

# **62. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V.**

**Tagungsband**

***„Digitale Technologien und intelligente Systeme in der  
Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere!“***

**10. Oktober 2024  
Hybride-Konferenz**



**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](mailto:bat.anm@ls.tum.de)**

**Selbstverlag:**

**Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.**

**ISBN 978-3-910689-01-5**

**Für den Inhalt der Beiträge sind allein die Autoren verantwortlich.**

# Inhaltsverzeichnis

## Übersichtsvorträge

Status quo bei digitalen Technologien und intelligenten Systemen in der Fütterung .....	1
How to Leverage the Value of Analytics in Feed Production.....	10
Chancen und Grenzen der Nutzung des mittleren Infrarots (MIR) in der Milch zum Fütterungs- und Gesundheitscontrolling.....	15
Digitalisierung in der Prozesskette Milcherzeugung - Erfahrungen und Empfehlungen aus dem Experimentierfeld DigiMilch, Demonstrationsprojekt III, „Fütterungsmanagement“ .....	20
Perspektiven zur Implementierung und Interpretation digitaler Daten zur Steigerung von Gesundheit und Produktivität in der Fütterungsberatung von Milchkuhbetrieben .....	30
Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Nutzung von Pansenboli in der Wiederkäuerfütterung	38
Comparative Analysis of the Detection of Dairy Cows During Drinking Events Using YOLOv5, YOLOs, YOLOv7, and YOLOv8 Models.....	44
Thermographiemessungen beim Mastschwein für die individuelle Futterzuteilung? .....	54
Digitalisierung in der Schweinehaltung – Erfahrungen zur Tierbeobachtung und -versorgung aus dem Demonstrationsprojekt DigiSchwein.....	59
Digitalisierung in der Fütterung von Geflügel .....	66
Noch ein weiter Weg - Futteraufnahme auf Einzeltierbasis bei Geflügel.....	71

## Digitalisierung

Bewertung eines Vorhersagemodells für die Auswirkungen der Lebendhefe <i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCM I-1077 auf die Milchleistung von Milchkühen .....	79
Digescan Service – Cloudbasierter und praxisnaher Ansatz zur Kontrolle der Futtereffizienz in Milchviehherden .....	83
Electronic monitoring of rumination and eating time of Holstein cows in a high- and low-input feeding system.....	89
webFuLab – Digitalisierung der Fütterung .....	94

## Rinderfütterung

Auswirkungen der Gehalte an pansenabbaubarer Stärke und Zucker der Ration auf die Methanemissionen und Abgleich der Messwerte mit Schätzgleichungen .....	98
Vergleich unterschiedlicher Strategien zur Zuteilung an Konzentrat über Abrufstationen bei hochleistenden Milchkühen .....	105
Effect of dietary organic trace minerals on claw health in dairy cows .....	113
Wirkung von hoch bioverfügbarem pansengeschütztem Cholin auf die Laktationsleistung und das vaginale Mikrobiom von Milchkühen.....	119

Einfluss von Polyphenolen als natürliche Antioxidantien auf die Leistung von Milchkühen unter Hitzestress .....	126
Einsatz eines Milchaustauschers mit hohem Rohproteingehalt in der praktischen Kälberaufzucht .....	131
Kolostrummanagement nach der Geburt bei konventionellen und kuhgebundenen Aufzuchtssystemen in Süddeutschland.....	136
Entwicklung der Grobfuttererträge auf den bayerischen Staatsbetrieben - was wird wirklich geerntet? .....	143

## Schweinefütterung

Prüfung eines Fütterungskonzepts auf Basis von Hefezellwänden zur Reduzierung von Sojaextraktionsschrot in der Mast von Schweinen .....	155
Inhibiting viral transmission in feed and water – biosecurity impact of sodium diformate alone or in combination with medium chain fatty acids – a short review .....	162
Effizienzsteigerung in der Ferkelaufzucht durch Zugabe eines Vanillearomas: Optimierung der Futteraufnahme und der Wachstumsraten beim Ferkel .....	167
Supporting piglets to cope with pathophysiological stressors after weaning: Better health and performance through a novel complementary feed in a field trial.....	172
Untersuchung zum Vitamin-D <sub>3</sub> -Status von europäischen Jungsauen unter Verwendung eines neuartigen Probennahme-verfahrens (DBS-cards) .....	179
Effect of a functional feed additive on animal welfare and performance parameters in fattening pigs .....	185

## Geflügelfütterung

Einfluss von Weizen und Roggen in sojaextraktions- und rapsexpeller- basierten Rationen auf das Wachstum von Masthühnern .....	190
Lignocellulose in broiler feeding: A comparison of productive performance and economy of eubiotic lignocellulose and 1 <sup>st</sup> generation lignocellulose .....	196
Meta-Analyse zur Bewertung und Optimierung der rechnerisch ermittelten Protein-Nutzungseffizienz bei Masthühnern .....	201
Grape polyphenols can replace synthetic vitamin E under standard and challenging feed formulations of broiler diets.....	206
Wechselwirkungen zwischen Inhaltsstoffen von Tränkezusätzen für Geflügel mit Fokus auf Vitamine und Spurenelemente .....	211
Entwicklung einer Zählmethode und einer mobilen Anwendung zur schnellen und wirksamen Bekämpfung des Befalls der roten Vogelmilbe in Geflügelbetrieben .....	220
Autorenverzeichnis .....	227
Werbepartner.....	229

# Status quo bei digitalen Technologien und intelligenten Systemen in der Fütterung

**Hubert Spiekers<sup>1</sup>, Stefan Beckmann<sup>1</sup> und Martin Schäffler<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

## Einführung

Prozessrechner, Digitalisierung, Sensoren und künstliche Intelligenz (KI) haben allgemein Eingang in den Bereichen Futter und Fütterung gefunden (Spiekers und Schäffler 2018, Büscher 2022, Spiekers et al. 2022). Futteroptimierung, Rationsplanung, Futtermischung und -zuteilung sind ohne entsprechende Programme gar nicht mehr denkbar. Die Fortschritte in der Sensortechnik, der KI und dem Handy bzw. Smartphone als universelles Endgerät führen zu einer erheblichen weiteren Dynamik. Hierbei sollten sich die weiteren Entwicklungen in Bezug auf Sinn, Zweck und Anwendbarkeit an den konkreten Bedürfnissen der Nutztiere und Nutztierhalter ausrichten. Der nachstehende Beitrag zeigt hierzu den Status quo auf und gibt Empfehlungen zur weiteren fachlichen Ausrichtung. Es werden hierbei sowohl die angewandte Forschung als auch die landwirtschaftlichen Betriebe mit dem vor- und nachgelagerten Bereich thematisiert.

## Herausforderungen in der Nutztierhaltung

Bei der zukünftigen Ausrichtung der digitalen Technologien und intelligenten Systeme sind die Herausforderungen in der Nutztierhaltung besonders zu berücksichtigen, um diese gerade mit den Innovationen aus diesen Bereichen besser zu bewältigen. Bei den Kosten war in Nutztier haltenden Betrieben in den letzten Jahren ein starker Anstieg zu beobachten und die Erlöse zeigen eine große Volatilität. Ein effizienter Einsatz der Futtermittel rückt damit mehr in den Vordergrund (DLG 2023a). Von großer Relevanz ist insbesondere bei wachsenden Betrieben der Mangel an Fachkräften. Durch entsprechende digitale Technologien und intelligentere Systeme kann der Bedarf an Arbeitskräften gegebenenfalls gemindert werden. Die Systeme und deren Anwendertauglichkeit müssen sich hierbei allerdings sehr gut an die Lebenswirklichkeit in den Betrieben und der dort agierenden Personen orientieren. Dies kann insgesamt auch die Attraktivität der Arbeitsplätze steigern. Dies ist umso wichtiger bei der insgesamt in Diskussion stehenden Reputation der Nutztierhaltung.

Aus fachlicher Sicht sind darüber hinaus folgende Herausforderungen von besonderer Relevanz:

- Veränderungen in den Vorgaben zur **Haltung** der Tiere in der Rechtssetzung, dem Lebensmitteleinzelhandel etc.
- verringerte **Sicherheit** in der Futtererzeugung durch den Klimawandel
- Maßgaben der Gesellschaft zur Minderung des **CO<sub>2</sub>**-Fußabdrucks
- Nährstoffüberschüsse auf Tier-, Stall- und Betriebsebene mindern => **BVT** – Stallsaldierung, Stoffstrombilanz bzw. Nährstoffbilanz
- **NH<sub>3</sub>**-Emissionen mindern (*TA-Luft ...*)

- **Nahrungskonkurrenz** beurteilen und berücksichtigen
- **mehr Tierwohl:** Zucht, Weide, Beschäftigung, Futterselektion ....

