezunahme, g/Tag je Kalb				
15. – 27.	589	1.173	100,26	0,0003
28. – 55.	625	985 (1018)	78,17	0,0165
56. – 84.	1.071	684 (938)	79,34	0,0165
15. – 84.	796	902	36,21	0,1716
Milchmenge, l/Tier				
15. – 27.	92,8 (94,5)	125,5 (133)	4,69	
28. – 55.	220,1 (224,0)	300,4 (308)	11,43	
56. – 84.	130,9 (133,0)	154,0 (154)	3,30	
15. – 84.	443,8 (451,5)	579,9 (595)	19,36	
Verbrauch an Kälbertrocken-TMR, kg/Tier				
15. – 27.	2,3	1,8	0,17	
28. – 55.	16,8	13,0	0,77	
56. – 84.	29,9	28,8	0,20	
15. – 84.	49,0	43,0	1,04	
Aufnahme an Rohprotein, g/Tag je Kalb				
15. – 27.	245	313	10,38	
28. – 55.	355	433	12,18	
56. – 84.	321	341	3,15	
15. – 84.	319	372	8,20	
Aufnahme an Energie, MJ/Tag je Kalb				
15. – 27.	19,60	25,18	0,86	
28. – 55.	27,89	34,44	1,01	
56. – 84.	24,53	26,21	0,58	
15. – 84.	24,89	29,30	0,68	
Kosten, € je Kalb				
je kg Zuwachs, gesamt	3,59	3,95	0,16	
Milchtränke MAT	2,98	3,48	0,15	
Kälbertrocken-TMR	0,61	0,48	0,03	
Kosten Gesamt	198	246	7,27	

In der Abbildung 1 wird die Tränkedauer in Minuten je Liter MAT-Tränke und Kalb über den Versuchszeitraum dargestellt. Im Zeitraum bis zum Abtränken (56. Lebenstag) weist die KG eine mittlere Dauer von 1,8 Minuten aus, währenddessen die Tiere der VG 4,2 Minuten je Liter MAT-Tränke aufwenden.

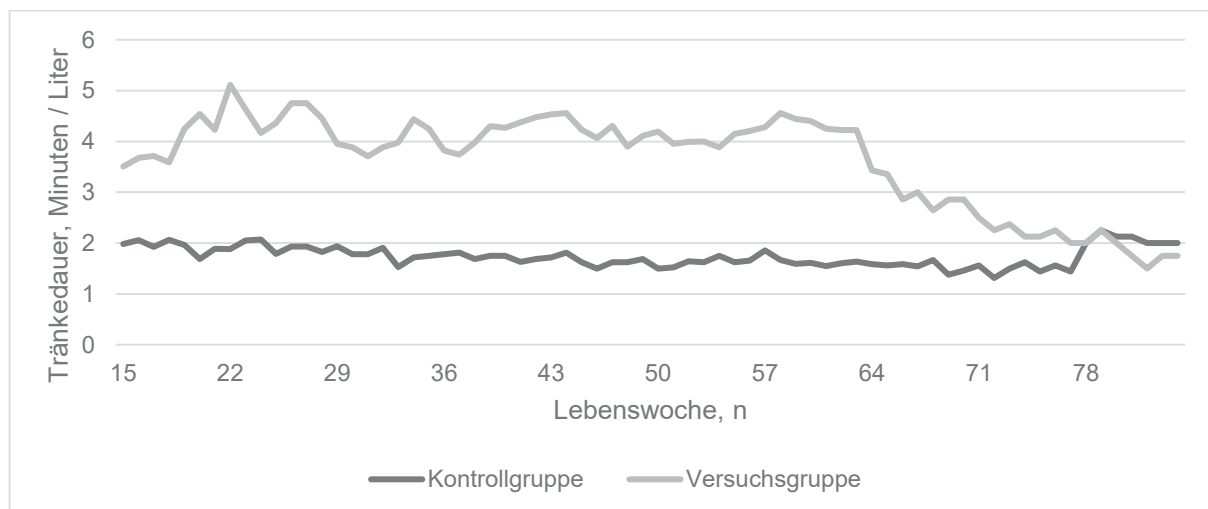


Abbildung 1: Tränkedauer in Minuten je Liter MAT-Tränke und Kalb im Versuchszeitraum

Auch das Verhalten der Kälber wurde durch das Tränkesystem deutlich beeinflusst. Vor der Tränkeaufnahme zeigte sich in der VG ein ruhigeres Aktivitätsverhalten mit deutlich weniger Spiel- und Laufverhalten sowie geringerer Vokalisierung im Vergleich zur KG. Während der Tränkephase waren in der KG häufiger soziale Interaktionen zu beobachten, wohingegen in der VG kaum Interaktion herrschte.

Diskussion

Untersuchungen der letzten Jahre verdeutlichen, dass eine intensive Kälberfütterung in den ersten Lebenswochen den Gesundheitsstatus verbessert, das Erstkalbealter reduziert und die Milchleistung der Kühe steigert. Die Tränkeempfehlungen in den ersten Lebenswochen basieren jedoch meist auf einer restriktiven Milchaufnahme. Eine intensive Milchtränke in den ersten Lebenswochen verbessert die Gewichtsentwicklung der Kälber was auf eine höhere Nährstoffaufnahme zurückzuführen ist (Jasper und Weary, 2002; Frieten et. al. 2017). Untersuchungen zeigten, dass Kälber, denen Milch oder Milchaustauscher *ad libitum* angeboten wurde, deutlich mehr Milch aufnahmen, als üblicherweise bei restriktiver Tränke vorgesehen (Hammon et al., 2002; Bernhart, 2017). Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Die höhere Milchaufnahme der Versuchsgruppe führte zu einer gesteigerten Energie- und Rohproteinaufnahme (+53 g XP/Tag; +4,71 MJ ME/Tag im Zeitraum vom 14. bis 84. Lebenstag), welche sich in signifikant höheren täglichen Zunahmen widerspiegelte (+106 g/Tag im Zeitraum vom 14. bis 84. Lebenstag). Ein wesentliches Argument für eine intensivere Fütterung und Entwicklung der Kälber sind Effekte auf das langfristige Potential der Tiere. Die pränatale und frühe postnatale Ernährung programmiert den Stoffwechsel und die Organentwicklung und haben somit lebenslange Auswirkungen auf Gesundheit und Wachstum. Die hier dargestellten Kostenunterschiede können somit relativiert werden, da die in anderen Untersuchungen postulierten positiven Auswirkungen auf die spätere Milchleistung (+500 bis 800 kg mehr Milch in der ersten Laktation) die höheren Mehrkosten der Aufzucht kompensieren (Moallem et al., 2010; Bar-Peled et al., 1997).

Das Auftreten von Verhaltensweisen wie gegenseitigem Besaugen und erhöhter Vokalisation hängt wesentlich von der Kombination aus Tränkekonzent und Saugercharakteristik, d.h. Widerstand ab

(Fischer 2006; Schuldt und Dinse 2021). Schwergängige Sauger in Verbindung mit kontrollierten Tränkestrategien verlangsamen den Milchfluss, fördern eine adäquate Sättigung und reduzieren dadurch unerwünschtes Saugverhalten sowie Stresssymptome. Demgegenüber sind leichtgängige Sauger und restriktive Fütterungskonzepte häufiger mit verstärktem Besaugverhalten und Vokalisierungen verbunden, was auf eine unzureichende Befriedigung des Saugbedürfnisses und eine erhöhte Stressbelastung bzw. Frustration hinweist (Schuldt und Dinse 2021; Fischer 2006; Jörn Diers Kälbertränke 2018).

In der VG konnte eine ausgeprägtere Speichelbildung beobachtet werden, was auf eine intensivere und physiologischere Saugaktivität hinweist. Eine verlängerte orale Stimulation trägt zur verbesserten Speichelbildung bei, was sich positiv auf die Entwicklung der Vormägen auswirkt (Jörn Diers Kälbertränke, 2018). Das System der Milchbar bietet unabhängig der Betriebsgröße eine flexible Lösung für Betriebe mit Gruppenhaltung der Kälber ohne Tränkeautomat und zur Aufrechterhaltung der Tränkehygiene, da die Restmilchmengen geringgehalten werden können. Nach der Tränkeaufnahme ruhten die Kälber der VG deutlich häufiger und suchten früher und regelmäßiger nach zusätzlichen Futterquellen wie Heu, Wasser oder Trocken-TMR.

Schlussfolgerungen

Aufzuchtkälber sind in der Lage eine höhere tägliche Menge an Kälbermilch in Zuwachs umzusetzen. Der Einsatz eines Milchbarsystems mit speziellen, schwergängigeren Nuckeln und einem kontrolliert-satt-Fütterungsregimes führte gegenüber einer rationierten Kälbermilchzuteilung zu höheren Milchaufnahmen und einer höheren Lebendmassezunahme. Am 84. Lebenstag waren die Kälber fast 10 kg schwerer als die Kontrollgruppe.

Im direkten Vergleich führte der schwergängigere Nuckel in der Haupttränkephase mit 4,2 Minuten je Liter zu einer deutlich geringeren Trinkgeschwindigkeit gegenüber dem konventionellen Nuckel (1,8 Minuten je Liter). In Kombination aus Milchbarsystem, schwergängigeren Nuckeln mit der kontrolliert-Satt-Fütterung zeigten sich ein deutlich ruhigeres Aktivitätsverhalten, weniger Vokalisation und eine höhere Speichelbildung.

Das gewählte Tränkesystem Milchbar und kontrolliert-satt-Fütterung zeigte Vorteile in der Entwicklung der Tiere und beim Tierwohl. Diese positiven Effekte sollten im Rahmen weiter Studien genauer betrachtet werden.

Literatur

Bar-Peled, U., Robinson, B., Maltz, E., Tagari, H., Folman, Y., Bruckental, I., Lehrer, A. R. (1997). Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2523-2528.

Bernhart, K. (2017). Einfluss einer ad libitum Vollmilchtränke auf Futteraufnahme, Gewichtsentwicklung, Gesundheit und ausgewählte Blutparameter von Fleckviehkälbern. Dissertation. LMU München, München.

Busko, S. E. (2017): Effekte einer intensiven Aufzucht von Holstein-Kälbern auf Gewichtsentwicklung und Gesundheitsstatus vor dem Absetzen: eine Feldstudie. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.

DLG (2011): Empfehlungen zur Tränke von jungen Aufzuchtkälbern mit Milchaustauschern. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung.

Fischer, A. (2006): Untersuchungen zur Vermeidung des gegenseitigen Besaugens unter Kälbern durch den Einsatz eines Saugnuckels mit erhöhtem Saugwiderstand. Dissertation, Agrarwirtschaft, Georg-August Göttingen, Göttingen.

Frieten, D., Gerbert, C., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Kanitz, E., Hammon, H. M. (2017). Ad libitum milk replacer feeding, but not butyrate supplementation, affects growth performance as well as metabolic and endocrine traits in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6648-6661.

- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., Koch, C. (2019): Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal* (14, 1), S. 133-143.
- Hammon, H. M., Schiessler, G., Nussbaum, A., Blum, J. W. (2002). Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3352-3362.
- Jasper, J., and Weary, D. M. (2002). Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 3054-3058.
- Jörn Diers Kälbertränken (2020): Die Lösung für die Kälberaufzucht. <https://www.milk-bar.de/media/93/90/25/1649325356/2020-die-loesung-fuer-ihre-kaelberaufzucht.pdf> (27.05.2025).
- Kürn, Teut (2017): Einfluss einer ad libitum Milchtränke auf die Gewichtsentwicklung und das Verhalten von Fleckviehkälbern. Dissertation. LMU München, München
- LfL (2023): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe Zuchtrinder Schafe Ziegen. 48. Veränderte Auflage. LfL Information, S. 13.
- Moallem, U., Werner, D., Lehrer, H., Zachut, M., Livshitz, L., Yakoby, S., Shamay, A. (2010). Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2639-2650.
- NASEM (2021): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8. überarbeitete Auflage. The National Academy Press, Washington, D.C.
- Rosenberger, K., Costa, J. H., Neave, H. W., Von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 504-512.
- Schuldt, A. und Dinse, R. (2021): Aufzucht weiblicher Kälber und Jungrinder in landwirtschaftlichen Unternehmen, Teil II: Einfluss des Tränkeangebots in der Kälberaufzucht auf Gesundheit, Leistungen und Wohlbefinden. Teschke, G. Reihe I, Band 10. Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg.
- Welk, A., Otten, N. D., Jensen, M. B. (2023). Invited review: The effect of milk feeding practices on dairy calf behavior, health, and performance—A systematic review. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 5853-5879.

Autorenanschrift

Jule Kleibaumhüter
Fachbereich Agrarwirtschaft
Ernährung und Qualität tierischer Produkte
FH Soest
kleibaumhueterjule@gmail.com

Untersuchung der Futterqualität in einem Dauergrünlandversuch mit unterschiedlichen Düngemanagement am Veitshof in Freising-Weihenstephan

Jan Kurek¹, Leonie Bauersachs¹, Sofya Mochkina¹, Anja Schmidt², Gerd Patrick Bienert^{2,3}, Julia Steinhoff-Wagner^{1,3}

¹Professur für Tierernährung und Metabolismus, TUM-School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

²Professur für Crop Physiology, TUM-School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

³Technische Universität München, HEF World Agricultural Systems Center, Freising-Weihenstephan

Einleitung

Dauergrünland stellt mit rund 4,7 Millionen Hektar etwa 28 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland dar (BMEL, 2025) und ist damit eine zentrale Landnutzungsform. Die Bewirtschaftung von Grünland ist für viele landwirtschaftliche Betriebe von hoher Relevanz, da es vielfältige Nutzungsmöglichkeiten bietet von der Futterproduktion für verschiedene Tierarten über die energetische Nutzung in Biogasanlagen bis hin zu ökologischen Leistungen wie Erosionsschutz und Kohlenstoffbindung. Viele dieser Nutzungsrichtungen stellen spezifische Anforderungen an Ertrag und Qualität des Aufwuchses, die wiederum maßgeblich durch Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Schnittregime und Düngung beeinflusst werden (Hartmann et al., 2011; Hoppe, 2022). Insbesondere die Düngung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Ertragsleistung und Futterqualität. Dabei stehen landwirtschaftlichen Betrieben unterschiedliche Düngestrategien zur Verfügung, abhängig von Betriebsform, Zielsetzung und rechtlichen Rahmenbedingungen. Während tierhaltende Betriebe eher organische Dünger einsetzen, greifen andere nur auf mineralische oder kombinierte Düngesysteme zurück. Die Wahl der Düngestrategie sollte dabei nicht nur kurzfristige Effekte berücksichtigen, sondern auch langfristige Auswirkungen auf Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenbestand und Ökologie einbeziehen (Pötsch, 2009; Kidd et al., 2017). Dauerversuche bieten die Möglichkeit, solche kontinuierlichen Effekte systematisch zu untersuchen. Sie erlauben es, kurzfristige Schwankungen etwa durch Witterung von langfristigen Effekten zu unterscheiden und liefern belastbare Aussagen zur dauerhaften Managemententscheidungen und der Nachhaltigkeit agronomischer Maßnahmen (Rasmussen et al., 1998; Grosse et al., 2020). In Deutschland existieren derzeit etwa 30 solcher langfristigen Düngerversuche im Grünland, die sich mit verschiedenen Nährstoffstrategien unter regional spezifischen Standortbedingungen befassen (Grosse et al., 2020). Der am Veitshof bei Freising seit dem Jahr 1951 laufende Versuch ist einer der ältesten seiner Art in Bayern. Er untersucht die Auswirkungen unterschiedlicher Düngestrategien (mineralisch und oder organisch) auf den Ertrag, die Futterqualität und ökologische Parameter.

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen der im Dauergrünlandversuch am Veitshof angewendeten Düngestrategien auf Ertrag und Futterqualität im Erntejahr 2024 zu analysieren, zu bewerten und soweit möglich vom Bewirtschaftungsmanagement zu trennen.

Material and Methoden

Der Dauerfeldversuch an der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan wird seit 1951 durchgeführt und untersucht die Wirkung verschiedener Düngestrategien auf Ertrag und Futterqualität im Grünland. Die Versuchsstation befindet sich auf einer Höhe von 446 Metern über dem Meeresspiegel. Der Standort ist geprägt durch Kalkgleyböden mit sandigem Lehm und einer Grünlandzahl von 54. Das Klima ist gemäßigt mit einem langjährigen Niederschlag von 744 Millimetern und einer Durchschnittstemperatur von 8,7°C.

Die Versuchsanlage (einfach- oder mit zweifach Wiederholungen) besteht aus 25 Quadratmeter großen Parzellen in einer randomisierten Blockstruktur. Acht Varianten mit unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung sowie variierender Schnitthäufigkeit werden untersucht. Die Düngung erfolgt zu Vegetationsbeginn, Stickstoff wird je nach Parzellenvariante gestaffelt ausgebracht. Die Schnitthäufigkeit reicht von einmal (ungedüngt) bis viermal (Stallmist + mineralisch) (Tab.1).

Tabelle 1: Düngehöhen und Schnitzzahlen der acht Versuchspartellen des Dauergrünlandversuches. Rohnährstoffe sind in kg ha⁻¹ angegeben. Mineralische Düngung: N als KAS, P als Supertriplephosphat, K als 50er Kali Organische Düngung: Stallmist 200 dt ha⁻¹, Grüngutkompost 400 dt ha⁻¹.

Nr.	Variante	Schnitzzahl	mineralisch			organisch		
			N	P	K	N	P	K
1	Ungedüngt	1	-	-	-	-	-	-
2	PK	3	-	100	250	-	-	-
3	NK	2	100	-	250	-	-	-
4	NPK	3	100	100	250	-	-	-
5	NP	2	100	250	-	-	-	-
6	Stallmist	3	-	-	-	180	105	298
7	Stallmist + NPK	4	100	100	250	180	105	298
8	Kompost	3	-	-	-	800	420	2236

Zur Ertragsbestimmung wurden die Parzellen mit einem Balkenmäher auf ca. 7 cm Höhe gemäht, die gemähte Fläche wurde berechnet und der Ernteertrag gewogen. Der Trockenmasseertrag wurde durch Laboranalyse des Trockenmassegehalts in einer Stichprobe ermittelt. Die Proben wurden getrocknet, vermahlen und gemäß VDLUFA (Naumann et al., 1976) analysiert. Untersucht wurden Trockensubstanz, Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Fasergehalte (Trockensubstanz: VDLUFA III 3.1 (1976); Rohasche: VDLUFA III 8.1 (1976); Rohprotein: VDLUFA III 4.1 (1993); Rohfett VDLUFA III 5.1 (1988); Detergentien-Fasern: VDLUFA III 6.5 (2012)). Es wurde zudem bei jedem Grünlandschnitt die Bestandeszusammensetzung der Parzellen an Gräsern, Kräutern und Leguminosen anhand einer vor Ort Bonitierung geschätzt. Zur vorläufigen statistischen Auswertung wurden Spearman-Korrelationskoeffizienten mit SAS (Version 9.4) berechnet, um Zusammenhänge zwischen Düngung, Schnittregime und Futterqualitätsparametern zu identifizieren.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede zwischen den Düngungsstrategien auf. Die höchsten Trockenmasseerträge wurden in den organisch und mineralisch vollgedüngten Varianten (Kompost, Stallmist, NPK) erzielt, wobei zwischen organischer und mineralischer Volldüngung keine signifikanten Unterschiede bestanden. Ein ausschließliches Phosphor- und Kalium gedüngte Variante (PK) erreichte

noch 77% des Ertrages der Kompostvariante beziehungsweise 88% der mineralischen Volldüngung. Die Phosphormangelvariante (NK) schnitt unter den Mangelbehandlungen gut ab, während die Kaliummangelvariante (NP) und die ungedüngte Kontrolle ähnlich niedrige Erträge aufwiesen.

Bei den Qualitätsparametern traten teils deutliche Schwankungen auf. Die Rohaschegehalte wiesen große Standardabweichungen auf, zeigten aber insgesamt eine Tendenz zu höheren Werten in stark gedüngten Varianten und in späteren Schnitten. Der Rohproteingehalt stieg mit zunehmender Schnitzzahl. Ab dem zweiten Schnitt zeigten die vierschnittig genutzten Varianten durchweg höhere Werte als die drei- oder zweischnittigen Varianten. Auffällig war, dass die Kaliummangelvariante höhere Rohproteingehalte aufwies als die Phosphormangelvariante, während die ungedüngte Kontrolle die niedrigsten Rohproteinwerte zeigte. Der Rohfettgehalt nahm in den späteren Schnitten leicht zu, zeigte aber ebenfalls große Schwankungen. Die höchsten Gehalte an Faserfraktionen (NDF, ADF, ADL) wurden in der ungedüngten und Phosphormangelvariante gemessen, wobei innerhalb der Schnitte meist der zweite Schnitt die höchsten Werte aufwies.

Die Analyse der Bestandeszusammensetzung (Tab. 2) verdeutlicht, dass 2024 ein hoher Kräuteranteil von durchschnittlich 41% vorlag, während die Leguminosenanteile mit im Mittel 4% sehr gering waren. Gräser stellten mit 56% den größten Anteil dar. Der höchste Gräseranteil fand sich in der ungedüngten und in der NK-Variante, der höchste Leguminosenanteil in der PK-Variante (17%) und der höchste Kräuteranteil in der NPK-Variante (53%). Mit zunehmender Schnitzzahl nahmen die Gräseranteile signifikant ab, während die Kräuter zunahmen. Die Korrelationen mit den Qualitätsparametern zeigen, dass Rohprotein positiv mit Kräutern und negativ mit Gräsern verbunden war, während die Faserfraktionen (NDF, ADF) positiv mit dem Gräseranteil korrelierten.

Tabelle 2: Bestandeszusammensetzung im Dauergrünlandversuch im Ertragsjahr 2024. Angaben in geschätzten Prozent des Ertrages, somit können die dargestellten Werte von den 100% abweichen.

2024	Ungedüngt	NK	NP	PK	NPK	NPK + Stallmist	Stallmist	Kompost	Gesamt
Gräser + Sauergräser	71	70	59	38	45	49	59	59	56
Kräuter	28	29	41	46	53	51	38	39	41
Leguminosen	2	0	0	17	5	1	4	1	4

Die Gesamtanalyse der Korrelationen verdeutlichte, dass eine höhere Schnitzzahl und größere Wuchshöhen mit signifikant höheren Jahreserträgen verbunden waren. Gleichzeitig führten höhere Gräseranteile zu höheren Trockenmasseerträgen, während höhere Kräuteranteile mit mehr Rohasche und Rohprotein, jedoch mit geringeren Erträgen verbunden waren.

Diskussion

Düngung und Bestandeszusammensetzung wirken sich auf die Nährstoffgehalte aus, jedoch meist indirekt über ihre Effekte auf die Schnitthäufigkeit und das Bestandesalter. Der Rohaschegehalt steigt mit zunehmender Schnitzzahl und sinkt mit steigendem Schnittalter. Damit enthält jüngeres Pflanzenmaterial tendenziell mehr Rohasche (Resch et al., 2014). Die Bestandeszusammensetzung wirkt sich nur bedingt auf den Rohaschegehalt aus. Während Kräuter höhere Rohaschegehalte aufweisen, verschwinden diese Zusammenhänge bei isolierter Betrachtung einzelner Schnittsysteme. Die negativen Korrelationen mit Leguminosenanteilen in den dreischnittigen Varianten sind vermutlich ebenfalls altersbedingt. Düngungseffekte sind komplex: organische Düngung steht zwar im Gesamtvergleich in positiver Korrelation zum Rohaschegehalt, bei isolierter Betrachtung einzelner Schnittsysteme verliert sich dieser Effekt jedoch.

Der Rohproteingehalt steigt in den Folgeschnitten an, während ältere Aufwüchse geringere Werte aufweisen. Dies deckt sich mit der typischen Beobachtung, dass der erste Schnitt proteinärmer ist als die weiteren (Gruber et al., 2006). Die Bestandeszusammensetzung erklärt die Unterschiede nur bedingt. Zwar bestehen über alle Varianten hinweg positive Korrelationen mit dem Kräuteranteil, diese Effekte verschwinden jedoch bei detaillierter Betrachtung einzelner Schnittsysteme, welche maßgeblich von der Ertragsentwicklung aufgrund der Düngung abhängig sind.

Der Rohfettgehalt nimmt mit zunehmendem Alter ab (Gruber et al., 2006). Bei den dreischnittigen Varianten zeigt sich dagegen ein Anstieg über die Schnittfolge hinweg. Ein klarer Einfluss der Bestandeszusammensetzung konnte nicht nachgewiesen werden, obwohl frühere Arbeiten von Böhner und Sobotik, (1999) Kräutern höhere Fettgehalte zuschreiben. Düngeeffekte treten vor allem in den Mangelsystemen auf, wobei sich Phosphor- und Kaliumversorgung gegensätzlich auf den Fettgehalt auswirken scheinen. Hier spielen vermutlich physiologische Anpassungen an Nährstoffmängel eine Rolle.

Das Alter des Aufwuchses, welches durch die Düngung beeinflusst wird, ist der zentrale Bestimmungsfaktor für den Gehalt an Zellwandbestandteilen. Mit zunehmender Bestandesentwicklung nehmen NDF, ADF- und ADL-Gehalte zu. Die höhere Schnitthäufigkeit (Düngungsmanagement) reduziert diese Gehalte, da das Material jünger bleibt. Kurzfristig beeinflussen Düngung und Bestandeszusammensetzung die Fasergehalte über Änderungen im Ertrag und in der Gräser-Kräuter-Verteilung. Langfristig begünstigen Stickstoff- und Kaliumdüngung höhere Gräseranteile und damit höhere Fasergehalte.

Fazit

Die Ergebnisse des Dauerversuches am Standort Veitshof im Erntejahr 2024 zeigen deutlich, dass sowohl die Düngestrategie als auch durch unterschiedliche Erträge resultierende Schnitthäufigkeit entscheidenden Einfluss auf Ertrag und Qualität von Dauergrünland haben. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Grünlanddüngung und des Vegetationsalters für die Futterqualität für Wiederkäuer.

Literaturverzeichnis

- BMEL. (2025). Grünland: Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung. Retrieved January 7, 2025, from <https://bmel-statistik.de/landwirtschaft/bodenn>
- Böhner, A., & Sobotik, M. (1999). Futterertrag und Futterqualität ausgewählter Grünlandgesellschaften (Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Hrsg.). Abgerufen am 19. August 2025, von https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/Tagungen/Jaegertagung/Jaegertagung_1999/2j_1999_bohner.pdf
- Gruber, L., Häusler, J., Steinwider, A., Schauer, A., & Maierhofer, G. (2006a). Influence of cutting frequency in alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters. *Slovak Journal of Animal Science*, 39 (1–2), 26–42. Abgerufen am 19. August 2025, von http://www.cvvz.sk/slju/06_1/Gruber.pdf
- Grosse, M., Hierold, W., Ahlborn, M. C., Piepho, H., & Helmig, K. (2020). Long-term field experiments in Germany: Classification and spatial representation. *SOIL*, 6(2), 579–596. <https://doi.org/10.5194/soil-6-579-2020>
- Hartmann, S., Diepolder, M., & Lichti, F. (2011). Grünland als Biogassubstrat (Biogas Forum Bayern, Ed.). Retrieved January 10, 2025, from https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/leitfaden_2011-12_biogasforum.pdf
- Hoppe, S. (2022). Gute Grassilage – so kann sie gelingen: Rinder (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Ed.). Retrieved January 7, 2025, from <https://llh.hessen.de/tier/rinder/fuetterung-rinder/gute-grassilage-so-kann-sie-gelingen/>
- Kidd, J., Manning, P., Simkin, J., Peacock, S., & Stockdale, E. (2017). Impacts of 120 years of fertilizer addition on a temperate grassland ecosystem. *PLOS ONE*, 12(3), e0174632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174632>
- Naumann, C., Bassler, R., Seibold, R., & Barth, C. (1976). Handbuch der Landwirtschaftlichen VEruchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA_methodenbuch) (3rd ed., Vol. 3). FA-Verlag-Darmstadt

Pötsch, E. M. (2009). Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/322526330_Einflussfaktoren_auf_Ertrag_und_Qualitat_von_Grunlandfutter

Rasmussen, P., Goulding, K. W. T., Brown, J. R., Grace, P. R., Janzen, H. H., & Körschens, M. (1998). Long-term agroecosystem experiments: Assessing agricultural sustainability and global change. *Science*, 282(5390), 893–896. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.282.5390.893>

Resch, R., Peratoner, G., Stögmüller, G., Tiefenthaler, F., Adler, A., & Pötsch, E. M. (2014). Wie erkennt man erdige Futterverschmutzung? *Der fortschrittliche Landwirt*, (17). Retrieved January 24, 2025, from https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/FODOK/2014/fodok_2_14434_2014_fortschrittlicher_landwirt_futterverschmutzung_erkennung_resch_etal.pdf

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). (1976). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt: VDLUFA-Verlag. (Kap. III 3.1: Bestimmung der Trockensubstanz)

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). (1976). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt: VDLUFA-Verlag. (Kap. III 8.1: Bestimmung der Rohasche)

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). (1993). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung. Darmstadt: VDLUFA-Verlag. (Kap. III 4.1: Bestimmung des Rohproteins)

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). (1988). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 2. Ergänzungslieferung. Darmstadt: VDLUFA-Verlag. (Kap. III 5.1: Bestimmung des Rohfetts)

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). (2012). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 8. Ergänzungslieferung. Darmstadt: VDLUFA-Verlag. (Kap. III 6.5: Detergentien-Faseranalysen)

Autorenanschrift

Jan Kurek
jan.kurek@tum.de
Technical University of Munich | TUM School of Life Sciences | Animal Nutrition and Metabolism

Entmischung der Vollmilchtränke im Nuckeleimer

Isabell Braun¹, Julia Steinhoff-Wagner^{1, 2}

¹Technische Universität München, TUM School of Life Sciences, Professur für Tierernährung und Metabolismus

²Technical University of Munich, HEF World Agricultural Systems Center

Einleitung

Die ad-libitum-Fütterung von Kälbern gewinnt in der Praxis zunehmend an Bedeutung und wird als förderlich für eine nachhaltige Futteraufnahme und optimale Gewichtsentwicklung empfohlen (Lfl, 2016). Bei dieser Fütterungsform verbleibt die Milch über längere Zeit im Nuckeleimer als unter restriktiven Bedingungen, was das Risiko für physikalische Veränderungen der Milch erhöht (Lfl, 2016; AELF). Es ist bekannt, dass Milch bei längerer Standzeit und begünstigt durch höhere Temperaturen entmischt; dabei steigen die Fettkügelchen an die Oberfläche, während wässrige Bestandteile absinken (Ma und Barbano, 2000). Bisher existieren jedoch keine Untersuchungen zur Entmischung und zum Abkühlungsverhalten von Tankmilch in Tränkeeimern unter *ad libitum*-Bedingungen. Vor allem in dem Falle, dass mehr Milch angeboten als aufgenommen wird, kann eine Entmischung für die Schätzung der aufgenommenen Energie und Nährstoffe relevant sein.

Ziel dieser Studie war es, die Entmischungsdynamik und den Temperaturverlust von Vollmilch im Nuckeleimer bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen über einen Zeitraum von bis zu acht Stunden systematisch zu quantifizieren und die Auswirkungen auf die Zusammensetzung und den Energiegehalt der Milch zu bewerten.

Material and Methoden

Der Versuch wurde im Januar und Februar 2025 an der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München durchgeführt. Bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen (Außentemperatur < 10 °C, Raumtemperatur =22°C und Körpertemperatur > 37°C) sollten über die Zeit hinweg die Inhaltsstoffe der Milch bestimmt werden. Dabei wurde zu 5 Zeitpunkten (0, 1, 2, 4 und 8 Stunden) eine Milchprobe aus dem Nuckel des Eimers entnommen. Die Tankmilch wurde mithilfe eines Milchtaxis (Urban Milk Shuttle) von der Milchkammer zu den Eimern transportiert und auf 38°C warm gehalten. Die Probe zu Stunde 0 wurde von der Tankmilch direkt aus dem Milchtaxi genommen. Anschließend wurde für jeden Zeitpunkt und jede Temperaturvariante ein Nuckeleimer mit 5 Litern Milch gefüllt. 4 Eimer standen im Hof (Außentemperatur), 4 Eimer im Büro (Raumtemperatur) und 4 Eimer im Inkubator (Körpertemperatur). Zu jedem Zeitpunkt wurde bei jeder Umgebungstemperatur aus einem Eimer eine Probe aus dem Nuckel entnommen. Dadurch ergaben sich 12 Eimer und 37 Milchproben pro Versuchsdurchgang, der Versuch wurde 4 mal wiederholt. Die Milchproben wurden in Probenfläschchen des Milchprüfrings gefüllt, die mit Konservierungsmittel versetzt waren, und gekühlt. Am nächsten Morgen wurden die Proben mit dem Milchsammelwagen zum Milchprüfing in Wolnzach versendet und dort auf ihre Inhaltsstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Harnstoff, Zellgehalt und pH-Wert) analysiert. Während des Versuchs wurde außerdem die Milchtemperatur mithilfe von Glasthermometern zu verschiedenen Zeitpunkten (0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420 und 480 Minuten) in der Mitte des Eimers gemessen. Die Eimer wurden vor Versuchsbeginn leer gewogen und nach der Entnahme der Milchprobe ausgemolken und erneut gewogen. Somit konnte außerdem der fetthaltige Rückstand im Eimer erfasst werden.

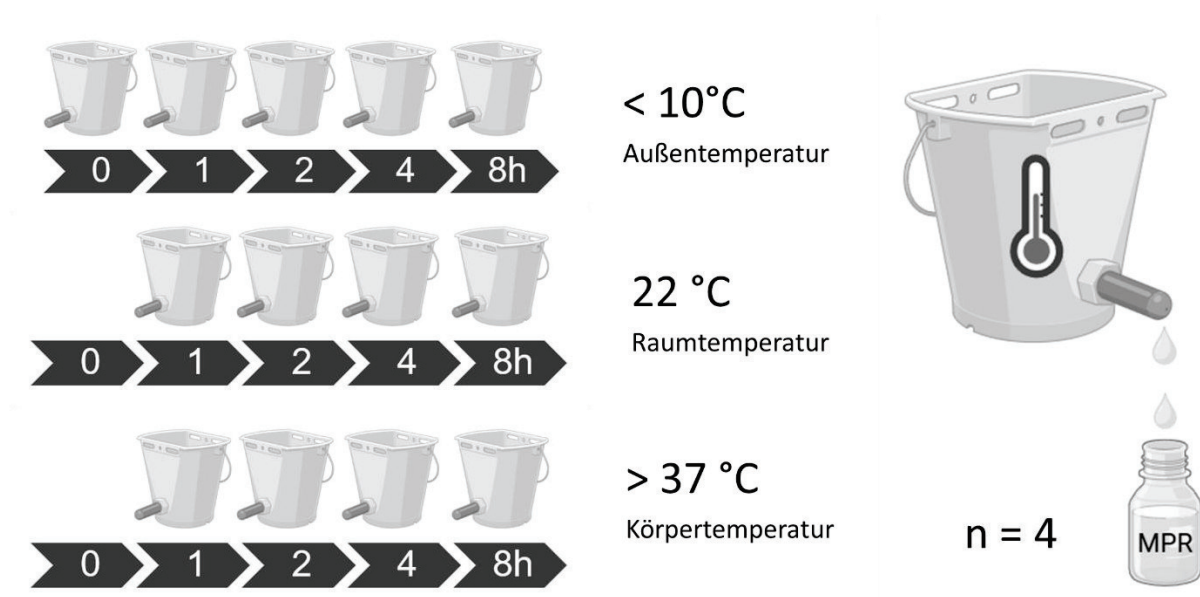


Abbildung 1: Visualisierung des Versuchsdesigns.

Ergebnisse

Die Milchinhaltsstoffe zeigten deutliche Veränderungen über 8 Stunden unterschieden sich jedoch nur wenig zwischen den verschiedenen Umgebungstemperaturen. Fett nahm über 8 Stunden im Mittel um $3,14 \text{ g} / 100 \text{ g}$ ab. Nach 8 Stunden waren nur noch ca. $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Fettgehalts in der Probe vorhanden, wobei bereits $\frac{1}{4}$ des Fettgehalts während der ersten Stunde aufschwimmt. Die Tankmilch hat sich über die Zeit also stark entmischt. Die Proben nach 8 Stunden bei Raumtemperatur und Körpertemperatur weisen eine höhere Entmischung auf als die Proben bei Außentemperatur. Eiweiß nimmt im Mittel um $0,13 \text{ g} / 100 \text{ g}$ zu und Laktose um $0,12 \text{ g} / 100 \text{ g}$. Harnstoff nimmt im Mittel um $43,67 \text{ mg} / \text{l}$, die Zellzahl um $275,75 \text{ TSD} / \text{ml}$ und der pH-Wert um $0,02$ ab. Der Bruttoenergiegehalt der Milch, der sich aus dem Fett-, Eiweiß- und Laktosegehalt errechnet nimmt um $0,12 \text{ MJ} / \text{kg}$ Milch ab. Analog zum Fettgehalt verliert die durch den Nuckel fließende Milch die meiste Bruttoenergie bereits in der ersten Stunde (Abbildung 2).

Die vorliegenden Daten zeigen deutlich, dass die Umgebungstemperatur einen starken Einfluss sowohl auf die Temperaturentwicklung der Milch im Nuckeleimer als auch auf die Menge der fetthaltigen Rückstände hat (Abbildung 3). Über einen Zeitraum von 8 Stunden sinkt die Milchttemperatur am stärksten bei Außentemperaturbedingungen. Hier wurde über 8 Stunden ein Temperaturabfall von $3,78^{\circ}\text{C}$ pro Stunde beobachtet. Im Vergleich dazu verläuft die Temperaturabsenkung bei Raumtemperatur nur bei $2,17^{\circ}\text{C}$ pro Stunde, während die Milch bei Körpertemperatur mit nur $0,57^{\circ}\text{C}$ Temperaturverlust pro Stunde nahezu konstant bleibt.

Parallel zur Temperaturentwicklung zeigt sich, dass die Menge der fetthaltigen Rückstände im Eimer mit sinkender Umgebungstemperatur zunimmt. Bei Außentemperatur wurden $173,80 \text{ g}$ Rückstände gemessen, bei Raumtemperatur $155,62 \text{ g}$ und bei Körpertemperatur $141,40 \text{ g}$.

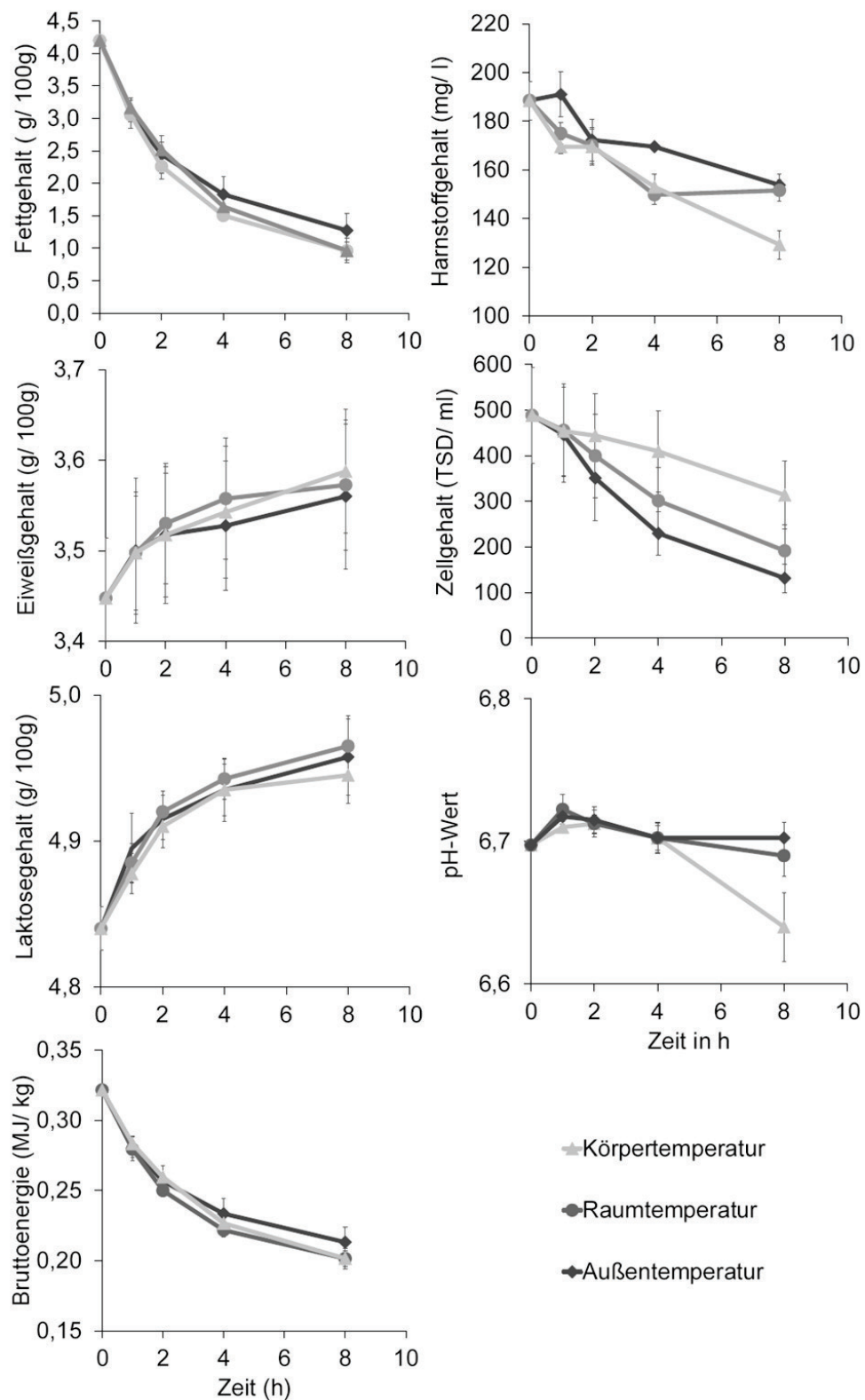


Abbildung 2: Milchinhaltsstoffe über 8 Stunden bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

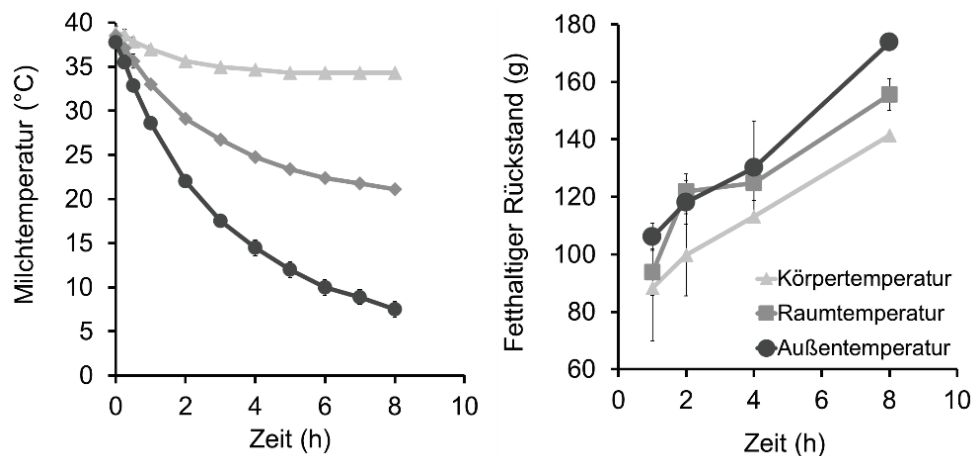


Abbildung 3: Milcht Temperatur und fetthaltiger Rückstand im Nuckeleimer über 8 Stunden bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse belegen eine ausgeprägte Entmischung der Vollmilch im Nuckeleimer in Abhängigkeit von der Zeit. Innerhalb der ersten Stunde schwamm das Fett auf, so dass in der durch den Nuckel fließenden Milch bereits etwa 25% des Fettgehalts fehlten, nach acht Stunden waren es rund 70%. Dieses Verhalten steht im Einklang mit Modellen zur Schwerkraftseparation von Rohmilch, die zeigen, dass größere Fettkügelchen innerhalb kurzer Zeit aufsteigen und so aus der homogenen Milchphase ausgeschieden werden (Ma und Barbano, 2000).