Insgesamt sind viele Dinge im rechtlichen Bereich, den Märkten und der gesellschaftlichen Akzeptanz im Fluss. Dies führt zu Unsicherheiten. Allgemein wird mit einem Rückgang der Nutztierhaltung gerechnet. Hierdurch werden insgesamt Futterflächen frei, die wiederum verstärkt zur Erzeugung von Eiweißfuttermitteln genutzt werden sollten, um die Nutzung von Flächen zu Futterzwecken von außerhalb der EU zu mindern (Ammer et al. 2024).

## Angewandte Forschung

In der angewandten Forschung zur Tierernährung war die größte Innovation die allgemeine Etablierung der täglichen Futtermengenerfassung beim Einzeltier. Beim Schwein besteht z.B. im Versuchsgut Schwarzenau die Möglichkeit der Futtermengenerfassung beim Einzeltier für Ferkel, Mastschweine und Sauen. Bei Milchkühen und Mastrindern sind Wiegetröge allgemein in Anwendung. Bei der Milchkuh ermöglichte die Zusammenführung der Daten die Entwicklung und allgemeine Etablierung von Schätzggleichungen zur Futteraufnahme (DLG 2006, GfE 2023). Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurden in bundesweiten fachübergreifenden Projekten mit der Tierzucht und der Tiermedizin die Zusammenhänge zwischen dem Energiesaldo bzw. der Futteraufnahme und der Gesundheit sehr erfolgreich bearbeitet (Becker et al. 2022). Inzwischen ist in der deutschen Holsteinzucht eine Zucht auf Futtereffizienz unter anderem auf Basis dieser Daten etabliert.

Zur Minderung der Kosten und Erhöhung der Anzahl geprüfter Tiere soll die „Erfassung“ der Futteraufnahme im Bereich der Holstein-Zucht auch in Deutschland zukünftig über eigens eingerichtete Betriebe mit spezieller Bildauswertung erfolgen. In der Tierernährungsforschung wird aber auf absehbare Zeit der Wiegetrog weiterhin der „Goldstandard“ zur Erfassung der Futteraufnahme sein. Um die Bedürfnisse der Tiere besser zu erforschen und zu verstehen, sollten ergänzend jedoch bildgebende Verfahren mehr genutzt werden. Dies erfordert auch eine stärkere Vernetzung der Disziplinen Tierernährung, Ethologie und Digitalisierung in der Methodenentwicklung und der konkreten Versuchsanstellung. Dies gilt für Rind, Schwein und Geflügel.

In der Versuchs- und der allgemeinen landwirtschaftlichen Praxis bereiten die Streuungen der Grobfutter in den Gehalten an Trockenmasse am Anschnitt und darüber hinaus durch Einflüsse der Witterung z. B. Gras- und Maissilagen größere Probleme. Die Ration sollte nach Möglichkeit auf Basis der tagesgenauen TM-Gehalte der Grobfutter gemischt werden. Hierzu müssten die TM-Gehalte der Grobfutter beim Beladen des Mischers ermittelt und daraufhin die Mischungsanteile angepasst werden. Der gesamte Vorgang sollte automatisiert ablaufen und die Ergebnisse protokolliert werden, um diese programmgestützt auswerten zu können.

Zurzeit läuft die Implementierung der neuen Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der GfE (2023) bei der Milchkuh. Zu empfehlen ist hier die tierindividuelle Berechnung der Energie- und Proteinversorgung in Abhängigkeit vom Futteraufnahmeniveau des Einzeltieres. Dies erfordert eine entsprechende Erweiterung der Software zur Versuchsauswertung.

## Futterwirtschaft

Für den Fütterungs- den ökonomischen Erfolg im landwirtschaftlichen Betrieb ist die Ausgestaltung der betrieblichen Futterwirtschaft und der Fütterung maßgebend. In Futterbau- und Veredlungsbetrieben entfällt der Großteil der Landnutzung auf die Futtererzeugung. Diese gilt es gut zu planen und zu steuern, um die Verluste an Menge und Qualität im Sinne einer möglichst effizienten Futterwirtschaft

und auch Fütterung gering zu halten. Dies ist neben dem ökonomischen Erfolg auch für die Optimierung des CO<sub>2</sub>-Footprints von entscheidender Bedeutung (DLG 2023b). Die Digitalisierung kann hier wesentliche Ansätze liefern. Um diese zu befördern, wurden vom BMEL durch die BLE die Experimentierfelder ausgeschrieben und gefördert. Zur weiteren Information sei auf die nachstehenden Beiträge zu DigiPig (Lieboldt 2024) und DigiMilch (Lorenzini und Beckmann 2024) verwiesen. Insbesondere in DigiMilch wird die Ausgestaltung der betrieblichen Futterwirtschaft durch Nutzung digitaler Werkzeuge maßgeblich bearbeitet.

Ein zentraler Punkt ist die Etablierung der Ertragserfassung im Grünland und im Feldfutterbau. Hier wurden im Rahmen von DigiMilch erhebliche Fortschritte erzielt (Worek und Thurner, 2022). Zentraler Ansatzpunkt ist die Ertragserfassung am Häcksler bei der Ernte. Zu erfassen sind die Menge und der TM-Gehalt bei der Ernte. Über Wiegeeinrichtungen bei den Transportwägen ist eine Kalibrierung beim Einzelbetrieb möglich und zu empfehlen. Beim Ladewagen und bei Einsatz von Ballenpressen kann ebenfalls der Ertrag erfasst werden. Alle Abläufe müssen so organisiert sein, dass der Ablauf der Ernte nicht beeinträchtigt wird, für den Lohnunternehmer bzw. Maschinenring kaum mehr Arbeit resultiert und der Landwirt das Ergebnis unmittelbar auf seinem Handy und für die weitere Dokumentation und Auswertung verfügbar hat.

Weitere Baustellen für die verstärkte Nutzung digitaler Werkzeuge sind die Erfassung der aus den Silos entnommenen Futtermengen, die vorgelegten Futtermengen und die Futterreste. Zentrale digital stärker zu nutzende Maschinen sind der Futtermischwagen, die automatische Fütterungsanlage oder beim Schwein die gesamte Fütterungsanlage insbesondere bei Betrieben mit Flüssigfütterung. Neben der Menge ist der jeweilige TM-Gehalt der Einzelfutter und der Ration die entscheidende Größe. Sind in den Silos die eingefüllten und die entnommenen Mengen an Futter bekannt, können die Verluste z.B. im Fahrsilo nach dem **Allin/Allout** – Prinzip kalkuliert werden (Köhler et al. 2019).

Neben der Erfassung von Erntemengen und deren Qualität sollten zukünftig auch die Konservierung, die Lagerung und die Futterlogistik stärker sensorgestützt begleitet werden. Zum Beispiel lassen sich beim Grobfutter über Sensoren die Gehalte an O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Feuchte etc. kontinuierlich im Silo verfolgen (Bauerdick et al. 2022). Die Nutzung der generierten Informationen im Silomanagement erlaubt eine Reduktion der Masse- und Nährstoffverluste und eine Steigerung der Futterqualität.

Die verbesserte Futteranalytik über kontinuierliche nicht invasive Messverfahren z.B. durch einen Einsatz der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) bei der Ernte sowie bei der Entnahme bzw. Befüllung des Mischwagens und die Verknüpfung der Daten mit den Ernte- bzw. eingelagerten und vorgelegten Futtermengen sind wichtige Planungsinstrumente für die Sicherheit in der Futtermittellieferung und der sachgerechten Ausgestaltung der Fütterung. In Zeiten des zunehmenden Klimawandels und des Auftretens von Wetterextremen kommt der Sicherung der Futtermittellieferung prioritäre Bedeutung zu.

## Fütterung im Veredlungsbetrieb

Die Optimierung von Futtermischungen und die Berechnung von Rationen erfolgt beim Schwein mit entsprechenden Programmen auf Basis der Empfehlungen zur Versorgung der GfE (2006) und den darauf aufbauenden Empfehlungen zur Umsetzung der DLG. Basis sind die analysierten bzw. deklarierten Energie- und Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel. Zu Schnellmethoden sei auf den nachstehenden Beitrag von Wiltafsky-Martin (2024) verwiesen.