Obwohl die Veränderungen bei Fettgehalt und Bruttoenergie unter den drei untersuchten Umgebungstemperaturen generell ähnlich verliefen, führte niedrigere Temperatur zu etwas stärkerer Rückstandsbildung im Eimer. Gleichzeitig bestimmte die Umgebungstemperatur maßgeblich den Temperaturverlust: Außenbedingungen ($< 10^{\circ}\text{C}$) beschleunigten den Abkühlungsprozess deutlich, während bei 37°C im Trockenschrank die Milcht Temperatur nahezu konstant blieb. Das ist soweit logisch, da für Butter im Mittel angegeben ist, dass diese ab 32°C flüssig ist und zwischen 4 und 20°C in Abhängigkeit der Fettsäurezusammensetzung immer härter wird. Durch den höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren in der Sommermilch bei Weidegang, könnten diese Temperaturen in der Wintermilch sogar noch etwas höher liegen.

Für die Praxis bedeutet dies, dass Kälber unter ad libitum-Fütterung häufiger Milch mit reduziertem Energiegehalt aufnehmen könnten, insbesondere wenn sie die Milch nicht vollständig austrinken. Diese Problematik wird bei niedrigen Außentemperaturen noch verstärkt, wenn die Rückstände im Eimer höher sind. Eine mögliche Gegenmaßnahme wäre regelmäßiges sanftes Umrühren oder der Einsatz von Emulgatoren, um die Fettverteilung stabiler zu halten, wie es in einigen ad-libitum-Fütterungsverfahren üblich ist. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob diese alternativen Tränkesysteme (z. B. Joghurt-Tränke, angesäuerte Milch) oder Temperierungskonzepte den Fettverlust minimieren können (Lfl, 2018; LfL).

Einschränkend ist anzumerken, dass dieser Versuch unter kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt wurde und mikrobiologische Effekte nicht untersucht wurden. Weitergehende Studien mit sollten unter Praxisbedingungen erfolgen, um den Einfluss von Fütterungsmanagement, Hygiene und

Milchqualität auf die Entmischung und Abkühlung zu verifizieren. Auch die Wirksamkeit mechanischer oder chemischer Verfahren zur Stabilisierung der Milch könnte im Hinblick auf diese Parameter künftig näher beleuchtet werden.

Fazit

Wie sich gezeigt hat, entmischt sich die Vollmilch im Nuckeleimer stark und je kälter es ist, desto deutlicher wird die Entmischung. Besonders wenn der Eimer nicht vollständig ausgetrunken wird, kann die Zusammensetzung von den angenommenen Werten noch weiter abweichen. Die beschriebenen Effekte müssen beim Handling der Milch für die Kälber berücksichtigt werden. Zukünftig muss noch geklärt werden, ob Entmischung auch unter Praxisbedingungen für die Versorgung der Kälber relevant ist und welche Möglichkeiten es gibt diesem Phänomen sinnvoll vorzubeugen. Außerdem sollte überprüft werden, wie sich die Entmischung bei anderen Tränke Systemen verhält (z.B. Joghurt-Tränke oder angesäuerte Tankmilch).

Danksagung

Das Projekt TreK („Entwicklung von Managementempfehlungen zur Risikominimierung einer Entgleisung der Körperkerntemperatur bei neugeborenen Kälbern direkt nach der Geburt“) wird dankenswerterweise gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (A/24/03).

Literaturverzeichnis

AELF. Anleitung für die ad libitum Tränke. <https://www.aelfch.bayern.de/landwirtschaft/tierhaltung/126569/index.php>

Hayer, J. J., Nysar, D., Heinemann, C., Leubner, C. D., & Steinhoff-Wagner, J. (2021). Implementation of management recommendations in unweaned dairy calves in western Germany and associated challenges. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7039-7055.

LfL (2016). Projektbericht. Einfluss einer ad libitum Vollmilchtränke auf die Futteraufnahme, Gewichtsentwicklung, ausgewählte Blutparameter und das Verhalten von Fleckviehkälbern

LfL. Joghurttränke in der Kälberaufzucht.

LfL (2018). Warm- Sauertränke – ein arbeitssparendes Tränkeverfahren.

Ma Y, Barbano DM. Gravity separation of raw bovine milk: fat globule size distribution and fat content of milk fractions. *J Dairy Sci.* 2000 Aug;83(8):1719-27. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75041-7. PMID: 10984147.

Autorenanschrift/ Author Address

Prof. Dr. Julia Steinhoff-Wagner
Tierernährung und Metabolismus
Liesel-Beckmann Straße 2
85354 Freising
E-Mail: jsw@tum.de



BAYERN ■
REGIONALE
TIERBETREUUNG



Nur mit LKV Bayern:
Eine rundum innovative
Tierbetreuung!

LKV Bayern e. V.
Landsberger Straße 282 | 80687 München
Tel.: 089/544348-0 | Fax: 089/544348-10
poststelle@lkv.bayern.de

www.lkv.bayern.de

Literatur-Review: Heat Shock Proteine als Marker für Temperaturstress in Kälbern

Constanze Ostendorf¹, Isabell Braun¹, Julia Steinhoff-Wagner^{1,2}

¹TUM School of Life Sciences, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan;

²HEF World Agricultural Systems Center, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

Was sind Heat Shock Proteine?

Heat Shock Proteine (HSP) wurden erstmals im Jahr 1996 durch den Forscher Ferruccio Ritossa entdeckt, als dieser Fruchtfliegen hohen Temperaturen aussetzte und einen Anstieg in den später als Heat Shock Proteinen bezeichneten Proteinen bemerkte (Ritossa, 1996). Sie werden nach ihrem molekularen Gewicht in kDa klassifiziert und die gängigsten Vertreter sind HSP 110, HSP 100, HSP 90, HSP 70, HSP 60, HSP 40, HSP 10 und kleine HSP (HSPB) unter 10 kDa (Kumar et al, 2015).

Entgegen ihres Namens sind HSP nicht alleinig über Hitzestress reguliert, sondern in fast allen Situationen beteiligt, die das Zellüberleben beeinträchtigen können. So werden steigende Konzentrationen auch durch verschiedene andere Stressoren, wie erhöhte Konzentrationen an Schwermetallen, Pathogenen, oxidativen Stress oder ähnlichem, beobachtet (De Maio, 1999).

In ihrer Primärfunktion sind HSP Chaperone und sollen verhindern, dass Proteine an falschen Aggregationen beteiligt sind (Sørensen et al., 2003). Sie sichern das Falten, Entfalten und Neufalten von Stress-denaturierten Proteinen durch Binden an hydrophobe Proteinsequenzen, die durch die Denaturierung freigesetzt wurden. Damit verhindern sie die Interaktionen mit benachbarten Proteinen und den Verlust der Proteinfunktion (Kumar et al, 2015). Fehlfaltungen von Proteinen sind der grundlegende Mechanismus in der Pathologie einiger Erkrankungen, wie Alzheimer, Kreuzfeld-Jakob, BSE, Scrapie, als auch Lebererkrankungen oder Polyglutaminerkrankungen (wie Chorea Huntington) (Sørensen et al., 2003). Darüber hinaus können auch Fieber, Hypoxie, Oxidative Schäden oder Endotoxämien Fehler in der Proteinfaltung verursachen und korrelieren in spezifischen Variationen mit dem Auslösen von verschiedenen Chaperonen (Sørensen et al., 2003).

HSP steigern zudem die Produktion von antiinflammatorischen Zytokinen und erhalten damit eine Immunhomöostase: extrazelluläres HSP70 fördert antivirale Abwehrmechanismen, intrazellulär aktiviert es Signalketten, die eine Immunaktivierung/-inaktivierung regulieren, wodurch exzessive Entzündungsreaktionen und Gewebeschäden verhindert werden (Kong et al., 2025).

HSP sind in der Regel intrazellulär zu finden. Lange wurde angenommen, dass extrazelluläre HSP nur durch Zellnekrosen freigesetzt werden und dadurch eine proinflammatorische Signalweiterleitung verursachen als Hinweis eines nicht physiologischen Gewebeschadens (Pockley, 2003). Es scheint aber so, dass HSP auch unter physiologischen Bedingungen in den Extrazellulärraum abgegeben werden und dort immunmodulierend wirken. Die genauen Prozesse, die diese Freisetzung regulieren sind noch unbekannt (Pockley, 2003).

Regulation und Nachweis von Heat Shock Proteinen

Die Biosynthese und Arbeit von HSP ist ein sehr energieverbrauchender Prozess und stellt einen Trade-off zwischen Stressortoleranz und metabolischen Aktivitäten für Wachstum und Reproduktion dar (Archana et al., 2017). Die Expression von HSP wird daher engmaschig kontrolliert, um eine durch Überproduktion verursachte falsche Wachstumskontrolle und schlimmstenfalls ausgelösten Zelltod und Gewebeschäden zu verhindern. Ist eine Zellhomöostase wieder erreicht, wird HSP70 daher schnell eliminiert und liegt in nur niedrigen Basal Leveln vor (Sørensen et al., 2003).

Die Expression von HSP in Wirbeltieren läuft primär über Heat Shock Factor (HSF) 1 und 2 (Pockley, 2003). Unter physiologischen Bedingungen liegt HSF1 im Zytoplasma als latentes Monomer vor, das nicht an DNA binden kann. Durch einen Stressor kommt es zu einem intrazellulären Flux von non-native Proteinen (Morimoto and Santoro, 1998). Dieser Vorgang aktiviert HSF1, es hyperphosphoryliert und kann so an DNA binden und translokalisiert vom Zytoplasma zum Nukleus (Morimoto and Santoro, 1998). Mit der Stress-induzierten Produktion von HSP proportional zu dem Maß an Fremdproteinen, relokalisiert HSP70 in den Nukleus, bindet an die HSF1 Aktivierungs-Domäne und unterdrückt damit die weitere Transkription von HSP Genen (Morimoto and Santoro, 1998).

Die Analyse von HSP im Labor kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Zum einen kann durch kommerziell erhältliche Kits mittels kompetitiver ELISA direkt die Serumkonzentrationen von verschiedenen HSP im Blut gemessen werden. Andererseits kann die Expression der HSP über Extraktion von RNA und DNA analysiert werden. Aus Serum wird dazu mit kommerziellen Kits die RNA bzw. DNA extrahiert und mit quantitativen real-time PCR anschließend die Expressionsrate für die jeweiligen Proteine oder Faktoren bestimmt (Kim et al., 2020b). Eine Genotypisierung der DNA zur Expression von HSP ist mit PCR über ihre SNPs ebenfalls möglich (Kim et al., 2025). Über RNA oder DNA Extraktion ist auch die Analyse der HSP Expression aus anderen Geweben und Organen, wie dem Verdauungstrakt, Muskel, Fettgewebe oder Embryonen möglich (Archana et al., 2017).

Als nicht-invasive Probe zur Messung der HSP Expression eignen sich sowohl Haarfollikel (Kim et al., 2020), als auch Speichel (Rajamanickam et al., 2025) oder Milch (Rakib et al., 2025). Kompetitive Sandwich-ELISA ermöglichen außerdem eine direkte Quantifizierung der HSP Konzentrationen im Speichel und in Milch (Pathirana and Garcia, 2022, Rajamanickam et al., 2025).

Heat Shock Proteine bei Temperaturstress

Von besonderem Interesse sind Heat Shock Proteine als mögliche Marker für Stressreaktionen und eine mögliche Genotypisierung, vor allem wegen ihrer Beteiligung an Temperaturstress (Archana et al., 2017). Temperaturstress kann sowohl Hitzestress als auch Kältestress sein und entsteht dann, wenn die klimatischen Bedingungen außerhalb der thermoneutralen Zone des Tieres liegen.

Als thermoneutrale Zone werden die optimalen klimatischen Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit) bezeichnet, die einem homoiothermen Tier erlauben ohne weitere Anpassungsmechanismen seine physiologische Körperkerntemperatur aufrecht zu erhalten (Srikanth et al., 2017). In den Randbereichen der thermoneutralen Zone kann durch verschiedene energieaufwendige Mechanismen, wie Schwitzen, Zittern oder vermehrte oder verringerte Futteraufnahme, die Temperatur weiter ausgeglichen werden. Wenn die Bedingungen jedoch Extremwerte überschreiten, die eine Aufrechterhaltung der physiologischen Temperatur über Anpassungsmechanismen nicht mehr ermöglichen oder über längeren Zeitraum in einem kritischen Bereich liegen, spricht man bei Überschreitung von Hitzestress und bei Unterschreitung von Kältestress (Srikanth et al., 2017). Die daraus folgende Entgleisung der Körperkerntemperatur führt zu Leistungsverlechterungen und erhöhter Mortalität (Archana et al., 2017). Temperaturstress ist abhängig von der thermoneutralen Zone des Zielorganismus; in Säugern wird eine Expression von HSP in der Regel ab 41°C Körpertemperatur induziert.

Holstein Milchkühe sind aufgrund ihres hohen Stoffwechselumsatzes für die Milchproduktion relativ hitzeempfindlich, ihre thermoneutrale Zone liegt, je nach Haltungssystem, bei Temperaturen zwischen 0 bis +15°C (National Research Council et al., 2001, Brügemann et al., 2012). Kälber verlieren dagegen durch ihre verhältnismäßig große Körperoberfläche im Vergleich zur Körpermasse und geringere Isolationsschichten als erwachsene Tiere schnell Wärme. Dadurch sind sie zwar einerseits hitzetoleranter, aber auch anfälliger für Kältestress (Abbildung 1). Die thermoneutrale Zone beim Kalb wird daher in den ersten Lebenstagen zwischen +15°C bis +25°C beschrieben (NRC, 2001). Während es bereits verschiedene Untersuchungen zu den Auswirkungen von Hitzestress auf Tränkekälber gibt, sind Auswirkungen von Kältestress noch wenig untersucht.

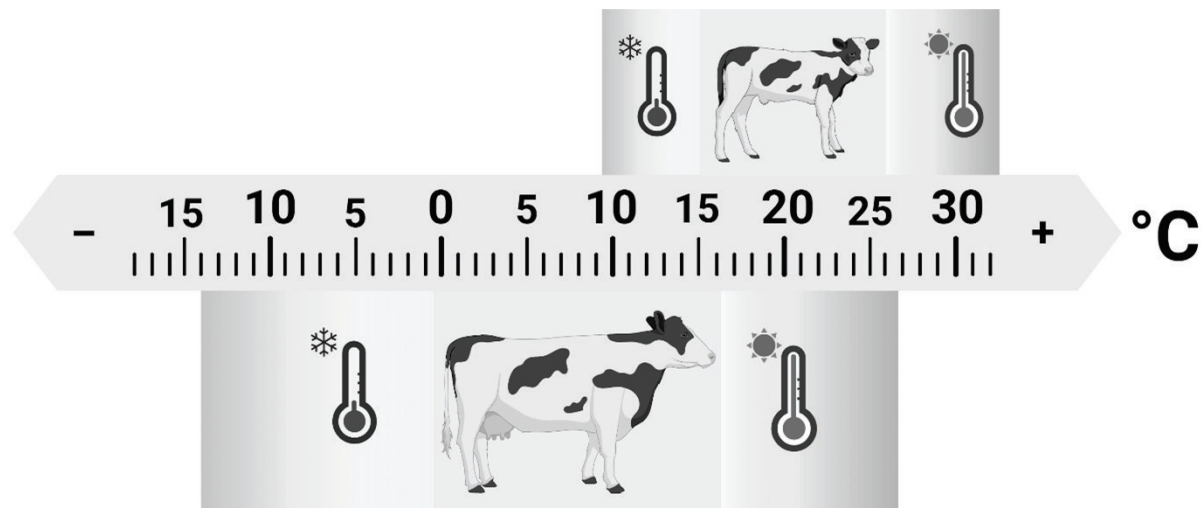


Abbildung 1: Thermoneutrale Zone bei Holstein Milchkühen und Holstein Milchkälbern in °C, sowie beginnender Hitze- oder Kältestress

Die primär an der Etablierung von Thermotoleranz beteiligten Proteine sind HSP 70 und 90 und erhöhte oder erniedrigte Temperaturen führen zu einer erhöhten Produktion dieser, um eine Anpassung des Zellorganismus an den Stress zu erzielen (De Maio, 1999). Hohe Level an HSP70 reduzieren Zellwachstum und -teilung und sind nur wenig bei mildem Temperaturstress zu beobachten (Archana et al., 2017).

In Hühnern ist bei Kältestress eine Upregulation von HSP70 Genexpression im Herz, Milz, Thymus, Bursa Fabricii, Groß- und Kleinhirn, Leber, Pectoralis Muskulatur und Dünndarm beschrieben. Ähnlich zeigt die Myokardmuskulatur von Japanischen Wachteln eine starke Korrelation zwischen der Stärke des Kältestresses und der Erhöhung des HSP70 Levels. Zusätzlich zeigte die erhöhte Expression von HSP70 schützende Funktionen auf Milz und Caecum gegen Kältestress und inflammatorische Schäden in Wachteln (Kong et al., 2025). Langfristige oder intermittierende Konfrontation mit Kältestress führt hingegen zur Reduzierung der HSP70 Level und damit zu verbesserten Immunfunktionen und Stresstoleranz (Kong et al., 2025).

Bei Rindern zeigen sich aufgrund von Kältestress altersabhängige Unterschiede in den Anpassungsmechanismen. Wachsende Mastkälber zeigen bei extremen Hitzestress ein vermehrtes Liege- und reduziertes Stehverhalten und dadurch unglücklicherweise eine reduzierte Futteraufnahme (Kim et al., 2023). Daher nutzen sie als Energiequelle überwiegend körpereigene Protein- und Fettreserven, während Mastbullen ihr Muskelwachstum aufrechterhalten und auf Glukose und andere Nährstoffe zur Energiegewinnung zurückgreifen indem sie weiter fressen (Kim et al., 2023). Analysen der HSP unter Kältestressbedingungen wurden bisher nur bei klimarobusten Fleisch- bzw.

Zweinutzungsrasen durchgeführt. Kim et al. (2023) konnten in ihren kältegestressten Mastkälbern und –bullen zwar Anstiege in Cortisol Konzentrationen zeigen, jedoch keine Veränderung in den HSP70 Leveln. Xu et al. (2017) fanden im Serum von Färsen einer chinesischen Zweinutzungsrasse, die primär extensiv gehalten wird, keinen Effekt von extremen Kältestress auf die Expression von HSP oder HSF.

Zur Überprüfung von Hitzestressreaktionen im Stoffwechsel ist HSP70 von den verschiedenen HSP am besten geeignet. Kim et al. (2025) konnten bei 200 Tage alten Fleischbullen unter Hitzestress Bedingungen den deutlichsten Anstieg in der Expression von HSP70, im Vergleich zu HSP90 und HSPB1 zeigen. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass die Schwere der Reaktion, das heißt die Menge an Expressierten HSP70, in Korrelation mit der Schwere des ausgesetzten Temperaturstresses steht. Bei moderaten Abweichungen der thermoneutralen Zone wurde in den Kälbern kein signifikanter Anstieg der HSP70 Konzentrationen beobachtet (Kim et al, 2020). Diese Reaktion ist so auch in *in-vitro* Modellen, sowie in Untersuchungen in Schafen, Schweinen und Menschen zu beobachten (Kim et al., 2025). Die Expression von HSP70 sank in den Kälbern innerhalb von 6 Tagen nach der ersten HS Reaktion wieder auf Basallevel ab, ein Zeitraum der auch von Bharati et al. (2017) in Tharparkar Kühen beschrieben wurde. Diese Akklimatisierung ist in anderen Parametern, wie der, in Hitzestress-Studien üblicherweise gemessenen, Herzfrequenz oder Körpertemperatur nicht zu beobachten (Kim et al., 2020a). Es ist davon auszugehen, dass HSP wesentlich sensibler auf die Vorgänge im Körper reagieren und eine Anpassung in den physiologischen Parametern bei weiterer Akklimatisierung folgen würde (Kim et al., 2020a).

In einer weiteren Untersuchung konnte dieselbe Gruppe zeigen, dass es rassespezifische Unterschiede in der Thermotoleranz von Kälbern gibt. Milchkälber zeigten einen deutlicheren Anstieg von HSP Expression bei HS als Fleischrassekälber (Kim et al., 2025). Zudem zeigten die Fleischrassekälber eine schnellere Anpassung an die HS Bedingungen, nachweisbar durch schneller absinkende HSP70 Level (Kim et al., 2025). Auch in einem Vergleich zwischen Sahiwal (einer pakistanischen Milchviehrasse) und Frieswal (einer Kreuzung zwischen Sahiwal und Holstein) Kühen, konnten deutliche Rasseunterschiede gezeigt werden (Bhanuprakash et al., 2016). Die für ihre Hitzetoleranz bekannte Rasse Sahiwal zeigte sowohl unter Kältestressbedingungen, als auch unter Hitzestress verbesserte Zellviabilität und schnellere Anpassungen der HSP70 Konzentrationen (Bhanuprakash et al., 2016).

Die Bedeutung von Heat Shock Proteinen als Marker

Unterschiede in der Temperaturtoleranz konnten jedoch nicht nur in Rassevergleichen festgestellt werden, auch innerhalb einer Rasse zeigen sich tierindividuelle Unterschiede in der Toleranz gegenüber Stressoren. Suhendro et al. (2024) haben herausgefunden, dass es unterschiedliche Ausprägungen von Einzelnukleotid-Polymorphismen (SNPs) bei Bali Kühen gibt, die als Biomarker für die Hitzetoleranz der einzelnen Tiere eingesetzt werden können. Auch in der Studie von Kim et al. (2025) zeigten sich in beiden untersuchten Nutzungsgruppen jeweils Kälber, die eine höhere Temperaturtoleranz aufwiesen als ihre Partnertiere. Diese Erkenntnis könnte zukünftig nicht nur in der Verbesserung der Temperaturtoleranz unserer Tiere nützlich sein, auch die Toleranz gegenüber weiteren Stresssituationen, wie einem Transport, ist davon betroffen. Eitam et al. (2010) konnten zeigen, dass sich mehrere Tage alte Holstein Kälber anhand ihrer HSP Konzentrationen in „reagierende“ und „nicht-reagierende“ Tiere einteilen lassen und damit möglicherweise gleichzeitig eine höhere Immuntoleranz aufweisen (Eitam et al., 2010).

Hitzetoleranz von Holstein Muttertieren führt auch zu höherer Hitzetoleranz in Form von niedrigeren Cortisol Leveln und höheren HSP70 und HSP90 Werten bei deren Kälbern (Chen et al., 2025). Außerdem konnte bei diesen Kälbern ein besserer passiver Transfer von Immunglobulinen nachgewiesen werden (Chen et al., 2025). Hitzestress in der späten Trächtigkeit bei Muttertieren kann nachweislich zu einer Verschlechterung der passiven Aufnahme von Immunglobulinen über Kolostrum und zu veränderte Immunantworten führen, die langfristige Effekte auf die Immunität und Krankheitsresistenz haben

könnten (Tao et al., 2012). Über die Expression von HSP nach der Geburt und mögliche Einflussfaktoren, wie der Kolostrumfütterung, ist bisher nichts bekannt.

Die Rolle von HSP und ihrem Genom wurden auch in Zusammenhang mit verschiedenen anderen Mechanismen untersucht. Unter anderem haben Veränderungen im Genom von HSP70 bei Schweinen Effekte auf verringerte Trächtigkeitsraten und verminderte Spermienqualität gezeigt (Huang et al., 2002). Auch bei Rindern besteht ein Zusammenhang zwischen einer Veränderung im Genom mit Auswirkungen auf die Reproduktionsleistung (Rosenkrans et al., 2010). HSPB7 gehört zu den kleinen HSP und wird vor allem in Herz- und Skelettmuskel, sowie im Fettgewebe gebildet. Hohe Expressionsraten in übergewichtigen Ratten und Menschen lassen darauf schließen, dass HSPB7 dort eine zentrale Rolle in den Adaptionsmechanismen bei erhöhtem oxidativen Stress beteiligt ist (Sun et al., 2019). Auch bei Kälbern sind HSP nachweislich Teil des antioxidativen Systems in Adipozyten. Durch die Aktivierung HSPB7 bei der Denaturierung von Proteinen werden Pathways aktiviert, die die antioxidative Kapazität in Adipozyten steigert und damit oxidativen Stress reduzieren kann (Sun et al., 2019).

Zusammenfassung

In Anbetracht der durch den Klimawandel bedingten immer häufiger auftretenden Extremwetterlagen ist das Wissen um die Reaktion unserer Nutztiere auf diese veränderten Bedingungen für eine Anpassung der Managementmaßnahmen von besonderer Wichtigkeit. Die Messung von Heat Shock Proteinen hat in verschiedenen Nutztieren in Situationen mit Stress durch extreme Temperaturen unter Laborbedingungen bereits zuverlässige, vergleichbare Messergebnisse gezeigt.

Danksagung

Das Projekt TreK („Entwicklung von Managementempfehlungen zur Risikominimierung einer Entgleisung der Körperkerntemperatur bei neugeborenen Kälbern direkt nach der Geburt“) wird dankenswerterweise gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (A/24/03).

Literatur

- Archana, P. R., Pragna Prathap, A. Joy, and M. K. Vidya. 2017. Role of Heat Shock Proteins in Livestock Adaptation to Heat Stress. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research* 5(1).
- Bhanuprakash, V., U. Singh, G. Sengar, B. Sajjanar, B. Bhusan, T. V. Raja, R. Alex, S. Kumar, R. Singh, K. Ashish, R. R. Alyethodi, S. Kumar, and R. Deb. 2016. Differential effect of thermal stress on HSP70 expression, nitric oxide production and cell proliferation among native and crossbred dairy cattle. *Journal of Thermal Biology* 59:18–25.
- Bharati, J., S. S. Dangi, V. S. Chouhan, S. R. Mishra, M. K. Bharti, V. Verma, O. Shankar, V. P. Yadav, K. Das, A. Paul, S. Bag, V. P. Maurya, G. Singh, P. Kumar, and M. Sarkar. 2017. Expression dynamics of HSP70 during chronic heat stress in Tharparkar cattle. *International Journal of Biometeorology* 61(6):1017–1027.
- Brügemann, K., E. Gernand, U. König von Borstel, and S. König. 2012. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archives Animal Breeding* 55(1):13–24.
- Chen, X., C. Li, T. Fang, J. Yao, and X. Gu. 2025. Impact of prenatal heat tolerance in holstein dry cows on their calves' thermoregulation and immunity. *Journal of Thermal Biology* 127:104015.
- De Maio, A. 1999. Heat Shock Proteins: Facts, Thoughts, and Dreams. *Shock* 11(1):1-12.
- Eitam, H., J. Vaya, A. Brosh, A. Orlov, S. Khatib, I. Izhaki, and A. Shabtay. 2010. Differential stress responses among newly received calves: variations in reductant capacity and Hsp gene expression. *Cell Stress & Chaperones* 15(6):865–876.
- Huang, S. Y., M. Y. Chen, E. C. Lin, H. L. Tsou, Y. H. Kuo, C. C. Ju, and W. C. Lee. 2002. Effects of single nucleotide polymorphisms in the 5'-flanking region of heat shock protein 70.2 gene on semen quality in boars. *Animal Reproduction Science* 70(1-2):99–109.

- Kim, W.-S., J. Ghassemi Nejad, and H.-G. Lee. 2023. Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth. *Animals* 13(6).
- Kim, W.-S., J. Ghassemi Nejad, S.-G. Roh, and H.-G. Lee. 2020a. Heat-Shock Proteins Gene Expression in Peripheral Blood Mononuclear Cells as an Indicator of Heat Stress in Beef Calves. *Animals* 10(5).
- Kim, W. S., J. Ghassemi Nejad, D. Q. Peng, U. S. Jung, M. J. Kim, Y. H. Jo, J. H. Jo, J. S. Lee, and H. G. Lee. 2020b. Identification of heat shock protein gene expression in hair follicles as a novel indicator of heat stress in beef calves. *Animal* 14(7):1502–1509.
- Kim, W. S., Y. H. Jo, J. G. Nejad, and H. G. Lee. 2025. Effects of Heat Shock Protein 70 Gene Polymorphism on Heat Resistance in Beef and Dairy Calves Based on Proliferation and Heat Shock Protein 70 Gene Expression in Peripheral Blood Mononuclear Cells and Hair Follicles. *Animals* 15(4).
- Kong, F., X. Zhang, Q. Xiao, H. Jia, and T. Jiang. 2025. Heat Shock Protein 70 in Cold-Stressed Farm Animals: Implications for Viral Disease Seasonality. *Microorganisms* 13(8).
- Morimoto, R. I. and M. G. Santoro. 1998. Stress-inducible responses and heat shock proteins: new pharmacologic targets for cytoprotection. *Nature Biotechnology* 16(9):833–838.
- National Research Council, Board on Agriculture Natural Resources, Committee on Animal Nutrition, and S. o. D. C. Nutrition. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Seventh revised edition ed. Nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pathirana, I. N. and S. C. Garcia. 2022. Detection of heat-shock protein 70 in cow's milk using ELISA. *Animal Production Science* 62(11):1014–1019.
- Pockley, A. G. 2003. Heat shock proteins as regulators of the immune response. *Lancet* 362(9382):469–476.
- Rajamanickam, K., P. Visha, A. Elango, and V. Leela. 2025. Salivary heat shock protein 70 as a potential non-invasive biomarker of environmental thermal stress in dairy cattle. *International Journal of Biometeorology* 69(2):449–467.
- Rakib, M. R. H., V. Messina, J. I. Gargiulo, N. A. Lyons, I. N. Pathirana, P. C. Thomson, and S. C. Garcia. 2025. Skimming and storage factors affect the detection of heat shock protein 70 in raw bovine milk. *JDS Communications* 6(4):578–582.
- Ritossa, F. 1996. Discovery of the heat shock response. *Cell Stress & Chaperones* 1(2):97.
- Rosenkrans, C., A. Banks, S. Reiter, and M. Looper. 2010. Calving traits of crossbred Brahman cows are associated with Heat Shock Protein 70 genetic polymorphisms. *Animal Reproduction Science* 119(3-4):178–182.
- Sørensen, J. G., T. N. Kristensen, and V. Loeschcke. 2003. The evolutionary and ecological role of heat shock proteins. *Ecology Letters* 6(11):1025–1037.
- Srikanth, K., E. Lee, A. Kwan, Y. Lim, J. Lee, G. Jang, and H. Chung. 2017. Transcriptome analysis and identification of significantly differentially expressed genes in Holstein calves subjected to severe thermal stress. *International Journal of Biometeorology* 61(11):1993–2008.
- Suhendro, I., R. Rachman Noor, J. Jakaria, R. Priyanto, W. Manalu, and G. Andersson. 2024. Association of heat-shock protein 70.1 gene with physiological and physical performance of Bali cattle. *Veterinary World* 17(1):17–25.
- Sun, X., X. Li, H. Jia, J. J. Loo, R. Bucktrout, Q. Xu, Y. Wang, X. Shu, J. Dong, R. Zuo, L. Yang, G. Liu, and X. Li. 2019. Effect of heat-shock protein B7 on oxidative stress in adipocytes from preruminant calves. *Journal of Dairy Science* 102(6):5673–5685.
- Tao, S., A. P. A. Monteiro, I. M. Thompson, M. J. Hayen, and G. E. Dahl. 2012. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 95(12):7128–7136.
- Xu, Q., Y. C. Wang, R. Liu, L. F. Brito, L. Kang, Y. Yu, D. S. Wang, H. J. Wu, and A. Liu. 2017. Differential gene expression in the peripheral blood of Chinese Sanhe cattle exposed to severe cold stress. *Genetics and Molecular Research* 16(2).

Autorenanschrift

Constanze Ostendorf
c.ostendorf@tum.de
TUM School of Life Sciences,
Technische Universität München,
Liesel-Beckmann-Str. 2,
Freising-Weihenstephan

Feeding microencapsulated botanicals and organic acids enhances milk performance in heat-stressed dairy cows

Noah Wiedmann¹, Jörg Bartelt², Victor Sáinz de la Maza-Escolà², Andrea Piva² Ester Grilli^{2,3}, Jörg Rühle¹

¹Department of Agriculture, Food, and Nutrition, Weihenstephan University, Weidenbach, DE

²Vetagro S.p.A., Reggio Emilia, IT

³Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna, Bologna, IT

Abstract

This study evaluated the effects of microencapsulated organic acids and botanicals (OA/PB; 25% citric acid, 16.7% sorbic acid, 1.7% thymol, 1.0% vanillin, triglyceride carrier) on lactation performance and health of dairy cows exposed to natural summer heat stress. Forty-four Holstein cows (30% primiparous, 70% multiparous) were randomly assigned to control (CON) or OA/PB groups for 8 wk. OA/PB cows received 25 g/d of the additive via concentrate in automated milking systems. Temperature–humidity index (THI) exceeded 72 during the trial. In primiparous cows, OA/PB increased milk yield, energy-corrected milk, feed intake, and rumination time compared with CON. Multiparous cows showed numerically higher yields and rumination. Somatic cell score decreased in both groups over time, suggesting improved udder health. The results indicate that OA/PB can partially offset heat stress effects, particularly in first-lactation cows, supporting performance and health in commercial dairy herds.

Introduction

Heat stress (HS) impairs dairy cow performance through reduced feed intake, altered endocrine status, compromised gut integrity, and systemic inflammation, resulting in lower milk yield and quality (Baumgard and Rhoads, 2013; Fontoura et al., 2022). Increased gut permeability during HS facilitates translocation of bacterial endotoxins into circulation, triggering immune responses and diverting amino acids toward acute-phase and heat-shock proteins (Koch et al., 2019; Rius, 2019). Elevated circulating insulin concentrations during HS further inhibit lipolysis and may promote muscle protein catabolism to sustain gluconeogenesis (Wheelock et al., 2010). Dietary supplementation with a blend of organic acids + botanicals (OA/PB), including citric and sorbic acids, thymol, and vanillin, has demonstrated antimicrobial, anti-inflammatory, and pH-stabilizing effects, with microencapsulation enabling rumen bypass and targeted intestinal release (Mani-Lopez et al., 2012; Rossi et al., 2020). Controlled-environment trials report that OA/PB supplementation during HS can improve lactation performance and nitrogen use efficiency (Fontoura et al., 2022), but evidence from commercial farm conditions remains limited. This study evaluated the efficacy of OA/PB supplementation in a working dairy herd exposed to natural summer HS.

Materials and methods

The trial was conducted at a commercial dairy farm in Baden-Württemberg, Germany, milking 150 Holstein cows with an annual yield of 12,500 L. Forty-four cows (13 primiparous, 31 multiparous) were blocked by parity, lactation stage, and yield, then randomly assigned to Control (CON) or OA/PB groups ($n = 22$ each). OA/PB (AviPlus® R; Vetagro S.p.A.) was provided at 25 g/d mixed into 1 kg of robotic milking concentrate (pellet); CON cows received the same concentrate without OA/PB. All cows received the same TMR (grass and maize silages, by-products, concentrates) *ad libitum*. The study lasted 8 weeks during summer, with continuous THI recording. Parameters measured included daily milk yield (robotic system), weekly milk composition, somatic cell score (SCS), rumination time, and concentrate intake. Data were analyzed separately for primiparous and multiparous cows using repeated-measures ANOVA.

Results

Average THI during the trial exceeded the HS threshold (>72). In primiparous cows, OA/PB supplementation tended to increase milk yield ($P = 0.10$), milk fat yield ($P = 0.15$), and energy-corrected milk ($P = 0.11$) relative to CON. Milk protein yield was significantly higher in cows fed with OA/PB in comparison with their control counterparts ($P = 0.05$). Feed intake via the robot was greater in primiparous cows supplemented with OA/PB compared to control ($P < 0.01$) in OA/PB cows. Lower somatic cell count and score were observed in OA/PB cows relative to CON with an interaction treatment $\times$ time ($P < 0.01$). Data are shown in table 1. Although no significant changes were observed in milk components, multiparous cows supplemented with OA/PB, tended to increase milk yield, relative to CON ($P = 0.13$). Similar to first-lactation animals, somatic cell count and score were lower in multiparous cows supplemented with OA/PB, relative to CON with an interaction treatment $\times$ time ($P < 0.01$). Despite no observing differences in feed intake via the robot, multiparous cows that were fed OA/PB tended to increase rumination time by 45 min/d compared to control with an interaction treatment $\times$ time ($P = 0.07$). Data are shown in table 2.

Discussion

The present study demonstrates that dietary supplementation with microencapsulated OA/PB can benefit lactating dairy cows under commercial HS conditions, particularly in primiparous animals. The increased milk protein yield and the tendency for higher milk yield and ECM in primiparous cows suggest an improvement in nutrient utilization efficiency, which is consistent with previous reports under controlled HS conditions (Fontoura et al., 2022). The observed increases in robot concentrate intake and rumination time in primiparous cows indicate that OA/PB may help maintain feeding behavior and rumen function during HS, potentially mitigating the negative impact of reduced dry matter intake (Baumgard and Rhoads, 2013). Although effects in multiparous cows were less pronounced, the tendencies for higher yield and increased rumination time suggest that parity may influence the magnitude of OA/PB responses, possibly due to differences in metabolic demands or adaptive capacity.

Overall, these findings align with the proposed mode of action of the microencapsulated OA/PB, which has been previously shown to improve intestinal barrier integrity and reduce gut permeability under environmental stress (Fontoura et al., 2022). By preserving epithelial tight junction functionality, OA/PB may limit the translocation of luminal antigens and endotoxins into circulation, thereby attenuating the activation of systemic inflammatory pathways (Sáinz de la Maza-Escola et al., 2023). This reduction in inflammation can spare metabolic resources otherwise diverted to the immune response, allowing for greater allocation of nutrients toward productive functions such as milk synthesis (Kvidera et al., 2017). The improvements observed in feeding behavior, rumination time, and milk protein yield—particularly

in primiparous cows—are consistent with this mechanism, suggesting that under commercial HS conditions, OA/PB supplementation may help maintain gastrointestinal function, modulate inflammation, and enhance nutrient utilization efficiency.

Table 1: Effects of microencapsulated botanicals and organic acids in primiparous cows.

Item	Least Square Means		SEM	P - Values		
	Control	AviPlus®R		Treatment	Time	Interaction
Pellet intake, kg/d	2.96	3.75	0.10	<0.01	0.08	0.01
Milk yield, kg/d	35.60	38.70	1.72	0.10	<0.01	0.76
Milk fat, %	3.71	3.60	0.09	0.42	<0.01	0.63
Milk fat yield, kg/d	1.27	1.38	0.06	0.15	<0.01	0.98
Milk protein, %	3.39	3.34	0.06	0.57	0.21	0.99
Milk protein yield, kg/d	1.16	1.29	0.04	0.05	<0.01	0.74
Fat/Protein Ratio	1.05	1.10	0.03	0.25	0.90	0.95
ECM, kg/d	36.76	39.35	1.42	0.11	<0.01	0.88
Somatic cell count	144.2	125.0	77.1	0.86	0.03	<0.01
Somatic cell score	2.39	2.10	0.45	0.66	<0.01	<0.01
Rumination time, min	580.7	609.9	17.8	0.27	0.01	0.90
Rectal temperature, °C	38.3	38.4	0.09	0.31	<0.01	0.94
Body condition score	3.01	3.02	0.03	0.95	0.18	0.95

Table 2. Effects of microencapsulated botanicals and organic acids in multiparous cows.

Item	Least Square Means		SEM	P - Values		
	Control	AviPlus®R		Treatment	Time	Interaction
Pellet intake, kg/d	3.92	3.93	0.05	0.90	0.96	0.93
Milk yield, kg/d	40.92	42.21	1.08	0.13	<0.01	0.87
Milk fat, %	3.85	3.77	0.09	0.44	<0.01	0.23
Milk fat yield, kg/d	1.56	1.57	0.05	0.77	<0.01	0.25
Milk protein, %	3.40	3.34	0.06	0.33	0.01	0.99
Milk protein yield, kg/d	1.40	1.41	0.05	0.88	<0.01	0.82
Fat/Protein Ratio	1.07	1.04	0.02	0.35	<0.01	0.12
ECM, kg/d	43.18	43.87	1.14	0.70	<0.01	0.69
Somatic cell count	154.7	101.6	55.3	0.43	<0.01	<0.01
Somatic cell score	2.52	2.11	0.31	0.36	<0.01	<0.01
Rumination time, min	557.0	602.6	20.2	0.07	<0.01	<0.01
Rectal temperature, °C	38.3	38.4	0.08	0.71	<0.01	0.70
Body condition score	3.2	3.2	0.59	0.97	0.01	0.96

Conclusion

Under commercial summer conditions, OA/PB supplementation improved milk yield and composition, feed intake, milk quality, and rumination in both primiparous and multiparous cows. These results confirm the use of microencapsulated OA/PB as validated nutritional strategy to overcome heat-stress in dairy herds.

References

- Baumgard, L.H. and R.P.J. Rhoads. 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1:311-337.
- Fontoura, A., A. Javaid, V. Sáinz De La Maza-Escolà, N. Salandy, S. Fubini, E. Grilli, and J. W. McFadden. 2022. Heat stress develops with increased total tract gut permeability, and dietary organic acid and pure botanical supplementation partly restores lactation performance in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 105:7842-7860.

- Koch, F., U. Thom, E. Albrecht, R. Weikard, W. Nolte, and B. Kuhla. 2019. Heat stress directly impairs gut integrity and recruits distinct immune cell populations into the bovine intestine. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 116(21):10333-10338.
- Kvidera, S. K., E. A. Horst, M. Abuajamieh, E. J. Mayorga, M. V. S. Fernandez, and L. H. Baumgard. 2017. Glucose requirements of an activated immune system in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100:2360–2374. doi:10.3168/jds.2016-12001.
- Mani-López, E., H. S. García, and A. López-Malo. 2012. Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. *Food Res. Int.* 45:713–721.
- Rius, A.G. Invited Review: Adaptations of protein and amino acid metabolism to heat stress in dairy cows and other livestock species. 2019. *Appl. Anim. Sci.* 35:39–48.
- Rossi, B., Toschi, A, Piva, A, and Grilli, E. Single Components of Botanicals and Nature-Identical Compounds as a Non-Antibiotic Strategy to Ameliorate Health Status and Improve Performance in Poultry and Pigs. *Nutr. Res. Rev.* 2020, 33, 218–234.
- Sáinz de la Maza-Escolà, V., G. Li, F. Ghiseli, X. V. Yu, A. B. P. Fontoura, A. Javaid, N. S. Salandy, S. L. Fubini, E. Duan, E. Grilli, and J. W. McFadden. 2023. Effects of heat stress and dietary organic acid and pure botanical on bovine hepatic transcriptome. *J. Dairy Sci.* Vol. 106, Suppl. 1:2285
- Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, S. R. Sanders, and L. H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:644-655.

Corresponding author

Victor Sáinz de la Maza-Escolà
Vetagro S.p.A. Via Porro, 2, 42124 Reggio Emilia, Italy
E-mail: victor.sainzdelamaza@vetagro.com



ARBOCEL® – Insoluble Fiber Concentrate

Scientifically Proven Effects on Health and
Performance of Monogastric and Ruminant



Untersuchung der Wirkung eines bakteriellen Einstreuzusatzes auf die Qualität der Einstreu, deren mikrobielle Zusammensetzung sowie auf die Eutergesundheit von Milchkühen

Elisabeth ZiBler¹, Bastien Frayssinet², Petra Philipps-Wiemann¹, Christian Scheidemann¹

¹Lallemand Deutschland GmbH (Lallemand Animal Nutrition), Schwarzenbach a. d. Saale, Deutschland

²Lallemand Animal Nutrition, Blagnac, Frankreich

Einleitung

Die Verwendung von recycelten Güllefeststoffen (RGF) als Einstreumaterial in Milchviehställen gewinnt zunehmend an Bedeutung, da sie sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bietet. Diese sogenannte Bio-Bedding-Methode nutzt separierte Gülle, um eine nachhaltige und kosteneffiziente Alternative zu herkömmlichen Einstreumaterialien bereitzustellen. Gleichzeitig stellt sie jedoch hohe Anforderungen an die Stallhygiene, da der hohe Gehalt an organischen Stoffen in Kombination mit Tierexkrementen ein günstiges Milieu für die Vermehrung pathogener Mikroorganismen schaffen kann. Besonders im Fokus steht dabei das Risiko der Mastitis – einer der wirtschaftlich bedeutendsten Erkrankungen in der Milchwirtschaft (De Vlieger et al. 2018) –, die durch Bakterien wie *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Klebsiella* und *E. coli* ausgelöst werden kann. Da Milchkühe täglich mehrere Stunden liegend verbringen, spielt die mikrobiologische Qualität der Einstreu eine zentrale Rolle bei der Übertragung potenzieller Erreger auf das Euter.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Einfluss eines bakteriellen Sprayprodukts (EazyBed Spray, ES), bestehend aus Milchsäurebakterien und Bazillen, auf die mikrobiologische Zusammensetzung der Einstreu, die Zitzenhaut sowie die hygienische Qualität der Milch zu untersuchen. Dabei soll insbesondere geprüft werden, inwieweit sich pathogene Keime reduzieren und nützliche Mikroorganismen fördern lassen.

Material und Methoden

Das bakterielle Sprayprodukt (EazyBed Spray, ES) (eine Mischung aus Bacillus- und LAB-Stämmen) wurde einmal pro Woche in einer Menge von 1 g/m²/Woche während eines Monats und in einer Menge von 0,5 g/m²/Woche (Abb. 1) während der folgenden zwei Monate auf die Oberfläche von zwei behandelten Ställen (insgesamt 110 Kühe) gesprüht, während die beiden Kontrollställe (110 Kühe) unbehandelt blieben.

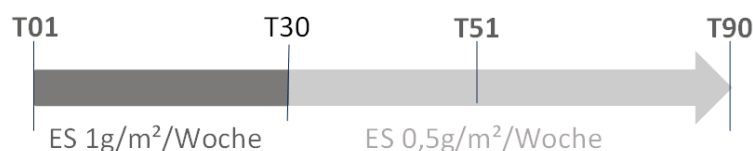


Abbildung 1: Anwendungsprotokoll in Tagen (T) von EazyBed Spray (ES)

Kontroll- und ES-Einstreu wurden am Tag 01 vor der Anwendung, am Tag 51 und am Tag 87 des Versuchs entnommen. Zu denselben Zeitpunkten wurden bei denselben 10 Kühen/Stall Zitzenhautproben entnommen. Die Bakterienpopulation wurde mittels 16S-rDNA-Sequenzierung untersucht. Die Milchparameter wurden während des Versuchs regelmäßig aufgezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenmasse der Einstreu unterschied sich zwischen den beiden Gruppen signifikant, mit einem Anstieg bei ES (+2 % TM) und einem Rückgang bei der Kontrollgruppe (-10,4 % TM). Es wurde kein Einfluss auf den pH-Wert ($8,9 \pm 1,2$) und den Gehalt an organischer Substanz der Einstreuproben ($36,4 \pm 6,4$) beobachtet.

Zudem veränderte die Anwendung von ES das Bakterienprofil der Einstreu und erhöhte die Diversität (beobachtete ASVs und Shannon, $p < 0,05$). Die Proben der Kontroll-Einstreu wiesen am Tag 51 einen signifikanten Zusammenhang mit potenziellen Krankheitserregern wie *Streptococcus*, *Fusobacterium* und einer Taxa der Ordnung Enterococcales und am Tag 87 mit *Staphylococcus* auf, während in den ES-Proben keine Taxa mit einem potenziellen Gesundheitsrisiko signifikant nachgewiesen wurden (Tab. 1).

Tabelle 1: Zusammenfassende Tabelle der IndicSpecies-Analyse mit Taxa potenzieller Krankheitserreger, die signifikant mit Kontroll- oder ES-Einstreu assoziiert sind ($n = 12/\text{Gruppe}$). NA: keine Assoziation

Behandlung	Taxa potenzieller Pathogene	% Kontrolle	% ES
Kontrolle T1	<i>Legionella</i>	0,06	0,04
Kontrolle T51	<i>Streptococcus</i>	5,66	3,49
	<i>Fusobacterium</i>	0,02	0
	Enterococcaceae	0,005	0,002
	<i>Acinetobacter</i>	12,5	11,43
Kontrolle T90	Staphylococcaceae	0,64	0,15
	<i>Staphylococcus</i>	2,02	0,44
EazyBed Spray T1	NA	NA	
EazyBed Spray T51	NA	NA	
EazyBed Spray T90	NA	NA	

Die Vorhersage der Stoffwechselwege ergab, dass die Produktion von biogenen Aminen in der Einstreu bei der Kontrolle am Tag 51 häufiger auftrat. Die bakterielle Vielfalt der Zitzenhaut wurde durch die Behandlung nicht beeinflusst, aber Proben aus der Kontrollgruppe wiesen am Tag 51 eine signifikante

Assoziation mit *Streptococcus* und am Tag 87 mit *Trueperella* und einer Taxa aus der Familie *Staphylococcaceae* auf.

Die Milchproduktion unterschied sich während des Versuchs zwischen den beiden Gruppen nicht ($42,4 \pm 7,5$ l, $p > 0,05$). Zudem wurde kein Unterschied in der Gesamtflora und der Anzahl aerober Sporen beobachtet ($p > 0,05$).

Bei Kühen aus der ES-Gruppe wurde ein geringerer Entzündungsstatus mit weniger SCC in der Milch und einer numerisch geringeren Identifizierung von Umwelt-Mastitis-Erregern beobachtet. In den Milchproben der Kontrollgruppe wurde ein signifikant höherer SCC-Wert festgestellt (Abbildung 2A), wobei mehr Proben den Schwellenwert von 250 000 Zellen/ml überschritten (305 gegenüber 151 in der Kontroll- bzw. ES-Gruppe, $p < 0,0001$).

Die effektive Identifizierung von Umwelt-Mastitis-Erregern war in der ES-Gruppe tendenziell geringer, aber es wurde kein Unterschied bei ansteckenden Mastitis-Erregern festgestellt (Abbildung 2B).

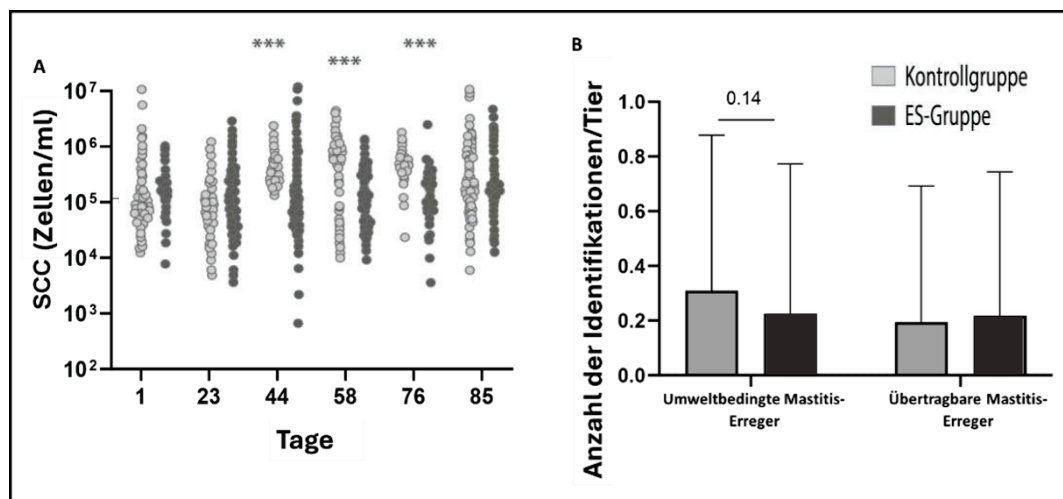


Abbildung 2: **A)** SCC in den Milchproben während des Versuchs. *** $p < 0,001$; Schwellenwert 250.000 Zellen/ml; **B)** Anzahl der identifizierten Mastitis-Erreger pro Tier in der Kontrollgruppe und der ES-Gruppe ($n=113$ bzw. 115)

Schlussfolgerung

Die gezielte Anwendung von Milchsäurebakterien und Bazillen verbessert die Einstreuhygiene und kann zur Förderung der Tiergesundheit und Milchqualität beitragen. Die Anwendung eines solchen Produkts führt zu positiven Auswirkungen auf die Bakterienpopulationen in der Einstreu, auf der Zitzenhaut sowie einer verbesserten Milchhygiene. Bio-Bedding-Systeme mit mikrobieller Behandlung stellen eine vielversprechende Option für eine nachhaltige Milchviehhaltung dar.

Literatur

De Vlieger S, Ohnstad I, Piepers S. Journal of integrative Agriculture. 2018; 17 (6):1214-1233;

Autorenanschrift

Dr. Elisabeth ZiBler
Lallemand Deutschland GmbH
Bereich Animal Nutrition
Färberstr. 22-24
95126 Schwarzenbach a. d. Saale
ezissler@lallemand.com

KONTROLLIEREN SIE DAS BAKTERIELLE UMFELD!

Erfahrungsbericht eines Milchviehhalters (Artikel «agrarheute Rind» - Juli 2025):



- Geringere somatische Zellzahlen
- Weniger umweltbedingte Mastitiden
- Geringere Ammoniak-Emissionen



Bakterielles Einstreuprodukt

Ihr Partner für mikrobielle Lösungen in einer sich stetig verändernden Welt.

Mit fundierter Wissenschaft, Ergebnissen aus der Praxis und Know-how aus langjähriger Erfahrung unterstützt **Lallemand Animal Nutrition** seine Kunden dabei, erfolgreicher zu arbeiten – und den Tieren ein gesünderes Leben zu ermöglichen.

Sprechen Sie uns gerne an: animalgermany@lallemand.com



EazyBed

LALLEMAND ANIMAL NUTRITION

LALLEMAND

Wirkung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe auf Milchertrag und Milchinhaltsstoffe

Andreas Milimonka, Christian Lückstädt, Stevan Petrovic

ADDCON GmbH, Bitterfeld

Einführung

Die landwirtschaftliche Produktion und die Futtermittelindustrie leiden weltweit weiterhin unter Verlusten durch Kontamination mit pathogenen Bakterien und den damit verbundenen Folgen für die Nutztiere, wie z. B. verringerter Gewichtszunahme und erhöhter Sterblichkeit (Lückstädt und Kühlmann, 2012). Antibiotika werden seit langem als Wachstumsförderer eingesetzt, um die Produktivität in der Tierproduktion zu steigern (Hashemi und Davoodi, 2011). Aufgrund der Entstehung von Resistenzen wurde ihre Verwendung im Tierfutter jedoch in immer mehr Ländern verboten, beginnend mit dem EU-weiten Verbot im Jahr 2006. Infolgedessen wächst das Interesse an natürlichen Alternativen, wie bioaktiven Verbindungen, die sich durch hohe Lebensmittelsicherheit und Verbraucherakzeptanz auszeichnen. Des Weiteren steht die Minderung von Klimabelastungen (CO_2 , CH_4) zunehmend im Fokus. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe können einen Beitrag leisten. Sie sind natürliche Wirkstoffe, gewonnen aus verschiedenen Pflanzen, und werden auch als „Botanicals“ oder „Phytogene“ bezeichnet (Windisch et al. 2008, Rahal et al., 2012). Zahlreiche pflanzliche Produkte haben nachweislich positive Wirkungen und medizinische Eigenschaften, darunter antimikrobielle, antioxidative, entzündungshemmende und immunmodulatorische Aktivitäten, ohne Wachstum und Futtereffizienz zu beeinträchtigen. Daher werden sie als wachstumsfördernde Futterzusätze in der Tierproduktion eingesetzt (Kumar et al. 2014, Lillehoj et al., 2018, Kuralkar und Kuralkar 2021).

Sekundäre Pflanzenstoffe sind biologisch aktive Verbindungen, die sich auch positiv auf die Pansenfermentation, die Futterverdauung, die Gesundheit und die Produktivität bei Wiederkäuern auswirken können (Saxena et al. 2019, Kholif et al. 2020). Aufgrund ihrer pansenmodulativen Wirkung können die Phytogene die Abundanz der Pansenbakterien, Protozoen oder der methanogenen Archaeen verändern. Damit können diese im Wiederkäuer als das Pansenmikrobiom beeinflussende Futterzusätze dienen (Kholif et al. 2020, Dey et al. 2021, Tamori et al. 2021). Sie sind in der Lage den Gehalt an flüchtigen Pansenfettsäuren zu verändern oder die Ammoniak- und Methanbildung (CH_4) durch eine Modulation des Pansenmikrobioms zu verringern (Yanza et al. 2020, Tamori et al. 2021). Zusammenfassend haben zahlreiche Studien in der Tierproduktion gezeigt, dass phytogene Futterzusätze, über ein verändertes Pansenmikrobiom oder die Nährstoffverdauung, die Gesundheit und den Stoffwechsel der Tiere verbessern können, was zu einer verbesserten Leistung der Wiederkäuer und einer Verringerung der CH_4 -Produktion führt. Wir haben in einer Farmstudie die Wirkung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen kombiniert mit mittel- und langkettigen Fettsäuren auf Milchparameter untersucht.

Material & Methoden

Die Studie wurde in einem Milchviehbetrieb in Mittelengland im September 2024 durchgeführt. Der Betrieb füttert eine typische grasbasierte Ration in seinem Milchviehbetrieb mit 120 bis 130 Kühen. Dieser Studie lagen 120 Kühe der Rasse Holstein-Friesen zugrunde, die sich im letzten Laktationsdrittel befanden. Den Tieren wurde das Ergänzungsfuttermittel konsekutiv verabreicht. In der Fütterungs-

/Beobachtungsperiode vom 01.09. bis 14.09. war der Ration das Ergänzungsfuttermittel nicht beigelegt. Beginnend mit dem 15.09. bis 17.10. war der Ration 15 g/Kuh und Tag pwrPlanz® EMC beigelegt. Das geprüfte Ergänzungsfuttermittel pwrPlanz® EMC ist ein hochkonzentriertes Produkt, das aus einer Mischung von aromatischen Verbindungen (sekundären Pflanzeninhaltsstoffen) mit mittel- und langkettigen Fettsäuren sowie funktionellen Ballaststoffen besteht.

Als Prüfmerkmale dienten die täglich gemolkene Milchmenge und die Milchinhaltsstoffe Fett-, Eiweiß- und Harnstoffgehalt des Gemelks. Die Unterschiede zwischen Kontrolle und pwrPlanz® EMC wurden mit dem t-Test (Microsoft Excel), ungepaarte Stichprobe, ungleiche Varianz, auf Signifikanz geprüft.

Ergebnisse & Diskussion

Die Milchleistung des Betriebes liegt bei 11500 kg/Kuh. In der Prüfperiode (letztes Laktationsdrittel) ohne Einsatz von pwrPlanz® EMC wurden 33,2 kg/Tier und Tag Milch ermilkt, bei einem Milch-Fett-/Eiweißgehalt von 4,11/3,22%. In der darauffolgenden Periode mit Einsatz von pwrPlanz® EMC konnte die Milchmenge signifikant gesteigert werden (Abb. 1). Die Milchmenge lag über die 34-tägige Zeitspanne bei 34,5 kg/Tier und Tag und damit 1,3 kg/Tier und Tag höher.

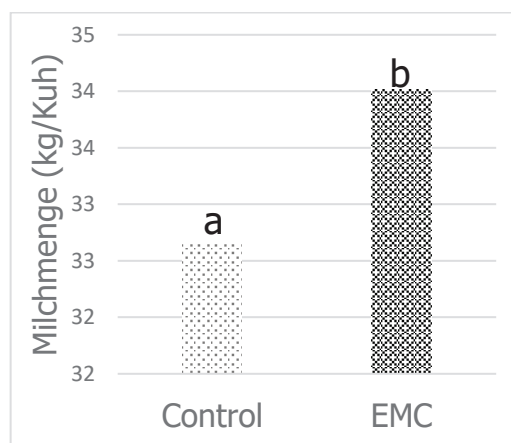


Abbildung1: Tägliche Milchmenge (kg/Kuh) in der Herde während der jeweiligen Fütterungsperiode mit und ohne pwrPlanz® EMC in der Ration

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Neben der gesteigerten Milchmenge waren auch die Milchinhaltsstoffe signifikant verändert. Alle gemessenen Milchinhaltsstoffparameter waren in der pwrPlanz® EMC-Behandlung höher (Abb. 2). Das ergibt eine um 50 g höhere Eiweiß und 100 g höhere Fettmenge pro Tier und Tag oder eine gesteigerte Produktion von 15,3 kg Eiweiß und 30,5 kg Fett je Kuh in der Laktation. Weiterhin zeigte sich ein höherer Harnstoffgehalt, der aber im optimalen Bereich lag.

Die Effekte von pwrPlanz® EMC bei Wiederkäuern lassen sich durch eine Beeinflussung des Pansenmikrobioms erklären. Wir gehen davon aus, dass es zu einer Verschiebung im Pansenmikrobiom kommt (Tamori 2021), was zu einer veränderten Pansenfermentation und einer gesteigerten Bildung von Propionat im Pansen führt (Chalupa 1986). Beim Einsatz von mittel- (MCFA) und langkettigen (LCFA) Fettsäuren in der Ration kann ebenfalls von Effekten auf das Mikrobiom des Pansens ausgegangen

werden. Chalupa (1986) und Yanza (2020) konnte zeigen das mittel- und langkettige Fettsäuren zu einer höheren Propionat- und geringeren Methanbildung beitragen, offenbar vermittelt über eine Modulation der Pansenfermentation.

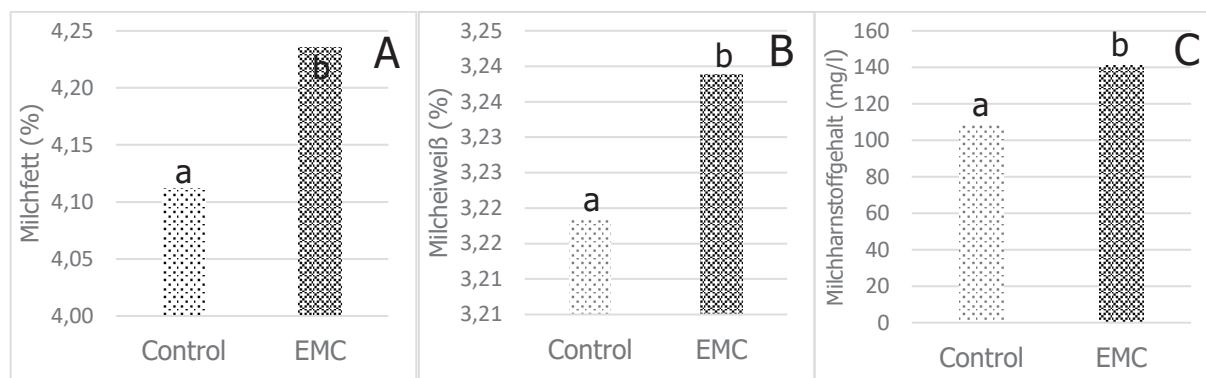


Abbildung 2. Milchinhaltsstoffe in der jeweiligen Fütterungsperiode mit und ohne pwrPlanz® EMC in der Ration, A) Fett (%), B) Eiweiß (%) und C) Harnstoff (mg/l) in der täglich gemolkenen Milchmenge. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Der Einsatz von diätetischen phytogenen Futterzusätzen führte bei Büffeln zu verbesserten Ergebnissen in der Milchmenge als auch in der Zusammensetzung der Milch (Dey et al 2021).

Geht man von einer verbesserten Propionatbereitstellung in der pwrPlanz® EMC-Behandlung aus, lässt sich der im Versuch festgestellte höhere Milchwahnhalt (Abb. 2 C) durch eine bessere Energieversorgung der Pansenmikroben und daraus resultierend einer höheren Mikrobenproteinbildung erklären. Denkbar wäre aber auch, dass dieser Effekt aus einer Nutzung des Propionats für Milchmenge und Milcheiweiß verbraucht wurde und nicht das gesamte Mikroben-Protein verwertet werden konnte, sich ein relativer Proteinüberschuss ergab.

Dieser modulierende Effekt von MCFA und LCFA auf das Pansenmikrobiom ist insbesondere in Herden sinnvoll, die in der Ration keine höheren Stärkeanteile zulassen, was sonst zu einem erhöhten Azidoserisiko führt. Zusätzlich kann durch die Umstellung von Acetat auf Propionat im Pansen mit einer pwrPlanz® EMC -Fütterung ein geringeres Auftreten von Ketose und eine Methanreduktion erwartet werden.

Ein Einsatz von pwrPlanz® EMC scheint sich als rentable Strategie in der Milchkuhproduktion darzustellen.

Schlussfolgerungen

Die im pwrPlanz® EMC enthaltene Kombination aus Fettsäuren und sekundären Pflanzeninhaltsstoffen besitzt eine effiziente Wirkung bei Milchkühen. Es steigert bei einem Einsatz von 15 g/Tier und Tag die Milchproduktion bei unveränderter TMR. Neben der Milchmenge werden auch die Milchinhaltsstoffe erhöht. Diese Effekte lassen sich durch eine Modulation des Pansenmikrobioms, in der Folge zu einer Verschiebung zugunsten des Propionats erklären.

Dieser Shifting-Prozess stellt sich schon nach kurzer Zeit ein, was zu einer signifikanten Verbesserung der Milchmenge und -zusammensetzung führte.

Literatur

- Chalupa, W., Vecchiarelli, B., Elser, A.E., Kronfeld, D.S., Sklan, D., Palmquist, D.L., 1986. Ruminal fermentation *in Vivo* as influenced by long-chain fatty acids. *Journal of Dairy Science*, 69, 1293-1301.
- Dey, A., Attri, K., Dahiya, S., Paul, S., 2021. Influence of dietary phytogetic feed additives on lactation performance, methane emissions and health status of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) <https://doi.org/10.1002/jsfa.11080>.
- Hashemi, S., Davoodi, H., 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet. Res. Commun*, 35, 169-180.
- Kholif, A.E., Hassan, A.A., El Ashry, G.M., Bakr, M.H., El-Zaiat, H.M., Olafadehan, O.A., 2020. Phytogetic feed additives mixture enhances the lactational performance, feed utilization and ruminal fermentation of Friesian cows. *Anim. Biotechnol.*, 32, 708-718.
- Kumar, M., Kumar, V., Roy, D., Kushwaha, R., Vaswani, S., 2014. Application of herbal feed additives in animal nutrition - a review. *Int. J. Livest. Res.*, 4, 1-8.
- Kuralkar, P., Kuralkar, S.V., 2021. Role of herbal products in animal production - an updated review. *J. Ethnopharmacol*, 278, Article 114246.
- Lillehoj, H., Liu, Y., Calsamiglia, S., Fernandez-Miyakawa, M.E., Chi, F., Cravens, R.L., 2018. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Vet. Res.*, 49, 76.
- Lückstädt, C., Kühlmann, K., Tho, V., 2012. Effect of dietary sodium diformate on performance and litter quality in broiler till 42 days post-hatch. WPC, Salvador Bahia, Brazil, 5. – 9. August, Book of Abstracts, World's Poultry Science Journal, Supplement 1, expanded abstract.
- Olawuwo, O.S., Famuyide, I.M., McGaw, L.J. 2022. Antibacterial and antibiofilm activity of selected medicinal plant leaf extracts against pathogens implicated in poultry diseases. *Front. Vet. Sci.*, 9, Article 820304.
- Rahal, A., Deb, R., Latheef, S.K., Abdul Samad, H. Tiwari, R., Verma, A.K., Kumar, A., Dhama, K. 2012. Immunomodulatory and therapeutic potentials of herbal, traditional/indigenous and ethnoveterinary medicines. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*.
- Saxena MJ, Ravikanth K, Thakur A, Maini S. 2019 Role of herbals in reproductive health management and improving fertility in livestock. retrieved, from Ayurved, <https://www.ayurved.com>.
- Tamori, K., Matsunaga, B., Boonsaen, P., Khongpradit, A., Sawanon, S., Nagashima, K., Koike, S., 2021. Feeding cashew nut shell liquid decreases methane production from feces by altering fecal bacterial and archaeal communities in Thai local ruminants. *Animal science journal*. <https://doi.org/10.1111/asj.13569>
- Windisch W. Schedele, K, Plitzner, C., 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86, 140-148.
- Yanza, Y.R., Szumacher-Strabel, M., Jayanegara, A., Kasenta, A.M., Gao, M. Huang, H., Patra, A.K., Warzych, E., Cieślak, A. 2020. The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105, 874-889.

Korrespondierender Autor

Andreas Milimonka
ADDCON GmbH
Parsevalstr.6
06749 Bitterfeld
andreas.milimonka@addcon.com

Wirkung verschiedener natriumnitrithaltiger Siliermittel auf schwersilierbare Pflanzen wie Luzerne

Andreas Milimonka¹, C. Kalzendorf² und Maryna Dubina¹

¹ADDCON GmbH, 06749 Bitterfeld, Deutschland,

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, FB Grünland und Futterbau, Oldenburg, Deutschland

Einleitung

Grobfutter wie Weidegras oder Silage ist die wichtigste Futtergrundlage für Wiederkäuer. Es liefert Ballaststoffe, Energie, Mineralstoffe und Eiweiß. Eiweiß aus eigenem Anbau hilft dabei, den Sojaeinsatz zu senken – das reduziert Landnutzungsänderungen auf der Südhalbkugel und den CO₂-Fußabdruck der Milchproduktion (Neumann et al. 2017). Gräser und Leguminosen können eine der größten Eiweißquellen für Milchkühe sein. Während der Silierung kommt es jedoch durch pflanzliche Enzyme und mikrobielle Eiweißabbauprozesse zu Qualitätsverlusten beim Protein. Um diesen Prozess zu mindern, muss der pH-Wert zu Beginn der Gärung rasch abgesenkt werden. Additive helfen dabei, die mikrobielle Aktivität über die gesamte Gärdauer gezielt zu steuern. Milchsäurebakterien (MSB) fördern den pH-Abfall, während Ameisensäure-basierte Mittel die Fermentation chemisch bremsen. Salz-basierte Additive kontrollieren Fehlgärungen und unterstützen so die Spontangärung. Hexamethylentetramin (HMTA) ist dabei besonders effektiv gegen Clostridien (König et al. 2016). Werden Fehlgärungen vermieden, können deutliche Mengen an CO₂-Ausgasung eingespart werden, die sich aus den TM-Verlusten ergeben (Milimonka et al. 2019). In dieser Studie wurden verschiedene Kombinationen von Salzen organischer und anorganischer Säuren mit und ohne HMTA getestet.

Material und Methoden

Der Versuch fand bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Oldenburg statt. Verwendet wurde der erste Schnitt, Luzernereinbestand, Sorte 'Sibemol' im Jahr nach der Ansaat. Die Ernte erfolgte im Knospenstadium. Um ein schwer silierbares Substrat zu erhalten, wurde das Material langsam angewelkt. Dazu wurde das Welkgut 6 Stunden lang mit einer Folie abgedeckt, um den Zuckergehalt durch Atmung senken.

Dieses Pflanzenmaterial wurde wie folgt charakterisiert (in g/kg TS): TS 220, Rohasche 124, Rohprotein 236, säuredetergens-Faser organischer Substanz (ADFom) 295, wasserlösliche Kohlenhydrate (WSC) 71 und Zucker-/Pufferkapazität von 0,73. Der Fermentationskoeffizient betrug 28, was ein schwer silierbares Futter beschreibt. Der mikrobielle Besatz für Milchsäurebakterien (MSB) und Clostridien lag bei 10.000 bzw. 30 KBE/g Futter.

Am Folgetag wurde das Material auf 4 cm Länge gehäckselt, in 5kg Chargen geteilt und mit folgenden Siliermitteln behandelt: KL (Kofasil liquid): Natriumnitrit + HMTA, 3 l/t; KLNr (Kofasil liquid NR): Natriumnitrit + Natriumbenzoat, 3 l/t; KUNr (Kofasil Ultra NR): Natriumnitrit + Natriumbenzoat + Natriumpropionat, 4 l/t. Die Kontrolle wurde mit 3 l/t Wasser benetzt. Die Behandlung erfolgte per Handsprüher. Das Material wurde gründlich gemischt und in 1,5-Liter-Gärgläser gefüllt. Es erfolgte die Lagerung bei 20 °C für 60 Tage. Zusätzlich wurden 0,5-Liter-Gläser für pH-Messungen an Tag 3

verwendet. Die chemische Analyse erfolgte nach VDLUFA (2011), die Gärsäuren wurden mittels HPLC bestimmt. Die Gärverluste wurden nach Weißbach (2005) berechnet. Das Versuchsdesign war randomisiert mit 3 Wiederholungen. Die biostatistische Bewertung erfolgte mit SAS, ANOVA, post-hoc t-Test.

Ergebnisse und Diskussion

Am dritten Tag lagen die pH-Werte bei >5 (Abb. 1), was auf die hohe Pufferkapazität, geringen Zuckergehalt und niedrige TS zurückzuführen ist – zudem war die MSB-Zahl gering. Unter diesen Bedingungen verbesserten die Zusätze den pH-Abfall signifikant, wobei KLNR und KUNR ohne HMTA den stärksten Effekt zeigten. Sie greifen weniger stark in die Aktivität der MSB ein als z. B. KL. Zusätzlich konnten alle Zusätze Fehlgärungen durch Enterobakterien und Clostridien reduzieren, sichtbar an den deutlich geringeren Fermentationsverlusten (Tab. 2).

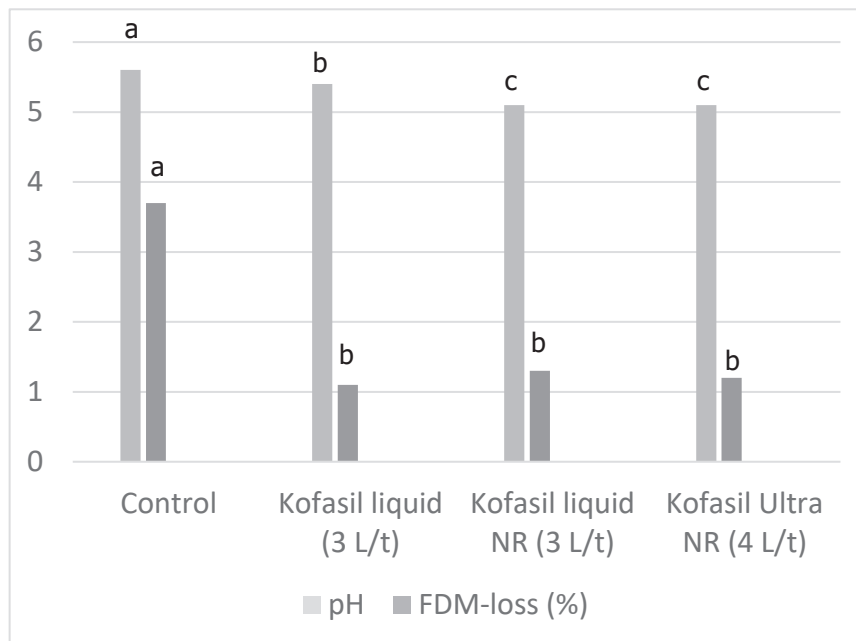


Abbildung1: Wirkung von Kofasil NR und Kofasil Ultra NR auf den pH-Wert und die Trockenmassegärverluste (FDM-loss) einer Luzernesilage (TS 22%) am Tag 3 im Vergleich zur negativ- und positiv-Kontrolle (Kofasil liquid), Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei $P < 0,05$

Nach 60 Tagen war der pH-Wert bei allen behandelten Proben zwar gesenkt, lag aber weiterhin über dem empfohlenen Wert von 4,1 bei 22 % TS (Wyss 2005). Die Kontrolle zeigte nur einen minimalen pH-Abfall, was auf anhaltende Proteolyse schließen lässt. Dies wird durch den mehr als dreifach höheren Ammoniak-N-Gehalt bestätigt (Tab. 2).

Alle Additive senkten die Bildung von Essigsäure (ES), die bei hohem pH v.a. von Enterobakterien gebildet wird. Ein enger Zusammenhang zwischen pH und ES ($r^2 = 0,91$) war nachweisbar. Die Gehalte

an Buttersäure (BS) und Ammoniak-N – typische Marker für Fehlgärung – wurden deutlich reduziert. Auch die Clostridien-Zahlen waren in den Behandlungen signifikant geringer. Die HMTA-haltige Variante KL zeigte dabei die geringsten Essigsäure- und Fermentationsverluste.

Interessanterweise war der Milchsäuregehalt bei KL niedriger, was auf eine Hemmung der MSB durch HMTA und den höheren Nitritgehalt schließen lässt. KLN- und KUN-Mischungen mit Natriumbenzoat zeigten die niedrigsten Ammoniak-N-Werte. Das liegt vermutlich daran, dass HMTA erst unter sauren Bedingungen zu seiner aktiven Substanz (Methylaldehyd) hydrolysiert wird – das verzögert seine Wirkung.

Tabelle 1: Wirkung von Kofasil NR und Kofasil Ultra NR auf Gärparameter, Clostridien-Anzahl und TMG-Verluste einer Luzernesilage (DM 22%) am Tag 60 im Vergleich zur negativ- und positiv-Kontrolle (Kofasil liquid)

	pH	MS	ES (% DM)	BS	NH ₃ -N (% Nt)	Clostridien (CFU/g)	TMG (%)
Kontrolle	5,4 ^a	7.7 ^a	3.9 ^a	3.2 ^a	28.5 ^a	820 ^a 9.2 ^a	
Kofasil liquid (3 L/t)	4,5 ^a	7.8 ^a	1.5 ^b	0.0 ^b	7.3 ^b	5.0 ^b	2.5 ^b
Kofasil liquid NR (3 L/t)	4,8 ^b	8.0 ^b	2.7 ^c	0.0 ^b	5.5 ^c	5.0 ^b	3.3 ^d
Kofasil Ultra NR (4 L/t)	4,6 ^b	8.2 ^b	2.2 ^d	0.0 ^b	6.6 ^{bc}	6.7 ^b	2.8 ^c

MS=Milch-, ES=Essig-, BS=Buttersäure, TMG=Trockenmassegärverlust

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (p=0,05)

Fazit

Luzerne ist aufgrund ihres niedrigen Zuckergehalts und der hohen Pufferkapazität schwer silierbar und anfällig für Fehlgärungen. Alle getesteten Zusätze zeigten eine fermentationsfördernde Wirkung. Das HMTA-haltige KL wirkte zwar stark gegen Clostridien, scheint jedoch auch die MSB zu beeinträchtigen. KLN- und KUN – auf Basis von Natriumnitrit und Natriumbenzoat (bzw. zusätzlich Natriumpropionat) – verhinderten ebenfalls Fehlgärungen, senkten die Bildung von Essig-, Buttersäure und Ammoniak-N und führten zu deutlich geringeren Gärverlusten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Durch die deutliche Minderung der Gärverluste tragen Additive potenziell auch sehr stark zur Reduktion der CO₂-Lasten aus dem Futterbau bei.

Literatur

König, W., Lamminen, M., Weiss, K., Tuomivirta, T., Sanz Munoz, S., Fritze, H., 2017. The effect of additives on the quality of white lupin-wheat silage assessed by fermentation pattern and qPCR quantification of clostridia. Grass and Forage Science, DOI: 10.1111/gfs.12276, 1-15.

Milimonka, A., Thaysen, J., Richter, C., 2019. Nachhaltigkeit – können Siliermittel einen Beitrag leisten? 57. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 96-101.

Neumann, H., Dierking, U., Taube, F., 2017. Erprobung und Evaluierung eines neuen Verfahrens für die Bewertung und finanzielle Honorierung der Biodiversitäts-, Klima- und Wasserschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe. Berichte über Landwirtschaft 95 3, 1-37.

VDLUFA, 2011. VDLUFA Methodology book, Vol. III., 1997-2011, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Weißbach, F., Zwierz, P., Reuter, B., Köller, S., Weißbach, H., Baronius, W., 1989. Control of the silage fermentation by chemical preserving agents. *Chimicaoggi*, October, 57-60.

Weißbach, F., 2005. A simple method for the correction of fermentation losses measured in laboratory silos. *Proceedings of the XIVth International Silage Conference.*, Belfast, 278.

Wyss, U., 2005. Beurteilung von Silagen, Merkblatt für die Praxis. *ALP aktuell*, Nr. 18, 1-4.

Autorenanschrift

A.Milimonka
ADDCON GmbH
Parsevalstr.6
06749 Bitterfeld
andreas.milimonka@addcon.com

BIO-SIL® für mehr Milch und mehr Biogas!

Hochaktive homofermentative Milchsäurebakterien für **alle Silagen**. (Gras, Mais, Leguminosen, GPS, CCM und Getreide)

Bewährt in den besten deutschen Milchbetrieben!
Geringste Silierverluste und für Silage die schmeckt.

BIO-SIL®



- 1b** Verbesserung des Gärverlaufes, für leicht bis mittelschwer vergärbares Siliergut im unteren TM-Bereich < 35%
- 1c** wie 1b, aber Futter im oberen TM-Bereich >35% bis 50%
- 4b** Verbesserung der Verdaulichkeit
- 4c** Erhöhung der Milchleistung

Kombinationsprodukte: einzig geprüfte Sicherheit für extreme Silierbedingungen

BIO-SIL® + Sila-fresh
(Basis: Kaliumsorbat)



BIO-SIL® + Amasil® NA



BIO-SIL® + Melasse

- 2** Verbesserung der aeroben Stabilität bei CCM, LKS, Feuchtmals und für Maissilage
 - 1a** für schwer silierbares Futter
- für schwer silierbares Futter

Weitere Markenprodukte aus dem Hause Dr. PIEPER:

- Amasil® NA ► Dosiergeräte ► Transi•fit®
- BERGAFAT T-300 ► Propylenglykol
- Rohglycerin ► Drenchbesteck
- Sila-fresh (Basis: Kaliumsorbat)

Bestellung aller Produkte direkt bei uns, über Landhändler oder Lohnunternehmen.

Die beste Lösung für Ihren Betrieb finden Sie in unserem **Fahrplan zur Silierung** im Internet oder rufen Sie uns an.



Dr. PIEPER Technologie- und Produktentwicklung GmbH

Dorfstraße 34 • 16818 Neuruppin/OT Wuthenow
Tel.: 03391 68480 • Fax: 03391 684810 • E-Mail: info@dr-pieper.com

Vorteile von BIO-SIL®

✓	sehr schnelle pH-Wertabsenkung
✓	hohe Reinproteingehalte in den Silagen (starke Hemmung der Proteolyse)
✓	hohe Wirksamkeit gegen Gärschädlinge
✓	nutzt zur Säurebildung das gesamte Spektrum vergärbbarer Kohlenhydrate
✓	hohe Wirksamkeit sowohl bei niedrigen und hohen Trockenmassegehalten als auch bei niedrigen und hohen Temperaturen

GRUNDPREIS FÜR BIO-SIL®

0,79 €/t Siliergut!

RABATTE MÖGLICH

NEU: FÜR ALLE HÄCKSLER
Durchsatzorientierter Dosierer für 4 verschiedene Siliermittel gleichzeitig



www.silage.de

Impact of Supplementation with Three Fermentation Extracts on Milk Yield and Diet Digestibility in Dairy Cattle

Dominique Bochut¹, Ursula Bläser¹

¹Jefo – 2 rue Claude Chappe – Espace Performance La Fleuriaye – BP 50776 – 44481 Carquefou Cedex (France)

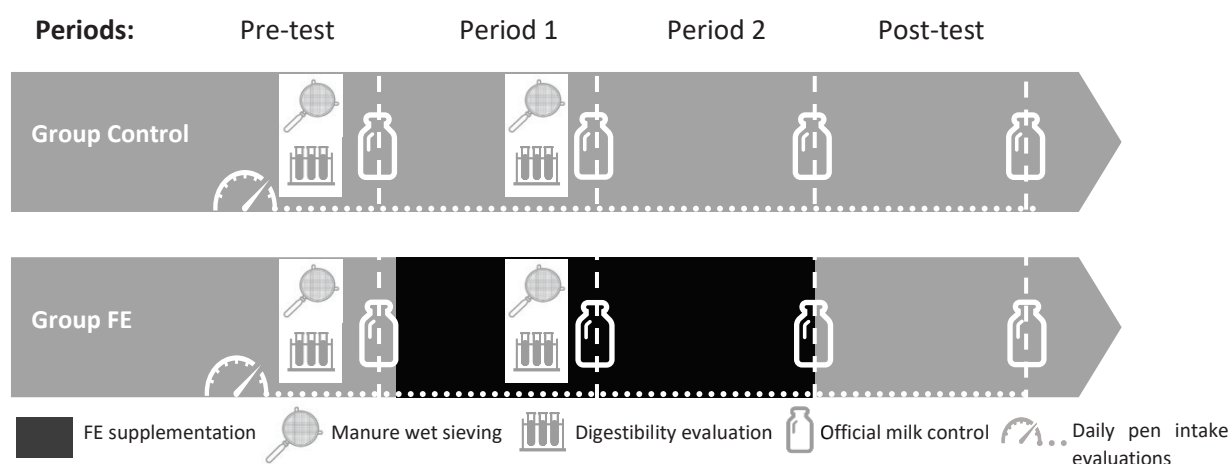
Introduction

In ruminants, improving ruminal digestibility, especially of poorly digestible fractions, leads to enhance production performance (Beauchemin and Holtshausen, 2011). This study aimed to assess the benefits of a unique combination of three fermentation extracts (*Trichoderma viride*, *Bacillus subtilis* and *Aspergillus Oryzae*) on the performance of dairy cows fed a mixed forage diet (corn and grass silage). Additionally, the study evaluated its impact on ration digestibility using two different methods. By monitoring daily intake, we aimed to evaluate its effects on feed efficiency.

Material and Methods

The trial was performed in a dairy farm located in Neuendorf bei Elmshorn, Schleswig-Holstein, Germany. The fermentation extract supplement (FE) was tested in a classic controlled, randomized design for 3 months (contemporary groups). The first month, considered as the pre-test period, consists of feeding both groups with the basal diet, without any supplementation. A total of 180 lactating cows (parity: 2.64; 115 DIM) were involved in the trial and divided into two groups. These two groups consist of cows in the first half of their lactation period, housed in the same barn under similar living conditions. The experimental group received 3 g/cow per day of FE in their mineral base-mix, while the control group received no supplementation. Data collection was performed before, during and after the supplementation (as described below).

Rations were based on corn and ryegrass silages, rapeseed meal, and rye (see Tables 1 & 2). Measurements and analyses were carried out according to this design:



Milk, fat and protein yields results were analyzed using XLSTAT (version 2024.4.1), employing ANCOVA (Type III sum of squares) with «pretest» period as covariate. For milk production, values for each cow were adjusted to 150 DIM basis using the following equations:

- Adjusted milk yield = milk + milk x (DIM - 150) x 0.00167 (Primiparous)
- Adjusted milk yield = milk + milk x (DIM - 150) x 0.00233 (Multiparous)

Manure wet sieving was done with the Obsalim® tool set (A kitchen fine mesh sieve 1mm, an adjustable sprayer nozzle equipped with a pressure regulator, a potato ricer and an electronic scale). Fecal grab samples were collected from 20 (2 x 10) multiparous cows, between 100 and 200 DIM, pooled for each group and wet sieved. After pressing the residue, the retained material was weighed. The final result is expressed in the percentage of the initial fecal sample weight.

Digestibility evaluation was performed by analyzing different nutrients in TMR and an average fecal sample. The laboratory (Rock River Laboratory, Neu Kaliß, Germany) does chemical analysis (DM, aNDF and starch) and evaluates digestibility of nutrients. Apparent total-tract nutrient digestibility is calculated using indigestible NDF (iNDF) as an internal marker (Schalla et al., 2012). The iNDF is obtained by measuring the undigested NDF after 120 h of *in vitro* incubation in rumen fluid. The iNDF is particularly interesting because of its zero-rate degradation (better marker than lignin or ash). In this way, the amount of iNDF ingested in TMR is equal to the amount excreted in feces. Therefore, by evaluating the level of iNDF as a marker and measuring the levels of various nutrients (such as NDF, organic matter, or starch) in both feces and diet (% of DM), as shown in Figure 1, we can gather the necessary data. Using this information, we are able to calculate the apparent disappearance of each nutrient relative to the marker, applying the following equation:

$$\text{Nutrient X digestibility (\%)} = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\text{iNDF TMR (\%DM)}}{\text{iNDF faeces (\%DM)}} \right) \times \left(\frac{\text{Nutrient X feces (\%DM)}}{\text{Nutrient X TMR (\%DM)}} \right) \right]$$

Daily feed intake was monitored using the integrated electronic system equipped with a smart scale on the mixer wagon (Feedlync, Cowconnect, Denmark). Refusals were also weighed and recorded using this system. **Apparent feed efficiency** was calculated by dividing the average milk production of cows/ period/group (official milk control) by the average individual feed intake (delivered-refusal) on the same periods, per group.

It is important to specify that no statistical analysis was performed on feces screening, digestibility, feed intake and feed efficiency given the low number of repetitions. As a result, those last findings should be interpreted with caution.

Table 1. Composition of ration

	DM (%)	Qty (kg as fed)	Qty (kg DM)
Grass silage	30	24,1	7,1
Corn silage	35	20,3	7,1
Water	0	6	0
Rapeseed meal	88	5,3	4,6
Rye	88	2,4	2,1
Corn middling	87	2,1	1,8
Salt	99	0,12	0,12
Mineral sup. + Cal carb. + Urea	99	0,356	0,356
Total	38	60,7	23,3

Table 2. Chemical composition of the ration

Nut.	Quantity /DM
NEL (MJ)	6,90
Starch (%)	21,9
Sugar (%)	3,8
Crude Fiber (%)	17,0
Acid Detergent Fiber (%)	20,5
Protein (%)	15,4
nXP (g) ; RNB (g) *	154 ; - 4,8

* nXP: utilizable crude protein at the duodenum; RNB: ruminal nitrogen balance

Results

Milk performance

Supplementation increased overall milk production (Table 3; +0.87 kg/day), significantly during the 2nd milk test (+1,29 kg/day) and numerically during the first period (+0,44 kg/day). Protein and fat yields tend to be higher for the FE group, with a significant improvement in fat yield during the second period and protein yield during the first one (Table 4).