Im Bereich der Schweine- und Geflügelhaltung gewinnt der Einsatz von Sensoren zunehmend an Bedeutung. Damit wird die Effizienzsteigerung im Hinblick auf den Input an Futtermitteln und Output an hochwertigen tierischen Lebensmitteln unter geringster Umweltbelastung vorangetrieben. Sensoren optimieren die Aufbereitung (*z.B. heimische Eiweißträger und antinutritive Faktoren*) und nährstoffliche Einschätzung von Einzelfuttermitteln (*präcäcale Verdaulichkeit der Aminosäuren*), gewährleisten darauf basierend die exakte Mischung von bedarfsgerecht kalkulierten Rationen und sichern deren Vorlage. bis

zur tierindividuellen Ebene (Puntigam et al. 2021). Sowohl die Auswertung und Verknüpfung der Informationen der Schlachtauswertungen als auch der Nährstoffanalyse der Exkremente, z.B. N-Gehalt oder NH<sub>3</sub>-Emissionen, ermöglichen eine rasche Anpassung beim Futter und in der Fütterung. Zunehmend rücken auch Sensoren zur Optimierung der Tiergesundheit und des Wohlergehens in den Fokus. Es gilt das einzelbetriebliche Optimum unter Abwägung der unterschiedlichen Ziele im Hinblick auf Leistung, Effizienz, Ökonomie, Ökologie und Tierwohl zu erreichen.

## Fütterung im Futterbaubetrieb

Die Rationsberechnung erfolgt mit geeigneten Rationsberechnungsprogrammen. Aktuell steht hier die Implementierung der Empfehlungen der GfE (2023) zur Energie- und Nährstoffversorgung bei der Milchkuh an (Rodehutscord und Spiekers 2024). Als neue zentrale Größe gilt es das Futteraufnahmeniveau (FAN) zu berücksichtigen. Mit dem Futteraufnahmeniveau ändert sich die Verweildauer des Futters im Vormagen, was zur Abnahme der Verdaulichkeit bei steigender Futteraufnahme mit entsprechenden Auswirkungen auf die Gehalte an ME und dünndarmverdaulichen Protein (sidP) führt. Zur Abschätzung des FAN ist die Körpermasse und das Futteraufnahmevermögen erforderlich. Digitale Werkzeuge zur Abschätzung der Körpermasse für das Einzeltier bzw. Leistungsgruppen, Erstlaktierende und Kühe sind gefordert. Die Abschätzung des Futteraufnahmevermögens sollte mit der jeweiligen Gleichung auf Basis der ME im Grobfutter aus GfE (2023) für getrennte Futtevorlage und für TMR erfolgen. Auf Grund von Auswertungen zu aktuellen Daten ist keine Differenzierung nach Rasse mehr erforderlich. Bei Fleckvieh kann bei gleichen Maßgaben für Leistung, Körpermasse Laktationsstand etc. die gleiche Futteraufnahme wie bei Holstein angesetzt werden (Gruber et al. 2021).

Zur Arbeitserleichterung und Vermeidung von Fehlern sollten die Analyseergebnisse für die Grobfutter direkt in das Rationsberechnungsprogramm eingelesen werden können. Für die extern zugelieferten Mischfutter sollten die notwendigen Daten zur Rationsberechnung in Abhängigkeit vom Futteraufnahmeniveau nach Möglichkeit auch digital zur Verfügung gestellt werden. Dies betrifft z.B. die Kenngrößen zur Beschreibung der Abbaudynamik beim Protein.

Die entsprechenden Empfehlungen zur Umsetzung von GfE (2023) sind aktuell in Erarbeitung. Dies betrifft die Rationsplanung und die Rationskontrolle. Von besonderer Bedeutung ist die Futtereffizienz. In der Praxis zeigen sich hier erhebliche Differenzen zwischen den Betrieben. Aus der Tabelle 1 sind die Ergebnisse aus DigiMilch (LfL 2024) ersichtlich. Es zeigen sich erhebliche Differenzen zwischen den Beobachtungsperioden im gleichen Betrieb und zwischen den Betrieben.

Tabelle 1: Ergebnisse zum Futtereinsatz in DigiMilch-Betrieben, n = 10 (Spanne aller Messperioden).

<b>Kenngroße</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<b>Futtereinsatz</b>			
Milch aus Grobfutter, % der ECM	<b>67</b>	53	81
Futtereffizienz, kg ECM/kg TM	<b>1,4</b>	1,2	1,8
<b>Futterkosten</b>			
Grobfutter, Cent/kg ECM	<b>9,5</b>	6,8	16,7
Konzentrat, Cent/kg ECM	<b>9,6</b>	3,2	17,4
<b>Umweltwirkung</b>			
N-Aufwand, g/kg ECM	<b>15,1</b>	9,5	22,5
P-Aufwand, g/kg ECM	<b>3,4</b>	2,5	4,7

Quelle: LfL (2024)

In der Milchkuhhaltung stehen neben dem Futter, das Tier und insbesondere die Milch im Fokus der Sensorik. „Mehr aus der Milch lesen“ ist ein zentraler Ansatzpunkt (Onken et al. 2021). Auf Basis neuerer Erkenntnisse wurden die Ansätze zur Nutzung der Milch Inhaltsstoffe im Hinblick auf Fütterung und Gesundheit grundlegend überarbeitet und in dem DLG-Merkblatt **451** (DLG 2020) neu gefasst. Die konsequente Anwendung im Milchprüfwesen und der Beratung sollte zum allgemein akzeptierten Standard werden.

Weitergehende Möglichkeiten offeriert die Nutzung der mittleren Infrarotspektren (MIR) zur Abschätzung gesundheits- und umweltrelevanter Faktoren über die Milch. Neben der Aussagefähigkeit der resultierenden Daten und Ergebnisse gilt es ebenfalls deren Umsetzung in Empfehlungen für die Praxis zu klären. Dies gilt z.B. für die Abschätzung der Methanausgasung auf Basis einer MIR-Gleichung bei der Einzelkuh (DLG 2023b). Zur weiteren Information sei auf den nachstehenden Beitrag von Richardt (2024) verwiesen. In anderen Bereichen z.B. Pansenboli und Wiederkauhalfter steht die Anwendbarkeit und Aussage der Sensoren für Forschung und Praxis noch in Frage (Pfanzelt et al. 2021). Weitere Arbeiten sind hier erforderlich.

## Nährstoffsaldierung

Bei Schwein, Geflügel und Rind ist die Saldierung der Nährstoffe N, P, K und S auf Tier-, Stall- und Betriebsebene als Planungs- und Controllinggröße von erheblicher Relevanz (DLG 2014, Olf 2022). Etabliert ist die Stallsaldierung zur Plausibilisierung der nährstoffangepassten Fütterung bei Geflügel und Schweine haltenden Betrieben, die der Industrieemissionsschutz-Richtlinie (IED-Betriebe) unterliegen (DLG 2024) im Rahmen der Vorgaben zur Einhaltung der besten verfügbaren Technik (BVT) (EU 2017). Aus Sicht der verstärkten Nutzung digitaler Technologien und intelligenter Systeme in der Fütterung stellt die nährstoffangepasste Fütterung ein zukunftsträchtiges Arbeitsfeld dar. In den Niederlanden ist die Stallsaldierung bei Schwein und Geflügel Standard (Bikker et al. 2019).

Daneben ist die gesamtbetriebliche Sicht von hoher Relevanz. Zur Verbesserung der Ressourceneffizienz sowie Minderung der Stoffeinträge und Emissionen sind Pflanzenbau, Futterwirtschaft und Tierernährung zu betrachten. Zwischen den Betrieben gibt es erhebliche Unterschiede in den Betriebssalden für N und P. Im Bereich der Schweinehaltung gibt es eine relativ große Datenbasis, da ein Großteil der Betriebe der Pflicht zur Stoffstrombilanzierung seit Beginn der DüV (2017) (StoffBiV

2017) unterliegen. Die Arbeiten von Schneider et al. (2021) zeigen, dass die betrieblichen Bilanzdaten wichtige Ansatzpunkte für die Optimierung im Bereich der Düngung, Futterwirtschaft und Fütterung liefern.

Wenig Information liegt bisher für den Bereich der Futterbaubetriebe vor, da diese in geringerem Umfang der Bilanzierungspflicht nach der StoffBilV (2017) unterlagen. Aus den Abbildungen 1 und 2 sind die betrieblichen Nährstoffsalden für Stickstoff und Phosphor von 16 Futterbaubetrieben für die Jahre 2021 und 2022 ersichtlich (Schachner und Schuster 2024). Erfasst wurden 8 konventionelle und 3 ökologisch wirtschaftende Milchkuhbetriebe und 4 konventionelle und ein ökologisch wirtschaftender Rindermastbetrieb. Es zeigen sich große Streuungen in den Nährstoffsalden zwischen den Betrieben und den Wirtschaftsjahren. Bei den konventionellen Betrieben zeigen sich teils erhebliche Nährstoffüberschüsse und bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben treten teils negative Salden auf, die Nährstoffdefizite und damit eine Unterversorgung im Pflanzenbau anzeigen. Aus den Daten konnten zusammen mit den Betrieben wichtige Ansatzpunkte im Bereich der Fütterung zur Verbesserung der betrieblichen Nährstoffeffizienz abgeleitet werden. Weitere Ansatzpunkte liegen in der Ausgestaltung der Wirtschaftsdüngergaben und der Mineraldüngung. Aus Sicht der Beratung ist die betriebliche Nährstoffsaldierung daher zur Planung und zum Controlling zu empfehlen. Die Erfassung und Auswertung der erforderlichen Daten sollten weiter verbessert werden. Hier ist unter anderem die Digitalisierung ein wichtiger Ansatzpunkt. Die zuvor aufgeführten Punkte zur Anwendbarkeit und Akzeptanz der digitalen Werkzeuge gilt es dabei unbedingt zu beachten.

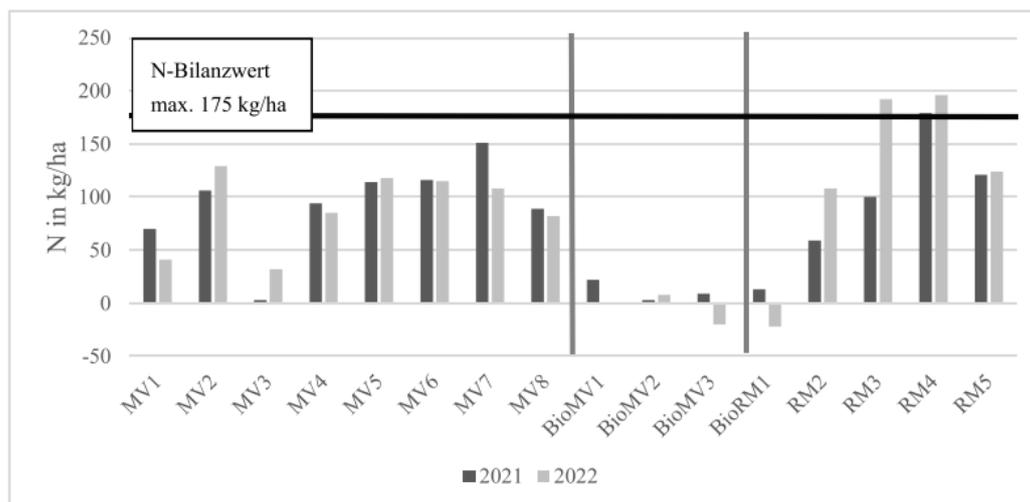


Abbildung 1: Betriebliche N-Salden je ha und Jahr der Projektbetriebe (MV – Milchvieh, RM – Rindermast, Bio – ökologisch wirtschaftend) in der Jahren 2021 und 2022 (Schachner und Schuster 2024).

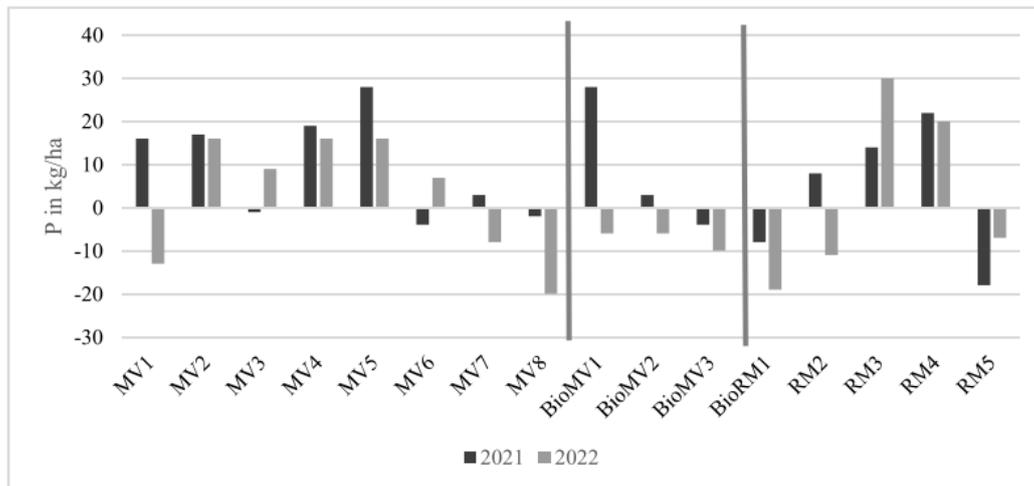


Abbildung 2: Betriebliche P-Salden je ha und Jahr der Projektbetriebe (MV – Milchvieh, RM – Rindermast, Bio – ökologisch wirtschaftend) in der Jahren 2021 und 2022 (Schachner und Schuster 2024).

Generell ist eine Entwicklung und Implementierung von betrieblichen Planungsprogrammen im Bereich der Produktionstechnik, die unter anderem Pflanzenbau, Ökonomie und Tierernährung verbinden, wünschenswert. Für die Veredlungsbetriebe mit Eigenmischung ist es im Bereich der Schweinemast z.B. sehr interessant zu kalkulieren, welche Auswirkungen eine Absenkung der angestrebten Rohproteingehalte im selbstangebauten Futterweizen auf Ernteertrag, Düngung, Fütterung, Nährstoffausscheidung und damit auf die Nährstoffsalden im Betrieb und das ökonomische Ergebnis hat.

## Schlussfolgerung und Ausblick

Im Bereich Futter und Fütterung haben intelligente Systeme und Ansätze zur Digitalisierung schon sehr früh Einzug gehalten. Dies betrifft den gesamten Bereich der Futter- und Rationsoptimierung und die Verwendung von Sensoren zur Tiererkennung in der Futterzuteilung, dem Controlling und der Datenerfassung in der angewandten Forschung. Für die Zukunft ist ein Augenmerk auf die Effizienz in der Futterwirtschaft und der Tierernährung zu legen. Hierzu bedarf es intelligenter Systeme insbesondere in der Fütterung und dem Fütterungscontrolling. Gesamtbetriebliche Betrachtungen rücken verstärkt in den Vordergrund. Neben der Ausgestaltung der Düngung, Futterwirtschaft und Fütterung zur Minderung der Einträge in die Gewässer geht es hierbei verstärkt auch um die Minderung von Emissionen in die Luft. Ein wichtiges Werkzeug zur Planung und zum Controlling sind Nährstoffsaldierungen auf Stall- und Betriebsebene. Bei der Ausgestaltung der digitalen Systeme sollten die Bedürfnisse der Tiere und die Interessen der handelnden Menschen unter Berücksichtigung der Lebenswirklichkeit auf den landwirtschaftlichen Betrieben an erster Stelle stehen.