Table 3. Adjusted milk performance during the trial periods

Group	Period 1	Period 2
Control	34,46	35,15
FE	34,90	36,44
Diff.	0,44	1,29
<i>p-value</i>	<i>NS</i>	<i><0,05</i>

Table 4. Components yield by cows' group at each period

Period	Period 1				Period 2			
Group	Ctrl	FE	Dif.	<i>p-value</i>	Ctrl	FE	Dif.	<i>p-value</i>
Fat (g/d)	1220	1232	+12	<i>0,716</i>	1189	1252	+63	<i>0,048</i>
Protein (g/d)	1139	1179	+40	<i>0,038</i>	1120	1169	+50	<i>0,100</i>

Chemical composition of feces and ration digestibility

Cows' feces were mainly composed of NDF, including a part of residual dNDF that was not fully digested (Table 5). Between the pre-test period to period one, NDF content in the feces tended to be higher in the control group (+3,2%) while it tended to be lower in the FE group (-5,1%). Starch concentration in feces was low in this trial. It remained stable through the periods in the control group while it is lower in the FE group during the supplementation (-0,7%).

Table 5. Chemical composition of manure

Group	Control			FE			Overall
Period	Pretest	Trial	Dif.	Pretest	Trial	Dif.	Dif.
DM (%)	13,6	13,0	-0,6	14,1	13,7	-0,4	
NDF ¹ , %MS	42,1	45,3	+3,2	47,9	42,8	-5,1	-8,3
iNDF ² , %MS	37,7	35,8	-1,9	39,2	37,2	-2,0	
Residual dNDF ³	4,4	9,5	+5,1	8,7	5,6	-3,1	-8,2
Starch, %MS	0,4	0,4	0,0	1,4	0,7	-0,7	-0,7

¹Neutral Detergent Fibers.²Fibers not digested after 120h of incubation³Residual Digestible NDF = Faecal NDF – iNDF.

Based on the iNDF feed marker method (analysed in both feed and feces), the calculation of NDF digestibility showed an improvement of dNDF by 2,9% in the FE group while it decreased by 5,4% in the control group (Figures 1 & 2). Starch digestibility was slightly improved by 1%.

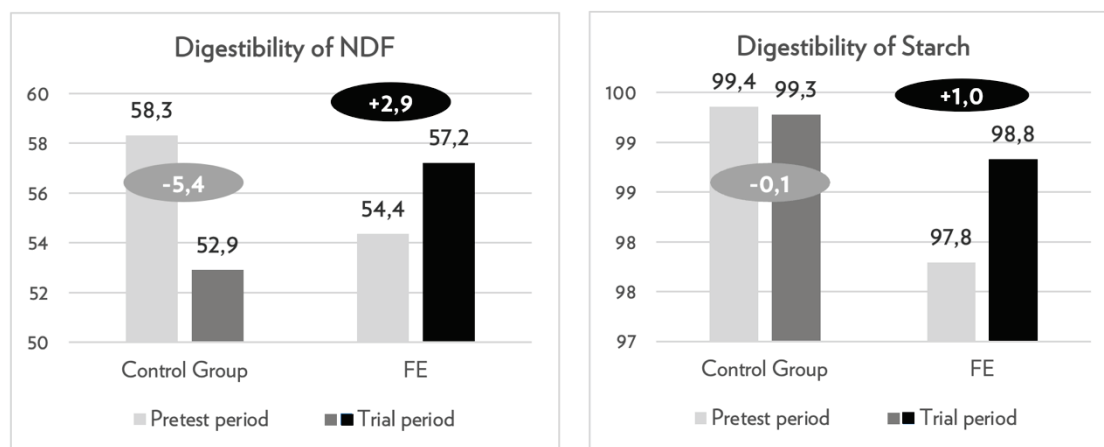


Figure 1 & 2. Ration digestibility calculated according to Goeser et al. (2009) methodology

On farm digestibility evaluation

The feces wet sieving showed a reduction in fecal particles retained by the 1 mm sieve of 2.2 % points for cows receiving the FE (Table 6)

Table 6. Feces screening residues obtained with Obsalim® method before and during supplementation of FE

Period	Pre-test	Trial	Difference
Control	19,6%	20,0%	+0,4 pts
FE	17,9%	16,1%	-1,8 pts
Overall difference			-2,2 pts

Apparent feed efficiency

During pre- and post-test periods, the FE group had higher feed efficiency (+0,22) than the control group, mainly due to a greater proportion of mature cows (parity 3,26 vs 2,30). During the trial period (periods 1 & 2), cows parity remained the same (3,25 vs 2,30) while feed efficiency increased to +0,30

(Figure 3) for the FE group. This suggests that FE supplementation supports overall feed efficiency by 0,08 (+5,3%).

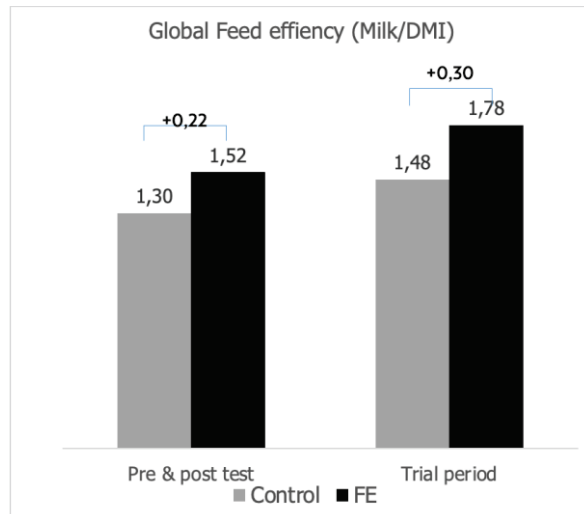


Figure 3. Feed efficiency during the trial period (Milk / daily TMR weight - refusals in DM by group)

Discussion

The results of this trial can be compared to data obtained from dairy cows during a previous trial (Benaben et al., 2014). That trial measured the following effects: +1.7 kg milk/day, +22 g butterfat, +50 g milk protein with +4,4% improvement of apparent feed efficiency. These two results seem to confirm a positive effect of the FE on milk production and feed efficiency.

Additionally, this new trial can provide insights into the mechanism of action of fermentation extracts. Digestibility tests, even if they were conducted occasionally during the trial, suggest an improvement in nutrients digestibility such as NDF and possibly starch. This increased digestibility may provide more energy and better microbial protein production to support milk production and milk components.

These results align with trials conducted on dairy cows in field conditions: feed efficiency generally improves in animals, with a more pronounced response observed when initial feed efficiency is lower.

Conclusion

The combination of fermentation extracts (*Trichoderma viride*, *Bacillus subtilis*, and *Aspergillus Oryzae*), administered at a dose of 3 g/cow/day, increased milk production by 1,3 to 3,7% combined with a positive effect on fat and protein yields. Some improvement in digestibility were also observed, mainly on NDF fraction. To further this research, it would be interesting to evaluate the product on growing animals, like heifers for example.

References

- Beauchemin KA., Holtshausen L., 2011. Enz. In Farm Ani. Nut., 2nd Ed., 206-230.
- Benaben S., Tristant D., Morvan S., 2014. Rencontres Recherches Ruminants, 155.
- Goeser J.P., Hoffman P.C., Combs D.K., 2009. J. Dairy Sci., 92(8); 3842–3848.

Main author

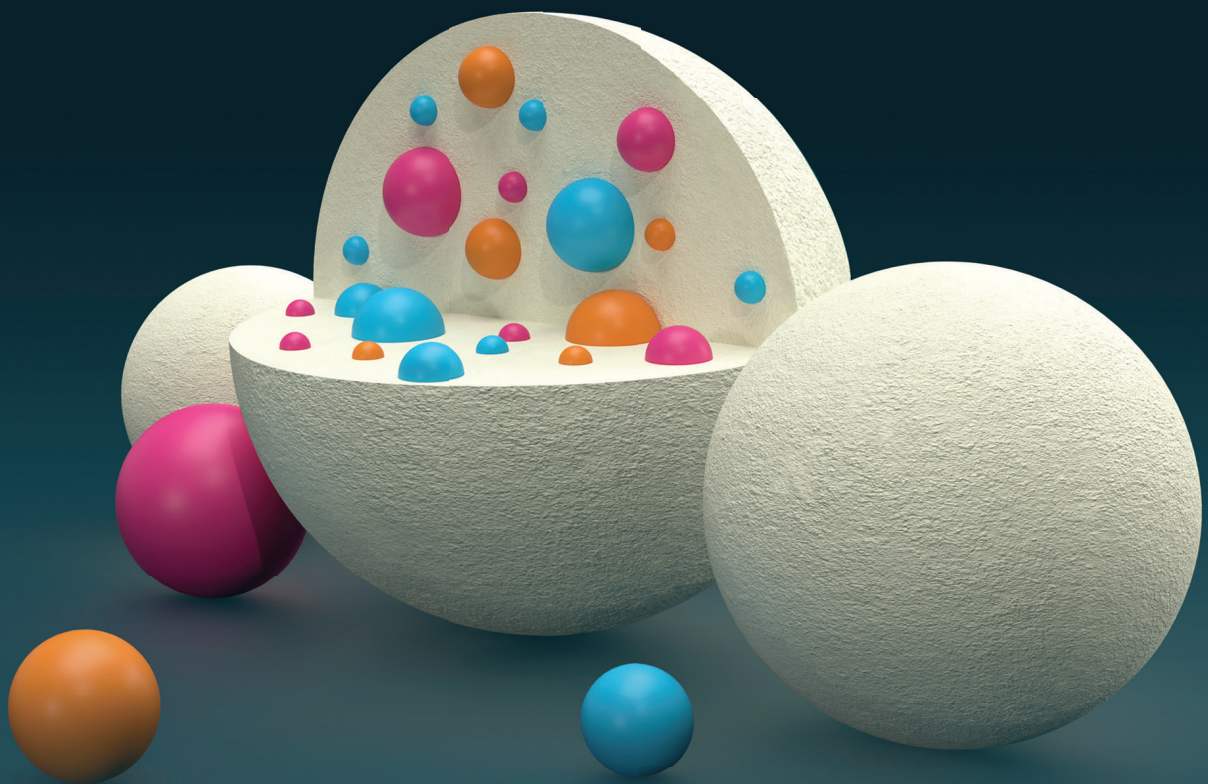
Dominique BOUCHUT – dbouchut@jefo.ca



**JEFOMATRIX
TECHNOLOGY®**

Mikroverkapselte Produkte für eine zielgenaue Freisetzung.

Progressive Freisetzung der Inhaltsstoffe,
um ihre Wirksamkeit über den gesamten Darmabschnitt zu gewährleisten.



Reduziert Staub und Gerüche
Erhöht die Arbeitssicherheit
Verhindert Reaktionen zwischen den einzelnen Inhaltsstoffen
Reduziert Korrosion

Weitere Informationen
im Video



contact.europe@jefo.ca

Auswirkung einer Harnansäuerung mit speziell verarbeitetem Ammoniumchlorid auf den Harn-pH-Wert von Sauen

Ralph Schemmer¹, Saskia Kehraus²

¹BEWITAL agri GmbH & Co. KG, Südlohn- Oeding, DE

²Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, DE

Einleitung

Die Gesundheit von Sauen ist ein entscheidender Faktor für eine erfolgreiche Schweineproduktion. Nur eine gesunde und robuste Sau ist in der Lage, eine reibungslose Abferkelung zu gewährleisten. Eine verlängerte Geburtsdauer, eine erhöhte Anzahl tot geborener Ferkel und Verstopfung zählen zu den Herausforderungen der Sauenhalter rund um die Geburt. Viele Sauen leiden zudem vor allem im geburtsnahen Zeitraum an Harnwegsinfektionen mit all den zahlreichen negativen Folgen für Sau und Ferkel. Insbesondere das Mastitis-Metritis-Agalaktie-Syndrom (MMA-Syndrom) stellt eine erhebliche Herausforderung in der Zucht dar. Es ist ein multifaktorieller Erkrankungskomplex mit zum Teil großen Auswirkungen. Der gesamte Komplex kann vor allem durch eine verminderte Milchleistung und damit einhergehende verringerte Tageszunahmen und eine erhöhte Ferkelsterblichkeit zu hohen wirtschaftlichen Verlusten führen. Ursächlich für die Mehrfaktorenkrankheit ist meist eine Harnwegsinfektion. Auslöser hierfür ist in den meisten Fällen neben einer zu geringen Wasseraufnahme zumeist ein alkalisches Harn-Milieu. Die meisten pathogenen Keime, welche ursächlich für eine Harnwegserkrankung sind, bevorzugen einen pH-Wert im schwach alkalischen Bereich (pH 7,0). Durch die Absenkung des Harn-pH-Wertes auf etwa 6,0 kann der Keimgehalt deutlich verringert werden. Dies senkt das Risiko für Harnwegsinfektionen und das MMA-Syndrom. Ein hoher pH-Wert im Harn der Sauen liegt zumeist in einer zu hohen DCAD (dietary cation anion difference) begründet. Die DCAD beschreibt die Bilanz der mit dem Futter aufgenommenen Kationen und Anionen. Maßgebliche alkalisierende Kationen sind Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium. Demgegenüber stehen die acidierenden Anionen Phosphor, Schwefel und Chlorid. Die DCAD in Futtermitteln wird in Milläquivalenten pro Kilogramm Trockenmasse (mEq/kg TM) angegeben und ist eng korreliert mit den Harn-pH-Werten. Anhand dieser Korrelation kann davon ausgegangen werden, dass bei einem angestrebten Harn-pH-Wert der Sauen von etwa 6,0 die DCAD in der Ration der Sauen rund um die Geburt zwischen 0 bis -100 liegen sollte. Da für alle Futtermittel Richtwerte für die DCAD vorliegen, kann die DCAD relativ genau über die Optimierung des Mischfuttermittels eingestellt werden. Die Ansäuerung des Harns wird durch die Fütterung spezieller Futterzusätze erreicht, welche eine stark negative DCAD und demnach eine saure Wirkung vorweisen. Das Ziel ist eine leichte metabolische Azidose, welche gezielt den Harn-pH-Wert senkt, denn ein saurerer Urin hemmt das Wachstum von pathogenen Bakterien. Insbesondere das Wachstumsmilieu von *Escherichia coli*, einem der Hauptverursacher von Harnwegsinfektionen, soll durch die sauren Bedingungen beeinträchtigt werden. Zudem fördert ein geringer pH-Wert im Harn die Ausscheidung von unerwünschten Stoffwechselprodukten, wodurch das Risiko für Infektionen im Urogenitaltrakt gesenkt wird. Studien zeigen, dass eine gezielte Harnansäuerung zu einer geringeren Inzidenz des MMA-Syndroms führen kann. Dadurch profitieren die Ferkel von einer verbesserten Milchleistung der Sauen und einer geringeren Sterblichkeit. Des Weiteren wird auch die Calcium-Mobilisierung aus den Knochen vor dem Abferkeln gefördert. Dies unterstützt die Muskelkontraktion für einen schnellen Geburtsverlauf und verringert das Risiko für eine Hypocalcämie mit Einsetzen der Milchproduktion. Daher müssen bei der Futter- bzw. Harnansäuerung sowohl der Calciumgehalt im Futter als auch stets ad libitum-Zugang zu einwandfreiem Tränkwasser beachtet werden.

Material und Methoden

In einem Praxisversuch wurde das Potenzial von BEWI-FATRIX® Anionic zur Harnansäuerung untersucht. Der Versuch fand auf einem landwirtschaftlichen Betrieb mit 110 Sauen der Rasse DanBred in Nord-West-Deutschland statt. Das Ziel war die Ansäuerung des Harns tragender Sauen durch die Zulage von einem speziell verarbeiteten Ammoniumchlorid (NH₄Cl). Mit der Umstellung in das Abferkelabteil wurde allen Sauen ein Standard-Laktationsfutter verabreicht. Für die Versuchs- und Kontrollgruppe wurden jeweils fünf Sauen zufällig ausgewählt, wobei die mittlere Wurfzahl aller Sauen 4,8 betrug. Die Harnsammlung erfolgte an drei verschiedenen Tagen in der Zeit von 6:00 bis 17:30 Uhr. Unmittelbar im Anschluss an den frisch und spontan abgesetzten Harn wurde der pH-Wert in den Proben mittels elektrochemischem pH-Meter ermittelt. Täglich um 6:30 Uhr morgens erfolgte die Fütterung der Sauen, wo auch BEWI-FATRIX® Anionic als Topdressing zugelegt wurde. Die Berechnung der Zulage wurde anhand der Futtermittelanalysen und der Nullproben ermittelt, welche an Tag 0 gemessen wurden. Zu Versuchsbeginn lagen die Harn-pH-Werte der Sauen im Bereich von 7,0 bis 7,5. Um in den Zielbereich von etwa pH 6,0 zu gelangen, wurde den Versuchstieren 25 g BEWI-FATRIX® Anionic je Sau und Tag zugelegt. Die Zulage erfolgte ab drei Tage vor dem errechneten Abferkeltermin bis drei Tage nach der Geburt. Da nur von jeweils vier Sauen durchgehende Harnproben an allen drei Sammelterminen aufgefangen werden konnten, sind in der Ergebnisübersicht vier Sauen pro Gruppe angegeben.

Ergebnisse

Tabelle 1: Einfluss von BEWI-FATRIX® Anionic auf den Harn-pH-Wert von Sauen

	Sau Nr.	Tag 0	Tag 2	Tag 7
Versuchsgruppe				
BEWI-FATRIX® Anionic	1	7,2	5,7	4,9
BEWI-FATRIX® Anionic	2	7,3	7,1	5,5
BEWI-FATRIX® Anionic	3	7,1	6,8	6,3
BEWI-FATRIX® Anionic	4	7,4	6,3	5,1
Mittelwert		7,3	6,5	5,5
Kontrollgruppe				
ohne Zulage	5	6,5	7,1	7,2
ohne Zulage	6	7,0	7,1	6,6
ohne Zulage	7	7,2	7,5	7,3
ohne Zulage	8	7,2	7,2	7,3
Mittelwert		7,0	7,2	7,1

Zu Versuchsbeginn lag der Harn-pH beider Gruppen im neutral-alkalischen Bereich (im Mittel 7,3 in der Versuchsgruppe und 7,0 in der Kontrollgruppe). Die Supplementierung mit BEWI-FATRIX® Anionic führte bereits nach zwei Tagen zu einer signifikanten Absenkung des mittleren Harn-pH-Werts von 7,3 auf 6,5. Am siebten Tag lag der Wert im Mittel bei 5,5. Im Vergleich dazu zeigte die Kontrollgruppe keine nennenswerte Veränderung: Der Harn-pH-Wert bewegte sich zwischen 7,0 und 7,1 über den gesamten Zeitraum. Die Ergebnisse belegen eine deutliche Wirkung der Supplementierung auf die Ansäuerung des Urins innerhalb kurzer Zeit.

Neben der pH-Absenkung wurden im Versuch keine negativen Effekte auf das Fressverhalten oder den Allgemeinzustand der Sauen beobachtet. Die Schmackhaftigkeit des Zusatzes war auch in der sensiblen

peripartalen Phase gegeben, sodass alle behandelten Sauen die volle Dosis aufnahmen. Aufgrund der stark negativen DCAD des Produktes reichte die geringe Dosierung aus, um den Harn-pH in den angestrebten sauren Bereich um 6,0 oder niedriger zu bringen. Dies schafft die Voraussetzung für die in der Literatur beschriebenen positiven biologischen Effekte, die mit einem sauren Harnmilieu einhergehen.

Diskussion

Die Zulage von BEWI-FATRIX® Anionic führte zu einer raschen und ausgeprägten Absenkung des Harn-pH um etwa 1,8 Einheiten in der Versuchsgruppe. Ein Harn-pH von ca. 5,5 liegt deutlich unter dem typischen Bereich und zeigt, dass eine milde metabolische Azidose induziert wurde. Schon zwei Tage nach Fütterungsbeginn war der Unterschied zur Kontrolle klar erkennbar, was die hohe Wirksamkeit des Zusatzes unterstreicht. Am 7. Tag war der Harn der behandelten Sauen durchweg stark sauer (pH 5,1–6,3), während die unbehandelten Sauen im leicht alkalischen Bereich verblieben. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Untersuchungen überein: Röcker (2006) fand z.B. eine hochsignifikante Absenkung des Harn-pH von ca. 7,1 auf ca. 6,0 bei Sauen durch Gabe von Calciumchlorid als Futterzusatz. Beker (1999) konnte bereits Ende der 1990er zeigen, dass sich der Harn-pH von Sauen durch Fütterungsmaßnahmen gezielt einstellen lässt, und beschrieb die enge Korrelation zwischen der DCAD der Ration und dem Harn-pH. Auch im vorliegenden Versuch wurde durch die Zulage die DCAD der Futtermischung effektiv gesenkt, wodurch der pH-Wert wie erwartet nach unten korrigiert wurde.

Eine Futtermischung mit niedriger DCAD in der peri- und postpartalen Phase fördert die Freisetzung von Calcium aus dem Skelett und steigert die Calcium-Verfügbarkeit im Blut. Neuere Studien mit Sauen bestätigen diese Effekte. So berichteten Guo et al. (2019) in einer kontrollierten Prüfung, dass eine um 100 mEq niedrigere DCAD der Futtermischung bei Sauen ab Tag 94 Trächtigkeit zu konsistent niedrigerem Harn-pH führte und gleichzeitig die Gesamtkalzium-Konzentration im Blut an Tag 1 und 18 der Laktation signifikant höher war als in der Kontrollgruppe. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen, dass die behandelten Sauen tendenziell besser mit Calcium versorgt sein dürften als unbehandelte (trotz gleicher Futter-Calciumgehalte), weil die metabolische Azidose die Calcium-Mobilisation erleichtert. Ein ausreichender Calciumstatus ist für Sauen insbesondere rund um die Geburt wichtig, da Hypokalzämie zu Wehenschwäche führen kann. Schwache Geburtswehen wiederum verlängern die Geburtsdauer und erhöhen das Risiko für Totgeburten durch fetale Hypoxie. Dies unterstreicht den Zusammenhang zwischen Calciumhaushalt, Wehentätigkeit und Ferkelvitalität. In der Praxis hingegen, speziell bei älteren Sauen oder Herden mit häufigem MilCHFieber, kann die vorbeugende Absenkung der DCAD rund um die Geburt die Geburtsabläufe harmonisieren und das Risiko von hypokalzämiebedingten Geburtsstörungen verringern.

Ein zentrales Ziel der Harnansäuerung ist die Reduktion von Harnwegsinfektionen. Typische Erreger sind *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp. sowie *Staphylococcus* spp., die aus dem Harntrakt der Sau stammen und bei geschwächtem Immunsystem oder suboptimalen Haltungsbedingungen aufsteigen. Ein alkalisches Harnmilieu begünstigt dabei die Vermehrung dieser Keime. Insbesondere *E. coli* und *A. suis* wachsen bevorzugt bei pH-Werten um 7,0–8,0 und produzieren teils Enzyme, die den Urin weiter alkalisieren. Im vorliegenden Versuch sank der pH der behandelten Sauen in den für Keime ungünstigen Bereich ab, sodass zu erwarten ist, dass das Infektionsrisiko erheblich reduziert wird. Frühere Feldbeobachtungen zeigen tatsächlich, dass unter ansäuernder Fütterung die Inzidenz des MMA-Syndroms deutlich geringer ausfällt. Ferner spült ein saurerer Urin unerwünschte Stoffwechselprodukte und Kristalle besser aus, was zusätzlich vorbeugend wirkt.

Die beschriebenen Zusammenhänge wirken sich sowohl auf die Tiergesundheit der Sau als auch auf die Ferkelvitalität und die Wirtschaftlichkeit aus. Durch weniger MMA-Fälle verbessert sich die Gesundheit der Sau in der kritischen Säugephase, was oft eine verkürzte Regenerationszeit und bessere Fruchtbarkeit im nächsten Zyklus zur Folge hat. Gleichzeitig profitieren die Ferkel von gesunden Müttern:

Ist die Milchbildung nicht durch subklinische Mastitis oder Hypokalzämie eingeschränkt, erhalten die Neugeborenen genügend Kolostrum und Milch. Dies führt zu höherer Vitalität, besseren täglichen Zunahmen und geringerer Ferkelsterblichkeit. Eine Reduktion dieser Verluste steigert folglich die Wirtschaftlichkeit der Ferkelproduktion.

Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen eindeutig, dass die Fütterung von BEWI-FATRIX® Anionic in den letzten Trächtigkeitstagen und frühen Laktationstagen den Harn-pH-Wert von Sauen schnell und effektiv absenkt. Durch die Senkung des Harn-pH-Wertes können das Infektionsrisiko minimiert, das Auftreten von MMA-Symptomen reduziert und die Gesundheit der Sau sowie die Aufzuchtleistung der Ferkel verbessert werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen insgesamt den Schluss zu, dass sich eine gezielte Ansäuerung des Harns rund um die Geburt als bausteinartiges Element in die moderne Gesundheits- und Fütterungsstrategien einfügt, die sowohl das Tierwohl als auch die Leistung im Blick hat. Mit dem Einsatz von BEWI-FATRIX® Anionic können Betriebe einen wertvollen Beitrag zur Gesunderhaltung von Sauen rund um die Geburt leisten.

Literaturverzeichnis

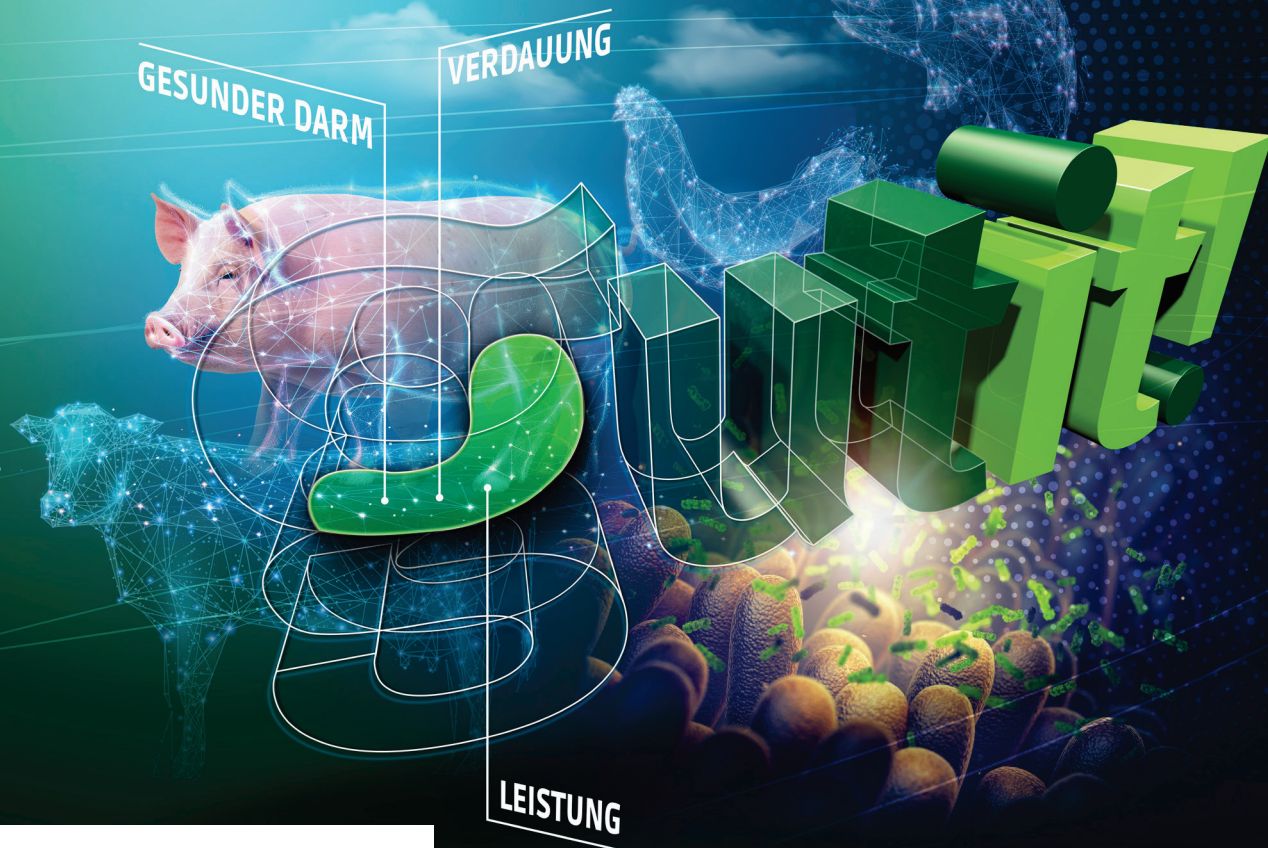
- Beker, S. (1999): Einstellung des Harn-pH-Wertes bei Sauen. Dissertation, Tierärztliche Fakultät, LMU München.
- Craig, S., Khaw, S.E.R., Petrovski, K., Kirkwood, R. (2024): Effect of feeding a calcium chloride supplement on sow stillbirth rate. *Animals* (Basel) 14(3): 516. doi:10.3390/ani14030516
- Dobenecker, B. (1999). Mineralstoffversorgung und DCAB in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Tierernährung aktuell.
- Guo, J.Y., Pasquetti, T.J., Kim, S.W. (2019): Lowering dietary cation–anion difference increases sow blood and milk calcium concentrations. *Journal of Animal Science* 97(7), 2927-2939.
- Röcker, B. (2006): Untersuchung zur Acidierung des Harns mittels alimentärer Calciumchlorid-Gabe bei tragenden Sauen. Dissertation, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Schemmer, R. (2025): Gezieltes Vorgehen gegen das MMA-Syndrom – Mit Ammoniumchlorid den Harn ansäuern. *FeedMagazine/Kraftfutter* 3-4/2025, S. 36-39.
- Weaver, A.C., Braun, T.C., Braun, J.A. et al. (2024): Effects of negative dietary cation–anion difference and calcdiol in transition diets on piglet survival and sow metabolism. *Journal of Animal Science* 102(1)

Autorenanschrift

Dr. Ralph Schemmer
BEWITAL agri GmbH & Co. KG
Industriestraße 10
46354 Südlohn-Oeding



BEWITAL agri
specialist in milk & fat



gutit!

TIERGESUNDHEIT BEGINNT IM DARM

Unser Ziel ist es, gemeinsam mit Ihnen eine gesunde Tierernährung zu schaffen. Deshalb setzen wir auf natürliche Fütterungskonzepte, die dazu beitragen können die Darmgesundheit Ihrer Tiere frühestmöglich zu entwickeln und langfristig zu erhalten.



Let's „gut it!“.

Wir fordern Sie auf:
Sorgen Sie jetzt für
eine gesunde Darm-
flora Ihrer Tiere.

Mehr zum Thema
Darmgesundheit
erfahren Sie hier.

Reduktion von Hypothermie bei neugeborenen Ferkeln durch den wärmenden Effekt eines Trocknungsmittels mit ätherischem Öl

Maria Gassner¹, Solenn Challai², Flavie Jezegou-Bernard³, Sylviane Boulot³, Anne-Cécile Delahaye², Gwendoline Herve³, Anne Morvan²

¹Pulte GmbH & Co. KG, 82031Grünwald, Deutschland

²OLMIX, ZA Le Haut du Bois, 56580 Bréhan, Frankreich

³IFIP-Institut du Porc, 9 boulevard du Trieux, 35740 Pacé, Frankreich

Hypothermie gilt bei neugeborenen Ferkeln als eine der führenden Gründe für Neugeborenenmortalität und -morbidity. Die schnellstmögliche Trocknung und der Einfluss von Wärme gelten als effektive Methode um den raschen Anstieg der Körpertemperatur und damit die Vitalität der Ferkel zu gewährleisten. Ein zentraler Moment in der Unterstützung der Kolostrumaufnahme und der Entwicklung des Immunsystems.

In dieser Studie wurde der Effekt auf neonatale Hypothermie anhand eines Trocknungsmittels mit Tonmineralen (Montmorillonit mit Vermahlungsgrad von < 40 µm zu 92%) und ätherischem Eukalyptusöl untersucht. Ziel des Versuchs war es die Stabilisierung der Körpertemperatur von Ferkeln *post partum* zu verbessern und somit das Allgemeinbefinden zu unterstützen.

Drei identische Behandlungsgruppen wurden verglichen: Im Rahmen der Untersuchung wurden 255 Ferkel aus 24 Würfen (Kreuzung: LW × LR × Pietrain) in zwei Durchläufen vor Versuchsbeginn randomisiert und innerhalb ihrer Würfe einer von drei Versuchsgruppen zugeteilt: einer negativen Kontrollgruppe (n = 69, ohne Trocknung), einer positiven Kontrollgruppe (n = 90, Trocknungsmittel auf Calciumcarbonat-Basis mit synthetischem ätherischem Öl) sowie einer Behandlungsgruppe (n = 96, Geburtsbad mit feinvermahlenem Tonmineral und ätherischem Eukalyptusöl). Erfasst wurden die rektale Körpertemperatur zu den Zeitpunkten 0, 15, 30, 45, 60, 90 und 120 Minuten nach der Geburt sowie das individuelle Geburtsgewicht der Ferkel.

Die Untersuchungen der beeinflussenden Parameter (Wurfgröße, Wurfnummer, Geburtsreihenfolge, Geburtsgewicht) zeigt, dass allein die Geburtsgewichtsklasse (BWC) einen signifikanten Einfluss auf die Temperaturkinetik der Ferkel hat. Die Körpertemperatur der leichtesten Ferkel (Geburtsgewichtsklasse < 1 kg) wiesen insgesamt signifikant niedrigere Temperaturentwicklungen auf. Des Weiteren wurde ein Minimum der Körpertemperatur bei allen Versuchsgruppen nach 30 Lebensminuten festgestellt. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass Ferkel, die mit einem Trocknungsmittel aus feinvermahlenem Montmorillonit und ätherischem Eukalyptusöl behandelt wurden, insgesamt höhere Körpertemperaturen aufwiesen als die Kontrollgruppen. Im Mittel erreichten sie nach 90 Minuten eine rektale Temperatur von 37°C, während die Kontrollgruppen eine rektale Temperatur von 36,8°C zeigten.

Die Studie zeigt, dass der Einsatz eines Trocknungs- und Durchblutungsförderers bei neugeborenen Ferkeln eine Maßnahme darstellt, die neben der Kontrolle des Raumklimas und der Optimierung der Geburtsgewichte, das Temperaturmanagement nach der Geburt effizienter zu unterstützen und Hypothermie zu reduzieren.

Autorenanschrift: Maria Gassner

Email: Maria.Gassner@pulte.de

Körnerhirse und Körnermais im Vergleich – hohe Anteile in Mastrationen für Schweine

Wolfgang Preißinger, Philipp Heubach, Simone Scherb

Institut für Tierhaltung, Tierernährung und Futterwirtschaft,
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Schwarzenau, Deutschland

Einleitung

Global betrachtet ist Körnerhirse die fünftwichtigste Getreideart. Aufgrund ihrer hohen Toleranz gegenüber Trockenheit kann Körnerhirse (*Sorghum bicolor*) insbesondere bei langanhaltenden Trockenperioden, wie sie auch immer häufiger in Deutschland auftreten, punkten. Zudem zeichnet sie sich durch eine gute Standfestigkeit, eine hohe Stickstoffverträglichkeit sowie einen hohen Nährstoffgehalt bei stabiler Ertragslage aus. Körnerhirse kann für die Schweinefütterung sowohl eine Alternative für Weizen und Gerste in Trockenlagen, als auch für Körnermais bei Auftreten des Westlichen Maiswurzelbohrers darstellen. In vorliegender Untersuchung wurden hohe Anteile an Körnermais durch Körnerhirse in Rationen für Mastschweine ersetzt.

Material und Methoden

Der Fütterungsversuch wurde am Ausbildungs- und Versuchszentrum des Staatsguts Schwarzenau der Bayerischen Staatsgüter von Anfang September 2024 bis Januar 2025 durchgeführt. Dazu wurden 192 schwanzkupierte Mastferkel der Genetik Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse (LM), Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig zwei Versuchsgruppen zugeordnet.

Der Versuch gliederte sich in drei Fütterungsabschnitte (30-60 kg, 60-90 kg und 90-120 kg LM). Es wurden in den einzelnen Phasen Futtermischungen mit unterschiedlichen Rohprotein- und Aminosäuregehalten eingesetzt (s. Tabelle 1). Die Tiere wurden in 16 Buchten zu je 12 Tieren auf Betonspalten ohne Einstreu gehalten. Als Beschäftigungsmaterialien dienten Heu in Raufen und Luzernepressstangen. Die Tiere waren bei Versuchsbeginn im Durchschnitt 74 Tage alt und wogen im Mittel 28,5 kg. Die Schweine wurden am Langtrog mit Sensorsteuerung (Firma Schauer Agrotronic GmbH) flüssig gefüttert. Die Flüssigfuttermengen wurden für jede Bucht automatisch verwogen. Die Trockenmassen (TM) des Flüssigfutters wurden wöchentlich bestimmt. Die LM wurden wöchentlich immer zur gleichen Zeit am Einzeltier erfasst und zur Berechnung der täglichen Zunahmen genutzt. In den Buchten wurde einmal pro Woche der Kot der Tiere bonitiert (Note 1=hart bis 4=wässrig). Bei Erreichen von ca. 120 kg LM sollten die Mastschweine nach den Richtlinien der Mastleistungsprüfung (Bundesverband Rind und Schwein, 2019) im Versuchsschlachthaus Schwarzenau geschlachtet werden. Aufgrund des Überhangs an Schweinen zum Jahreswechsel 2024/2025, u.a. bedingt durch den Ausbruch der Maul- und Klauenseuche in Brandenburg und der Afrikanischen Schweinepest in einigen Landesteilen, konnten nicht alle Tiere termingerecht geschlachtet werden. Die Schlachtgewichte (SG) und die Muskelfleischanteile (MFA) wurden mit einer in Bayern verbreiteten Abrechnungsmaske abgeglichen. Der optimale Gewichtsbereich lag dabei zwischen 84 und 110 kg SG. Der Basispreis errechnete sich bei 57% MFA. Die Systemgrenzen lagen zwischen 84 und 120 kg SG bei 61% MFA. Unter 84 kg SG wurden maximal 57% MFA berücksichtigt.

Die Versuchsrationen (Tabelle 1) wurden mit dem Programm Zifo2 (Zielwert-Futteroptimierung) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) berechnet, in der Versuchsmahl- und Mischanlage

Schwarzenau hergestellt und im Labor der Abteilung Laboranalytik der LfL in Grub nach Methoden des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA, 2012) analysiert. Analysierte und kalkulierte Nährstoffgehalte wurden anhand ihrer Analysenspielräume (ASR) abgeglichen (VDLUFA, 2022). Die Schätzung der umsetzbaren Energie (ME) erfolgte anhand Gleichung 2 der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2008). Die Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Saldierung erfolgte nach den Vorgaben der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG, 2014) unter Verwendung der analysierten Daten.

Tabelle 1: Zusammensetzung und mit Zifo 2 kalkulierte Nährstoff- und ME-Gehalte der Versuchsrationen (Gehaltsangaben pro kg bei 88% TM)

Mastabschnitt		Anfangsmast (30-60 kg LM)		Mittelmast (60-90 kg LM)		Endmast (90-120 kg LM)	
Gruppe		Mais	Hirse	Mais	Hirse	Mais	Hirse
Körnermais	%	50,0	--	50,0	--	50,0	--
Körnerhirse, Sorte Arsky	%	--	50,0	--	50,0	--	50,0
Gerste	%	28,5	18,0	34,0	23,5	39,0	28,5
Weizen	%	--	10,0	--	10,0	--	10,0
Sojaextraktionsschrot, LP	%	18,5	19,0	13,0	13,5	8,0	8,5
Mineralfutter ¹⁾	%	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ME	MJ	13,1	12,9	13,1	12,8	13,1	12,8
Rohfaser	g	33	32	32	31	32	30
Rohprotein	g	150	169	129	149	111	130
Lysin	g	10,8	10,9	9,5	9,5	8,3	8,3
Methionin	g	3,2	3,3	2,9	3,1	2,7	2,9
Cystin	g	2,5	2,7	2,3	2,5	2,0	2,2
Threonin	g	6,8	7,5	6,0	6,7	5,3	6,0
Tryptophan	g	1,9	2,2	1,6	2,0	1,4	1,7
Valin	g	6,9	7,7	5,9	6,8	5,1	5,9
Kalzium	g	6,5	6,5	6,3	6,3	6,2	6,2
Phosphor	g	3,7	4,2	3,6	4,1	3,4	3,9

¹⁾ 19% Ca; 1 % P; 12,0% Lysin; 3,0% Methionin; 5%Threonin; 0,5% Tryptophan

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SAS® Studio (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit der Prozedur GLM durchgeführt. Im Modell wurden als fixe Effekte bei den Leistungsparametern die Behandlung, das Geschlecht und die Abstammung sowie die Interaktion von Behandlung und Geschlecht berücksichtigt. Aufgrund der Gruppenfütterung konnte beim Parameter Futterverbrauch und den daraus abgeleiteten Merkmalen nur die Behandlung im Modell berücksichtigt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die analysierten Nährstoffgehalte sowie die geschätzten Gehalte an ME der eingesetzten Versuchsrationen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Inhaltsstoffe auf Trockenfutter mit 88% TM korrigiert.

Die Körnerhirse wies einen ME-Gehalt von 13,3 MJ, einen Rohproteingehalt von 102 g und einen Lysingehalt von 2,4 g pro kg bei 88% TM auf. Die analysierten Gehalte stimmten gut mit den Angaben für Milokorn und Hirse in der Futterwerttabelle der LfL (LfL, 2024) überein. Eine größere Abweichung zeigte sich bei der Rohfaser mit 21 g gegenüber dem Tabellenwert von 46 g. Dies erklärt auch den gegenüber

dem Tabellenwert um 0,4 MJ höheren Gehalt an ME. Der eingesetzte Körnermais wies gegenüber den Angaben in der LfL-Futterwerttabelle (LfL, 2024) niedrigere Gehalte an Rohprotein, Rohfett und Threonin auf.

Bei den Versuchsrationen stimmten die analysierten Gehalte bei der Mehrzahl der untersuchten Inhaltsstoffe im Rahmen ihrer ASR mit den vorab kalkulierten Werten überein, wenngleich die analysierten Werte in den Maisrationen eher im unteren Bereich der ASR lagen. Größere Differenzen zwischen kalkulierten und analysierten Gehalten gab es beim Valin im Mittelmastfutter der Maisgruppe und beim Kalzium im Anfangsmastfutter der Hirsegruppe.

Tabelle 2: Gehalte an analysierten Inhaltsstoffen und umsetzbarer Energie der Versuchsrationen sowie der Hauptkomponenten Körnermais und Körnerhirse (Angaben pro kg bei 88% TM)

		Einzelfuttermittel		Versuchsrationen					
		Körner- hirse	Körner- mais	30-60 kg LM		60-90 kg LM		90-120 kg LM	
				Mais	Hirse	Mais	Hirse	Mais	Hirse
Rohasche	g	15	13	45	52	42	42	38	41
Rohprotein	g	102	74	142	163	122	143	108	125
Rohfaser	g	21	21	40	39	40	38	35	33
Rohfett	g	31	27	31	30	30	28	29	28
Stärke	g	n.a.	661	494	488	514	522	543	543
Zucker	g	n.a.	20	29	24	29	24	25	21
aNDFom	g	n.a.	n.a.	125	118	117	119	110	97
ADFom	g	n.a.	n.a.	48	55	54	57	48	48
ME	MJ	13,3	14,1	13,4	13,3	13,4	13,3	13,5	13,5
Kalzium	g	0,1	0,1	6,3	7,9	6,8	6,6	5,9	6,3
Phosphor	g	3,5	2,5	3,9	4,3	3,9	4,3	3,7	4,1
Natrium	g	0	0	1,5	2,0	1,6	1,5	1,4	1,6
Magnesium	g	1,3	0,9	2,1	2,5	1,8	2,0	1,7	1,9
Kalium	g	3,8	3,1	7,1	7,1	6,2	6,3	5,0	5,4
Schwefel	g	0,9	0,9	1,8	1,9	1,6	1,7	1,5	1,5
Eisen	mg	47	23	242	282	162	176	142	168
Kupfer	mg	2	2	18	17	11	12	15	12
Zink	mg	25	21	71	93	80	85	70	76
Mangan	mg	16	4	41	55	37	48	35	44
Lysin	g	2,4	2,4	10,4	10,9	9,1	9,5	7,6	8,0
Methionin	g	1,8	1,5	2,7	3,1	2,4	2,9	2,2	2,4
Cystin	g	n.a.	n.a.	2,5	2,6	2,2	2,5	2,2	2,3
Threonin	g	3,8	2,6	6,3	7,1	5,5	6,3	4,9	5,2
Tryptophan	g	1,2	0,6	1,7	2,1	1,5	1,7	1,2	1,5
Valin	g	n.a.	n.a.	6,2	7,0	4,7	6,3	4,5	5,5

n.a. = nicht analysiert

In Tabelle 3 sind die täglichen Zunahmen, der Futterverbrauch, die kalkulierten Aufnahmen an ME sowie die daraus errechneten Futter- und Energieeffizienzzahlen dargestellt. Die täglichen Zunahmen bewegten sich im Mittel der Mast mit knapp 840 g in beiden Gruppen auf einem mittleren Niveau. Dies ist u.a. durch die verlängerte Mast begründet. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei den täglichen Zunahmen in der Mittel- und Endmast. Während in der Mittelmast die Tiere der Hirsegruppe knapp 80 g niedrigere tägliche Zunahmen aufwiesen, war es in der Endmast umgekehrt. In dieser Phase hatten die Tiere der Hirsegruppe um rund 50 g höhere tägliche Zunahmen. Aufgrund der langen Mastdauer wurden

zusätzlich die täglichen Zunahmen bis zum 1. Schlachtttermin errechnet. Mit 843 bzw. 842 g waren diese in beiden Gruppen nahezu identisch.

Tabelle 3: Tägliche Zunahmen, Futter- und ME-Verbrauch, Futter- und ME-Effizienz sowie Stickstoff- und Phosphorsaldierung (LS-Means)

Gruppe			Mais	Hirse	p ¹
Tiere (ausgewertet)			90	95	
Tägliche Zunahmen	Anfangsmast	g	734	759	0,088
	Mittelmast	g	929 ^a	852 ^b	<0,001
	Endmast	g	857 ^b	908 ^a	0,014
	Schlachtttag 1	g	843	842	0,944
	gesamt	g	837	839	0,883
Futtermittelverbrauch pro Tier, Tag	Anfangsmast	g	1,91	1,78	0,314
	Mittelmast	g	2,43	2,33	0,559
	Endmast	g	3,54	3,89	0,293
	gesamt	g	2,47	2,49	0,887
Futtermittelaufwand pro kg Zuwachs	Anfangsmast	g	2,59 ^a	2,32 ^b	0,015
	Mittelmast	g	2,58	2,72	0,438
	Endmast	g	4,20	4,34	0,681
	gesamt	kg	2,94	2,96	0,882
Aufnahme an ME pro Tier, Tag	Anfangsmast	g	25,5	23,9	0,355
	Mittelmast	g	32,5	31,0	0,511
	Endmast	g	47,9	52,5	0,301
	gesamt	MJ	35,7	36,8	0,601
Aufwand an ME pro kg Zuwachs	Anfangsmast	g	34,6 ^a	31,1 ^b	0,020
	Mittelmast	g	34,5	36,1	0,484
	Endmast	g	56,7	58,6	0,694
	gesamt	MJ	42,6	43,8	0,618
Stickstoffsaldierung pro Tier	Aufnahme	g	6650	7357	0,088
	Ansatz	g	2641	2681	0,560
	Ausscheidung	g	4009	4675	0,087
Phosphorsaldierung pro Tier	Aufnahme	g	1240 ^a	1435 ^b	0,030
	Ansatz	g	526	534	0,560
	Ausscheidung	g	713 ^a	901 ^b	0,641

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$; unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Beim Futtermittelverbrauch und Verbrauch an ME zeigten sich in allen Mastabschnitten und im Mittel der Mast keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Im Mittel der Mast wurden pro Tier und Tag 2,47 bzw. 2,49 kg Futter verbraucht und 35,7 bzw. 36,8 MJ rechnerisch an ME aufgenommen. Beim Futtermittelaufwand und Aufwand an ME pro kg Zuwachs ergaben sich nur im 1. Mastabschnitt signifikante Unterschiede. In dieser Phase lag der Futter- bzw. ME-Aufwand pro kg Zuwachs in der Maisgruppe bei 2,59 kg bzw. 34,6 MJ und in der Hirsegruppe bei 2,32 kg bzw. 31,1 MJ. Im Mittel der Mast lagen die entsprechenden Zahlen bei 2,94 kg bzw. 42,6 MJ in der Mais- und bei 2,96 kg bzw. 43,8 MJ in der Hirsegruppe. In der Endmast ergaben sich durch die sehr lange Dauer dieses Fütterungsabschnitts von bis zu 9 Wochen und die damit verbundene zeitlich unterschiedliche Räumung der 16 Versuchsbuchten Verzerrungen bei der statistischen Auswertung mittels LS-Means. So fielen die Werte der LS-Means in dieser Phase deutlich höher aus als die der entsprechenden arithmetischen Mittelwerte. Insgesamt ergaben sich in der Endmast keine statistischen Unterschiede zwischen den Gruppen.

Auch in einem vorausgegangene Versuch mit steigenden Hirseanteilen (40% in der Anfangs- und 50% in der Endmast) zeigten sich im Mittel der Mast gegenüber weizen- und gerstebetonten Rationen keine signifikanten Effekte auf Leistung, Futteraufnahme sowie Futtereffizienz (Preißinger et al., 2025). Es wurden Untersuchungen von Wetscherek-Seipelt und Wetscherek (2015) sowie Wetscherek (2023) bestätigt, die Hirse bis zu 40% in die Ration aufnahmen. Aber auch die vollständige Substitution von Körnermais durch Körnerhirse ist laut Wetscherek (2023) möglich.

Durch die lange Mastdauer ergaben sich in beiden Gruppen sehr hohe Aufnahmen an N und P, was zu hohen Ausscheidungen führte. Signifikante Unterschiede zeigten sich beim P mit einer höheren Aufnahme (1435 g vs. 1240 g) und somit auch höheren Ausscheidung (901 g vs. 713 g) in der Hirsegruppe. Dies ist u.a. durch den höheren P-Gehalt der Hirse gegenüber dem des Maises bedingt (vgl. Tabelle 2). Hier kann mit einem Mineralfutter mit angepassten P-Gehalten gegengesteuert werden.

Die Beurteilung der Schlachtkörper geht aus Tabelle 4 hervor. Die Fütterung führte bei der Mehrzahl der untersuchten Merkmale zu keinen signifikanten Effekten. Mit 66,8 gegenüber 64,8 cm² war die Rückenmuskelfläche der Schlachtkörper in der Hirsegruppe signifikant höher.

Tabelle 4: Schlachtkörpermerkmale (LS-Means)

Gruppe		Mais	Hirse	p ¹
Schlachtgewicht	kg	108,1	109,0	0,413
Ausschlachtung	%	82,1	81,9	0,310
Schlachtkörperlänge	mm	1049	1051	0,474
Rückenmuskelfläche	cm ²	64,8 ^b	66,8 ^a	0,029
Fettfläche	cm ²	21,8	21,5	0,568
Fleisch zu Fett	1 zu	0,34	0,32	0,064
Fleischmaß	mm	70,5	69,4	0,262
Speckmaß	mm	15,8	15,6	0,358
Muskelfleischanteil	%	59,0	59,0	0,983
Fleischanteil im Bauch	%	53,1	53,7	0,237

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$; unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Der bezahlungsrelevante MFA war in beiden Gruppen mit 59 % für ein Schlachtgewicht von knapp 110 kg als passend einzustufen. Die SG lagen aufgrund der verlängerten Mast nur zu 61% (Maisgruppe) bzw. 57 % (Hirsegruppe) im optimalen Bereich. Lediglich ein Tier der Maisgruppe hatte ein SG von unter 84 kg. Weniger als 57% MFA hatten knapp 17 % der Tiere der Maisgruppe und knapp 14% der Tiere der Hirsegruppe. Die berechneten Auszahlungspreise pro kg SG waren in beiden Gruppen bei einem Grundpreis von 2,00 €/kg bei 57% MFA (Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 31/2025) mit 2,01 €/kg gleich hoch.

Auf die Beschaffenheit des Kots zeigte die Fütterung keinen Effekt. Im Mittel wurde dieser in allen Gruppen mit 2 als „normal“ bzw. „unauffällig“ bewertet.

Schlußfolgerungen

In vorliegender Studie konnte gezeigt werden, dass höhere Anteile von Körnermais durch Körnerhirse in Rationen für Mastschweine ohne nachteilige Effekte auf die Leistung und die Schlachtkörpermerkmale ersetzt werden können. Dies bestätigt frühere Ergebnisse von Wetscherek und Wetscherek-Seipelt (2015) sowie Wetscherek (2023). Anders als in einer vorausgegangenen Untersuchung, in der Gerste- und Weizen gegen Körnerhirse ersetzt wurden (Preißinger et al., 2025) zeigten sich bei Anteilen von 50% Körnerhirse in der Endmast keine nachteiligen Effekte. Höhere Anteile an Körnerhirse führten auch zu keinen negativen Effekten auf die bezahlungsrelevanten Schlachtkörpermerkmale. Laut dem in

Österreich durchgeführten EIP-Projekt „Innobrotics“ (Innobrotics Broschüre für Praktiker) ist der Einsatz von Körnerhirse als alleinige Getreidekomponente möglich. Um dies zu bestätigen, sollten weitere Versuche mit Körnerhirse unter N- und P-angepassten Fütterungsbedingungen durchgeführt werden.

Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL (2024): LfL-Information Futterberechnung für Schweine, 29. Unveränderte Auflage

Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2025): Märkte und Preise, Heft 31, 91

Bundesverband Rind und Schwein, BRS (2019): Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein (Stand: 09.04.2019).

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, Arbeiten der DLG, Band 199, 2. Auflage DLG e.V., DLG-Verlag Frankfurt a. Main

EIP-Projekt „Innobrotics“, Innobrotics Broschüre für Praktiker, <https://stmk.lko.at/eip-projekt-innobrotics-erfolgreich-abgeschlossen+2400+3259839>, Abruf 14.03.2025

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GfE (2008): Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. *Poc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 199-204.

Preißinger, W., Heubach, P., Scherb, S. (2025): Einsatz von Körnerhirse in Rationen für Ferkel und Mastschweine. Tagungsunterlage angewandte Forschung in der Rinder- und Schweine, Fulda 28./29.04.2025, 155-158

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

VDLUFA (2022): Analysenspielräume (ASR), Version 13 (2022)

Wetscherek-Seipelt, G. und Wetscherek, W. (2015). Körnereinsatz in der Schweinemast, Tagungsband 14. BOKU-Symposium Tierernährung, 74-77.

Wetscherek, W. (2023): Einsatz von Körnerhirse in der Schweinemast. Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 218-221.

Autorenanschrift

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

The art of mixture.



Miarom Intest C

Inspired by nature – Advanced digestion



Präventive Unterstützung der Verdauung und Darmgesundheit

- ✓ Ausgewählte pflanzliche Stoffe
- ✓ Mikrobiota-Management
- ✓ Gesteigerte Leistungsfähigkeit



MIAVIT GmbH

Robert-Bosch-Straße 3 · 49632 Essen (Oldb.) · Germany
Tel. +49 5434 820 · info@miavit.de

www.miavit.com

Impfung von Schweinen gegen *Lawsonia intracellularis* im subklinisch infizierten Betrieb: Beobachtungen zum Wachstum, der Homogenität und zur Integrität des Schwanzes

Daniel Neyer¹, Robert Tabeling², Vitus Buntenkötter¹, Jalea Kuhl¹ und Philipp Könighoff²

¹Praxis an der Maiburg, Am Sonneneck 13, 49626 Bippen;

²Intervet Deutschland GmbH, ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Feldstraße 1a, 85716 Unterschleißheim

Einleitung

Der Erreger *Lawsonia intracellularis* (LI) ist der Verursacher einer der wichtigsten Darmerkrankungen beim Schwein (1). Die infizierten Tiere reagieren in Abhängigkeit vom Alter zum Zeitpunkt der Infektion sehr unterschiedlich. Klinisch stehen Durchfälle im Vordergrund, die in unterschiedlicher Ausprägung und Schwere bis hin zu perakuten Verläufen mit Todesfolge vorkommen. Hervorgerufen vornehmlich durch einen höheren Erhaltungsbedarf und eine reduzierte Verdaulichkeit des Futters führen Infektionen mit Lawsonien, unabhängig von der Schwere des Verlaufes, immer zu wirtschaftlichen Einbußen (2, 3). Aufgrund von unterschiedlichen Wachstumseinbußen kommt es häufig zum Auseinanderwachsen der Mastgruppen und zur Verlängerung der Mastdauer. Das ist ein ökonomisch relevanter Faktor (4), weil für die optimalen Erlöse von Mastschweinen relativ eng definierte Gewichtsbereiche festgelegt sind. Viele Einflüsse wie Einstallgewichte, Genetik etc. aber insbesondere auch die Tiergesundheit führen zu erheblichen Variationen zum Mastende. Es ist Praxis, dass drei bis fünf Verkaufsselektionen je Mastgruppe benötigt werden, bis ein Mastabteil komplett geräumt werden kann. Erst danach ist es aus hygienischen Gründen sinnvoll, nach Reinigung und Desinfektion erneut einzustallen (5).

Schwanzbeißen ist ein weit verbreitetes und unerwünschtes Verhalten bei Schweinen, eine Hauptursache für die Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Tiere und ökonomisch zunehmend bedeutsam (6, 7). Die Ursachen von Schwanzbeißen sind oft komplex und multifaktoriell. Management- und Umweltverbesserungen allein können das Problem oft nicht lösen (8, 9).

In der vorliegenden Feldbeobachtung wurden in einem subklinisch LI infizierten Mastbetrieb die Potentiale der Prävention gegen LI mittels intramuskulärer Impfung im Hinblick auf Tageszunahmen, Homogenität und Schwanzläsionen aufgezeichnet und ausgewertet.

Material und Methode

In einem geschlossenen Betrieb (ca. 200 Sauen Nordwestdeutschland) mit subklinischer LI-Infektion im Mastbereich wurden von November 2023 bis Juni 2024 die Hälfte von vier Ferkelgruppen (n=438) im Alter von sechs bis sieben Wochen intramuskulär mit einem LI-Impfstoff geimpft und site by site mit den anderen nicht geimpften Schweinen (n=439) in den gleichen sechs Mastabteilen buchtenweise getrennt aufgezogen. Zur Einstellung in die Mast (ca. 35 kg) und kurz vor dem Verkauf der 1. Schweine eines Abteils wurden die Schweine einzeln gewogen (Abb. 1). Außerdem wurden die Läsionen der Schwänze dreimalig im Verlauf der Mast mit dem Schema zur Schwanzbonitur von Abriel (10) beurteilt (Tab. 1).

In der Ferkelaufzucht wurde das Futter in Trockenautomaten vorgelegt und Wasser stand mit üblichen Nippeltränken zur freien Verfügung. In der Mast wurde Futter ad libitum mit Breiautomaten und einer

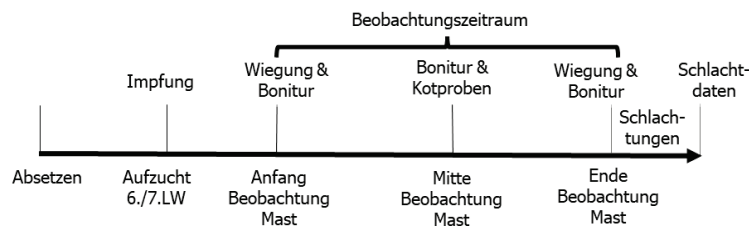


Abbildung 1: Zeitstrahl zu den Terminen der Feldbeobachtung und deren Bezeichnung

Tabelle 1: Boniturschema für Verletzungen, Blutungen, Schwellungen und Teilverluste des Schwanzes nach Abriel

Verletzungen		Blutungen		Schwellungen		Teilverluste	
Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
0	keine Verletzung erkennbar	0	keine	0	keine	0	kein Teilverlust
1	Kratzer, leichte Biss Spuren	1	frisch aufgetreten	1	deutlich erkennbar	1	bis zu 1/3 Teilverlust
2	kleinflächige Verletzungen					2	bis zu 2/3 Teilverlust
3	großflächige Verletzungen					3	über 2/3 Teilverlust

zusätzlichen Nippeltränke angeboten. Das Futter wurde als pelletiertes Mischfutter über die gesamte Beobachtungszeit vom gleichen Hersteller bezogen. Eine fehlerfreie Erfassung der Futtermengen für jede Gruppe war im Betrieb nicht möglich, so dass die Futtermenge nicht erhoben werden konnte.

Für die nicht parametrischen Tests wurden der Mantel-Haenszel Test bzw. der Röhmel-Mansmann-Test genutzt. Für die statistische Überprüfung der Tageszunahmen wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-U Test, two-sided, genutzt. Die Konfidenzintervalle wurden so angenommen, dass mit 95% Sicherheit der wahre Wert im Intervall liegt.

Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum sind 23 von 877 Schweine verendet. Davon entfielen mit 11 Schweinen aus der Kontrollgruppe (2,57%) und 12 Schweine aus der Impfgruppe (2,82%) jeweils ähnlich viele Tiere. Zu den häufigsten Verlustursachen zählten Lahmheiten (47,8%) Atemwegsinfektionen (21,7%) und Nabelbrüche (13,0%). Der Beobachtungszeitraum zwischen Wiegen bei Einstellung in die Mast und der Wiegen direkt vor der Vermarktung der ersten Tiere eines Durchganges betrug 72 bis 90 Tage. Die Tiere wurden im Zeitraum von 74 bis 124 Tagen nach Aufstallung geschlachtet. Am Ende des Beobachtungszeitraums zeigte sich über alle Durchgänge bei der Kontrollgruppe ein mittleres Tiergewicht von 107,1 kg, bei geimpften Tieren 108,7 kg. Folgerichtig lag die Tageszunahme bei den geimpften Schweinen über alle Mastdurchgänge hinweg in diesem Zeitraum im Mittel um 22 g/Tag höher (Tab. 2). Anhand der Daten des belieferten Schlachthofes zeigte sich, dass die geimpften Schweine im Schnitt 0,66 Tage eher mit einem 0,48 kg höheren Schlachtgewicht geschlachtet wurden.

Tabelle 2: Gewichtsentwicklung und tägliche Zunahmen (ohne Verluste) im Beobachtungszeitraum (Mittelwerte und Standardabweichungen, Std.)

	n	Mast-durch-gänge	Gewicht Mastanfang (kg)	Std. (kg)	Gewicht Mastende (kg)	Std. (kg)	tägliche Zunahmen (g / Tag)	Std. (g/Tag)	p-Wert
Kontrolle	428	6	34,6	4,7	107,1	12,4	921 ^a	127	0,0109
Impfung	426	6	34,6	4,38	108,7	12,7	943 ^b	121	

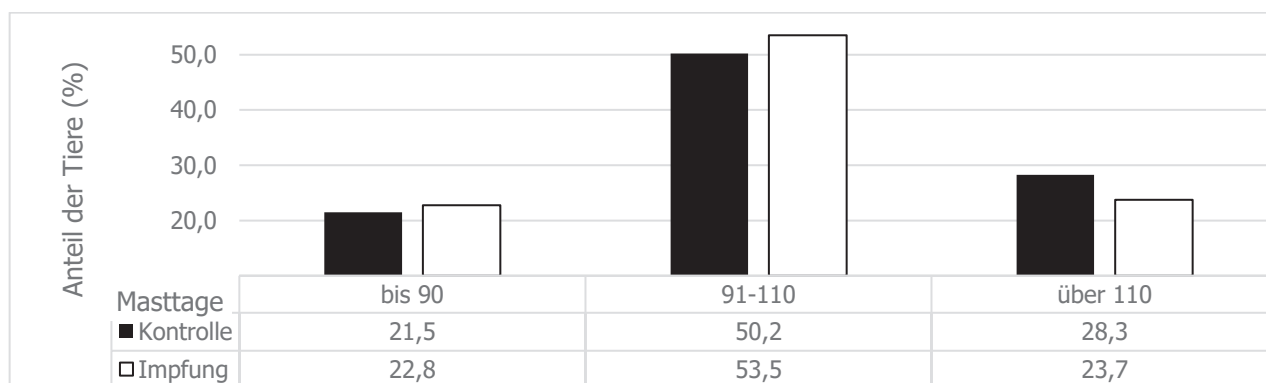


Abbildung 2: Verteilung der Tiere in Altersgruppen zur Schlachtung (%)

Um die Homogenität der Tiergruppen zu beschreiben, wurden als Altersklassen die Vorläufer (< 90 Masttage), die Mittelgruppe (91 bis 110 Masttage) und die Nachläufer (> als 110 Masttage) festgelegt (Abb. 2). Deskriptiv befanden sich mehr geimpfte Tiere in Vorläufer- und Mittelgruppe. Verglichen mit ungeimpften Tieren, mussten bei geimpften Tieren 16,3% weniger als Nachläufer vermarktet werden.

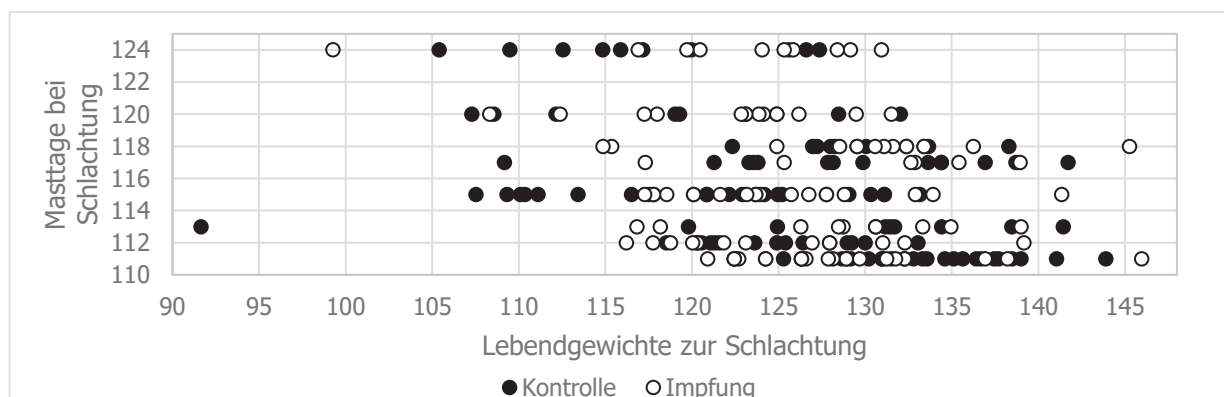


Abbildung 3: Lebendgewichtsverteilung der Nachmasttiere zur Schlachtung (kg)

Ein Teil der nachgemästeten Tiere wies auch bei den Lebendgewichten zur Schlachtung suboptimale Werte für die Vermarktung auf (Abb. 3). Der Anteil der zu leicht geschlachteten Schweine (hier festgelegt mit Lebendgewicht unter 115 kg) lag in der ungeimpften Gruppe bei 12,9% (15 von 116 Tieren) bei LI geimpften Tieren bei 4,08% (4 von 98 Tieren).

Bereits zu Mastbeginn zeigten sich Verletzungen sowohl bei eingestellten Kontroll- und Impftieren. In allen drei Mastabschnitten zeigte sich aber statistisch abgesichert ($p < 0,0001$), dass geimpfte Tiere in geringerer Frequenz und Schwere von Schwanzläsionen betroffen waren (Abb. 4). Bis zum Ende der Mast nahm die Frequenz und Schwere der Verletzungen bei den ungeimpften Tieren deutlich zu. So waren 6,4% der ungeimpften Tiere zu Mastende gänzlich ohne Verletzungen, bei geimpften Tieren waren es 46,1%. Betrachtet man den gemeinsamen Anteil der Tiere ohne Verletzungen und mit Kratzern/leichten Biss Spuren als nicht/marginal betroffene Gruppe, so betrug diese bei ungeimpften

50,5% wohingegen bei geimpften Tieren diese Gruppe 92,5% umfasste. Entsprechend waren mit klein- und großflächiger Verletzung bei ungeimpften Tieren 49,5% und bei geimpften Tieren 7,5% mehr als marginal betroffen.

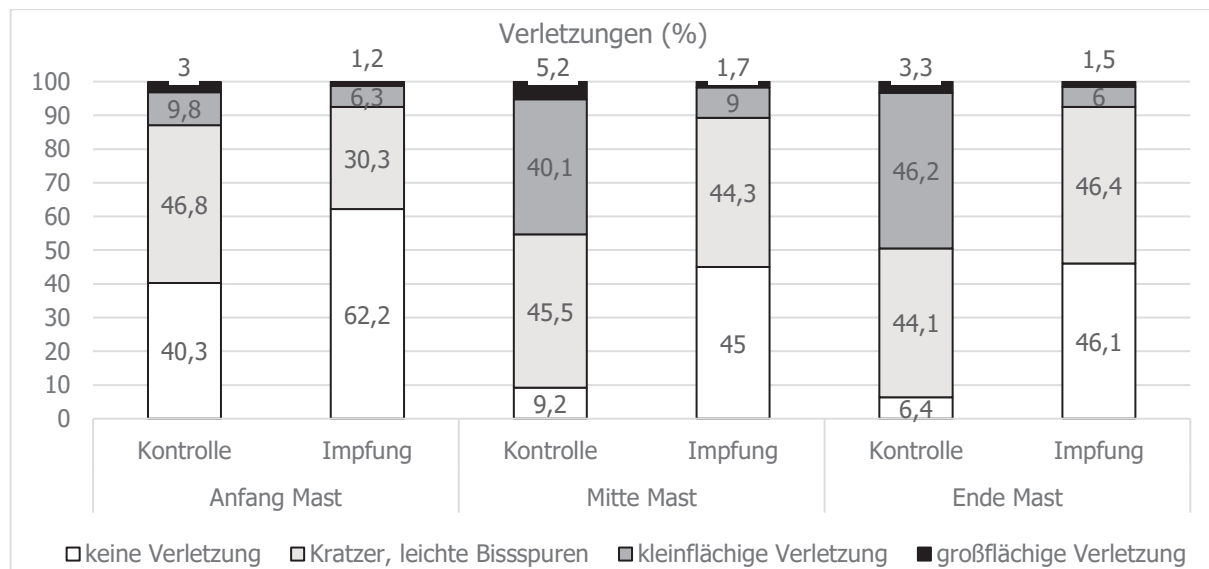


Abbildung 4: Schwanzbonitur der Verletzungen der Masttiere zu verschiedenen Zeitpunkten (%)

Auch frische Blutungen, deutlich erkennbare Schwellungen wie auch Teilverluste traten häufiger bei den nicht geimpften Tieren auf. Im Verlauf der Mast nahmen die Unterschiede zwischen den Gruppen zu und ließen sich alle spätestens Ende Mast statistisch absichern (Tab. 3, Tab. 4).

Tabelle 3: Schwanzbonitur der Blutungen und der Schwellungen (%)

Zeitpunkt	Gruppe	keine Blutung	Blutung frisch aufgetreten	p-Wert	keine Schwellung	Schwellung deutlich erkennbar	p-Wert
Anfang Mast	Kontrolle	93,4	6,6	0,3559	87,1	12,9	0,005
	Impfung	95,1	4,9		93,0	7,0	
Mitte Mast	Kontrolle	91,1	8,9	0,0191	86,2	13,9	< 0,0001
	Impfung	95,3	4,7		94,8	5,2	
Ende Mast	Kontrolle	86,4	13,6	< 0,0001	81,9	18,1	< 0,0001
	Impfung	94,9	5,1		96,1	3,9	

Tabelle 4: Schwanzbonitur der Teilverluste (%)

Zeitpunkt	Gruppe	kein Teilverlust	bis zu 1/3 Teilverlust	bis zu 2/3 Teilverlust	über 2/3 Teilverlust	p-Wert
Anfang Mast	Kontrolle	94,2	4,0	1,2	0,7	0,1107
	Impfung	96,0	3,5	0,2	0,2	
Mitte Mast	Kontrolle	92,7	4,9	1,9	0,5	0,0604
	Impfung	96,0	2,8	1,0	0,2	
Ende Mast	Kontrolle	92,9	5,5	1,4	0,2	0,0263
	Impfung	96,1	3,4	0,5	0	

Diskussion

Die Ergebnisse der höheren Tageszunahmen bei Einsatz der intramuskulären LI-Impfung (hier 22 g/Tag) bestätigen die Ergebnisse, die bereits in vorherigen Auswertungen für vor allem klinisch betroffene Betriebe erhoben werden konnten (3). Damit wird deutlich, dass die Beeinträchtigung des Leistungspotentials durch die subklinische LI-Infektion erheblich ist. Da die Futterverwertung in diesem Betrieb nicht fehlerfrei erhoben werden konnte, unterblieben weitergehende ökonomische Kalkulationen. Auch im Hinblick auf die Homogenität sind leider nur Trends zu erkennen. Wir sehen in den Ergebnissen auch Vorteile dahingehend, dass bei LI-Impfung weniger Resttiere am Ende zurückbleiben oder mit Mindergewichten suboptimal vermarktet werden müssen. In der Praxis verhindern solche Resttiere oft, dass Abteile konsequent geräumt werden können oder müssen in Resteabteilen erneut mit anderen Tieren zusammengestellt werden. Das führt oft zu erheblichen gesundheitlichen und hygienischen Kompromissen (z.B. kein all in/all out) ohne entsprechende Erlöse.

Im Hinblick auf die Schwanzläsionen zeigen die ungeimpften Tiere bereits bei Einstellung in die Mast signifikant stärkere Verletzungen auf als geimpften Tiere. Dieser Unterschied nahm zum Ende der Mast hin deutlich zu. Das unterstreicht eindrucksvoll, dass die subklinische Infektion mit LI, im Kontext von Schwanzbeißen und Schwanzläsionen eine relevante Rolle spielte. Nichtsdestotrotz zeigten auch in der geimpften Gruppe 7,5% der Schweine am Mastende klein- bis großflächige Verletzungen am Schwanz. Dies verdeutlicht, dass in diesem Betrieb gleichzeitig verschiedene Ursachen und Stressoren Einfluss auf Schwanzläsionen nahmen. Es ist nicht anzunehmen, dass eine einzelne Maßnahme, wie eine Impfung, die Problematik gänzlich unterbinden kann. Auch in anderen europäischen Ländern wird häufig über Schwanzkannibalismus berichtet (7). So zeigte sich an Schweizer Schlachthöfen (9), dass 37% der untersuchten Schweine Läsionen (abgeheilt, akut, chronisch) am Schwanz aufwiesen, obwohl in der Schweiz bereits seit Jahren an dieser Problematik gearbeitet wird. Auch in den weiteren Parametern der Schwanzbonitur Blutung, Schwellung und Teilverluste schneiden die nicht geimpften Schweine in allen Altersgruppen erkennbar schlechter ab. Blutung, Schwellung und Teilverluste ergeben sich größtenteils aus den zuvor beschriebenen Verletzungen und werden auch in der Literatur als positiv korrelierend beschrieben (11). Insgesamt zeigen die Ergebnisse einen klaren Zusammenhang zwischen Schwanzläsionen und der Impfung gegen LI. Vergleichbar zu unseren Beobachtungen konnten del Pozo Sacristán et al. (12) zeigen, dass der Anteil von Tieren mit Verletzungen aufgrund von Schwanzbeißen mit Hilfe der intradermalen LI-Impfung von 54,2% auf 31,7% (41,5%) verringert wurde. Auch Schynoll et al. (13) konnten bereits zeigen, dass die Prävention der Ileitis mittels Impfung das Beißverhalten subjektiv positiv beeinflussen kann. Verschiedene Mechanismen werden als Ursache diskutiert. Beispielsweise entwickeln Schweine bei einer Infektion mit LI eine Dysbiose, welche die Schleimhautbarriere beeinträchtigt (1). Die Folge könnte mutmaßlich eine Veränderung im Mikrobiom und eine Stimulation von Entzündungsmediatoren sein, die Schwanzbeißen auslösen könnten. Ferner führen LI bedingte Darminfektionen zur Störung des Allgemeinbefindens, welche Auslöser für unerwünschte Verhaltensweisen sein könnten. Die ökonomische Bewertung von Schwanzläsionen kann zum jetzigen Zeitpunkt aber nicht exakt erfolgen, da es hierzu in Deutschland keine belastbaren Zahlen gibt. Um etwaige Kosten für Erlösminderungen durch Schwanzläsionen zu schätzen, wäre es möglich den Wert des Schlachtkörpers (im Zeitraum der Beobachtung ca. 210 €) und die Kosten des Schlachthofes (ca. 20 € für Entsorgung und Lohn, 14) anzusetzen. Somit würde der Totalverlust eines Mastschweines mit erheblichen Schwanzläsionen am Schlachthof aktuell einen Verlust von ca. 230 € betragen. Bei theoretischer Annahme von 1% Verlusten infolge von Schwanzläsionen würde dieses umgerechnet auf jedes abgelieferte Schlachtschwein eine Ertragsminderung von ca. 2,30 €/Tier bedeuten. Auswertungen aus Finnland (15, unkupierte Schwänze) zeigen, dass man bei einem Niveau von 10% an Schwanzläsionen mit ca. 2,30 € pro Schlachttier (Notierung 1,63 € /kg Schlachtgewicht) oder umgerechnet 1,6% des Schlachterlös im Jahr 2021 rechnen konnte. Bei einem aktuellen Wert der hier beobachteten Schlachttiere von 210 € (Notierung Anfang 2025) würden nach dieser Schätzung die Kosten für Schwanzläsionen von 3,37 € je Tier betragen.

Schlussfolgerungen

Mit Hilfe der intramuskulären Impfung gegen *Lawsonia intracellularis* konnten im diesem subklinisch infizierten Bestand:

- Signifikante Leistungsverbesserungen bei täglichen Zunahmen erreicht werden.
- Die Homogenität der Tiere zu Mastende deskriptiv verbessert werden.
- Die Frequenz und Schwere der Schwanzläsionen signifikant verringert werden.

Das verdeutlicht, dass die Bedeutung der subklinischen Ileitis für Tiergesundheit, Leistung und Tierverhalten in diesen Mastbestand erheblich unterschätzt wurde.

Literatur

1. Vannucci F. A., Gebhart C. J., & McOrist S. (2019). Proliferative enteropathy. Diseases of swine, 898-911.
2. Jacobs A. A. C., Harks F., Hazenberg L., Hoeijmakers M. J. H., Nell T., Pel S., & Segers R. P. A. M. (2019). Efficacy of a novel inactivated *Lawsonia intracellularis* vaccine in pigs against experimental infection and under field conditions. Vaccine, 37(15), 2149-2157.
3. V.u.z. Mühlen F., Pfeiffer F., Schmidt P., v. Brehm K., Busen K., Renken C., Vogels J., Tabeling R. (2021): Praxisdaten zu Klinik und Leistung von Porcilis® *Lawsonia* geimpften Tieren in deutschen Betrieben. Tierärztl. Umschau 2:28-37
4. Hilgers J., Heger H. (2017). Auswertung belegt: Auseinanderwachsen kostet 46.000 Euro. Erzeugerring Westfalen 2017, 82.
5. Rodrigues da Costa M., García Manzanilla E., Diana A., van Staaveren N., Torres-Pitarch A., Boyle L. A., & Calderón Díaz J. A. (2021). Identifying challenges to manage body weight variation in pig farms implementing all-in-all-out management practices and their possible implications for animal health. Porcine Health Management, 7(1).
6. Valros A., Välimäki E., Nordgren H., Vuogs J., Fàbrega E., & Heinonen M. (2020). Intact tails as a welfare indicator in finishing pigs? Scoring of tail lesions and defining intact tails in undocked pigs at the abattoir. Frontiers in Veterinary Science, 7, 405.
7. Svoboda M., Hodkovicova N., Siwicki A., & Szveda W. (2023). The importance of slaughterhouses in monitoring the occurrence of tail biting in pigs—Review. Veterinární medicína, 68(9), 349.
8. Harley S., More S. J., O'Connell N. E., Hanlon A., Teixeira D., & Boyle L. (2012). Evaluating the prevalence of tail biting and carcass condemnations in slaughter pigs in the Republic and Northern Ireland, and the potential of abattoir meat inspection as a welfare surveillance tool. Veterinary Record, 171(24), 621-621.
9. Gerster U. H., Sidler X., Wechsler B., & Nathues H. (2022). Prevalence of tail lesions in Swiss finishing pigs. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 164(4), 339-349.
10. Abriel K. (2016). Untersuchungen zum Schwanzbeißen in der Ferkelaufzucht. Dissertation. Fakultät für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der Technischen Universität München.
11. Zupan M., Janczak A. M., Framstad T., & Zanella A. J. (2012). The effect of biting tails and having tails bitten in pigs. Physiology & Behavior, 106(5), 638-644.
12. Del Pozo Sacristán R., Swam H., von Berg S, Taylor A.E. (2024). Reduction of *Lawsonia intracellularis* shedding, improvement of carcass quality and partial prevention of tail biting after intradermal vaccination against this bacterium. Poster ESPHM/IPVS 2024.
13. Schynoll J., Lappe F., Deitmer R. (2023). Die orale Vakzination gegen Ileitis als Präventivmaßnahme gegen Beißgeschehen. Tierärztl. Umschau Pferd & Nutztier, 1, 10-17.
14. <https://www.schweine.net/news/abrechnung-von-teilschaeden-verhandlungssache.html>; Abrufdatum 15.08.2024
15. Niemi J. K., Edwards S. A., Papanastasiou D. K., Piette D., Stygar A. H., Wallenbeck A., & Valros A. (2021). Cost-effectiveness analysis of seven measures to reduce tail biting lesions in fattening pigs. Frontiers in Veterinary Science, 8, 682

Autorenanschrift

Dr. Robert Tabeling
Intervet Deutschland GmbH – Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit
Feldstrasse 1a, 85716 Unterschleißheim
robert.tabeling@msd.de

Effekte einer neuartigen Kombination aus Futter und Additiven auf Saugferkelverluste und die biologische Leistung von Sauen

Ralph Schemmer¹

¹BEWITAL agri GmbH & Co. KG, Südlohn- Oeding, DE

Einleitung

Die peripartale Phase – also die Zeit rund um Geburt und Laktationsbeginn – stellt für Sauen eine der kritischsten Phasen hinsichtlich metabolischer und immunologischer Belastung dar. Die Umstellung vom trächtigkeitsbedingten anabolen Zustand hin zur milchleistungsgetriebenen katabolen Phase geht mit erhöhtem Nährstoffbedarf, oxidativem Stress sowie entzündlichen Prozessen einher. Gleichzeitig treten häufig Erkrankungen wie das postpartale Dysgalaktie-Syndrom (PPDS) auf, das die Kolostrum- und Milchleistung beeinträchtigen und die Ferkelvitalität mindern kann.

Oxidativer Stress entsteht, wenn die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies das antioxidative Abwehrsystem überfordert. In der Späträchtigkeit und Laktation ist dieser Zustand bei Sauen nicht ungewöhnlich und kann zu Zellschädigungen, Leistungseinbußen und einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit führen. Antioxidative Vitamine wie Vitamin E und Vitamin C haben in diesem Zusammenhang eine zentrale Schutzfunktion. Vitamin E wirkt membranstabilisierend und entzündungsmodulierend, während Vitamin C als Radikalfänger im wässrigen Zellmilieu agiert und zudem Vitamin E regenerieren kann. Studien zeigen, dass eine gezielte Supplementation beider Vitamine um die Geburt den antioxidativen Status verbessert und mit erhöhtem Immunglobulin-Gehalt im Kolostrum und besseren Geburtsgewichten einhergeht. Ergänzend dazu rückt die Anwendung verschiedener phytogener Substanzen in den Fokus. Hier kommen z.B. Weidenrinde (*Salix spp.*) und Pfeffer in Frage. Die in der Weidenrinde natürlicherweise enthaltenen Verbindungen können entzündungshemmend und antioxidativ wirken. Versuche in der Literatur belegen beim Einsatz von Weidenrinde eine Erhöhung des Geburtsgewichts sowie positive Effekte auf die Überlebensrate der Ferkel. Auch für Capsaicinoide, welche in natürlicher Form in Pfeffer und Chili vorkommen, konnten bereits vielfach antioxidative, entzündungshemmende und schmerzmindernde Eigenschaften nachgewiesen werden. Insbesondere während der Laktation ist die Sau gezwungen, erhebliche Mengen an Körperfettreserven zu mobilisieren, um den gestiegenen Energiebedarf zu decken. Diese übermäßige Mobilisierung kann mit den bereits genannten entzündlichen Symptomen, oxidativem Stress und intestinaler Hyperpermeabilität („leaky gut“) einhergehen. Neue Entwicklungen in der Ergänzungsfütterung ermöglichen heute eine gezielte Unterstützung des Stoffwechsels in dieser kritischen Phase.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Hypothese, dass die kombinierte Gabe eines rein pflanzlichen Ergänzungsfuttermittels auf Basis von Pflanzenfett, Vitamin E, Vitamin C und phytoffenen Substanzen (BEWI-FATRIX® CX) das Entzündungsgeschehen sowie den oxidativen Stress rund um die Geburt mildern und so zur Stabilisierung der Sauengesundheit und Förderung der Ferkelvitalität beitragen kann.

Material und Methoden

Der Praxisversuch wurde auf einem kommerziellen Betrieb mit 505 Sauen durchgeführt. Beide Gruppen erhielten das gleiche Standardlaktationsfutter, bestehend aus den Hauptkomponenten Weizen, Gerste, Mais, Weizenkleie, sowie Sojaschrot (Tabelle 1). Der Versuchsgruppe wurde zusätzlich 30 g BEWI-FATRIX® CX je Sau und Tag von sieben Tagen vor bis zum Tag der Abferkelung als Top-Dressing verabreicht. Für die Auswertung wurden folgende biologischen Leistungen erfasst: Laktationsnummer, Wurfgröße, Absetzgewicht, Verluste und Wurfgewicht. Der Versuch fand von November 2024 bis März 2025 statt.

Tabelle 1: Kalkulierte Nährstoffgehalte des Laktationsfutters

	TM	XA	XP	XF	XL	Ca	P	Na	Lysin
	[g/kg]					[g/kg TM]			
Laktationsfutter	875	58	156	68	40	9,0	5,1	2,1	9,2

TM, Trockenmasse; XA, Rohasche; XP, Rohprotein; XF, Rohfaser; XL, Rohfett; Ca, Calcium; P, Phosphor; Na, Natrium

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Praxisversuchs sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Ausgewählte biologische Leistungsdaten von Sauen und Ferkel

Parameter	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe	Differenz
Anzahl Würfe (n)	269	124	–
Laktationsnummer (n)	4,2	4,5	+0,3
Absetzalter (Tage)	26,7	27,1	+0,4
Lebend geborene Ferkel (n)	14,7	14,5	–0,2
Ferkelverluste (%)	8,64	7,92	–0,72
Abgesetzte Ferkel/Wurf (n)	13,4	13,3	–0,1
Absetzgewicht/Ferkel (kg)	7,71	8,17	+0,46
Absetzgewicht/Wurf (kg)	102,9	108,2	+5,3

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine Zulage von 30 g BEWI-FATRIX® CX pro Sau und Tag in den 7 Tagen vor der Abferkelung einen positiven Einfluss auf die biologische Leistung der Sauen und deren Ferkel hatte. In der Versuchsgruppe stieg das durchschnittliche Absetzgewicht pro Ferkel um 460 g (von 7,71 kg auf 8,17 kg), das Wurfabsetzgewicht um 5,3 kg (von 102,9 kg auf 108,2 kg). Gleichzeitig reduzierten sich die Ferkelverluste bis zum Absetzen um 0,72 Prozentpunkte im Vergleich zur Kontrollgruppe (7,92 % vs. 8,64 %). Die weiteren Parameter wie Wurfgröße, Absetzalter oder Anzahl abgesetzter Ferkel pro Wurf blieben weitgehend vergleichbar zwischen den Gruppen. Diese Ergebnisse belegen eine deutliche Leistungsverbesserung bei nahezu identischer Wurfgröße und Laktationsdauer.