## Literaturangaben

- Ammer, S., Doleschel, P., Freibauer, A., Götz, K.-U., Kussmann M., Schätzl, R., Spiekers, H. (2024): Konkurrenz auf der Agrarfläche. LfL-Standpunkt. [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de)
- Bauerdick, J., Spiekers, H., Bernhardt, H. (2022): System Design and Validation of a Wireless Sensor Monitoring System in Silage. *Agronomy*, 12 (4), 892. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040892>
- Becker, V.A.E., Stamer, E., Spiekers, H., Thaller G. (2022): Genetic parameters for dry matter intake, energy balance, residual energy intake, and libability to diseases in German Holstein and Fleckvieh dairy cows. *J. Dairy Sci.* 105. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22083>
- Bikker, P., Šebek, L. B., van Bruggen, C., Oenema, O. (2019): Stikstofen fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren: Herziening excretieforfaits Meststoffenwet (2019): (No. 152). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Büscher, W. (2022): Digitale Assistenzsysteme im Kontext der Fütterung. in: Tagungsband „Futter und Fütterung der Zukunft“ 12./13.10.2022 Braunschweig. [bmel.de](http://bmel.de)
- DLG (2006): Schätzung der Futterraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006, Frankfurt am Main. [www.dlg.org](http://www.dlg.org)
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG (2020): Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. Erarbeitet von: Glatz-Hoppe, J., Losand, B., Kampf, D., Onken, F., Spiekers H. DLG-Merkblatt **451**, [www.dlg.org](http://www.dlg.org)
- DLG (2023a): Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. DLG-Information 1/2023. DLG e.V., Frankfurt am Main. [www.dlg.org](http://www.dlg.org)
- DLG (2023b): Im Fokus: Methan bei der Milchkuh – 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**. [www.dlg.org](http://www.dlg.org)
- DLG (2024): Stallsaldierung leicht gemacht. DLG kompakt Nr.3/2024. [www.dlg.org](http://www.dlg.org)
- EU (2017): Durchführungsbeschluss 2017/302: Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel oder Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Union. L 43/231-279.
- DüV. (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 97 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2006): Energie- und Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. **10**. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2023): Energie- und Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. **12**. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Gruber, L., M. Ledinek, H. Spiekers, E. Stamer, U. Meyer, G. Terler (2021): Aktualisierung der Futterraufnahme-Schätzformel für Milchkühe auf Basis des Forschungsprojektes „optiKuh“. in: Tagungsband zu Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“ 28.-29.09.2021 in Braunschweig & Livestream, LfL-Schriftenreihe **5/2021**, 18 – 27.
- Köhler, B., F. Taube, J. Ostertag, S. Thurner, C. Kluß, H. Spiekers (2019): Dry-matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. *Grass Forage Sci.* 2019, 74, 274 – 283.
- LfL (2024): Jahresbericht **2023** des Institutes für Tierernährung der LfL. DigiMilch: Demonstrationsprojekt 3 – Fütterungsmanagement, 11/12. [www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de)
- Lieboldt, M.-A. (2024): Digitalisierung der Schweinefütterung - Erfahrungen aus dem Demonstrationsprojekt DigiPig. in: Tagungsband der **62**. Jahrestagung der BAT, 59 – 65.
- Lorenzini, I., Beckmann, S. (2024): Digitalisierung von Futterwirtschaft und Milchkuhfütterung – Erfahrungen und Empfehlungen aus dem Demonstrationsprojekt DigiMilch. in: Tagungsband der **62**. Jahrestagung der BAT, 20 – 29.

- Olfs, H.-W. (2022): Mineralstoff-Frachten über Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftliche Nutzfläche. in: Tagungsband der **60.** Jahrestagung der BAT, 6 – 9.
- Onken, V., Dale, L. M., Werner, A. (2021): In der Milch lesen. in: Tagungsband zu Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“ 28.-29.09.2021 in Braunschweig & Livestream, LfL-Schriftenreihe **5/2021**, 97 – 101.
- Pfanzelt, S., T. Ettle, A. Obermaier, H. Spiekers (2021): Die gläserne Kuh – Nutzung von Pansenboli und Wiederkauhalsbändern – Evaluierung zweier Sensorsysteme. in: Tagungsband zu Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“ 28.-29.09.2021 in Braunschweig & Livestream, LfL-Schriftenreihe **5/2021**, 62 – 67.
- Puntigam, P., Trimmel, M., Wetscherek, W., Slama, J. (2021): Die Abschätzung der Verarbeitungsqualität von Sojabohnen mittels NIRS-Analytik sowie Effekte ansteigender Mengen an Sojakuchen auf die Leistungen von Ferkel. S. 428-432, 75. ALVA-Tagung, Wieselburg.
- Richardt, W. (2024): Chancen und Grenzen der Nutzung der Spektren des mittleren Infrarots (MIR) in der Milch zum Fütterungs- und Gesundheitscontrolling. in: Tagungsband der **62.** Jahrestagung der BAT, 15-19.
- Rodehutsord, M., Spiekers, H. (2024): Neue Empfehlungen für Milchkühe bei der GfE. FeedMagazine/Kraftfutter **3-4/2024**, 13 -18.
- Schachner, U., Schuster, H. (2024): Ergebnisse aus zwei Jahren Stoffstrombilanzierung in bayerischen Futterbaubetrieben. in: Tagungsunterlage **24.** Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung am 23./24.04.2024 in Fulda, 83 – 86.
- Schneider, S., E.-M. Brunlehner, H. Spiekers (2021): Nährstoffkreislauf in Schweinebetrieben: Ergebnisse und gesamtbetriebliche Beratungsansätze aus dem Verbundprojekt „demonstration farms“. Züchtungskunde **93**, 19 – 41.
- Spiekers, H., M. Schäffler (2018): Digitalisierung für Futter und Fütterung nutzen! VDLUFA-Schriftenreihe **75**, Tagungsband **130**. VDLUFA-Kongress, Münster 2018, Workshop „Digitalisierung in Landwirtschaft, Versuchs- und Untersuchungswesen – Anforderungen und Auswirkungen“, 31 – 38.
- Spiekers, H., H. Schuster, R. Puntigam (2022): Stand und Perspektiven in der Nutzung von Sensortechnik. in: Tagungsband „Futter und Fütterung der Zukunft“ 12./13.10.2022 Braunschweig. bmel.de
- StoffBilV (2017): Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942; 2018 I S. 360), die durch Artikel 98 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- Wiltafsky-Martin, M. (2024): How to Leverage the Value of Analytics. in: Tagungsband der **62.** Jahrestagung der BAT, 10 - 14.
- Worek, F., Thurner, S. (2022): DigiMilch-Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz. in: Tagungsband zur **65.** Jahrestagung der „Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF)“ in Soest, 38 – 41.

**Autorenanschrift:**

Prof. Dr. Hubert Spiekers  
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
 Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 3  
 D-85586 Poing-Grub  
 E-mail: Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de; Tel. 08161/8640-7400

## How to Leverage the Value of Analytics in Feed Production

**Markus K. Wiltafsky-Martin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Evonik Operations GmbH

### INTRODUCTION

Few industries feel the impact of today's "VUCA" world — volatility, uncertainty, complexity and ambiguity — as much as livestock production. From the immediate pressures farmers face in growing livestock (Poultry, Swine, Aqua and Dairy) and meeting consumers' changing needs to the accelerated adoption of technology and long-term concerns about environmental impact, animal protein industry is grappling every day with incredibly complex questions in a rapidly evolving industry. Next to direct and indirect contribution to the environmental impacts, global livestock sector and the feed industry have to deal with volatile costs of feed stuffs and energy. Up to 60-70% of the total costs is contributed by the feed cost, thus, the focus must be on assuring an efficient usage of the feed by the targeted species. Formulating diets covering the animals' nutritional needs avoid negative effect on performance and sustain ecological and economical sustainability. Therefore, diet calculation on the basis of digestible amino acids and modern systems of energy evaluation can be summarized as efforts to achieve precise nutrition. Up to now, a broad range of methods have been available to improve the efficiency and hence the sustainability in livestock nutrition. Especially digital tools and technologies are being implemented in the livestock sector to complement and help collect the necessary data to optimize the whole system of animal production. It is well documented that a feed is only as good as its ingredients and therefore several key components like ingredient assessment including ingredient characterization, ingredient digestibility, palatability, nutrient utilization and functionality are prerequisite for optimum efficiency and profitability. The analytical strategies for quality control of feed ingredients and mixed diets are gaining even more importance, especially if alternative feed ingredients or sources of feed ingredients shall be used while navigating a VUCA world.

Analytics for precision management usually falls under four levels of classification: I) technique, II) data interpretation, III) integration of information, and IV) decision making. To fulfill these requirements there is no one single action while a system solutions approach could offer a holistic and sustainable value proposition for livestock production. Combining products and services, and leveraging digitalization opportunities, in cooperation with high-value consultancy and a deep understanding of animal requirements, we as an industry can turn science-based, efficient and sustainable nutrition, and precision livestock farming into value for end consumers. In summary, one major challenge for the future in animal nutrition is the improvement of its efficiency and hence sustainability to ensure increasing consumption of protein from animal origin through the world population.

### ANALYTICAL DATA AS A FOUNDATION TO IMPLEMENT EFFICIENT ANIMAL PRODUCTION

With regard to quality control, knowledge about the nutrient content and its availability in the used feedstuffs is a presupposition to create diets covering the animals' requirements. Keeping the advantages of low protein diets in mind it becomes obvious that its implementation requires an even more precise evaluation of feed ingredients. Precise analytical results of the content of essential and

non-essential amino acids but also their digestibilities are necessary to successfully work with low-protein diets. Traditional wet-chemistry analysis of total amino acids requires well trained laboratory technicians, a well-equipped laboratory, and accurate and precise execution of the methods (Fontaine, 2003). These analyses result in precise analytical results with low analytical errors but are time and cost intensive. Including shipping time, the delay from sampling to receiving the analytical results easily accumulates to 3-6 weeks. Therefore, these kinds of analyses can be used in cases where timely decisions are not needed. For sure this is not the case with regard to routine quality control of feed ingredients at the reception point of a feed mill or at farm level calculating/preparing rapidly diets. Therefore, timely results are mandatory to enable informed decision making and to keep feed quality and animal performance constant. In comparison to wet-chemistry methods, non-destructive spectroscopical analyses like near infrared reflectance spectroscopy (NIR) can be done with minimal or even without sample preparation and the results are available within minutes. Nevertheless, correct handling and usage of these tools is a prerequisite for their successful application. The idea, using NIR technology in livestock nutrition is not new and an overview on the developments in animal feeds until 1997 is given by Givens et al. (1997).

Today, a broad range of NIR calibrations for feed ingredients but also for mixed diets have been developed enabling for quality control of incoming raw materials and finished products. The available calibrations mainly cover proximate parameters of Weender analysis like crude protein, but also nutrients like amino acids and fatty acids and even parameters like in regard of processing quality, e.g. antinutritional factors like trypsin inhibitors (Fontaine et al., 2001; Fontaine et al., 2002; Hoffmann et al., 2017; Font et al., 2004; Siemens and Daun, 2005). Lately, even portable and handheld NIR devices have been introduced to the market and are moving NIR analytics out of the laboratory (Barthet et al., 2020).

Considering the structure of today's feed industry, the majority of companies is running multiple feed mills and thus, running a network of NIR machines. Consequently, a huge number of samples is analyzed per year. Professional data management is needed and the company structures must foster regular exchange between the involved departments taking care for purchasing, quality control, and feed formulation to maximally benefit from the analytical efforts. In quality control, usually the focus lays on making sure that only feed ingredients enter the feed mill which are regarded to be in line with the specifications and that finished feeds leave the feed mill which are also in line with those specifications. This way smooth production and stable feed quality are assured. If shipments of feed ingredients are identified which are out-of specification, then the shipment might be rejected, or the purchasing price might be adapted via fines which must be defined in the contracts (for example: NOPA SBM Trading Rules, 2021). In both cases out-of spec material must be identified as such which can be done in an automatized way using software solutions. Software can also support in keeping the departments informed via providing access to the necessary data, asking for actions and documenting decisions. Software solutions become even more important if not single shipments are in the focus but if evaluations of data sets shall be done. With NIR technology it is possible to analyse each batch of incoming feed ingredients and each batch of finished feed leaving the feed mill building up huge data pools. If the analytical data are connected with meta data like country of origin, supplier etc., it will be possible to identify sub-populations and to reduce the overall variation of a given feed ingredient by splitting the population. Working with historical data will help to identify patterns and to act proactively based on the experience. However, in practice, actions like splitting one population into two has multiple consequences which need to be considered, like separate storage and warehousing, separate set-up for and usage in feed formulation and manufacturing.

Direct process control based on inline NIR results could help to over-come some of the difficulties described above. Process analysis and process control via NIR is widely used in the food processing industry. A review by Wang et al. (2017) gives an overview on the use of NIR for quality analysis, classification and authentication in liquid foods. In the meat industry NIR is widely used for determination of fat, water and protein content but Wold and Lovland (2020) reported that inline NIR

can also be used to detect and sort chicken breast fillets with wooden breast and spaghetti meat. Whereas the use of inline NIR in the food industry is common, it is seldomly used in the feed industry. Often the high number of feed ingredients and number of mixed diets in addition to the batch-wise production system limit the application of inline NIR for process analysis and control in the feed industry. One parameter which can be controlled in a straight-forward manner is the dry matter content of finished feeds. Dry matter content can be directly calibrated and measured via inline NIR in finished feed samples and it can be adjusted via addition of water to the feed mixer without impacting the feed formulation. If parameters like protein, or energy content shall be controlled it gets more demanding as changes in the feed composition will be necessary.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

In a VUCA world it becomes more and more important to ensure stability and controlled conditions wherever this is possible. If the world is changing and the rules and habits of yesterday do not apply today anymore, a company needs to assure that it stays operational. To free-up working time to focus on the necessary new tasks, it is essential to have well-working internal processes in place which guarantee that each employee understands his role and responsibilities. If we have a look at the value chain of animal production, it is obvious that there is not the one solution to stabilize and optimize this system. However, multiple adaptations are possible and can be combined to a system solution to improve the overall efficiency and profitability.

With regard to feed production, seamless quality control using NIR technology and advanced NIR calibrations are a decisive tool to bring more control to the process. As immediate benefit, it enables the control of each shipment and in the mid-term it builds up a powerful data base for deep evaluations. Using today's software solutions for monitoring and evaluations are the next puzzle piece to gain more control and also to identify possible reasons for variability. If reasons for variability have been identified, action points to reduce variability need to be agreed on among the different departments and put into practice. Alignment on the analytical parameters which are monitored by quality control, specified in purchasing contracts, and used for feed formulations is another aspect which contributes to decreasing safety margins. Nutritional concepts like low-protein diets can only be implemented successfully if the necessary data on digestible essential and non-essential amino acids are available to the feed formulation department and the required feed additives are available, too. The next step to achieve precision livestock farming requires data exchange along the value chain. Flock-specific feed formulation taking the actual performance into account could help to avoid over-formulation and to increase resource efficiency. Accurate predictions of the animal performance can help to optimize harvesting, slaughtering, and processing to produce products which are as close as possible to the specifications of the final market and to optimize margins. Data exchange along the value chain is also required to fulfil the needs of documentation. The needs of documentation might be legal requirements, or marketing requirements of for example animal welfare programs and initiatives. In summary, animal protein industry has a variety of options and possibilities to improve the over-all efficiency and to bring more control into the system even if the outside world is a VUCA one.

## References

Abdollahi, M.R., Wiltafsky-Martin, M.; Zaefarian, F.; Ravindran, V. (2022). Influence of conditioning and expansion characteristics on the apparent metabolizable energy and standardized ileal amino acid digestibility of full-fat soybeans for broilers. *Animals*, 12, 1021. <https://doi.org/10.3390/ani12081021>.