Diskussion

Die aktuellen Ergebnisse belegen, dass die peripartale Zugabe von BEWI-FATRIX® CX bei Sauen die Entwicklung und Überlebensrate der Ferkel deutlich verbessert. Diese positiven Effekte sind im Zusammenhang der besonderen metabolischen Belastungen während der späten Trächtigkeit und Laktation zu sehen: In dieser Übergangsphase treten häufig erhöhter oxidativer Stress, entzündliche Prozesse und eine Mobilisierung körpereigener Reserven auf, was unter anderem zu einer erhöhten Darmdurchlässigkeit ("leaky gut") führen kann. Die synergistische Kombination der Inhaltsstoffe in BEWI-FATRIX® CX ist darauf ausgelegt, diese Belastungen zu verringern und so die Gesundheit der Sauen und ihrer Ferkel zu stabilisieren. Die Vitamine E und C spielen dabei eine zentrale Rolle, um das Gleichgewicht zwischen freien Radikalen und dem körpereigenen Abwehrsystem aufrechtzuerhalten. Vitamin E schützt die Zellmembranen und wirkt entzündungshemmend, während Vitamin C im wässrigen Milieu freie Radikale abfängt und darüber hinaus Vitamin E regenerieren kann. Eine gezielte Versorgung mit beiden Vitaminen rund um den Geburtstermin stärkt die antioxidative Kapazität der Sau und unterstützt ihre Immunfunktion. Studien belegen unter anderem eine gesteigerte Aktivität antioxidativer Enzyme sowie erhöhte Immunglobulin-Konzentrationen im Kolostrum und bessere Geburtsgewichte der Ferkel durch hohe Gaben von Vitamin E und C. Auch in der vorliegenden Untersuchung dürfte die Vitamin-Supplementierung einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion von oxidativem Stress geleistet und Zellschäden verhindert haben. Dies bildet die Grundlage für eine stabile Milchproduktion und vitale Ferkel.

Pflanzliche Komponenten wie Weidenrinde und Capsaicinoide ergänzen diesen Ansatz. Die in der Weidenrinde natürlicherweise enthaltenen Verbindungen können entzündungshemmend wirken. Dies kann das Allgemeinbefinden frisch abgeferkelter Sauen verbessern und indirekt zu einer besseren Futteraufnahme, einer gesteigerten Kolostrumproduktion und einem aktiveren Saugverhalten der Ferkel führen. Studien zeigen entsprechend höhere Überlebensraten und verbesserte Geburtsgewichte. Zusätzlich sind in BEWI-FATRIX® CX Capsaicinoide aus Pfeffer (*Capsicum annuum*) enthalten, denen antioxidative und entzündungshemmende Eigenschaften nachgewiesen wurden. Ihre Wirkung kann dazu beitragen, den systemischen Stress während Geburt und Laktation zu mindern und so einen ruhigeren Stoffwechsel zu fördern.

Die Kombination aus Weidenrinde und Capsaicinoiden zielt darauf ab, Entzündungsreaktionen und postpartalen Stress bei Sauen zu reduzieren, was sich positiv auf die Milchproduktion und die Vitalität der Ferkel auswirkt. Ein weiterer zentraler Punkt ist die Bereitstellung von Energie in Form von pflanzlichem Fett in Kombination mit Lecithin. In der frühen Laktation übersteigt der Energiebedarf der Sau häufig ihre Aufnahmefähigkeit, was zu einer vermehrten Mobilisierung von Körperfett führt. Diese übermäßige Fettmobilisierung steht in engem Zusammenhang mit metabolischem Stress, entzündlichen Reaktionen und einer erhöhten Darmpermeabilität. Die Ergänzung mit pflanzlichem Fett (BEWI-SPRAY® 99L) bietet der leistungsstarken Sau konzentrierte Energie, ohne das Futtervolumen wesentlich zu erhöhen. Dadurch wird der Abbau körpereigener Reserven verringert. Das enthaltene Lecithin verbessert zudem die Fettverdauung und Nährstoffaufnahme, sodass die zugeführte Energie effizient genutzt werden kann. Insgesamt hilft diese gezielte Energieversorgung, den Substanzverlust der Sau gering zu halten und ihre Milchleistung zu sichern. Dies spiegelt sich auch direkt im Gewichtszuwachs der Ferkel wider.

Die praktischen Vorteile dieser synergistisch wirkenden Komponenten zeigen sich klar in den Leistungsdaten. Die mit BEWI-FATRIX® CX versorgten Sauen waren gesünder und konnten ihre Ferkel besser versorgen, was sich in einem höheren Absetzgewicht pro Ferkel und einem um rund 5 kg höheren Wurfgewicht zum Absetzen äußerte. Zudem ist bekannt, dass schwerere, vitale Ferkel nach dem Absetzen bessere Wachstumsraten und geringere Verluste aufweisen. Die beobachteten Verbesserungen deuten auf ein gestärktes Immunsystem und eine höhere Vitalität der Ferkel hin.

Insgesamt zeigt die Diskussion der Ergebnisse, dass die Kombination aus antioxidativen, pflanzlich-entzündungshemmenden und energiereichen Komponenten den Sauen hilft, die peripartalen

Belastungen besser zu bewältigen. Dies führt zu gesünderen Sauen und vitaleren Ferkeln – ein klarer Vorteil unter Praxisbedingungen für Tierwohl und Leistung.

Fazit

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine gezielte Ergänzung mit BEWI-FATRIX® CX in der Woche vor der Geburt zu messbaren Verbesserungen der biologischen Leistung von Sauen und Ferkeln führt. Die Kombination aus Pflanzenfett mit Lecithin, Vitamin E, Vitamin C und phytogenen Inhaltsstoffen bietet ein vielversprechendes Ansatzkonzept zur Reduktion von oxidativem und entzündungsbedingtem Stress im peripartalen Zeitraum. Die deutliche Steigerung des Absetzgewichts und die Reduktion der Ferkelverluste sprechen für einen positiven Effekt auf die maternale Stoffwechselgesundheit und die Vitalität der Ferkel. Die Ergebnisse unterstreichen den praktischen Nutzen phytogener und antioxidativ wirkender Zulagen in modernen Sauenhaltungen. Die gezielte Ergänzung in der Übergangsphase rund um die Geburt stellt somit eine wertvolle Ergänzung im Management hochleistender Sauen dar, mit klaren Vorteilen für Tierwohl und Leistung.

Literaturverzeichnis

- Farmer, C., Quesnel, H. (2009). Nutritional strategies for the prevention of hypogalactia in sows. *Livestock Science*, 125(2–3), 152–160.
- Kuller, W. et al. (2021): Use of paracetamol in sows around farrowing: effect on health and condition of the sow, piglet mortality, piglet weight and piglet weight gain. *Porcine Health Management* 7: 46.
- Li, Q. et al. (2022): Nutritional strategies to alleviate oxidative stress in sows. *Animal Nutrition* 9: 60–73.
- Muhizi, S., Kim, I.H. (2022): Effect of dietary salicylic acid supplementation on performance and blood metabolites of sows and their litters. *Journal of Animal Science and Technology* 64(4): 707–718.
- Szczubiał, M. (2015): Effect of supplementation with vitamins E, C and β -carotene on antioxidative/oxidative status parameters in sows during the postpartum period. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 18(2): 299–305.
- Theil, P.K., et al. (2014). Impact of nutrition on health and performance of sows and their piglets. *Animal*, 8(S1), 180–188.
- Verstegen, M.W.A., Williams, B.A. (2002). Alternatives to the use of antibiotics as growth promoters for monogastric animals. *Animal Biotechnology*, 13(1), 113–127.

Autorenanschrift

Ralph Schemmer
BEWITAL agri GmbH & Co. KG
Industriestraße 10
46354 Südlohn-Oeding, Deutschland
E-Mail: r.schemmer@bewital.de

Effect of a postbiotic derived from inactivated *Limosilactobacillus fermentum* and *Lactobacillus delbrueckii*, microbial muramidase, and their combination, on health and performance parameters of nursery piglets

Jochen Wirges¹, Jasna Bosnjak-Neumüller², Irene Eising³, Antonio Vargas Laguna⁴, María José Carrión López⁴, Philippe Tacon⁵, Sophie Luo⁶

¹dsm-firmenich Nutritional Products, Bramsche, ²dsm-firmenich Nutritional Products, Grenzach-Wyhlen, Germany, ³dsm-firmenich Nutritional Products, Kaiseraugst, Switzerland, ⁴Genera PM Office Murcia, Spain, ⁵dsm-firmenich Nutritional Products, Tokyo, Japan Nutritional Products, ⁶dsm-firmenich Nutritional Products, Animal Nutrition Research Center, Bazhou, China

Introduction

The ongoing genetic improvement of pigs increases the demand for nutritional and management strategies that support health and enable animals to fully express their performance potential. Only healthy and high-performing pigs can contribute to pork production with a sustainable carbon footprint, as reduced health and feed efficiency markedly increase the environmental burden per kilogram of pork produced (Andretta et al., 2014). The growing number of piglets born alive per litter has been associated with reduced average weaning weight and increased within-litter variation (Ward et al., 2020). As a result, piglets are more susceptible to disease, particularly as the development of the gastrointestinal tract is still ongoing at weaning. This situation often leads to post-weaning diarrhoea (St-Pierre et al., 2023), impairing growth performance and increasing production costs (Heo et al., 2013). A reduced feed efficiency of the weaners also contributes to a higher carbon footprint per kilogram of pork (Monteiro et al., 2016). To prevent this, pre-starter and starter diets are commonly supplemented with organic acids and/or pre- and probiotics. More recently, a category of additives originally developed for human health has gained attention in animal nutrition: postbiotics. According to the definition by Salminen et al. (2021), postbiotics are "a preparation of inanimate microorganisms and/or their components that confers a health benefit on the host." These may include intact but non-viable microbial cells, cell fragments, and metabolites produced during fermentation. Their non-living nature provides advantages in terms of stability, safety, and ease of storage and handling, particularly in feed formulations where environmental stress or heat may impair probiotic viability. This study investigates the effect of a postbiotic (GutServ® Biotics; dsm-firmenich) and the enzyme muramidase (BALANCIUS®; Novonesis) on the performance and health of piglets. The tested postbiotic consisted of metabolites and cell bodies of inactivated *Limosilactobacillus fermentum* and *Lactobacillus delbrueckii*, which have been reported to exert beneficial effects on microbiota balance, immune function, and intestinal barrier integrity (Liu et al., 2023; Prajapati et al., 2023). The muramidase hydrolyses peptidoglycans, the debris of bacterial cell walls, thereby aiding their removal from the gut and improving growth performance and feed efficiency in weaned piglets (EFSA FEEDAP Panel, 2021). We hypothesise that GutServ® Biotics alone would reduce the incidence and severity of diarrhoea, while BALANCIUS® alone would contribute to a better FCR. Therefore, a combination of both products should result in a healthy animal with an improved FCR.

Materials and Methods

The trial was carried out on a Spanish commercial farm that was adapted and equipped for experimental trials. A total of 728 mixed-sex weaned piglets [(LD × LW) × Duroc] with an initial average body weight of 5.61 ± 0.85 kg and an average age of 25 days were grouped into four experimental treatments with 14 replicates per group. The feed for all groups was the same as for the Control (CTR) group, with the only difference that Group BAL contained BALANCIUS®, BIO contained GutServ® Biotics, and B+B contained a combination of BAL + BIO. For the estimated nutrient composition, see Table 1. Piglets had ad libitum access to water and feed during the whole experimental period. A two-phase feeding scheme was applied: d 0–14 (pre-starter) and d 14–40 (starter). GutServ® Biotics was included at 15 g/t in the pre-starter and 10 g/t in the starter feed, whilst the inclusion level of BALANCIUS® at 500 g/t remained the same for both phases

Table 1 Estimated nutrient composition of the experimental diets

Nutrient	Pre-Starter (0-14d)	Starter (14-40d)
Net Energy, kcal/kg	2500.00	2475.00
Crude Protein, %	18.50	17.70
Crude Fat, %	5.08	5.28
Crude Fiber, %	2.93	3.13
Total Ash, %	5.13	4.67
Lysine (DIS), %	1.30	1.17

For each phase and pen, the individual body weight and the total feed consumption were recorded, and FCR was calculated per phase and for the whole trial. As we aimed for a reduction of post-weaning diarrhoea (incidence/severity), which occurs mainly during the first 2–3 weeks post-weaning (Rhouma et al., 2017), the faecal consistency per pen was evaluated daily during the first three weeks using a score from 1 to 5 (1: very severe diarrhoea, 2: poor faecal consistency, 3: moderate faecal consistency, 4: optimal faecal consistency, 5: too dry faeces). Individual medical treatments were recorded daily. Piglets that showed clinical signs of disease (lameness, meningitis, etc.) or a progressive deterioration of their body condition were withdrawn from the trial. For these animals, body weight, the apparent cause of loss or withdrawal, and the medical treatments were also recorded.

Statistical analysis:

Prior to statistical analyses, the distribution platform was used to verify normality. Any outliers, determined as more than three times the root mean square error from the mean of the response, were removed from the statistical analyses.

The growth performance data were evaluated using a one-way ANOVA via the General Linear Model (GLM) procedure (MINITAB software):

$$[\text{GLM-1}] Y = \mu + a \cdot \text{BW0} + \text{BIO} + \text{BAL} + (\text{BIO} \wedge \text{BAL}) + e$$

$$[\text{GLM-2}] Y = \mu + a \cdot \text{BW0} + \text{NS} + e$$

The average body weight of the piglets at the beginning of the experimental period (BW0) was used as a covariate. μ : overall mean; BIO: fixed effect of dietary inclusion of GutServ® Biotics; BAL: fixed effect of dietary supplementation with BALANCIUS®; BIO $\wedge$ BAL: interaction between dietary supplementation with BALANCIUS® and GutServ® Biotics; e: error. NS: Nutritional Strategy effect (CTR, BAL, BIO, B+B). A two-way ANOVA was performed to evaluate the effects of BALANCIUS®, GutServ® Biotics supplementation, and their interaction. Non-parametric methods were used for the analysis of the individual medical treatments, faecal diarrhoea score, and diarrhoea incidence. The level of significance was set at $P < 0.05$ and a statistical trend at $0.05 \leq P < 0.10$. Significant differences at $P < 0.05$ were compared using Tukey's pair-wise comparison procedure.

Results

Pre-Starter post-weaning period (0–14 d)

Table 2 presents the performance results obtained during the Pre-Starter period (0–14 days post-weaning). The evaluation of the production performance during the pre-starter phase using the GLM-2 showed that the piglets of the BIO and B+B groups had a numerically higher growth rate and consequently a higher body weight at the end of the pre-starter phase ($P = 0.068$). Animals in the B+B group also showed, in the pre-starter phase, a lower incidence of diarrhoea compared to the CTR, BAL and BIO groups ($P = 0.031$). The inclusion of BALANCIUS® did not improve the productive performance of piglets in the Pre-Starter stage. The inclusion of GutServ® Biotics in the Pre-Starter feed numerically improved growth rate and body weight at the end of the pre-starter phase. Moreover, the feed intake and the FCR were numerically improved. Additionally, all groups receiving GutServ® Biotics showed a numerically lower diarrhoea incidence and a reduced need for injectable medical treatments. These reductions were numerical and close to significance, suggesting a potential benefit for piglet resilience (Figures 3 and 4).

Overall post-weaning period (0–40 d)

Table 3 presents the performance results obtained during the overall period (0–40 days post-weaning). Statistical analysis with GLM-2 indicated that piglets in the B+B group had a higher growth rate and final body weight at the end of the experiment compared to the CTR group (+25 g/day; $P = 0.008$). Their values were intermediate between those in the BIO and BAL treatments. The group receiving both GutServ® Biotics and BALANCIUS® showed a lower feed conversion ratio than the CTR group (–0.061 kg/kg; $P < 0.001$). Supplementing with GutServ® Biotics or BALANCIUS® improved average daily weight gain and feed conversion ratio throughout the nursery period ($P < 0.05$). No significant differences were observed in feed intake, mortality rate, withdrawal ratio, or individual medical treatments ($P > 0.05$).

Table 2 Effect of GutServ® Biotics and BALANCIUS® on productive performance of nursery piglets in the 0-14d post-weaning period

VARIABLE	BALANCIUS®				GutServ® Biotics				NUTRITIONAL STRATEGY (NS)				SEM				P-Values				P-Values			
	-	+	-	+	-	+	-	+	CTR	BAL	BIO	B+B	BAL	BIO	B+B	SEM	P-Values	BAL	BIO	B+B	P-Values	BAL	BIO	B+B
Mean body weight d0 (kg)	5,62	5,60	5,62	5,61	5,61	5,61	5,61	5,61	5,62	5,60	5,61	5,60	0,234	1,000	0,939	0,988								
Mean body weight d14 (kg)	8,89	8,92	8,77	9,04	8,77	9,04	8,75	8,80	8,75	8,80	9,04	9,04	0,097	0,068	0,787	0,009								
Mean ADG (kg/d)	0,24	0,24	0,23	0,25	0,23	0,25	0,22	0,23	0,22	0,23	0,25	0,25	0,007	0,068	0,787	0,009								
FCR (kg/kg)	1,20	1,20	1,21	1,18	1,21	1,18	1,21	1,21	1,21	1,21	1,18	1,18	0,017	0,349	0,993	0,073								

BAL - BALANCIUS®; BIO- GutServ® Biotics; B+B - BAL + BIO

Table 3 Effect of GutServ® Biotics and BALANCIUS® on productive performance of nursery piglets in the 0-40d post-weaning period

VARIABLE	BALANCIUS®				GutServ® Biotics				NUTRITIONAL STRATEGY (NS)				SEM				P-Values				P-Values			
	-	+	-	+	-	+	-	+	CTR	BAL	BIO	B+B	BAL	BIO	B+B	SEM	P-Values	BAL	BIO	B+B	P-Values	BAL	BIO	B+B
Mean body weight d0 (kg)	5,617	5,599	5,610	5,606	5,610	5,606	5,623	5,623	5,623	5,597	5,612	5,601	0,234	1,000	0,939	0,988								
Mean body weight d14 (kg)	21,479	21,940	21,445	21,974	21,445	21,974	21,223 ^b	21,667 ^{ab}	21,223 ^b	21,667 ^{ab}	21,735 ^{ab}	22,213 ^a	0,193	0,008	0,021	0,008								
Mean ADG (kg/d)	0,397	0,408	0,395	0,409	0,395	0,409	0,390 ^b	0,401 ^{ab}	0,390 ^b	0,401 ^{ab}	0,403 ^{ab}	0,415 ^a	0,0048	0,008	0,021	0,008								
FCR (kg/kg)	1,462	1,429	1,458	1,433	1,458	1,433	1,472 ^a	1,444 ^{ab}	1,472 ^a	1,444 ^{ab}	1,452 ^b	1,414 ^b	0,0079	<0,001	<0,001	0,003								

BAL - BALANCIUS®; BIO- GutServ® Biotics; B+B - BAL + BIO

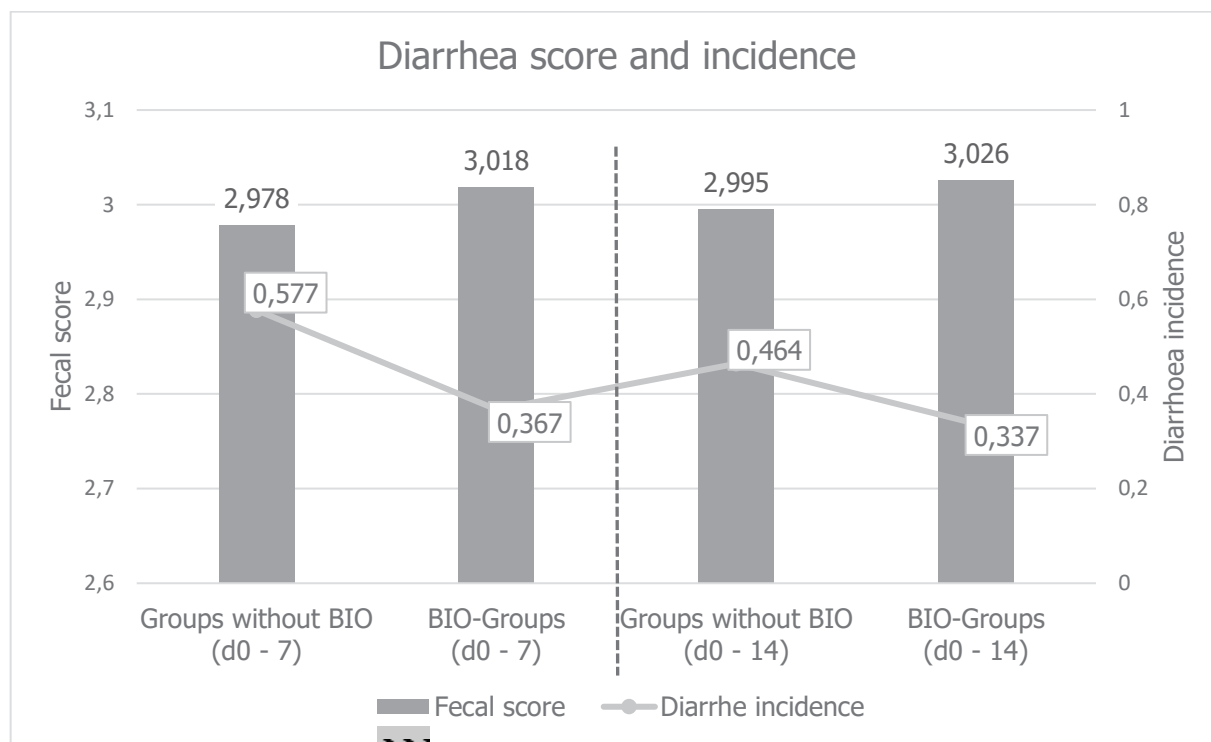


Figure 3. Effect of GutServ® Biotics supplementation (BIO, B+B vs. CTR, BAL) on fecal score and diarrhea incidence in nursery piglets during 0–7 d and 0–14 d post-weaning.

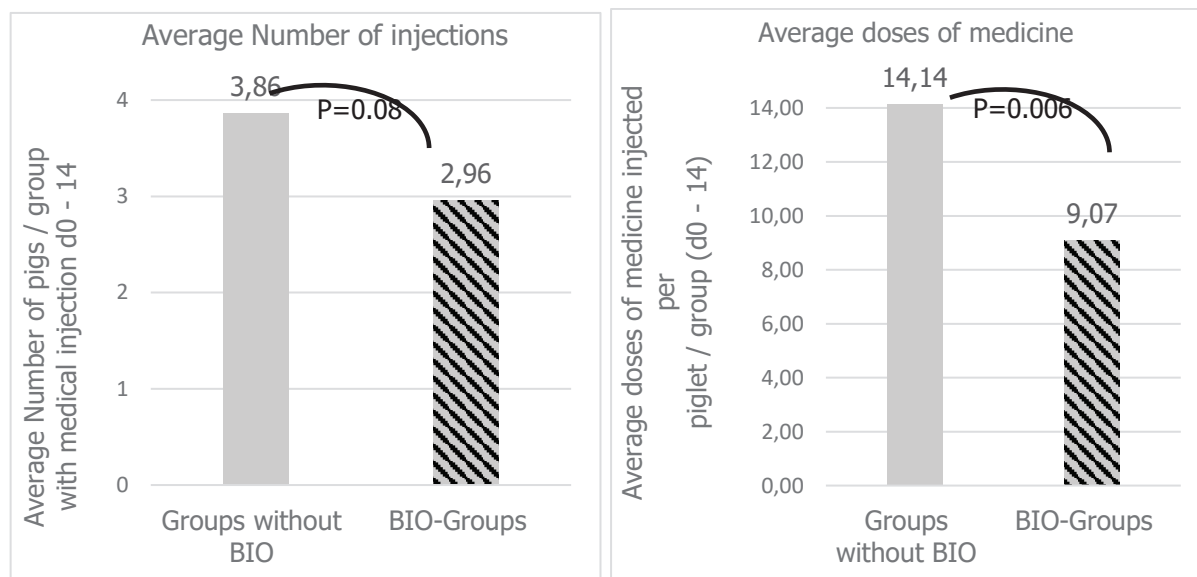


Figure 4. Effect of dietary supplementation with GutServ® Biotics in groups BIO and B+B on the number of injected pigs and the mean medical dose administered to nursery piglets during the pre-starter post-weaning period (0–14 d)

Discussion & Conclusion

This study shows that GutServ® Biotics and BALANCIUS®, either individually or in combination, improved the performance of nursery piglets under commercial conditions, with clear effects in the pre-starter phase and across the full nursery period. In the first two weeks post-weaning, GutServ® Biotics (15 g/t) tended to improve feed intake, growth, feed conversion, reduce medical treatments and diarrhoea, and enhance faecal consistency, consistent with Duarte et al. (2024).

BALANCIUS® alone did not improve performance in this early stage, partly contradicting the initial hypothesis, but the combination of both products was most effective in reducing diarrhoea. Over the full nursery period (0–40 days), both additives improved growth and feed efficiency, while the combination achieved the strongest overall performance (+25 g/day ADG and –0.061 FCR vs. control, $P < 0.001$). These results underline the potential of combining GutServ® Biotics and BALANCIUS® to strengthen piglet resilience and production efficiency and provide a solid basis for further research on nutritional strategies in nursery pigs.

References

- Andretta, I., et al. (2014). The environmental impacts of precision feeding programs applied in pig production. *Journal of Animal Science*, 92(2), 404–415.
- Boroogeni, F. G., et al. (2019). Evaluation of a microbial muramidase supplementation on growth performance, apparent ileal digestibility, and intestinal histology of broiler chickens. *Poultry Science*, 98(4), 2080–2086.
- Duarte, M. E., et al. (2024). Effects of dietary *Lactobacillus* postbiotics and bacitracin on the modulation of mucosa-associated microbiota and pattern recognition receptors affecting immunocompetence of jejunal mucosa in pigs challenged with enterotoxigenic F18+ *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 139.
- EFSA FEEDAP Panel, et al. (2021). Safety and efficacy of muramidase from *Trichoderma reesei* DSM 32338 as a feed additive for weaned piglets. *EFSA-Journal*, 19(1), e06341.
- Heo, J. M., et al. (2013). Gastrointestinal health and function in weaned pigs: A review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1–2), 3–16.
- Liu, Y., et al. (2023). Expressions of insulin-like growth factor system among different breeds impact piglets' growth during weaning. *Animals*, 13(19), 3011.
- Monteiro ANTR, et al. Environmental impacts of pig and broiler production: life cycle assessment of animal diets. *Animal*. 2016;10(3):547–55.
- Prajapati, J. B., et al. (2023). Postbiotic production: Harnessing the power of microbial metabolites for health applications. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1306192.
- Rhouma, M., et al. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: Risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 31.
- Rutherford, K. M. D., et al. (2013). The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: Biological factors. *Animal Welfare*, 22(2), 199–218.
- Salminen, S., et al. (2021). The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(9), 649–667.
- St-Pierre, B., et al. (2023). Impact of early weaning on development of the swine gut microbiome. *Microorganisms*, 11(7), 1753.
- Ward, S. A., et al. (2020). Larger litter size increases piglet preweaning mortality and reduces weaning weight. *Animals*, 10(1), 76.

Author Address

Jochen Wirges
jochen.wirges@dsm-firmenich.com
Im Breuel 10
49565 Bramsche, Germany

Sustell™

Intelligent umgesetzte Nachhaltigkeit

Sustell™ ist eine fortschrittliche, intelligente Online-Plattform mit dem Fokus Nachhaltigkeit, basierend auf einem hochmodernen APS-Tool von Drittanbietern. Es werden hierbei echte Betriebsdaten zur Berechnung der Treibhausgas-Emissionen und weiterer 16 Umweltfaktoren genutzt. Die "Was wäre wenn"-Modellierung zeigt die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen noch bevor sie auf Betriebsebene implementiert werden.

SUSTAINABILITY

INTELLIGENCE

ANIMAL PROTEIN
PRODUCTION

Learn more at
sustell.com



dsm-firmenich 

Demonstrationsvorhaben für eine resilientere Gestaltung der heimischen Schweinehaltung in der Modellregion für Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft Steirisches Vulkanland (Österreich)

Reinhard Puntigam¹, Julia Slama², Wolfgang Wetscherek³, Julia Steinhoff-Wagner⁴, Stefan Hörtenhuber⁵

¹Professur für Ernährung und Qualität tierischer Produkte, FH Soest

²Professur für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Universität Rostock

³Universität für Bodenkultur Wien

⁴Professur für Tierernährung und Metabolismus, TU München, Freising-Weihensteph.

⁵Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien

Einleitung

„Die Ressourcen auf unserem Planeten sind begrenzt. Daher ist es umso wichtiger, dass wir nachhaltig wirtschaften und die regionalen Potenziale nutzen“. Dieses Zitat entstammt der Homepage der ersten Modellregion für Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft Österreichs, welche 2022 im Steirisches Vulkanland in der Südoststeiermark gegründet wurde (www.vulkanland.at/lebensraum/). Ziel ist es elf ambitionierte Maßnahmen aus den Bereichen Landwirtschaft und Boden, kaskadische Rohstoffnutzung, integrierte erneuerbare Energieerzeugung, Wertschöpfungskette Holz sowie Eigeninitiative und Bewusstseinsbildung in den drei Jahren der Projektlaufzeit umzusetzen. Auf den Äckern im Steirischen Vulkanland dominiert der Anbau von Mais der vorwiegend in der Schweinemast eingesetzt wird. Als Eiweißfutter findet als Mischungspartner überwiegend Sojaextraktionsschrot (SES) aus Übersee Anwendung. Sowohl der Anbau als auch die Verwendung von Mais und SES stehen unter kritischer Betrachtung (Mais-Monokulturen, Landnutzungsänderung, Teller vs. Trog – Diskussion). Ziel dieses Fütterungs-Schwerpunktes war es mit drei aufeinanderfolgenden Schweinemastversuchen zum einen SES zu reduzieren und zum anderen den verbleibenden Anteil durch Eiweißalternativen sowie Nebenprodukte der Lebensmittelbe- und -verarbeitung bestmöglich zu ersetzen. Folglich werden die Ergebnisse der durchgeführten Fütterungsstudien im Überblick dargestellt sowie Empfehlungen für die Praxis abgeleitet.

Material und Methoden

Die Studien wurden im Zeitraum von 2023 bis 2024 an der LFS Hatzendorf (AT) mit insgesamt 208 Tieren (Pietrain x Edelschwein) durchgeführt. Diese wurden jeweils anhand der Lebendmasse (ca. 35 kg LM), des Geschlechts sowie des Wurfs den Futtergruppen (FG) zugeteilt. Es standen strohlose Boxen mit je 12 bzw. 16 Tieren zur Verfügung. Zur Rationskalkulation (Zifo2, LfL) wurden die Einzelfuttermittel (vorrangig regionales Getreide, SES (Übersee) und Sojakuchen (regional)) vorab mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS, Evonik Operations GmbH, Animal Nutrition, DE) auf den Gehalt an Nährstoffen untersucht. Das Mineralfutter stammte von Garant-Tiernahrung Pöchlarn (AT). Die Rationskalkulation orientierte sich an den Vorgaben der DLG (Merkblatt 418, 2019) und gliederte sich in 2 (FG 1; 30-90 und 90-118 kg LM) bzw. 3 (Vormast (VM):30-60, Mittelmast (MM): 60-90 und Endmast (EM): 90-118 kg LM) Fütterungsphasen, wobei das Futter in mehrlageriger Form *ad libitum* angeboten wurde. Die Versuchsfuttermischungen wurden nach den Vorgaben der VDLUFA (2012) analysiert und der Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) nach GfE (2008) kalkuliert. Die Kalkulation der N-Ausscheidung erfolgte mittels Massenbilanzierung nach den Vorgaben der DLG 199 (2014) bzw. wie im DLG-Merkblatt 418 (DLG, 2019) dargestellt. Die Bilanzierung des CO₂-Fußabdruckes erfolgte in der Software SimaPro (v 10.1) auf Basis der Ökobilanzdatenbank Agri-footprint (Blonk Agri-footprint BV,

2017) mittels der Wirkungsabschätzungsmethode Environmental Footprint 3.1 (v 1.02). Gegenüber Berechnungen in Methodenberichten ist in der vorliegenden Auswertung über alle 3 Versuchsanstellungen die identische Ökobilanz-Datenbank zum Einsatz gekommen, wodurch sich Ergebnisse zu jenen in bereits publizierten Berichten unterscheiden, aber zueinander vergleichbar sind. Zusätzlich wurden standardmäßig 300 km Transport im Durchschnitt für die eingesetzten Futtermittel unterstellt. Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.4 (Prozedur GLM) und veranschaulicht werden LSMEANS.

Folgend sollen die Fragestellungen zu den durchgeführten Versuchen im Überblick dargestellt werden.

1. Versuch: Der erste Schweinemastversuch hatte zum Ziel die Supplementierung synthetischer Aminosäuren über den Einsatz höherwertiger Mineralfuttermittel auf die Mast- und Schlachtleistung sowie Parameter der Ökologie und Ökonomie zu bewerten. Anwendung fanden ein 8er-, ein 10er- sowie ein 12er-Lysin Mineralfuttermittel (siehe Tabelle 1, Fußnote), wodurch der mittlere gewichtete Gehalt an Rohprotein in den Rationen von 159, auf 150 bis hin zu 143 g/kg Trockenfutter (TF, 88 % Trockenmasse) reduziert werden konnte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Rationszusammensetzung (in FM, %) und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88% TM) (Versuch 1)

Zusammensetzung	8er Lysin		10er Lysin			12er Lysin		
	VM/MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Maisganzkornsilage	50	50	50	50	50	50	50	50
Gerste	5,0	6,0	2,5	3,5	5,0	5,0	5,5	5,5
Körnerhirse	9,0	12	7,0	11	12,5	7,0	11	14
Weizen	7,0	7,0	13,5	13	13,5	14	13,5	14
Sojaextr.schrot, 44% RP	24	20,5	22	18	14,5	19	15,5	12
Faserfuttermittel	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mineralfutter	3,5	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0
Energie, MJ ME/kg	13,41	13,47	13,49	13,55	13,56	13,51	13,58	13,60
Rohprotein, g/kg	167	155	164	150	138	157	143	131
Lysin, g/kg	10,81	9,59	10,99	9,56	8,72	10,97	9,54	8,66
dvd. Lysin, g/kg	9,63	8,50	9,85	8,55	7,79	9,90	8,58	7,81

8er Lysin: 8,0% Lysin; 2,2% Methionin; 2,0% Threonin; 10er Lysin: 10,0% Lysin; 3,2% Methionin; 3,2% Threonin; 0,50% Tryptophan; 12er Lysin: 12,0% Lysin; 4,0% Methionin; 4,2% Threonin; 0,80% Tryptophan; 1,20% Valin.

2. Versuch: Das Ziel des zweiten Schweinemastversuches bestand darin, den verbliebenen Anteil an SES in sehr stark N-reduzierten Schweinemastrationen (FG 3, Versuch 1) durch heimischen, optimiert aufbereiteten Sojakuchen bestmöglich zu ersetzen und den Anteil an human Verwertbarem durch den Einsatz von Weizenkleie (VM: 4, MM: 6 und EM: 8 % der Ration) und Luzernefuttermittel (über alle 3 Phasen hinweg 7 % Luzernepellets) zu mindern. In diesem Versuch wiesen die 3 FG einen mittleren gewichteten Gehalt an Rohprotein von ca. 135 g/kg TF auf (Tabelle 2).

Tabelle 2: Rationszusammensetzung (in FM, %) und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88 % TM) (Versuch 2)

Zusammensetzung	Kontrolle			Weizenkleie			Luzerne		
	VM	MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Maisganzkornsilage	55,9	56,0	65,0	59,0	69,0	65,0	71,8	73,0	65,0
SES, 44 % RP	15,6	11,2	7,5	5,0	3,0	7,0		2,0	4,5
Sojakuchen				10,0	7,0		13,7	7,5	2,0
Weizen	15,0	15,8		10,0	8,0	17,0	4,5	7,5	18,5
Gerste	9,0	12,5	23	9,0	4,0				
Fasermix, 30% XF	1,5	1,5	1,5						
Weizenkleie				4,0	6,0	8,0			
Luzernefuttermittel							7,0	7,0	7,0
Mineralfutter	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Tabelle 2. Rationszusammensetzung (in FM, %) und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88 % TM)
(Versuch 2)

Zusammensetzung	Kontrolle			Weizenkleie			Luzerne		
	VM	MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Energie, MJ ME	13,51	13,50	13,45	13,50	13,50	13,35	13,43	13,41	13,32
Rohprotein, g	155	137	118	157	134	122	152	132	122
Polyenfettsäuren, g	15	15	15	19	19	17	20	18	16
Lysin, g	10,99	9,83	8,92	11,17	9,80	8,84	11,23	9,93	8,98
dvd Lysin, g	9,87	8,83	8,02	9,91	8,81	8,05	9,91	8,86	8,04

12,0% Lysin; 4,0% Methionin; 4,2% Threonin; 0,80% Tryptophan; 1,20% Valin.

3. Versuch: Im dritten Schweinemastversuch kam ausschließlich Sojakuchen in sehr stark N-reduzierten (135 g/kg TF) Rationen als Eiweißfuttermittel zum Einsatz. Während in der Kontrollgruppe ausschließlich Gerste als Faserlieferant Anwendung fand, setzten sich die Versuchsfuttermischungen aus einer identen Basisration bestehend aus Maisganzkornsilage, Sojakuchen und Mineralfutter sowie einer von drei Faserkombinationen (VM: 5%; MM: 7%; EM: 9%), welche „on top“ hinzugefügt wurden, zusammen. Die Faserkombinationen wurden aus Weizenkleie, Sojabohnenschale und Buchweizenschale konzipiert, wobei ein Verhältnis von 60:20:20 für die jeweils namensgebende Faserquelle eingehalten wurde. Dargestellt werden die Energie- und Nährstoffgehalte der Kontrollgruppe sowie der Basismischung (Tabelle 3).

Tabelle 3. Rationszusammensetzung (in FM, %) und kalkulierte Nährstoffgehalte, kg TF (88 % TM)
(Versuch 3)

Zusammensetzung	Kontrolle			Basismischung		
	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Maisganzkornsilage	69,0	72,0	75,0	74,5	77,0	79,5
Gerste	10,0	12,0	14,0			
Sojakuchen	18,0	13,0	8,0	17,5	12,5	7,5
Rapsöl					0,5	1,0
Mineralfutter	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Faserkombination*				5,0	7,0	9,0
Energie, MJ ME	13,8	13,8	13,8	14,0	14,2	14,3
Rohprotein	160	138	116	159	135	110
Lysin	11,5	10,1	8,8	11,8	10,5	9,1
dvd Lysin	10,2	9,1	8,0	10,6	9,6	8,5
Rohfaser	29,0	28,0	28,0	25,0	23,0	21,0

12,0% Lysin; 4,0% Methionin; 4,2% Threonin; 0,80% Tryptophan; 1,20% Valin. *60:20:20 mit höchstem Anteil für den jeweils namensgebenden Faserträger Sojaschale, Weizenkleie oder Buchweizenschale

Ergebnisse

Versuch 1: In Tabelle 4 werden die Ergebnisse der analysierten Gehalte ausgewählter Nährstoffe aus Versuch 1 dargestellt. Es konnte eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden.

Tabelle 4: Gehalt an analysierten Nährstoffen der Versuchsfuttermischungen, kg TF (88 % TM)
(Versuch 1)

Parameter	8er Lysin		10er Lysin			12er Lysin		
	VM/MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Frischmasse, g/kg	757	749	755	755	757	761	753	760
Rohprotein, g/kg	168	156	163	151	137	158	142	131
Lysin, g/kg	11,3	10,9	11,7	10,6	9,9	10,9	9,7	9,3
Energie, MJ ME/kg	13,4	13,5	13,5	13,7	13,7	13,5	13,7	13,6
Kalzium, g/kg	7,4	6,4	6,9	6,3	5,7	7,9	6,8	6,4
Phosphor, g/kg	5,0	4,6	5,2	4,8	4,7	4,6	4,3	4,3

Trotz deutlicher Reduktion an SES pro Mastschwein (Tabelle 4; FG 1: 53 kg; FG 2: 44 kg; FG 3: 37 kg) konnte sowohl bei den Tageszunahmen wie auch beim Futterverbrauch und -aufwand zwischen den FG kein Unterschied festgestellt werden ($p>0,05$). Ebenso unterschieden sich die FG bei den Schlachtleistungsmerkmalen nicht (Tabelle 5). Mit dem gesteigerten Einsatz an synthetischen Aminosäuren konnte eine deutliche Reduktion an N-Ausscheidung im Vergleich zur FG 1 nachgewiesen werden (Tabelle, 6; $p<0,05$). Darüber hinaus konnte ebenfalls der CO₂-Fußabdruck der Rationsgestaltung je kg Alleinfuttermittel sowie je Mastschwein deutlich reduziert werden (10er: -11%, 12er: -17%).

Tabelle 5: Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung (Versuch 1)

Parameter	Futtergruppe			SEM	FG	p-Wert	
	8er	10er	12er			Sex	FG x Sex
LM zu Versuchsbeginn, kg	36,3	36,0	36,7	0,514	0,861	0,258	0,766
LM zu Versuchsende, kg	120,5	122,0	121,9	0,683	0,570	0,010	0,333
Tageszunahme, g/Tag	1.000	1.027	1.016	10,12	0,520	0,009	0,380
Futtermittelverbrauch, kg/kg	2,92	2,88	2,89	0,030	0,817	0,011	0,395
Futterverbrauch, kg/Tag	2,90	2,93	2,92	0,011	0,477	0,823	0,981
Schlachtgewicht, kg	96,5	97,8	97,4	0,553	0,608	0,037	0,370
Ausschlachtung, %	80,1	80,2	79,9	0,133	0,668	0,116	0,482
Muskelfleischanteil, %	59,6	59,8	58,7	0,257	0,110	<0,001	0,155
Fleischmaß, mm	79,4	79,8	78,4	0,502	0,492	0,646	0,744
Speckmaß, mm	15,8	15,6	17,4	0,439	0,091	<0,001	0,136

Tabelle 6: Ergebnisse zur Umweltwirkung der Rationsgestaltung (Versuch 1)

Parameter	Futtergruppe		
	8er	10er	12er
N-Ausscheidung, g / Mastschwein	4.096	3.680	3.408
CFP (kg CO ₂ -eq) / kg Futter	1,001	0,883	0,825
CFP (kg CO ₂ -eq) / Mastschwein	245,6	217,9	202,8
Relativ je Mastschwein, %	100	89	83

Versuch 2: In Tabelle 7 werden die Ergebnisse der analysierten Gehalte ausgewählter Nährstoffe aus Versuch 2 dargestellt. Es konnte ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden.

Tabelle 7: Gehalt an analysierten Nährstoffen der Versuchsfuttermischungen, kg TF (88 % TM) (Versuch 2)

Parameter	Kontrolle			Weizenkleie			Luzerne		
	VM	MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Frischmasse, g/kg	759	759	759	758	758	758	746	746	746
Rohprotein, g/kg	153	132	114	150	128	112	142	121	116
Lysin, g/kg	10,4	8,8	7,3	10,0	8,4	7,3	10,0	8,4	7,5
Energie, MJ ME/kg	13,72	13,16	13,50	14,01	13,74	13,59	13,89	13,24	13,18
Kalzium, g/kg	5,9	6,7	7,2	6,0	6,7	7,3	6,3	6,6	8,2
Phosphor, g/kg	4,4	4,2	4,0	4,8	4,6	4,6	4,0	3,9	3,8

Tabelle 8 und 9 zeigen die Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung. Trotz mittlerem Gehalt an Rohprotein von ca. 135 g / kg TF (sehr stark N-reduziert: 144 g/kg TF, DLG 418, 2019) konnte bei den Tageszunahmen, sowie beim Futtermittelverbrauch zwischen den FG kein Unterschied nachgewiesen werden ($p>0,05$). Auch bei den Schlachtleistungen konnte zwischen den Versuchsgruppen kein Unterschied nachgewiesen werden ($p>0,05$) obwohl der Gehalt an Rohprotein deutlich stark- und SES sehr deutlich durch Sojakuchen substituiert wurde. Während in der Kontrollgruppe je Tier ca. 32 kg SES (TF) Anwendung fanden, verzehrten die Tiere der Weizenkleiegruppe ca. die Hälfte (ca. 15 kg SES) und jene der Luzernegruppe ca. ein Fünftel SES (ca. 7 kg SES).