- Abdollahi, M.R., Wiltafsky-Martin, M.; Zaefarian, F.; Ravindran, V. (2022b). Metabolizable energy and standardized ileal amino acid digestibility of full-fat soybeans for broilers are influenced by wet-heating, expansion temperature and autoclaving time. *Poultry Science*, Journal Pre-proof. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102016>.
- Almeida, F.N.; Htoo, J.K.; Thomson, J.; Stein, H.H. (2013). Amino acid digestibility of heat damaged distillers dried grains with solubles fed to pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4, 44. <http://www.jasbsci.com/content/4/1/44>.
- American Association of Cereal Chemists. Approved methods of analysis, 11th Ed. Method 22-40.01. Measurement of trypsin inhibitor activity of soy products—spectrophotometric method. First approval Nov 7, 1973; Reapproved Nov 3, 1999. AACC International, St. Paul. <https://doi.org/10.1094/AACCIntMethod-22-40.01>.
- American Oil Chemists' Society. Official and tentative methods of the American Oil Society, 3rd Ed. Method Ba 12-75. Trypsin inhibitor activity. First approval 1980; Reapproved 2009. American Oil Chemist Society, Champaign.
- American Oil Chemists' Society. Protein Dispersibility Index (PDI), AOCS Standard Procedure Ba 10b-09, Reapproved 2017.
- Araba, M., Dale, N.M. (1990). Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science*, 69, 76–83.
- Barthet, V.J., Petryk, M.W.P., Siemens, B. (2020). Rapid nondestructive analysis of intact canola seeds using a handheld near-infrared spectrometer. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97, 577-589. <https://doi.org/10.1002/aocs.12335>.
- Chen, J., Wedekind, K., Escobar, J., Vazquez-Anon, M. (2020). Trypsin Inhibitor and Urease Activity of Soybean Meal Products from different countries and impact of trypsin inhibitor on ileal amino acid digestibility in pig. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97, 1151-1163. <https://doi.org/10.1002/aocs.12394>.
- Chrystal, P.V.; Moss, A.F.; Yin, D.; Khoddami, A.; Naranjo, V.D.; Selle, P.H.; Liu, S.Y. (2020). Glycine equivalent and threonine inclusions in reduced-crude protein, maize-based diets impact on growth performance, fat deposition, starch-protein digestive dynamics and amino acid metabolism in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114387. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114387>.
- Chrystal, P.V.; Greenhalgh, S.; McInerney, B.V.; McQuade, L.R.; Akter, Y.; Paula Dorigam, J.C. de; Selle, P.H.; Liu, S.Y. (2021). Maize-based diets are more conducive to crude protein reductions than wheat-based diets for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114867. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114867>.
- Emthaus, C.; Riewenherm, G.; Roesmann, P.; Hesecker, A.; Binder, M.; Bleeser, R.; Radewahn, P. (2021). Retrospektive Betrachtung der Fütterungs- und Futtertrends und der damit verbundene positive Entwicklungsverlauf der Stickstoffeffizienz in der Broilermast der Jahre 2000 bis 2020 mit rechnerischer Fortschreibung des Trends bis ins Jahr 2030; Bonn, Germany.
- Font, R., Del Rio, M., Fernandez-Martinez, J.M., De Haro-Bailon, A. (2004). Use of near-infrared spectroscopy for screening the individual and total glucosinolate contents in Indian mustard seed (*Brassica juncea* L. Czern. & Coss.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52, 3563-3569.
- Fontaine, J. (2003). Amino Acid analysis of feeds. In "Amino Acids in Animal Nutrition"; J.P.F. D'Mello, Editor; CAB Publishing, Wallingford, United Kingdom, 15-40.
- Fontaine, J., Zimmer, U., Moughan, P.J., Rutherford, S.M. (2007). Effect of Heat Damage in an Autoclave on the Reactive Lysine Contents of Soy Products and Corn Distillers Dried Grains with Solubles. Use of the Results To Check on Lysine Damage in Common Qualities of These Ingredients. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55, 10737-10743.
- Fontaine, J.; Horr, J.; Schirmer, B. (2001). Near-infrared reflectance spectroscopy enables the fast and accurate prediction of the essential amino acid contents in soy, rapeseed meal, sunflower meal, peas, fishmeal, meat meal products, and poultry meal. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 49, 57–66.
- Fontaine, J.; Schirmer, B.; Horr, J. (2002). Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of the essential amino acid contents. 2. Results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran/middlings, rice bran, and sorghum. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 3902–3911.
- Givens, D.J., De Boever, J.L., Deaville, E.R. (1997). The principles, practices and some future applications of near infrared spectroscopy for predicting the nutritive value of foods for animals and humans. *Nutrition Research Reviews*, 10, 83-114.
- Hemetsberger, F., Hauser, T., Domig, K.J., Kneifel, W., Schedle, K. (2021). Interaction of soybean varieties and heat treatments and its effect on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Animals*, 11, 2668. <https://doi.org/10.3390/ani11092668>.
- Hill, F., Anderson, D. (1958). Comparison of metabolisable energy and productive energy determinations with growing chicks. *Journal of Nutrition*, 64, 587–603.

Hoffmann, D., Brugger, D., Windisch, W., Thurner, S. (2017). Calibration model for a near infrared spectroscopy (NIRS) system to control feed quality of soy cake based on feed value assessments in-vitro. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 379-384. <https://doi.org/10.3303/CET1758064>.

International Organization for Standardization. Standard 5506:1988. Official Method for Determination of Urease Activity. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

International Organization for Standardization. Standard 14902:2001. Animal feedingstuffs—determination of trypsin inhibitor activity of soya products. Approved Oct 2001; Reapproved Aug 2012. International Organization for Standardization, Geneva

International Organization for Standardization. Standard 14244:2014. Oilseed meals – determination of soluble proteins in potassium hydroxide solution. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Lemme, A., Rodrigues, I. (2020). There is room for protein reduction in broiler diets. *Aminonews* (Evonik Industries), 20, 1–29.

Lopez, G., Leeson, S. (2007). Relevance of nitrogen correction for assessment of metabolisable energy with broilers to forty-nine days of age. *Poultry Science*, 86, 1696–1704.

Lopez, G., Leeson, S. (2008). Assessment of the nitrogen correction factor in evaluating metabolisable energy of corn and soybean meal in diets for broilers. *Poultry Science*, 87, 298–306.

NOPA SBM Trading Rules. (2021). <https://www.nopa.org/resources/trading-rules/>

Titus, H.W., Mehring, A.L., Jr., Johnson, D., Jr., Nesbitt, L.L., Tomas, T. (1959). An evaluation of M.C.F. (Micro-Cel-Fat), a new type of fat product. *Poultry Science*, 38, 1114–1119.

Oliveira, M.S.F., Wiltafsky-Martin, M.K., Stein, H.H. (2020). Excessive heating of 00-rapeseed meal reduces not only amino acid digestibility but also metabolizable energy when fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 98 (No. 7), 1-9.

Siemens, B.J., Daun, J.K. (2005). Determination of the fatty acid composition of canola, flax, and solin by near-infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82, 153-157.

Selle, P.H., Paula Dorigam, J.C. de, Lemme, A., Chrystal, P.V., Liu, S.Y. (2020). Synthetic and Crystalline Amino Acids: Alternatives to Soybean Meal in Chicken-Meat Production. *Animals*, 10, 729, <https://doi.org/10.3390/ani10040729>.

Serrano, M.P., Rebollar, P.G., Sueiro, S., Hermida, M., Mateos, G.G. (2013). Influence of duration of storage on protein quality traits of soybean meals. *Journal of Applied Poultry Research*, 22, 423-429. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2012-00620>.

Sturm, V., Banse, M., Salamon, P. (2022). The role of feed-grade amino acids in the bioeconomy: Contribution from production activities and use in animal feed. *Cleaner Environmental Systems*, 4, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100073>.

Sturm, V., Salamon, P., Banse, M. (2021). Dynamics on the Markets for Feed Grade Amino Acids and Insect Biomass. <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2022/02/deliverable-8.5.pdf>

Sung, J.Y., Wiltafsky-Martin, M.K., Gonzalez-Vega, J.C., Adeola, O. (2022). Autoclaving time-related reduction in metabolizable energy of poultry meal is greater in growing pigs compared with broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 100, 1-9. <https://doi.org/10.1093/jas/skac117>.

Wang, L., Sun, D.-W., Pu, H., Cheng, J.-H. (2017). Quality analysis, classification, and authentication of liquid foods by near-infrared spectroscopy: a review of recent research developments. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (7), 1524-1538. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1115954>

Wold, J.P., Lovland, A. (2020). NIR spectroscopic techniques for quality and process control in the meat industry. *Meat and Muscle Biology*, 4 (2), 1-8. <https://doi.org/10.22175/mmb.10020>

WPSA (1989). European table of energy values for poultry feedstuffs, 3rd edition. Published by: Subcommittee Energy of the Working Group nr. 2 Nutrition of the European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association. DA Beekbergen, The Netherlands.

#### Author's address

Dr. Markus Wiltafsky-Martin  
markus.wiltafsky-martin@evonik.com  
Evonik Operations GmbH | Nutrition & Care  
Rodenbacher Chaussee 4 | 63457 Hanau | Germany

## **Chancen und Grenzen der Nutzung des mittleren Infrarots (MIR) in der Milch zum Fütterungs- und Gesundheitscontrolling**

**Dr. Wolfram Richardt<sup>1</sup>, Robin Herz<sup>1</sup>, Dr. Alexander Klaus<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LKS-Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH,

<sup>2</sup>Sächsischer Landeskontrollverband e. V.