Tabelle 8: Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung (Versuch 2)

Parameter	Futtergruppe			SEM	FG	p-Wert	
	Kontrolle	Weizenkleie	Luzerne			Sex	FG x Sex
LM zu Versuchsbeginn, kg	33,1	32,7	33,0	0,36	0,911	0,044	0,844
LM zu Versuchsende, kg	118,1	119,5	118,3	0,57	0,521	0,001	0,476
Tageszunahme, g/Tag	946	949	957	11,96	0,905	<0,001	0,210
Futtermittelaufwand, kg/kg	3,00	3,03	3,05	0,04	0,847	<0,001	0,223
Futtermittelverbrauch, kg/Tag	2,80 ^c	2,85 ^b	2,88 ^a	0,01	<0,001	0,026	0,906
ME je Mastschwein, MJ	3.424	3.523	3.475	41,99	0,561	< 0,001	0,388
ME je kg Zuwachs, MJ/kg	40,42	40,73	40,82	0,58	0,943	< 0,001	0,229
Schlachtgewicht, kg	94,8	95,8	94,1	0,475	0,321	0,005	0,784
Ausschlachtung, %	80,2	80,1	79,5	0,169	0,192	0,480	0,573
Muskelfleischanteil, %	59,3	59,6	59,6	0,314	0,930	0,001	0,588
Fleischmaß, mm	77,6	79,2	79,1	0,691	0,598	0,206	0,956
Speckmaß, mm	15,5	15,7	15,8	0,467	0,957	<0,001	0,272

Mit ca. 135 g Rohprotein im mittleren Mastfutter konnten die N-Ausscheidungen auf ca. 3 kg je Mastschwein reduziert werden, die FG unterschieden sich dabei in der Gesamt-N-Ausscheidung nicht (Tabelle 7; $p>0,05$). Im Vergleich zum Vorangegangenen Versuch konnte der CO₂-Fußabdruck der Fütterung nochmals deutlich reduziert werden (Weizenkleiegruppe: -21%, Luzernegruppe: -29% in Relation zur Kontrolle im Versuch 2). Noch stärker ausgeprägt ist der Vorteil der Rationen aus Versuch 2 im Vergleich zur Kontrollgruppe im Versuch 1 mit -21% (Kontrolle Versuch 2), -37% (Weizenkleiegruppe) und -44% (Luzernegruppe).

Tabelle 9: Ergebnisse zur Umweltwirkung der Rationsgestaltung (Versuch 2)

Parameter	Futtergruppe		
	Kontrolle	Weizenkleie	Luzerne
N-Ausscheidung, g / Mastschwein	3.054	3.045	2.929
CFP (kg CO ₂ -eq) / kg Futter	0,767	0,589	0,530
CFP (kg CO ₂ -eq / Mastschwein	194,8	154,4	137,6
Relativ je Mastschwein	100	79	71

Versuch 3: In Tabelle 10 werden die Ergebnisse der analysierten Gehalte ausgewählter Nährstoffe aus Versuch 3 dargestellt. Es kann eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalkulierten Nährstoffgehalten nachgewiesen werden.

Tabelle 10: Gehalt an analysierten Nährstoffen der Versuchsfuttermischungen, kg TF (88 % TM)
(Versuch 3)

Parameter	Kontrolle			Sojaschalen			Weizenkleie			Buchweizenschale		
	VM	MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM	VM	MM	EM
Rohprotein	159	141	113	154	135	110	152	133	109	155	135	100
Lysin	11,4	9,3	8,7	11,4	9,8	8,5	11,3	10,2	8,0	11,2	8,4	8,3
Energie, MJ ME	14,0	13,9	14,0	13,5	13,2	13,2	13,7	13,4	13,5	13,3	13,4	12,8
Rohfaser	25,1	26,0	21,1	38,5	45,5	47,2	32,6	39,6	39,6	43,4	46,6	52,0
aNDFom	100	105	83	120	127	113	114	128	117	148	134	118
ADFom	31,9	36,0	27,5	52,6	55,8	54,9	42,3	55,7	51,1	60,2	62,7	66,0
ADLom	1,0	3,0	2,6	3,5	8,9	10,8	7,4	8,6	12,4	14,4	16,7	24,4

Der Lebenmassezuwachs, die daraus kalkulierten täglichen Zunahmen je Mastabschnitt und ausgewählte Schlachtparameter werden in Tabelle 11 veranschaulicht. Der tägliche Lebendmassezuwachs war in der VM und MM über die FG hinweg ähnlich hoch, unterschied sich jedoch in der EM. Betrachtet man die Gesamtzeit der Mast so übten die in der EM verzeichneten geringeren Tageszunahmen keinen negativen Effekt auf das Gesamtergebnis aus. Der Futtermittelaufwand wird ausschließlich deskriptiv dargestellt und lag in der VM (1,85-1,87) sowie MM (2,37-2,41 kg/kg) in allen FG auf ähnlichem, sehr gutem Niveau. In der EM nahmen die Schweine der FG mit Buchweizenschalen numerisch die höchsten Futtermengen auf, was in einem

Futtermittelaufwand von 3,17 kg/kg resultierte. Hingegen wurden für die übrigen FG vergleichbare Werte erhoben (2,87-2,91 kg/kg). Über die gesamte Mastdauer hinweg resultierte die Faserkombination mit hohen Anteilen an Buchweizenschalen (60%) in numerisch höherem Futtermittelaufwand (2,48) wohingegen die weiteren FG bei 2,38 kg pro kg Zuwachs lagen. Die Schweine wiesen unabhängig der FG sehr gute Schlachtleistungen aus (Tabelle 8), wobei das sehr geringe Speckmaß mit zunehmender Reduktion an umsetzbarer Energie in den Alleinfuttermitteln bei sehr gutem Fleischmaß in einem sehr hohen Magerfleischanteil resultierte. Speziell weibliche Tiere können dabei hervorgehoben werden (13,3 vs. 9,6 mm Speckmaß; 61,72 vs. 63,76% MFA; $p < 0.05$).

Tabelle 11: Ergebnisse der Mast- und Schlachtleistung (Versuch 3)

Parameter	Kon.	SojaS	WK	BW	SEM	FG	Sex	FG x Sex
LM zu Versuchsbeginn, kg	36,7	37,3	35,7	36,4	0,62	0,844	0,049	0,964
LM zu Versuchsende, kg	121,3	120,5	123,0	119,3	0,24	0,246	0,761	0,535
Tageszunahme, g/Tag	896	876	875	837	9,73	0,080	<0,001	0,813
Futtermittelaufwand, kg/kg	2,38	2,38	2,39	2,48				
Futtermittelverbrauch, kg/Tag	2,85	2,73	2,69	2,76				
ME je Tier, MJ	2.811	2.594	2.718	2.675				
ME je kg Zuwachs, MJ/kg	33,33	31,67	32,28	32,49				
Schlachtgewicht, kg	98,5	97,8	99,5	97,0	0,51	0,414	0,929	0,721
Ausschlachtung, %	81,2	81,1	80,9	81,3	0,22	0,919	0,531	0,631
Muskelfleischanteil, %	62,1	63,1	62,9	62,9	0,29	0,521	<0,001	0,724
Fleischmaß, mm	83,1	83,5	83,1	83,1	0,75	0,997	0,856	0,319
Speckmaß, mm	12,4	11,5	11,0	10,9	0,44	0,520	<0,001	0,918

Kontrolle sowie Fasermischungen; 60:20:20 mit höchstem Anteil für den jeweils namensgebenden Faserträger Sojaschale (SojaS), Weizenkleie (WK) oder Buchweizenschale (BW).

In der Tabelle 12 werden die Effekte der Rationsgestaltung auf die Umwelt aus Versuch 3 dargestellt. Der sehr geringe Futtermittelverbrauch und die starke N-Reduktion resultierten in sehr geringen N-Ausscheidungen je Mastschwein. Im Vergleich zur Kontrollgruppe im Versuch 1 (8er- Lysin) kann hier eine Halbierung der N-Ausscheidung kalkuliert werden (8er: 4.096 vs. Kon. (3. Versuch: 2.164 N-Ausscheidung in g/Mastschwein). Darüber hinaus konnte durch die Rationsgestaltung der CO₂-Fußabdruck deutlich reduziert werden (SojaS: -10%, WK: -7%, BWS: -6%). Auch hier zeigt sich klar der Vorteil im Vergleich zur Kontrollgruppe im Versuch 1.

Tabelle 12: Ergebnisse zur Umweltwirkung der Rationsgestaltung (Versuch 3)

Parameter	Futtergruppe			
	Kon.	SojaS	WK	BWS
N-Ausscheidung, g / Mastschwein	2.164	1.974	1.954	1.970
CFP (kg CO ₂ -eq) / kg Futter	0,485	0,450	450	451
CFP (kg CO ₂ -eq) / Mastschwein	97,5	87,8	90,4	91,9
Relativ je Mastschwein, %	100	90	93	94

Kontrolle sowie Fasermischungen; 60:20:20 mit höchstem Anteil für den jeweils namensgebenden Faserträger Sojaschale (SojaS), Weizenkleie (WK) oder Buchweizenschale (BW).

Diskussion

Aus vorliegenden Ergebnissen wird ersichtlich, dass sowohl die Supplementierung an synthetischen Aminosäuren als auch die Substitution von SES einen wertvollen Beitrag zum Umwelt- und Ressourcenschutz leisten ohne gravierende Nachteile im Hinblick auf die tierische Leistungsfähigkeit auszuüben. Mit dem Einsatz höherwertiger Mineralfuttermittel, d. h. gesteigerter Ausstattung an synthetischen Aminosäuren – sowohl in der Einsatzmenge als auch der Anzahl – gelingt es den Anteil an Eiweißfuttermittel und damit den Gehalt an Rohprotein in der Rationsgestaltung deutlich zu reduzieren und in der Folge die N-Ausscheidung zu mindern. Dieser klare Zusammenhang wird auch in anderen Studien sehr schön beschrieben (Wang et al., 2018, Puntigam et al., 2024) und stellt eine der wichtigsten Maßnahmen im Bereich Futter und Fütterung dar, um die N-Emissionen (Sajeev et al., 2018) zu mindern sowie die Nachhaltigkeit im Bereich der Schweinefütterung zu steigern (Shurson and Kerr, 2023). Eine Grundvoraussetzung für den Leistungserhalt und Minderung betrieblicher N-Überschüsse stellt die exakte Futterbewertung zur präzisen Rationsplanung unter bedarfsgerechter Energie- und Nährstoffversorgung dar. Hierzu kommt der nährstofflichen Analytik der Einzelfuttermittel und dem Controlling des Alleinfuttermittels eine sehr große Bedeutung zu. Speziell regional verarbeitetes Soja (Puntigam et al., 2023), wie auch Nebenprodukte der Lebensmittelbe- und -verarbeitung (Rosenfelder et al., 2013) können großen nährstofflichen Schwankungen unterliegen die es bestmöglich zu bewerten bzw. zu korrigieren gilt. Speziell der Einsatz von human-nicht Verzehrbarem rückt zunehmend in den Fokus der Nutztierernährung und auch hierzu konnte mit dem Einsatz von Luzernepellets, Weizenkleie, Sojabohnen- und Buchweizenschale ein wichtiger Beitrag geleistet werden. Unter Gesamtbetrachtung der Ergebnisse aus den dargestellten 3 Versuchs-Fragestellungen kann die Supplementierung, Substitution und die kaskadische Nutzung von Reststoffen den CO₂-Fußabdruck synergistisch reduzieren. Dieser Umstand wird auch in aktuellen Studien (Stødkilde et al., 2023) sehr deutlich gemacht.

Fazit

Die gezielte Abfolge der 3 Schweinemastversuche bestätigt zum einen Ergebnisse aus der internationalen Literatur. Zum anderen weisen die praxisrelevanten Ergebnisse das Potential der heimischen Schweinemast aus, die es über die Beratung dringlich umzusetzen gilt. Es wäre sehr wünschenswert, wie hier dargestellt, stets aufeinander aufbauende Versuchsreihen abzubilden, die Wirkungen auf die ökonomisch relevanten Parameter zu betrachten und hierzu sei der Modelregion Vulkanland, als Vorreiter und Vorbild, ein großer Dank ausgesprochen.

Danksagung

Dieser Versuch wurde im Rahmen der Modellregion Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft mit den Mitteln des österreichischen Klimafonds durch das Programm „Klima- und Energie-Modellregionen“ und dem Steirischen Vulkanland durchgeführt sowie daraus finanziert.



Literatur

- DLG. (2019). Merkblatt 418, Umsetzung zur stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG. (2014). Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE. 2008. Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. Poc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 199-204.
- VDLUFA. (2012). Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt: VDLUFA-Verlag.
- Blonk Agri-footprint BV. (2017). Agri-Footprint - Part 2 - Description of data. Gouda, the Netherlands.
- Wang, Y., Zhou, J., Wang, G., Cai, S., Zeng, X., Qiao, S. (2018). Advances in low-protein diets for swine. J. of anim. Sci. and biotechn., 9(1), 60.
- Shurson, G. C. and Kerr, B. J. (2023). Challenges and opportunities for improving nitrogen utilization efficiency for more sustainable pork production. Frontiers in Animal Science, 4, 1204863.

Puntigam, R., Mueller, M., Weber, M., Hoertenhuber, S. J. (2024). Amino acid supplementation and substitution of soybean meal in crude protein- and phosphorus-reduced diets for grower-finisher pigs: Effects on performance and modelled environmental impact. *Livestock Science*, 288, 105556.

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.

Puntigam, R., Slama, J., Rittler, L., Wetscherek, W. (2023). Die Variabilität in der Verarbeitungs-qualität sowie im Nährstoffgehalt von Sojafuttermitteln: Das Tool NIRS-Analytik. 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick (CH), 7. bis 10. März 2023.

Rosenfelder, P., Eklund, M., Mosenthin, R. (2013). Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 185(3-4), 107-125.

Stødkilde, L., Mogensen, L., Bache, J. K., Ambye-Jensen, M., Vinther, J., Jensen, S. K. (2023). Local protein sources for growing-finishing pigs and their effects on pig performance, sensory quality and climate impact of the produced pork. *Livestock Science*, 267, 105128.

Autorenanschrift

Reinhard Puntigam
FH Soest
puntigam.reinhard@fh-swf.de

Stefan Hörtenhuber
BOKU Wien
stefan.hoertenhuber@boku.ac.at

Julia Slama
Uni Rostock
julia.slama@uni-rostock.de

Indicate best fiber parameters for sow feed formulation

Rüdiger Kratz¹

¹Holzmühle Westerkamp GmbH

Introduction

Fiber feeding of sows is strongly related to crude fiber (CF) as feed regulation in Germany (TierSchNutzTV, 2006) stipulates 8% CF in dry matter of gestation feed for sows must be achieved. The Ministry of Agriculture (BMELF, 2025) states that sufficient CF may keep sows in healthy condition. Reduced appearance of stereotype behavior, less stomach ulcers, improved gut peristalsis and a beneficial microbiome will appear. It is common sense to provide more fiber to reach better animal welfare. However, there is a lack of scientific backup. CF only represents 20-50% of total dietary fiber (TDF). Additionally, TDF is seldom part of feed analysis. Since some years, neutral detergent fiber (NDF) is used in swine nutrition too (Stalljohann, 2015). NDF detects a higher part of TDF than CF, analytical data are available and initial recommendations were given. These recommendations are based on feeding experiences. Correlations between fiber parameters in the feed and animal response could improve feed formulation, animal welfare and performance. In the meta-analysis of Bem (2024) differentiation by NDF & ADF in low, medium and high fiber content revealed reduced farrowing duration and number of stillborn piglets. For modern genetics the gut development to ingest high quantities of feed may get rising awareness as litter size increased over time. Therefore, the objective of the present meta-analysis was to link fiber concentration of sow gestation diets with corresponding feed intake in lactation.

Materials and Methods

A database was compiled with 26 feeding trials. Each trial group was compared with the control, so that 47 comparisons resulted.

Table 1: Descriptive statistics of dataset

		Mean	Std Dev
Year of publication		2018	6
Sows in trial, n		28	29
Total born piglets, n		13.5	2.2
Time diets fed a.p., d		71	42
Fiber content	CF, g/kg	45	31
in control	NDF, g/kg	152	56
diets	TDF, g/kg	182	85
Added fiber in	CF, g/kg	24	29
trial diets	NDF, g/kg	43	48
	TDF, g/kg	59	64
Feed intake in	control, kg/d	5.70	0.92
lactation	effect size, kg/d	0.18	0.28

This database was used to create regressions between year of publication, time of feeding ante partum (a.p.), litter size and fiber content of diets at gestation period on the feed intake at lactation. Fiber parameters used for the comparisons were CF, NDF or TDF. The fiber parameters CF, NDF and TDF were not presented at all trials simultaneously and in some papers the analytical content raised concerns, e.g. NDF being higher than the organic residues which may not be possible. To overcome these problems CF, NDF and TDF were recalculated for all trials. Table 1 describes the dataset. As lactation periods varied (23 days, ± 2.5) feed intake at lactation periods over 21 days were balanced on 21 days, assuming a liner increase till day 10 and constant intake thereafter. The size of the funnel plot was set by $\pm 3 \times \text{SD}$ of effect size x-axis and the SE of lactation feed intake as y-axis, done via MS Excel Descriptive statistical, correlations and multilinear regression was done by SigmaStat 4.0 software.

Results

A total of 21 different types of fibrous feed material were used in the trials (table 2). In about 50% of papers sugar beet pulp and / or soybean hulls were used, followed by wheat bran with 25% of papers. The remaining 18 fibers highlighted the wide variability found in practice.

Table 2: Fiber usage in the trials of the dataset

Autor(s)	Ingredient Type	Ingredient Level (%)	Autor(s)	Ingredient Type	Ingredient Level (%)
Corassa et al., 2022	DDGS	C / 15 / 30	Oelke et al., 2018	SH	C / 12.2 / 24.4
Darroch et al., 2008	PH / SH	C / 0.3 / 20	Oh et al., 2024	DDGS / PKM / SBP	C / 11.3 / 1.5 / 1.1
Gao et al., 2022	SH & CS	C / 8.5 / 14.6 & 9 / 15.4	Palumbo et al., 2023	R / O+R / O+R+OH+WB / O+OH	C / 25 / 26.7+10+4+4 / 18.2+8
Gao et al., 2024	KF / Ca	C / 0.5	Peet-Schwering et al., 2004	SH+SBP	C / 5.6+38.3
Guillemet et al., 2007	SB+WB+SBP / SH+CG	C / 9.75+9.75 +19.5+9.75	Priester et al., 2020a	AA+SBP+GP+MG +LC+RSM+SH	C / 15+6.5+7 +3+5+10+7
Holt et al., 2006	SH	C / 40	Priester et al., 2020b	SBP+AP+AA+LC	C / 10+6+8+2.5
Huang et al., 2020	rS / fSH	C / 5 / 5	Renteria-Flores et al., 2008	OB / WS / SH	C / 30.8 / 13.0 / 21.3
Krogh et al., 2015, 2017	AA / SBP	C / 16.9 / 12	Rooney et al., 2019	SBP	C / 40
Li et al., 2023	WB+SBP+SH	C / 13.5+18.5+10	Shang et al., 2019	SBP / WB	C / 20 / 30
Liu et al., 2021	AA / SBP / SH	C / 10 / 10 / 8	Shi et al., 2014	DDGS	C / 12.5 / 25
Loisel et al., 2013	SH+WB+SFM+SBP	C / 8+8+8+8	Sun et al., 2014	Kf	C / 2.1
McGhee & Stein, 2021	R	C / 25 / 50 / 75	Tan et al., 2018	Kf / SBP	C / 2.2 / 18.5
Moturi et al., 2022	SBP	C / 7 / 8.7 / 20.3			

AA: alfalfa; AP: apple pomace; SBP: sugar beet pulp; Ca: carrageenan; CG: corn gluten; DDGS: Dried distillers grain & solubles; fSH: fermented soybean hulls; GP: grape pomace; Kf: Konjac flour; LC: lignocellulose; MG: malt gums; O: oat; OB: oat bran; OH: oat hulls; PKM: palm kernel meal; PH: psyllium husk; RSM: rapeseed meal; rS: resistant starch; R: rye; SH: soybean hulls; CS: corn stalk; SB: sunflower bran; SM: sunflower meal; WB: wheat bran; WS: wheat straw

The funnel plot (figure 1) illustrates an unbiased dataset. Only two comparisons (4%) are outside the triangle of the funnel plot. All others are equally distributed over the range of the effect size.

The Pearson correlation coefficients (table 3) indicate some fiber & feed intake relationships: at elevated CF level in gestation diet impact will be reduced ($p < 0.05$), elevated concentrations of NDF and TDF in gestation diets may increase feed intake in lactation ($p < 0.05$), CF may not have an impact ($p > 0.10$).

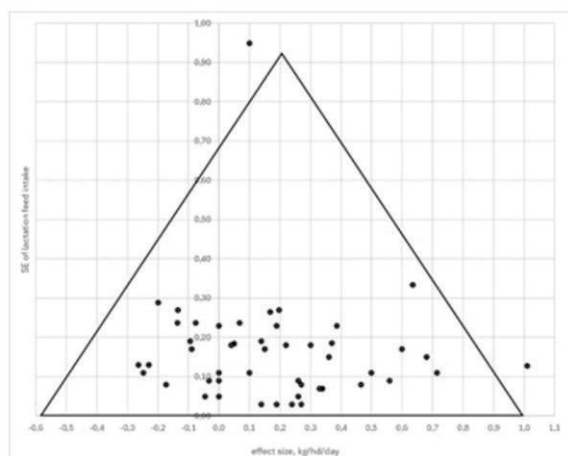


Figure 1. Funnel plot for all studies included in the meta-analysis of feed intake at lactation (n = 47) to detect bias in trial selection.

Table 3: Correlation coefficients of fiber parameters in gestation diets and trial conditions on feed intake in lactation

	Control DFI	Effect DFI
Total born piglets	-0.11	-0.20
	0.455	0.189
Time diets fed a.p.	-0.01	0.28
	0.955	0.056
Control CF	0.16	-0.32
	0.286	0.027
Control NDF	0.28	-0.18
	0.061	0.239
Control TDF	0.14	-0.23
	0.366	0.129
Added CF	0.25	0.20
	0.097	0.171
Added NDF	0.15	0.35
	0.309	0.016
Added TDF	0.09	0.33
	0.562	0.024
Control DFI		-0.15
		0.328

DFI: daily feed intake at lactation

The multilinear regression used year of publication, total born piglets (TBP), days of application a.p. and control sow feed intake at lactation together with the fiber parameters CF, NDF or TDF. Only using NDF the regression became significant, R^2 : 0.35, $p=0.015$. The regressions with CF or TDF were nearly significant ($p<0.10$). However, no single coefficient in the CF-formulae was significant and for TDF a trend. Therefore, only NDF gives a reliable regression.

Discussion

In feed production a wide range of feeding stuffs are used. The dataset used confirms the variability described by Grünewald & Preißinger (2023) who detected 16 different fibrous feed materials used in sow gestation feed. Sugar beet pulp, wheat brans and sunflower meals were present in about 60-90% of diets. In comparison to German situation the current database seems to underrepresent fibers from sunflower products.

An unbiased dataset is a prerequisite to perform meta-analysis (figure 1). There is no asymmetry, indicating an unbiased database (Stern et al., 2005).

Ad libitum feed intake of sows in lactation varies due to farm, sow parity, litter size, health condition and feed composition among others (Rodríguez et al., 2023; Cabezón et al., 2017; Silva et al., 2017). The kinetics of daily feed intake becomes even more important with extended lactation periods whilst many sows may not ingest sufficient feed to regain body mass within lactation. To overcome these problems an increased fiber feeding in gestation may be successful (Jo & Kim, 2023). The underlying mechanisms may include an increase in size and capacity of the gut, hormonal changes or a change of the microbiome. Regressions between elevated fiber content in gestation diets and effect on lactation feed intake support this finding as NDF & TDF were significantly correlated (table 2).

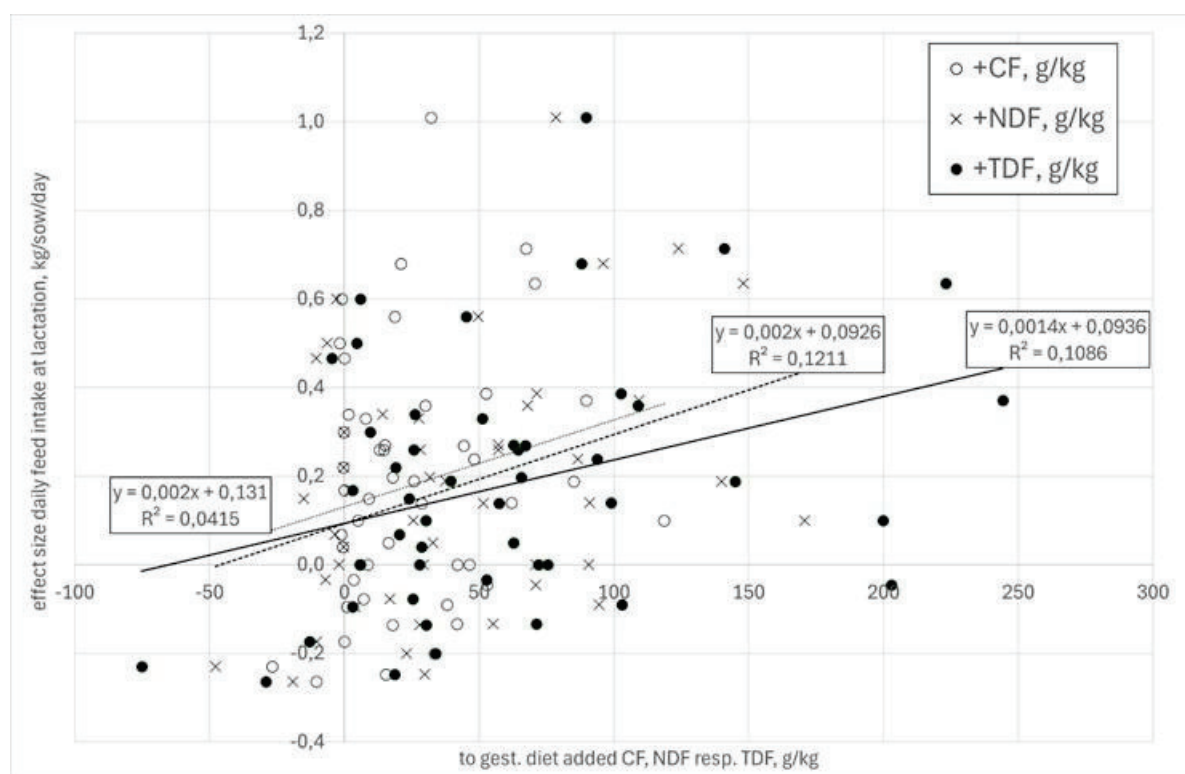


Figure 2. Regression of added fiber (CF, NDF or TDF) to gestation diet on effects size in lactation feed intake.

Table 4: Multilinear regression to estimate the effects size of feed intake in lactation by adding fiber

Fiber parameter	Intercept	Year	TBP	Days a.p.	Fiber control	Fiber added	DFI control	R ²	p
CF	-25.148	+0.0128	-0.0286	+0.0017	-0.0007	+0.0017	-0,0395	0.240	0.074
NDF	-31.023*	+0.0156*	-0.0233	+0.0019°	+0.0011	+0.0026*	-0.0644	0.315	0.015
TDF	-27.682°	+0,0140°	-0.0251	+0.0017	+0.0002	+0.0014°	-0.0413	0.246	0.080

°: p<0.10; *: p<0.05; DFI: daily feed intake at lactation

At low R² of 12% resp. 10% other factors shall be important. With multilinear regressions (table 3) 32% of variation could be explained by using NDF as the key fiber parameter. Still the biggest part remains unexplained. It is worth discussing whether further parameters, such as hemicellulose or cellulose content, or physical characteristics of feed as water binding capacity or viscosity, can improve predictability. Also, it needs to be evaluated which other parameters could be helpful to detect animal welfare and performance, like farrowing duration and number of stillborn piglets, besides others.

Conclusions

Nutrition targets the requirement. Related to fiber no requirement data are established. Obligatory application focus on CF and recommendations on NDF are given too.

- The main parameters of fiber composition in gestation feed (CF, NDF, TDF) possess only weak correlation to feed intake in lactation: R^2 : 0.05-0.12, p : 0.02-0.17
- Adding varies parameters increased precision: R^2 : 0.24-0.32, p : 0.02-0.08
- NDF seems to be the best parameter to be used.
- The evaluation of further fiber parameters, such as hemicellulose, cellulose, organic residue, and their digestibility need to be evaluated
- The evaluation of further production parameters, such as farrowing duration, %stillborn piglets or constipation resp. diarrhea, may improve the understanding of fiber feeding.

Literaturverzeichnis/ References

Cabezón, F.A., Schinckel, A.P., León, Y.L., Craig, B.A. (2017): Analysis of lactation feed intakes for sows with extended lactation lengths. *Transl. Anim. Sci.* 2017.1:90–96

Corassa, A., Silva, L.L., Souza, C., Rodrigues, L.J., Lemes, G.A., Kiefer, C., Sbardella, M., Araújo, C.V., Rothmund, V.L., Oliveira, A.S. (2022): Dried distillers grains with solubles in diets during late gestation affects behavior and maintain the performance of sows. *R. Bras. Zootec.* 51:e20210172

Darroch, C.S., Dove, C.R., Maxwell, C.V., Johnson, Z.B., Southern, L.L. (2008): A regional evaluation of the effect of fiber type in gestation diets on sow reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 86:1573–1578

Gao, F., Du, Y., Liu, H., Ding, H., Zhang, W., Li, Z., Shi, B. (2024): Maternal supplementation with konjac glucomannan and k-carrageenan promotes sow performance and benefits the gut barrier in offspring. *Anim. Nutr.* 19: 272-286

Gao, T., Chen, X., Liu, Z., Diao, X. (2022): Effects of soybean hulls and corn stalk on the performance, colostrum composition and faecal microflora of pregnant sows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 107:485-494

Grünewald & Preißinger (2023): Auswertung Rohfaser-Gehalt im Alleinfutter für Schweine 2022/2023. VFT – Futtermitteltest e.V.

Guillemet, R., Hamard, A., Quesnel, H., Pere, M.C., Etienne, M., Dourmad, J.Y., Meunier-Salau, M.C. (2007): Dietary fibre for gestating sows: effects on parturition progress, behaviour, litter and sow performance. *Anim.* 1:6, 872–880

Holt, J.P., Johnston, L.J., Baidoo, S.K., Shurson, G.C. (2006): Effects of a high-fiber diet and frequent feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. *J. Anim. Sci.* 84:946–955

Huang, S., Wei, J., Yu, H., Hao, X., Zuo, J., Tan, C., Deng, J. (2020): Effects of Dietary Fiber Sources during Gestation on Stress Status, Abnormal Behaviors and Reproductive Performance of Sows. *Animals* 2020, 10, 141

Jo, H., Kim, B.G. (2023): Effects of dietary fiber in gestating sow diets — A review. *Anim. Biosci.* 36:1619-1631

Krogh, U., Bruun, T.S., Amdi, C., Flummer, C., Poulsen, J., Theil, P.K. (2015): Colostrum production in sows fed different sources of fiber and fat during late gestation. *Can. J. Anim. Sci.* 95: 211-223

Krogh, U., Bruun, T.S., Poulsen, J., Theil, P.K. (2017): Impact of fat source and dietary fibers on feed intake, plasma metabolites, litter gain and the yield and composition of milk in sows. *Anim.* 11:6, 975-983

Li, S., Zheng, J., He, J., Liu, H., Huang, Y., Huang, L., Wang, K., Zhao, X., Feng, B., Che, L., Fang, Z., Li, J., Xu, S., Lin, Y., Jiang, X., Hua, L., Zhuo, Y., Wu, D. (2023): Dietary fiber during gestation improves lactational feed intake of sows by modulating gut microbiota. *J. Anim. Sci. Biotechn.* 14:65

Liu, B., Zhu, X., Cui, Y., Wang, W., Liu, H., Li, Z., Guo, Z., Ma, S., Li, D., Wang, C., Shia, Y. (2021): Consumption of Dietary Fiber from Different Sources during Pregnancy Alters Sow Gut Microbiota and Improves Performance and Reduces Inflammation in Sows and Piglets. *mSystems* 6:e00591-20.

Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P., Quesnel, H. (2013): Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 91:5269-5279

- McGhee, M.L., Stein, H.H. (2021): Hybrid rye may replace up to 75% of the corn in diets for gestating and lactating sows without negatively impacting sow and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 99:9, 1-9
- Moturi, J., Hosseindoust, A., Tajudeen, H., Mun, J.Y., Ha, S.H., Kim, J.S. (2022): Influence of dietary fiber intake and soluble to insoluble fiber ratio on reproductive performance of sows during late gestation under hot climatic conditions. *Sci. Rep.* 12:19749
- Oelke, C.A., Ribeiro, A.M.L., Noro, M., Bernardi, M.L., Denardin, C.C., Nunes, P.R., Veit, F.C., Winckler, J.C. (2018): Effect of different levels of total dietary fiber on the performance of sows in gestation and lactation. *R. Bras. Zootec.*, 47:e20170299
- Oh, S.M., Hosseindoust, A., Ha, S.H., Mun, J.Y., Moturi, J., Tajudeen, H., Choi, Y.H., Lee, S.H., Kim, J.S. (2024): Importance of dietary supplementation of soluble and insoluble fibers to sows subjected to high ambient temperatures during late gestation and effects on lactation performance. *Anim. Nutr.* 16:73-83
- Palumbo, F., Bee, G., Trevisi, P., Girard, M. (2023): Decreasing the level of hemicelluloses in sow's lactation diet affects the milk composition and post-weaning performance of low birthweight piglets. *Ital. J. Anim. Sci.* 22:1, 250-262
- Peet-Schwering, C.M.C., Kemp, B., Binnendijk, G.P., Hartog, L.A., Vereijken, P.F.G., Verstegen, M.W.A. (2004): Effects of additional starch or fat in late-gestating high nonstarch polysaccharide diets on litter performance and glucose tolerance in sows. *J. Anim. Sci.* 82:2964-2971
- Priester, M., Visscher, C., Fels, M., Dusel, G. (2020): Influence of dietary fiber on the development of the gastrointestinal Tract and the Performance of Gilts. *Sustainab.* 4961-4978
- Priester, M., Visscher, C., Fels, M., Dusel, G. (2020b): Influence of Dietary Fiber on the Development of the Gastrointestinal Tract and the Performance of Gilts *Sustainab.* 12:4961
- Renteria-Flores, J.A., Johnston, L.J., Shurson, G.C., Gallaher, D.D. (2008): Effect of soluble and insoluble fiber on energy digestibility, nitrogen retention, and fiber digestibility of diets fed to gestating sows. *J. Anim. Sci.* 2568-2575
- Rodríguez, M., Díaz-Amor, G., Morales, J., Koketsu, Y., Piñeiro, C. (2023) : Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. *Porc. Health Manag.* 9:6
- Rooney, H.B., Keelin O'Driscoll, K., O'Doherty, J.V., Lawlor, P.G. (2019): Effect of L-carnitine supplementation and sugar beet pulp inclusion in gilt gestation diets on gilt live-weight, lactation feed intake and offspring growth from birth to slaughter. *J. Anim. Sci.* 97:10, 4208-4218
- Shang, Q., Liu, H., Liu, S., He, T., Piao, X. (2019): Effects of dietary fiber sources during late gestation and lactation on sow performance, milk quality, and intestinal health in piglets. 4922-4933
- Shi, Z., Wang, L., Su, B., Shi, B., Shan, A. (2014): The influence of distillers dried grains with solubles during gestation on sow productivity and milk composition. 13:3178
- Silva, B.A.N., Gourdiene, J.L., Corrent, E., Primot, Y., Mourot, J., Noblet, J., Renaudeau, D. (2017): Effects of Dietary Protein Content on Milk Composition of Mixed Parity Lactating Sows in a Tropical Humid Climate. *J. Vet. Sci. Techn.*, 8:4
- Stern, J.A.C., Becker, B.J., Egger, M. (2005): The Funnel Plot. In Rothenstein, H.R., Sutton, A.J., Borenstein, M. (ed.): Publication bias in meta-analysis – prevention, assessment and adjustments, John Wiley & Sons Ltd, ISBN-13 978-0-470-87014-3
- Sun, H.Q., Zhou, Y.F., Tan, C.Q., Zheng, L.F., Peng, J., Jiang, S.W. (2014): Effects of konjac flour inclusion in gestation diets on the nutrient digestibility, lactation feed intake and reproductive performance of sows. *Anim.* 8:7, 1089-1094
- Tan, C.Q., Sun, H.Q., Wei, H.K., Tan, J.J., Long, G., Jiang, S.W., Peng, J. (2018): Effects of soluble fiber inclusion in gestation diets with varying fermentation characteristics on lactational feed intake of sows over two successive parities. *Anim.* 12:7, 1388-1395

Author Address

Dr. Rüdiger Kratz
r.kratz@westerkamp-gmbh.de
Norddöllen 31
49429 Visbek

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

Futterbewertung aus Broiler-Betrieben hinsichtlich ihrer Wiederfindung in Umweltproben und Interaktionen mit Antibiotika-resistenten Bakterien

Theresa Liegsalz¹, Michael Savin-Hoffmeyer², Céline Heinemann³, Julia Steinhoff-Wagner^{1,4}

¹Professur für Tierernährung und Metabolismus, Technische Universität München, Freising/Weihenstephan

²Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Universitätsklinikum Bonn

³Institut für Tierwissenschaften, Universität Bonn

⁴HEF World Agricultural Systems Center, Technische Universität München, Freising

Einleitung

Die Fütterung von Nutztieren, hat nicht nur Auswirkungen auf das Tier selbst, sondern, v.a. bei Überversorgung oft auch auf die Umwelt. Zur artgerechten Fütterung wurden und werden laufend von nationalen und internationalen Institutionen wie der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) oder dem National Research Council (NRC) Versorgungsempfehlungen veröffentlicht. Basis dieser Versorgungsempfehlungen sind Fütterungs-Studien, mit deren Hilfe in Abhängigkeit der Leistung die notwendigen Konzentrationen (g/kg Körpergewicht) eines bestimmten Nährstoffes inkl. Sicherheitszuschlag im Futter ermittelt wurden.

Beispielsweise für den Anteil an Rohprotein (CP) im Futter von Broilern gibt der NRC ein Maß von 23% in der Frischmasse (FM; Trockenmasse (TM) von 90%) in den ersten drei Lebenswochen an, welcher sich dann schrittweise auf 18 % bis zur sechsten Lebenswoche reduziert (NRC, 1994). Betrachtet man aktuelle, wissenschaftliche Studien, werden diese Empfehlungen in den Kontrollgruppen auch zumeist eingehalten, wobei am Ende der Mast jedoch noch CP-Gehalte von über 20% in der TM verfüttert werden (Such et al. 2021; Kareem et al. 2025; Rauglaudre et al. 2025). Neben diesen aktuellen Empfehlungen wird in vielen Bereichen hinsichtlich einer Stickstoff-/Phosphor-reduzierten Fütterung geforscht. So konnte auch in Fütterungsstudien beim Mastbroilern gezeigt werden, dass eine weitere Reduzierung des CP-Gehaltes oft Vorteile für die Umwelt (Rauglaudre et al. 2025) hat, ohne nachteilige Leistungen im Wachstum zu riskieren (Such et al. 2021; Kareem et al. 2025). Neben CP – welches weiter spezifiziert werden kann in die einzelnen Aminosäuren – wurden auch Empfehlungen für Fett und einzelne Spuren- und Mengenelemente von dem NRC ausgesprochen (NRC, 1994).

Darüber hinaus spielt das Auftreten antibiotikaresistenter Mikroorganismen, nicht nur im Mastgeflügel-Bereich eine immer größer werdende Rolle (Kluytmans et al. 2013; Lupo et al. 2014; Tigabie et al. 2025), weswegen dieses Auftreten unweigerlich eingedämmt werden muss. Diesbezüglich könnten Faktoren, wie die Verfügbarkeit von Wasser, Rohnährstoffen oder Faserfraktionen eine relevante Rolle spielen.

Ziel der Arbeit war es daher, Futterproben von praktischen Mastbroiler-Betrieben in Bezug auf gängige Fütterungsempfehlungen zu bewerten, die Wiederfindung einzelner Nährstoffklassen und

Faserfraktionen in Umweltproben zu beurteilen und eine umweltbezogene Risikoanalyse hinsichtlich des Vorkommens von resistenten Pathogenen in der Umwelt durchzuführen.

Material and Methoden

Auf insgesamt 14 Betrieben wurden am Ende einer, für den/die Landwirt:in, durchschnittlichen Mastperiode an mehreren Orten Proben von Futter (frisch), Einstreu (frisch), Wasser, Mist und Staub genommen. Die Probennahme fand deutschlandweit von Januar 2024 bis Februar 2025 statt.

Nach Ankunft der Proben in Labor wurde zunächst in den Umweltproben Wasser, Mist und Staub eine mikrobiologische Untersuchung durchgeführt, bei welchen qualitativ auf das Vorkommen von Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA), sowie beta-lactam produzierende Spezies (ESBL) und Spezies mit Resistenzen gegenüber der 3./4. Generation an Cephalosporinen getestet wurden. Nach einer ersten Selektion auf individuellen Fertigplatten (201402 bzw. 201407, MAST Diagnostica, Reinfeld, Germany), wurden die phänotypisch unterschiedlichen Isolate abgenommen und mittels Massenspektrometrie (MALDI-TOF MS) charakterisiert. Außerdem wurden ihre Antibiotika-Resistenzmuster untersucht und nach den Vorgaben des European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) (2025) bewertet.

Vom Futter, Einstreu und Mist wurden außerdem direkt in den unverarbeiteten Substanzen die TM nach VDLUFA (2023) bestimmt und anschließend bis zum Erreichen einer Gewichtskonstanz getrocknet (103°C, über Nacht, mind. 4 h). Anschließend wurden diese Proben auf eine Korngröße von 1 mm vermahlen. Die Wasser- und Staubproben wurden bis zur weiteren analytischen Untersuchung tiefgefroren. Da die Menge an erhaltenen Proben von Staub und Wasser nicht ausreichend waren, wurde eine Weender-Analyse nach VDLUFA (2023) nur für Futter, Einstreu und Mist durchgeführt. Hierzu wurde nach VDLUFA (2023) die Restfeuchte, Rohasche (CA), Rohfett (CL), CP nach Kjeldahl und die Detergentien (aNDfom, ADFom, ADLom) nach van Soest ermittelt.

Nach Strukturierung der Laborergebnisse wurde mittels RStudio eine „Aligned Rank Transformation“ durchgeführt, bei welcher die Probenarten (Futter, Einstreu, Mist) als unabhängige Variable und die zugeordnete Betriebs-ID als Blockstruktur definiert wurden, um Verzerrungen aufgrund von betrieblichen Management-Strukturen zu vermeiden. Die Risikoanalyse wurde anschließend in Form einer Firth's logistic regression durchgeführt. Auf Basis derer konnte mittels der natürlichen Exponentialfunktion auf die entsprechenden Odd ratios (OR) umgerechnet werden. Um intrinsische Effekte und eine Überinterpretation der Ergebnisse zu vermeiden, wurde zusätzlich eine Spearman-Korrelationsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse

In keiner der untersuchten Proben konnten MRSA nachgewiesen werden. Des Weiteren traten in zehn der 14 Betriebe auf den spezifischen ESBL-Selektivagar Isolate auf, die weiter charakterisiert werden konnten. Unter diesen Isolaten, waren, neben Umweltkeimen mit intrinsischen Resistenzen, Pathogene, wie Acinetobacter-Komplexe (n = 2), *Enterobacteriaceae* (*Enterobacter hormaechei* (n = 2), *Escherichia coli* (n = 6), *Klebsiella pneumoniae* (n = 2)), *Pseudomonas aeruginosa* (n = 2) oder *Stenotrophomonas maltophilia* (n = 3). Die Resistenzbewertung nach EUCAST ließ bei einem von zwei Acinetobacter-Komplexen auf eine weitgehende Antibiotikaresistenz (XDR) schließen. Vier von acht antibiotikaresistenten *Enterobacteriaceae* wurden als multiresistente gram-negative Pathogene mit Resistenzen gegenüber drei verschiedenen Antibiotikawirkstoffe (3MRGN) charakterisiert. Die meisten dieser resistenten Isolate konnten in Staubproben nachgewiesen werden (10 von 18).

Die Weender-Analyse des Futters, der Einstreu und des Mists von den 14 Betriebe sind in Tabelle 1 gezeigt. Im Vergleich der Probenarten konnte eine signifikant geringere TM im Mist beobachtet werden

($p < 0,0001$). Des Weiteren kam es bei den Faserfraktionen (aNDFom, ADFom, ADLom) zu niedrigeren Werten in der Einstreu zum Mist ($p < 0,0001$), wohingegen sich CA und CP aus dem Futter und der Einstreu im Mist akkumulierten ($p < 0,0002$).

Tabelle 1: Ergebnisse der Weender-Analyse unterschiedlicher Probenarten von deutschen Broiler-Betrieben ($n = 14$)

	Futter	Einstreu	Mist	p-Wert
	Mittelwert $\pm$ SE			
TM, in %	88,81 $\pm$ 0,18 ^a	86,67 $\pm$ 2,97 ^a	63,30 $\pm$ 2,45 ^b	< 0, 0001
CA, in % TM	4,99 $\pm$ 0,26 ^b	6,19 $\pm$ 0,93 ^b	12,09 $\pm$ 1,33 ^a	< 0,0002
CP, in % TM	21,18 $\pm$ 0,60 ^b	3,16 $\pm$ 0,46 ^c	26,75 $\pm$ 1,38 ^a	< 0,0001
CL, in % TM	7,43 $\pm$ 0,36 ^a	1,32 $\pm$ 0,09 ^c	2,38 $\pm$ 0,27 ^b	< 0,0001
aNDFom, in % TM	16,36 $\pm$ 0,45 ^c	79,83 $\pm$ 2,21 ^a	46,77 $\pm$ 1,76 ^b	< 0,0001
ADFom, in % TM	6,02 $\pm$ 0,24 ^c	48,94 $\pm$ 2,46 ^a	21,94 $\pm$ 0,99 ^b	< 0,0001
ADLom, in % TM	3,28 $\pm$ 0,28 ^c	19,47 $\pm$ 2,65 ^a	9,87 $\pm$ 0,70 ^b	< 0,0001

Für die Interpretation der Ergebnisse der Firth's logistic regression wurden zunächst intrinsische Verzerrungen durch bestehende Korrelationen der Parameter untersucht. Bei der Spearman-Korrelationsanalyse traten vor allem innerhalb der Probengruppen Korrelationen auf, wie auch negative Korrelationen zwischen der CP-Konzentration der Einstreu und der Fraktionen der Zellgerüstsubstanzen der Einstreu und des Mistes (Abbildung 1). Dargestellt wurden die relevantesten Parameter bezogen auf die spätere Firth's logistic regression.

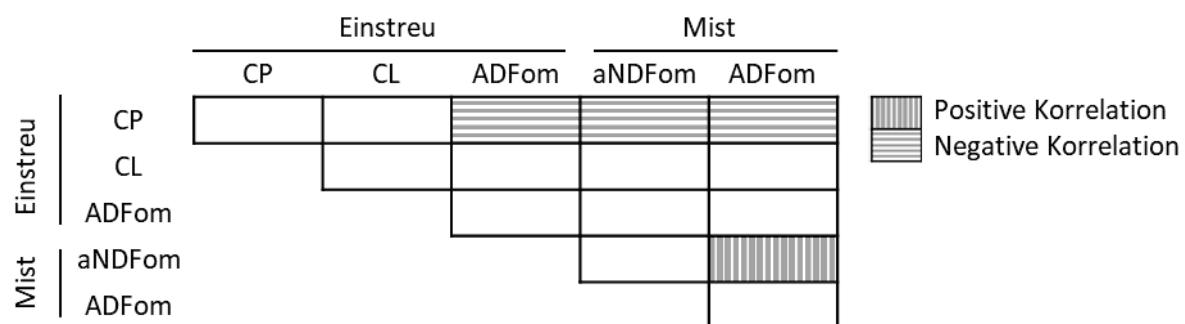


Abbildung 1: Spearman-Korrelationen relevanter Parameter bezogen auf die durchgeführte Firth's logistic regression.

Bei der Risikoanalyse konnten keine Effekte der Nährstoffe im Futter auf das Auftreten relevanter Umweltkeime oder Resistenzmuster festgestellt werden. Bei den Einstreu- und Mist-Proben konnte ebendieses Risiko einzelner Nährstoffklassen herausgearbeitet werden, wobei v.a. die Faserfraktion ADFom der Einstreu und des Mistes einen negativen Effekt auf das Auftreten von Enterobacteriaceae oder multiresistenter Pathogene aufwies (Abbildung 2).

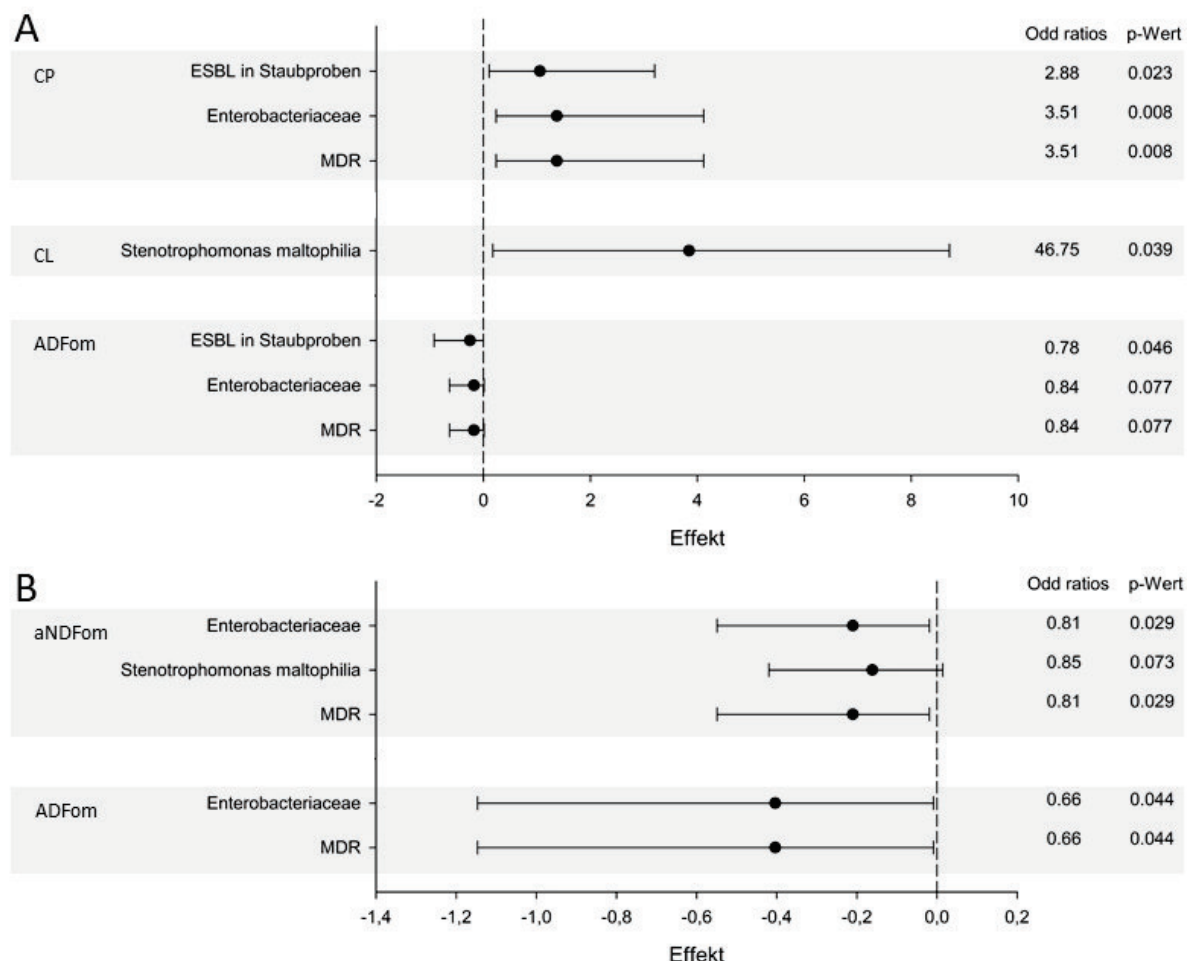


Abbildung 3: Effekte unterschiedlicher Nährstoffe und Faserfraktionen in der Einstreu (A) und im Mist (B) auf verschiedene, mikrobiologische Indikatoren. ESBL: beta-Laktam produzierende Spezies oder Spezies mit Resistenzen gegenüber der 3./4. Generation an Cephalosporinen; MDR: multiresistente Pathogene.

Diskussion

Geht man von einer Empfehlung des CP-Gehaltes am Ende der Mastperiode von 18% in der FM (bei 90% TM) aus, was bezogen auf die TM 20 % wären, überstiegen die untersuchten Futterproben diesen Wert um 5% (relativ). Dieser, wie auch der Gehalt der CA, akkumulierten zudem im Mist, was umwelttechnische Folgen nach sich ziehen könnte. Bezüglich des CP-Gehaltes im Futter gibt es bereits eine Vielzahl an Studien, die belegen, dass eine Reduktion einen ökologischen Vorteil birgt, da die Ausscheidungen an Stickstoff-Verbindungen in die Umwelt reduziert werden (Kareem et al. 2025; Rauglaudre et al. 2025). Auch hinsichtlich der Mineralstoffe, welche in der CA inbegriffen sind, gibt es bereits Studien und Untersuchungen, die deutlich machen, dass deutlich mehr gefüttert wird, als in der internationalen Empfehlung angegeben ist (Liegsalz et al. 2024). Es kann jedoch davon ausgegangen

werden, dass bei einer Reduktion beider Nährstoffklassen aus umwelttechnischer Sicht Vorteile entstehen könnten, ohne beim Tier Leistungseinbußen zu riskieren. Die CL-Konzentrationen im Futter lagen in einer erwartungsgemäßen Größenordnung (Such et al. 2021).

Ein potenziell erhöhtes Risiko für das mögliche Auftreten relevanter Pathogene oder Antibiotika-Resistenzen durch hohe CP-Gehalte bzw. ein geringeres Risiko durch hohe Anteile an Faserfraktionen in der Umwelt ließen sich durch die Risikoanalyse herleiten. Dies galt jedoch nur für die Probenarten Einstreu und Mist, nicht für Futter. Zudem kam es zu signifikanten Korrelationen zwischen dem CP-Gehalt in der Einstreu und den Zellwandfraktionen der Einstreu und des Mists. Intrinsische Korrelationen innerhalb einer Probenart sind hinsichtlich der Bezugsgröße der TM unvermeidbar. Auch der Einfluss der Einstreu auf den Mist kann als logisch erachtet werden, da Mist zum Großteil aus Einstreu, zugesetzt mit den Ausscheidungen der Broiler, besteht. Ein möglicher Erklärungsansatz für das genannte, potenziell erhöhte Risiko durch hohe CP-Konzentrationen in den Umweltproben Einstreu und Mist wäre ein verschobenes Verhältnis innerhalb der Einstreu bzw. des Mistes weg von den Zellwandgerüstsubstanzen hin zum CP. Vor allem zum Ende der Mast spielen jedoch faserhaltige Materialien eine wichtige Rolle, da Zusammenhänge zwischen hohen ADFom-Konzentrationen und einer hohen Wasserhaltekapazität der Einstreu belegt werden konnten (Liegsalz et al. 2025). Aufgrund dessen könnte das während der Mastperiode akkumulierte Wasser, welches im Stall bspw. in Form der tierischen Ausscheidungen auftritt, bei höherer ADFom in der Einstreu und damit auch im Mist besser gebunden werden. Für die Vermehrung von Pathogenen würde damit vermutlich weniger Wasser zur Verfügung stehen, was jedoch mit Methoden der quantitativen Mikrobiologie (Gesamtkeimzahl) und der Wasseraktivität (A_w) in den Proben genauer hätte untersucht werden müssen. Auf der anderen Seite können CP und CL möglicherweise von den Mikroorganismen ebenfalls als Nährstoffquelle genutzt werden, wodurch sich, bezogen auf das höhere CP, mehr Ammoniak im Stall bilden könnte, was die Stallluftqualität wiederum verschlechtern und ein gesundheitliches Risiko für die Broiler mit sich bringen würde. Auch die Luftqualität müsste in diesem Zusammenhang genauer untersucht werden.

Fazit

Die Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass auf praktischen Broiler-Betrieben die CP- und CA-Konzentrationen in der Ration gegen Ende der Mast reduziert werden könnte, um evtl. positive Effekte für die Tiergesundheit und weniger Belastung der Umwelt zu erreichen. Es ist bekannt, dass diese Reduktion erfolgen könnte, ohne dass man von einem Leistungseinbruch ausgehen muss. Des Weiteren sollte im Hinblick auf die Einstreu auf ein faserreicheres Material gesetzt und damit vergleichsweise hohe CP- und CL-Konzentrationen vermieden werden, da sich dies scheinbar ebenfalls negativ auf das Pathogenitätsauftreten im Stall auswirken kann.

Finanzierungshinweis

Das Projekt ist Teil der Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) Tierschutz im Bundesprogramm Nutztierhaltung. Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2829MDT220.

Literaturverzeichnis

- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) (Hg.) (2025): Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 15.0. Online verfügbar unter <https://www.eucast.org>.
- Kareem, D. U.; Dorigam, J. C. P.; Reis, M. P.; Riveros, R.; Fialho, A. T.; Pereira, L. M.; Camargos, R. S.; Leme, B. B.; Sakomura, N. K. (2025): Evaluating the impact of reduced-protein diets with varying ingredient combinations on broiler chickens' performance, body composition and nutrient utilization. In: *Anim. Feed. Sci. Technol.* 328, S. 116454. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116454.
- Kluytmans, J.; Overdevest, I. T. M. A.; Willemsen, I.; Kluytmans-van den Bergh, M. F. Q.; van der Zwaluw, K.; Heck, M. et al. (2013): Extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* from retail chicken meat and humans: comparison of strains, plasmids, resistance genes, and virulence factors. In: *Clin. Infect. Dis.* 56 (4), S. 478–487. DOI: 10.1093/cid/cis929.
- Liegsalz, T. M.; Paulicks, B.; Steinhoff-Wagner, J. (2024): Inter-farm evaluation of the environmental burden of zinc and copper in broiler diets – a literature review. In: *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 33, S. 125. Göttingen, Deutschland.
- Liegsalz, T. M.; Blechschmidt, S.; Heide, M.; Blum, U.; Lehnhardt, F.; Gastl, M.; Steinhoff-Wagner, J. (2025): Characterization framework for broiler chicken's bedding materials focusing on preventative health. In: *Poult. Sci. Manag.* 2 (1). DOI: 10.1186/s44364-025-00009-y.
- Lupo, A.; Vogt, D.; Seiffert, S. N.; Endimiani, A.; Perreten, V. (2014): Antibiotic resistance and phylogenetic characterization of *Acinetobacter baumannii* strains isolated from commercial raw meat in Switzerland. In: *Journal of food protection* 77 (11), S. 1976–1981. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-14-073.
- National Research Council (NRC) (1994): *Nutrient Requirements of Poultry*. 9. Aufl. Washington: National Academies Press. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=3376648>.
- Rauglaudre, T. de; Méda, B.; Fournel, S.; Létourneau-Montminy, M.-P. (2025): Quantification of the effect of reducing dietary crude protein in broiler chickens on nitrogen flows and litter characteristics by meta-analysis. In: *Animal - Open Space* 4, S. 100104. DOI: 10.1016/j.anopes.2025.100104.
- Such, N.; Pál, L.; Striffler, P.; Horváth, B.; Koltay, I. A.; Rawash, M. A. et al. (2021): Effect of Feeding Low Protein Diets on the Production Traits and the Nitrogen Composition of Excreta of Broiler Chickens. In: *Agriculture (Basel)* 11 (8), S. 781. DOI: 10.3390/agriculture11080781.
- Tigabie, M.; Assefa, M.; Gashaw, Y.; Amare, A.; Ambachew, A.; Biset, S.; Moges, F. (2025): Prevalence and antibiotic resistance patterns of *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* strains isolated from chicken droppings on poultry farms in Gondar city, Northwest Ethiopia. In: *Science in One Health* 4, S. 100099. DOI: 10.1016/j.soh.2024.100099.
- VDLUFA (Hg.) (2023): *Methodenbuch Band III. Futtermittel*. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA). Darmstadt: VDLUFA-Verlag.

Autorenanschrift

Theresa Liegsalz
Professur für Tierernährung und Metabolismus
TUM School of Life Sciences
theresa.liegsalz@tum.de
Liesel-Beckmann-Str. 2
85354 Freising-Weihenstephan

Effect of a multicomponent feed additive on mortality and egg quality parameters in breeder hens

Muhammad Umar¹, Anne Möddel¹, Bernhard Eckel¹

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

Introduction

In breeder hen production, optimal egg quality and hen survivability are critical for ensuring hatchability and genetic continuity. However, both egg quality and hen health can be significantly impaired by multiple stressors, which are leading to gastrointestinal stress and inflammation. Endotoxins, a lipopolysaccharide component of Gram-negative bacteria, are an underestimated stressor. They can compromise intestinal integrity, trigger systemic inflammatory responses, and interfere with nutrient absorption, thereby reducing laying performance and increasing mortality (Ghareeb et al., 2016). Endotoxin-induced inflammation is mediated through the activation of various signalling pathways, leading to oxidative stress, cytokine upregulation, and disruption of calcium metabolism - a mineral essential for eggshell formation (Li et al., 2024). Consequently, hens exposed to endotoxins often exhibit a higher prevalence of broken eggs and increased physiological stress, which may lead to mortality (Nie et al., 2018). These challenges are particularly critical in breeder hens, where egg defects and health impairments reduce reproductive efficiency and chick viability.

To mitigate such issues, feed additives (FA) have been recognised as valuable tools to improve growth efficiency and animal health. Clay minerals are recognised for their capacity to bind toxins and inhibit the growth of harmful pathogens in the gut, thereby promoting a healthier digestive environment (Chen et al., 2020; Trckova et al., 2014). Prebiotic compounds, such as butyrate, have demonstrated efficacy in enhancing gut barrier function and microbial stability (Y. Wang et al., 2021). Meanwhile, phytogetic components rich in polyphenols contribute to antioxidant and hepatoprotective effects (J. Wang et al., 2024). These FAs not only support hen health and egg quality but also represent an important approach for improving sustainability in poultry production systems. By reducing biological losses, such as cracked or small eggs, and minimising mortality, these interventions contribute to resource efficiency and align with the broader goal of sustainability in livestock farming.

The aim of the present study was to investigate the effects of a multicomponent FA based on clay minerals and a prebiotic-polyphenol complex (Anta®Catch) on mortality, laying rate, and key egg quality parameters, including broken and small eggs in breeder hens under field conditions.

Material and Methods

The study was conducted at a commercial farm with 4,210 Taiwan country broiler breeder hens. The birds were housed in two separate barns (Barn 1 and Barn 2). In each barn, birds were housed in stair-step cages with natural open-sided ventilation. Birds were fed a diet based on Taiwanese national standards, containing a minimum of 15% crude protein, 3.4% calcium, and 0.65% phosphorus. An ad libitum access to feed and water was provided throughout the study. The trial followed a sequential off-on design (Table 1), comparing the treatment group (FA period) with the previous period without treatment (control period). During the 54-day control period, birds received a standard breeder diet. In

the FA period of 39 days, the standard breeder diet was supplemented with the FA (Anta®Catch, Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG) at a dosage of 1 kg per ton of feed.

Table 1: Experimental groups during the trial period

Barn	Treatment Groups	No. of hens at beginning of period	Laying period (weeks)	Duration (days)
1	Control	1,900	32 – 39	54
	FA	1,840	39 – 45	39
2	Control	2,310	34 – 42	54
	FA	2,252	42 – 47	39

In both barns, the zootechnical parameters, including mortality, laying rate, broken egg rate, and small egg rate, were recorded on a daily basis. Data from each period were averaged and compared descriptively as percent values. Environmental and management conditions remained consistent across both phases to isolate the effect of the FA.

Results

No apparent differences in laying rate were observed between the groups throughout the trial period. However, during the FA-period numerical differences in several other recorded parameters across both barns were observed (Fig. 1 and 2). In Barn 1, mortality declined from 3.05% during the control phase to 2.45% during the FA-phase, reflecting a 20% reduction. A comparable pattern was observed in Barn 2, where mortality dropped from 2.47% to 1.55%, amounting to an approximate 37% decrease.

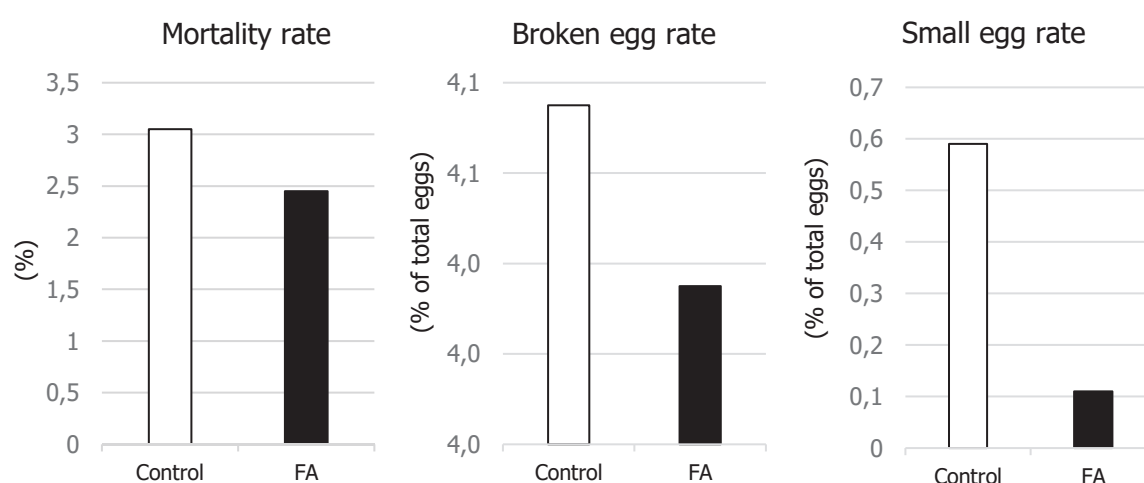


Figure 1: Mortality and egg quality parameters during control and FA-period (Barn 1)

Broken egg rates declined slightly in Barn 1 (control period 4.11% vs. FA 4.03%) and more markedly in Barn 2 (control period 3.67% vs. FA 3.24%), indicating an 11% reduction. The occurrence of small

eggs also decreased in both barns, falling from 0.59% to 0.11% in Barn 1 and from 0.30% to 0.13% in Barn 2 - corresponding to reductions of 81% and 57% during FA-feeding.

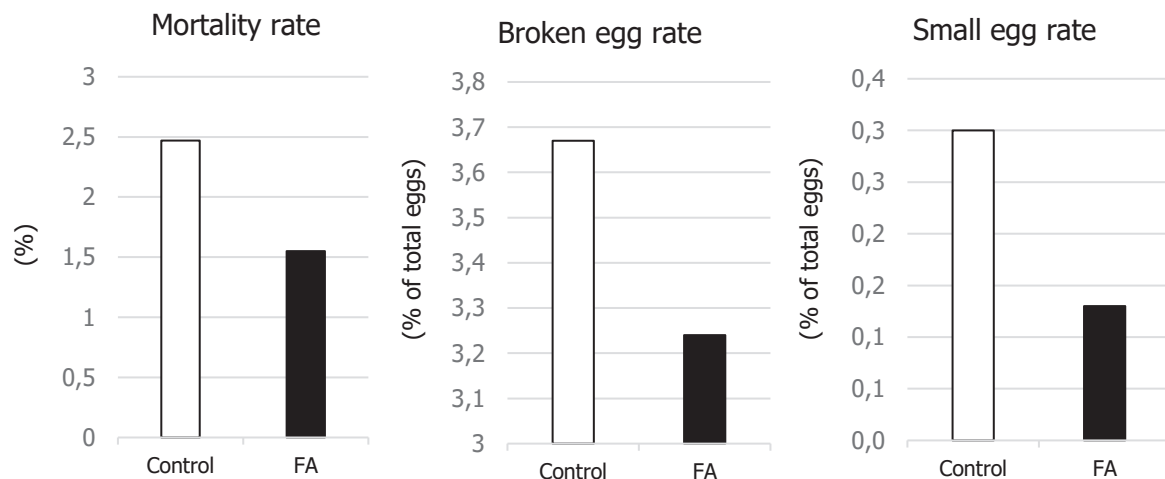


Figure 2: Mortality and egg quality parameters during control and FA-period (Barn 2)

Discussion

The positive effects observed across both barns demonstrate the value of integrating multicomponent feed additive into breeder hen nutrition. Collectively, these findings indicate consistent enhancements in egg quality and bird survivability under practical farm conditions, potentially reflecting the synergistic effects of FA. In this study, apart from the laying rate, the supplementation of FA resulted in consistent improvements across all recorded parameters. A damaged intestinal barrier may lead to an increased absorption of endotoxins and, consequently, an increased risk of endotoxemia in poultry species which may result in high mortality (Ghareeb et al., 2016). The results indicate a robust protective effect of the FA by reducing mortality in both barns. This effect may be attributed to its role in strengthening the gut barrier and reduction in endotoxin load (Y. Wang et al., 2021). The reduction in mortality aligns with the known ability of clay minerals to immobilise endotoxins in the gastrointestinal tract, which helps prevent their translocation across the gut barrier and the subsequent inflammatory response (Trckova et al., 2014). This finding is consistent with those of Nie et al. (2018), who demonstrated that endotoxin exposure increases systemic inflammatory markers and oxidative stress, thereby compromising animal health. In these studies, mortality rates of 1.33% were reported in laying hens following endotoxin challenge as compared to unchallenged birds, respectively, highlighting the detrimental impact of endotoxins on laying hen survivability.

Maintaining intestinal health is essential not only for immune defence but also for efficient digestion and nutrient uptake (Ducatelle et al., 2023). The lower percentages of broken eggs suggest more efficient calcium metabolism and eggshell mineralisation. This may result from improved nutrient absorption and reduced physiological stress when gut inflammation is alleviated. The lower broken egg rate may also be attributed to the antioxidant mechanism of action of plant polyphenols (J. Wang et al., 2024). Notably, the results are consistent with those of Li et al. (2024), who reported that endotoxin challenges

impair calcium metabolism by disrupting absorption, altering transporter expression, and promoting inflammation—factors that collectively reduce shell thickness and overall eggshell quality. The notable reduction in small egg rate observed in the FA group is particularly relevant in breeder operations, where egg size directly affects chick viability and economic returns. Small eggs often result from physiological stress or suboptimal nutrient utilization. By reducing intestinal inflammation and restoring gut homeostasis, the FA likely supported more efficient nutrient partitioning toward reproductive output. Similar improvements in uniformity and egg size distribution have been observed in laying hens receiving phytogetic formulations under stress conditions (Abd El-Hack et al., 2023).

Prebiotics, such as butyrate, play a critical role in maintaining gut barrier integrity and modulating the microbial community, both of which are essential for mitigating endotoxin effects. Additionally, the antioxidant and hepatoprotective roles of polyphenols in the phytogetic fraction support liver function, a key organ in detoxification and reproductive metabolism (J. Wang et al., 2024). Overall, the multimodal action of the FA components complements each other by targeting endotoxin immobilisation, strengthening the gut barrier, and improving resilience. These benefits not only enhance egg quality and hen viability but also contribute to resource efficiency and reduced losses. In the broader context of sustainability, such improvements mean fewer feed resources are needed per viable chick, and fewer replacement birds are required due to lower mortality, making this strategy both economically and environmentally relevant.

Conclusion

The observations in this field trial provides preliminary evidence that supplementation with an endotoxin focused multicomponent feed additive may improve egg quality parameters and survivability in breeder hens. However, due to the limitations of trial design and statistical analysis, further research with a more robust experimental design is needed to evaluate the precise mode of action and effectiveness of the feed additive in improving zootechnical parameters in laying hens.

References

- Abd El-Hack, M. E., Salem, H. M., Khafaga, A. F., Soliman, S. M., & El-Saadony, M. T. (2023). Impacts of polyphenols on laying hens' productivity and egg quality: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(3), 928–947. <https://doi.org/10.1111/jpn.13758>
- Chen, Y., Cheng, Y., Wang, W., Wang, A., & Zhou, Y. (2020). Protective effects of dietary supplementation with a silicate clay mineral (palygorskite) in lipopolysaccharide-challenged broiler chickens at an early age. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114459. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114459>
- Ducatelle, R., Goossens, E., Eeckhaut, V., & Van Immerseel, F. (2023). Poultry gut health and beyond. *Animal Nutrition*, 13, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.03.005>
- Ghareeb, K., Awad, W. A., Böhm, J., & Zebeli, Q. (2016). Impact of luminal and systemic endotoxin exposure on gut function, immune response and performance of chickens. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 367–380. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000180>
- Li, X., Uyanga, V. A., Jiao, H., Wang, X., Zhao, J., Zhou, Y., Li, H., & Lin, H. (2024). Effects of low dietary calcium and lipopolysaccharide challenges on production performance, eggshell quality, and bone metabolism of laying hens. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1396301>
- Nie, W., Wang, B., Gao, J., Guo, Y., & Wang, Z. (2018). Effects of dietary phosphorous supplementation on laying performance, egg quality, bone health and immune responses of laying hens challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0271-z>

Trckova, M., Prikrylova Vondruskova, H., Zraly, Z., Sramkova Zajacova, Z., Kummer, V., & Alexa, P. (2014). The effect of dietary bentonite on post-weaning diarrhoea, growth performance and blood parameters of weaned piglets. *Applied Clay Science*, 90, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.11.009>

Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., Chen, G., & Feng, T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*, 17, 244–264. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.01.012>

Wang, Y., Wang, Y., Lin, X., Gou, Z., Fan, Q., & Jiang, S. (2021). Effects of *Clostridium butyricum*, Sodium Butyrate, and Butyric Acid Glycerides on the Reproductive Performance, Egg Quality, Intestinal Health, and Offspring Performance of Yellow-Feathered Breeder Hens. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.657542>

Author's address:

Muhammad Umar
Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG
Im Stiefelfeld 10
D-56651 Niederzissen
E-Mail: m.umar@dr-eckel.de

The ultimate defence against endotoxins

Choose Anta®Catch



Anta®Catch
www.dr-eckel.com



DR. ECKEL
creative solutions

A wood lignan-based feed supplement improved apparent ileal digestibility and, consequently, zootechnical performance in a 35-day broiler trial

Sophie Wuschitz, Nina Neufeld, Tobias Steiner

agromed Austria GmbH in cooperation with Freie Universität Berlin, Germany

Introduction

Gut health and nutrient utilization are key factors of growth performance in modern broiler production. Feed additives based on plant-derived compounds are used as natural solutions to support intestinal integrity and resilience against environmental and nutritional stressors. Lignans - a subgroup of polyphenolic metabolites - are of particular interest. In plants, they function as protective compounds, while in humans and animals they have been associated with a broad range of biological activities, including anti-inflammatory and antioxidative effects. Previous *in vitro* and *in vivo* studies have demonstrated that wood-derived lignans improved intestinal health by stabilizing the gut barrier and modulating the microbiota [1, 2]. These properties suggest that lignans may enhance nutrient digestibility and, consequently, growth performance in broilers. The present study therefore aimed at evaluating the effects of a wood-lignan-based feed additive on apparent ileal digestibility and zootechnical performance parameters in broiler chickens over a 35-day feeding period.

Material and Methods

Experimental design

The feeding trial included two treatments. Treatment T1 served as the control group, receiving a basal diet. Treatment T2 received the same basal diet supplemented with the wood-lignan-based feed additive (AGROMED®ROI, Agromed Austria GmbH) at 400 mg/kg of feed. The trial was conducted at the research facilities of Freie Universität Berlin (Germany).

Animals

A total of 180 male Cobb 500 broiler chickens – 90 birds per treatment – with an initial weight of 41.9 grams were randomly allocated to 12 pens (15 birds per pen). Chicks were vaccinated for Infectious Bronchitis and Newcastle Disease at the hatchery.

Housing conditions

Throughout the 35-d feeding period environmental conditions were controlled (temperature, humidity, lighting and ventilation). Room temperature was gradually reduced from 33°C on day 0 to about 23°C on day 35, and relative humidity was maintained at 50 to 60%. Pens measured on average 2.5 x 1.8 m, corresponding to 0.30 m² per bird. *Giant miscanthus* grass chopped into pieces of approximately 2-3 cm was used as bedding material.

Diets and feeding program

A feeding program with two phases was applied: Mash starter (day 0–14) and the grower diets (15–35) were provided *ad libitum*, meeting or slightly exceeding the nutrient requirements of broilers as recommended by the Society of Nutrition Physiology (1999). The main feed ingredients were maize, wheat, and soybean meal.

Parameters measured

- Mean pen body weight at d 0, d 7, d 14, d 21, d 28, and d 35 on trial.
- Mean daily pen feed intake, growth, and feed-to-gain ratio from different feeding phases
- Calculation of the European Poultry Efficiency Factor (EPEF) = average daily gain × % survival rate / FCR × 10.
- Apparent ileal digestibility of crude protein, crude fat, crude ash, calcium, and phosphorus: At trial end (day 35), 24 birds per treatment, close to the mean body weight of their group, were sacrificed. Ileal digesta was collected and 8 pooled samples per treatment were created, as the ingesta yield from individual birds would have been insufficient for analysis. Digestibility was determined using acid-insoluble ash (celite > 85% silica) as an internal marker, included in the grower diets at 10 g/kg from day 15–35.

Statistical analysis

The dataset was subjected to analysis of variance and treatment means were compared using the Tukey test with SPSS (IBM SPSS Version 25). Differences were considered significant when $p < 0.05$, whereas $p < 0.10$ were considered a near-significant trend.

Results

Performance parameters

Birds fed the basal diet without supplementation (T1, control) reached a **final body weight** of 1,644 g at day 35, corresponding to an average daily weight gain of 45.8 g. Supplementation with the wood-lignan-based feed additive (T2) significantly improved weight gain (+5.6%).

The overall **feed intake** of broilers in the control group amounted to 2,261 g, or 64.6 g/day. Birds receiving the supplemented diet (T2) showed slightly lower feed intake (-1.5%).

The overall **FCR** in the control group was 1.411. Broilers supplemented with the wood-lignan-based additive (T2) achieved a significantly lower FCR (-6.7%), indicating improved feed efficiency. Positive effects on FCR were observed in both feeding phases.

The **European Poultry Efficiency Factor** (EPEF) in the control group was 307 units. With supplementation of the wood-lignan-based additive (T2), the EPEF increased significantly by +49 units.

A summary of the performance data is provided in Table 1.

Table 1. Productive performance of broiler chickens throughout overall trial period (d 0 to d 35)				
Treatment groups		T1 (Control)	T2 (Wood lignans)	p-value
Body weight - d 0	g	41.9	41.9	0.952
Body weight - d 35	g	1644.3 ^a	1735.2 ^b	0.001
Body weight gain	g	1602.5 ^a	1693.3 ^b	0.001
Daily weight gain	g	45.8 ^a	48.4 ^b	0.001
Feed intake	g	2261.3	2227.7	0.497
Daily feed intake	g	64.6	63.6	0.497
FCR		1.411 ^a	1.316 ^b	<0.001
EPEF ¹⁾		306.78 ^a	356.02 ^b	<0.001
Notes: Values are means of 6 pens/treatment with 15 broiler chickens/pen.				
¹⁾ European Poultry Efficiency Factor. Different superscripts in same row are significant (a/b: $p \leq 0.05$)				

Mortality did not differ between treatments ($p > 0.05$).

Apparent ileal digestibility

The effects of the feed additive under test on apparent ileal digestibility are summarized in Table 2.

Table 2. Apparent ileal digestibility at d 35				
Treatment groups		T1 (Control)	T2 (Wood lignans)	p-value
		Ileal characteristics		
Dry matter	%	19.4	19.1	0.952
		Apparent ileal digestibility		
Crude protein	%	86.1 ^a	88.5 ^b	<0.001
Crude fat	%	95.7	95.9	0.722
Crude ash	%	43.4 ^a	45.0 ^b	0.002
Calcium	%	60.0 ^a	63.1 ^b	<0.001
Phosphorus	%	61.3 ^{ab}	62.7 ^a	0.001
Notes: Values are presented as means of 8 replicates per treatment. Different superscripts in same row are significant (a/b: P ≤ 0.05).				

The average dry matter content of ileal digesta was 19.3%, with only marginal differences between the control and the trial group. Values for apparent ileal digestibility were within the expected range in the control group. Supplementation with the wood-lignan-based feed additive, however, significantly improved apparent ileal digestibility of crude protein (+2.4%), crude ash (+1.6%), calcium (+3.1%), and phosphorus (+1.4%). No differences were observed for crude fat ($p > 0.05$).

Discussion

Intestinal health and zootechnical performance are key priorities in modern livestock nutrition. Animals are exposed to considerable performance pressure and various stressors, including environmental factors such as heat stress, disease challenge, changes in housing, or dietary influences. Reducing stress and supporting efficient digestion are therefore of major importance for the industry. Natural solutions based on plant-derived products are frequently applied; however, these may present certain limitations. For instance, their bioactive content is not always stable, e.g. essential oils can be problematic under hot weather conditions or in warmer climates.

Lignans are a promising group of plant-derived bioactive compounds belonging to the broad class of polyphenols. They have been associated with various beneficial effects on health and well-being, including antioxidant and anti-inflammatory properties [3, 4]. In addition, the wood-lignans used are thermostable and well-characterized, making them attractive candidates as supportive feed supplements in animal nutrition.

Previous *in vitro* and *in vivo* studies have shown that the wood-lignan supplement used in the presented trial supports gut integrity and improves intestinal health parameters. [1, 2]. Positive influences on inflammatory markers of the intestinal mucosa and on the microbiome have been reported [4]. A healthy intestinal mucosa and balanced microbiota are crucial for optimal digestive performance and nutrient absorption. The present study aimed to evaluate whether these benefits could be reflected in improved nutrient digestibility in broilers.

For the wood-lignan supplement, significant improvements in apparent ileal digestibility of crude protein as well as the minerals calcium and phosphorus were demonstrated. Consistent with these findings, growth performance parameters were also improved in the trial group. Accordingly, the European Poultry Efficiency Factor (EPEF) was also notably increased in the lignan-supplemented group. Based on the reported positive effects of wood lignans on parameters of inflammation and oxidative stress, as

well as intestinal barrier function and microbiota [2, 4, 5], it is suggested that wood lignans support intestinal health and integrity, hence improving nutrient digestibility and resulting in improved zootechnical performance.

Conclusion

In a 35-day feeding trial with broiler chickens, supplementation with a wood-lignan-based additive significantly increased apparent ileal digestibility of crude protein, calcium, and phosphorus. These improvements in nutrient utilization were accompanied by enhanced growth performance, reflected in higher body weight gain, better feed efficiency, and an increased European Poultry Efficiency Factor (EPEF). Wood lignans are a well-characterized tool to support gut health and performance in broiler production.

References

- [1] Heckmann, M. et al. (2022). Extracts Prepared from Feed Supplements Containing Wood Lignans Improve Intestinal Health by Strengthening Barrier Integrity and Reducing Inflammation. *Molecules* 2022, 27, 327. <https://doi.org/10.3390/molecules27196327>
- [2] Theapparat, Y. et.al. (2025). Dietary supplementation with lignans improves growth performance, intestinal integrity and inflammatory status, and stress response in broilers. Poster presentation. 24th European Symposium on Poultry Nutrition, Maastricht, The Netherlands.
- [3] Jing, R. et al. (2019). Therapeutic effects of the total lignans from *Vitex negundo* seeds on collagen-induced arthritis in rats. *Phytomedicine*. 2019 May;58: 152825. doi: 10.1016/j.phymed.2019.152825. Epub 2019 Jan 9. PMID: 30831463.
- [4] Theapparat, Y. et.al. (2025). Gut microbiota, metabolic pathways, and litter quality in broilers as influenced by dietary supplementation with lignans. Poster presentation. 24th European Symposium on Poultry Nutrition, Maastricht, The Netherlands
- [5] Galli, G.M. et al. (2022). Addition of a Blend Based on Zinc Chloride and Lignans of *Magnolia* in the Diet of Broilers to Substitute for a Conventional Antibiotic: Effects on Intestinal Health, Meat Quality, and Performance. *Animals* 2022, 12, 3249. <https://doi.org/10.3390/ani12233249>

Corresponding author

Sophie Wuschitz, BSc.
agromed Austria GmbH
Bad Haller Straße 23
AT 4550 Kremsmünster
wuschitz@agromed.at

Autorenverzeichnis

Ahrens.....	71	Leberle.....	89
Armstrong.....	43	Legendre.....	95
Bartelt.....	135	Liegsalz.....	206
Bauersachs.....	118	Logemann.....	65
Beckmüller.....	65	López.....	184
Benarbia.....	77	Lückstädt.....	146
Berns-Müller.....	26	Luo.....	184
Bienert.....	118	Maaoui.....	95
Bläser.....	155	Maurer.....	13
Bochut.....	155	May.....	24
Bosnjak-Neumüller.....	184	Milimonka.....	146, 150
Boulot.....	166	Misthilger.....	102
Braun.....	123, 129	Mochkina.....	118
Briche.....	95	Möddel.....	212
Bui.....	77	Morvan.....	166
Buntenkötter.....	174	Neufeld.....	218
Challai.....	166	Neyer.....	174
Delahaye.....	166	Oberdorf-Bruhn.....	77
Dubina.....	150	Oser.....	22
Duclos.....	95	Ostendorf.....	129
Ebner.....	22	Paiva.....	95
Eckel.....	212	Petrovic.....	146
Eising.....	184	Philipps-Wiemann.....	141
Ettle.....	43	Piva.....	135
Frayssinet.....	141	Preißinger.....	26, 167
Garat Boute.....	95	Puntigam.....	26, 112, 191
Gassner.....	166	Rampl.....	65
Grilli.....	135	Renken.....	83
Guggenberger.....	1	Resch.....	56
Harms.....	102	Rocchi.....	65
Heinemann.....	206	Rühle.....	135
Herve.....	166	Sáinz de la Maza-Escolà.....	135
Heubach.....	167	Salah.....	95
Hofmann.....	71	Savin-Hoffmeyer.....	206
Hohensee.....	22	Schäffler.....	102
Hörtenhuber.....	26, 191	Scheidemann.....	141
Hovenjürgen.....	112	Schemmer.....	161, 180
Huber.....	43	Scherb.....	167
Hülsbergen.....	35	Schmidt.....	118
Jezegou-Bernard.....	166	Schneeberger.....	26
Kalzendorf.....	150	Schneider M.....	50, 102
Kehraus.....	161	Schneider S.....	89
Kleibaumhüter.....	112	Scholten.....	95
Könighoff.....	174	Seifert.....	11
Kratz.....	199	Slama.....	191
Kuhl.....	174	Smetana.....	16
Kurek.....	118	Steiner.....	218
Laguna.....	184	Steinhoff-Wagner.....	118, 123, 129, 191, 206
Le Bot.....	77	Tabeling.....	83, 174

Tacon	184
Terler	56
Umar	212
von und zur Mühlen.....	83
Wetscherek.....	191

Wiedmann.....	135
Wirges	184
Wuschitz	218
Zißler	141

Werbepartner

Wir danken folgenden Firmen für ihre großzügige Unterstützung:

BEWITAL agri
specialist in milk & fat

BEWITAL agri GmbH & Co. KG

Industriestraße 10
46354 Südlohn-Oeding

 **Biochem**

Feed Safety for Food Safety®

**Biochem Zusatzstoffe
Handels- und
Produktionsges. mbH**

Küstermeyerstraße 16
49393 Lohne



DR. ECKEL
creative solutions

**Dr. Eckel Animal Nutrition
GmbH & Co. KG**

Im Stiefelfeld 10
56651 Niederzissen



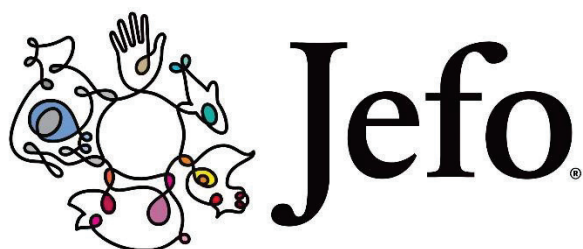
Dr. Pieper TuP GbmH

Dorfstr. 34
16818 Wuthenow



**DSM Nutritional Products
GmbH**

Emil-Barell-Straße 3
79639 Grenzach-Wyhlen



JEFO

2 Rue Claude Chappe
44480 Carquefou
Frankreich



**J. Rettenmaier & Söhne
GmbH + Co KG**

Holzmühle 1
73494 Rosenberg



LALLEMAND ANIMAL NUTRITION

SPECIFIC FOR YOUR SUCCESS

Lallemand Animal Nutrition

Färberstraße 22-24
95126 Schwarzenbach a. d. Saale



LKV Bayern e.V.

Landsberger Straße 282
80687 München



MIAVIT GmbH

Robert-Bosch-Str. 3
49632 Essen (Oldb.)



Novonesis

Große Drakenburger Str. 93-97
31582 Nienburg



Phileo by Lesaffre

Nibelungenstr. 19
77694 Kehl



Pulte GmbH & Co. KG

Hirtenweg 2
82031 Grünwald