### **Einleitung/ Introduction**

English version below

Das Fütterungs- und Gesundheitscontrolling basiert auf mehreren Säulen (tägliche Tierbeobachtung, Futtermitteluntersuchung, Stoffwechseluntersuchungen u. a.). Ein wichtiger Baustein ist die Untersuchung von Milch im Rahmen der Milchleistungsprüfung und der Rohmilchgüteprüfung. Die Untersuchung der Milch erfolgt in der Regel auf Basis von FTIR Spektrometern (Fourier Transform Infrarotspektrometer). Der Messbereich liegt bei einer Wellenzahl von 1000-3000 cm<sup>-1</sup> und damit im mittleren Infrarotbereich (MIR). Es zeigt sich, dass sich die Spektren nicht nur für die Vorhersage der Konzentration von Stoffen (-gruppen) in einer Probe eignen, sondern auch für den physiologischen Status oder der Gesundheit bzw. Leistung eines Tieres. Aktuell können über Spektren bereits die negative Energiebilanz, der Gehalt an Beta-Hydroxy-Buttersäure (BHB) im Blut und die Methanausscheidung vorhergesagt und im Controlling angewendet werden. Hier wird der biologische Zusammenhang zwischen dem Zielwert und der Charakteristik der Milchprobe genutzt. Unter Einbeziehung aktueller Erkenntnisse wurden die Nutzung von Milchinhaltsstoffen (Fett, Eiweiß und Harnstoff) für das Fütterungscontrolling 2020 aktualisiert (Glatz-Hoppe et al. 2020, DLG-Merkblatt 451) und steht nun den Landwirtschaftsbetrieben und der Beratung Verfügung.

Feeding and health monitoring is based on several components (daily animal observation, feed analyses, metabolic analyses, etc.). An important component is the analysis of milk as part of milk performance testing (DHI) and raw milk quality testing (bulk milk). Milk is usually analysed using FTIR spectrometers (Fourier transform infrared spectrometers). The measuring range lies at a wavenumber of 1000-3000 cm<sup>-1</sup> and thus in the mid-infrared range (MIR). It has been shown that spectra are not only suitable for predicting the concentration of substances (groups of substances) in a sample, but also for the physiological status or the health or performance of an animal. Currently, spectra can already be used to predict the negative energy balance, the beta-hydroxybutyric acid (BHB) content in the blood and methane excretion, which can then be used for controlling purposes. Here, the biological relationship between the target value and the characteristics of the milk sample is utilised. The utilisation of milk constituents (fat, protein and urea) for feed controlling was updated in 2020, considering the latest findings (Glatz-Hoppe et al. 2020, DLG Information sheet 451) and is now available to farmers and advisors.

## Messverfahren/ Measuring method

Die Untersuchung von Rohmilchgüteproben und Proben der Milchleistungsprüfung erfolgt in der Regel auf Basis von FTIR Spektrometern (Fourier Transform Infrarotspektrometer). Das physikalische Messprinzip basiert auf der Eigenschaft, dass Infrarotes Licht die chemischen Bindungen eines Stoffes zum Schwingen anregt. Durch die Schwingungen wird Energie aufgenommen und Licht absorbiert. Die Absorption hängt von der Zusammensetzung der untersuchten Proben ab und ist charakteristisch für den untersuchten Stoff. Die Stärke der Signale (Absorption) hängt von der Konzentration der Stoffe ab. Mittels multipler lineare Regressionsgleichungen wird ein mathematischer Zusammenhang zwischen der Charakteristik eines Spektrums und der bekannten Konzentration eines Stoffes hergestellt. Mit diesen Regressionsgleichungen ist es möglich die Konzentration eines Stoffes in einer unbekannt Probe vorherzusagen.

Der Messbereich liegt bei einer Wellenzahl von 1000-3000  $\text{cm}^{-1}$  und damit im mittleren Infrarotbereich (MIR). Die Geräte sind Hochdurchsatzgeräte und können bis zu 600 Milchproben pro Stunde untersuchen.

## Messung von Milchinhaltstoffen/ Measurement of milk constituents

Die ermittelten Spektren können zur Vorhersage von Milchinhaltstoffen dienen, welche dann im Rahmen des Fütterungs- und Gesundheitscontrolling Anwendung finden. Der Vorteil dieser Verfahrensweise besteht darin, 1) dass Milchinhaltstoffe in der Regel gut zu messen sind, 2) es eine Sachlogik zum Ernährungsstatus und zu Erkrankungen gibt, welche dann nachvollziehbar ist und 3) dass die Qualitätssicherung (Validierung) einfacher ist, da die vorhergesagten Inhaltsstoffe mittels Referenzchemie einfach zu überprüfen sind. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist aber, dass möglicherweise nicht alle Informationen aus dem Spektrum genutzt werden.

In Tab. 1 sind exemplarisch für wichtige Milchinhaltstoffe ausgewählte statistische Kennzahlen aufgeführt.

Unter Einbeziehung aktueller Erkenntnisse wurden die Nutzung von Milchinhaltstoffen (Fett, Eiweiß und Harnstoff) für das Fütterungscontrolling 2020 aktualisiert (Glatz-Hoppe et al. 2020, DLG-Merkblatt 451) und steht nun den Landwirtschaftsbetrieben und der Beratung Verfügung. Die wesentlichen Aspekte sollen in zusammengefasster Form nachfolgend dargestellt werden:

1. Rohproteinversorgung: Milchharnstoffgehalt von 150 mg/l bis 250 mg/l, Ausnahme Weidebetriebe 150 – 300 mg/l
2. Energieversorgung: Energiemangel nicht mehr über Eiweißgehalt ( $<3,2\%$ ), Neu: Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)  $>1,4$  für alle Milchrinder außer Angler ( $>1,5$ ) und Jersey ( $>1,6$ ).

Bei der Interpretation des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) ist darauf zu achten, dass dieser nur in der frühen Laktationsphase (bis ca. 60. Laktationstag) angewendet werden sollte. Auswertungen mit Tieren im letzten Laktationsdrittel können zu Fehleinschätzungen führen. Das Herdenmanagement ist als sehr gut einzuschätzen, weniger als 20 % der frisch abgekalbten Kühe (erste Milchleistungsprüfung) einen FEQ von  $>1,4$  haben.

3. Verdacht auf Ketose: FEQ  $> 1,4$  sowie Fett  $> F_{\text{max}}$  oder Eiweiß  $< E_{\text{min}}$

Tab. 1: Ausgewählte statistische Kennzahlen für Milchinhaltsstoffe

	Einheit	Messbereich	Wiederhol- barkeit	Korrelation	Nutzen für Fütterungscontrolling
Fett	%	0 - 15	< 0,5	0,999	Fettmenge (Pansenfermentationsstörung) Fettgehalt (Energieversorgung, Azidose)
Eiweiß	%	0 – 10	< 0,5	1,000	Fett-Eiweiß-Quotient (Energieversorgung)
Harnstoff	mg/l	80 – 1000	8,9	0,983	Rohproteinversorgung, N- Ausscheidung
BHB	mM/l	0,04 – 0,40	0,01		Ketose, buttersäurehaltige Silagen
Aceton	mM/l	0,02 - 0,50	0,04		Ketose
C16	g/100 g TFA	18,4-42,9	0,20-1,34		Methanausscheidung
De novo Fettsäuren	g/100 g TFA	10,9 - 31,2	0,21-0,45	0,85-0,97	Erkrankungsrisiko

Die Auswertungen ergaben, dass ca. 81 % der Tiere bezogen auf die Energieversorgung korrekt eingestuft wurden während nur 42 % der Tiere auf die Rohproteinversorgung hin korrekt eingestuft wurden (Glatz-Hoppe et al. 2020). Die sehr schlechte Einstufung des Einzeltieres bezogen auf die Rohproteinversorgung ergibt sich aus folgenden Gründen: ein hoher Messfehler der MIR-Messung der bis zu 100 mg/l Abweichung zur Referenzmethode aufweisen kann, die hohe tierindividuelle Streuung und hohe Variabilität im Tagesverlauf – bis zu 100 mg/l (Gustafsson u. Palmquist, 1993, Rodriguez et al. 1997, Richardt et al. 2015). Daraus ergibt sich für die Interpretation des FEQ und des Harnstoffgehaltes folgende Grundsätze: der FEQ kann sowohl beim Einzeltieren wie auch auf Gruppenebene (Anteil Tiere mit einem überhöhten FEQ) angewendet werden, während der Harnstoffgehalt nicht auf ein Einzeltier sondern nur auf Gruppenebene angewendet werden kann. Die Gruppengröße muss dabei mindestens zehn Tiere betragen (TGL 34313, Stoffwechselüberwachung in der Rinderproduktion, 1989, Schepers u. Meijer, 1998). Ein weiterer Aspekt ist die Nutzung des Harnstoffgehalt aus den täglichen Rohmilchgüteproben als Indikator für die Stabilität des Fütterungsmanagements. Die tägliche Schwankung sollte 40 mg/l Milch (im Monatsmittel 25 mg/l) nicht überschreiten (Richardt u. Scholz 2016). Spiekers u. Obermaier (2007) konnten zeigen, dass sich der Harnstoffgehalt auch dazu eignet die N-Ausscheidung darzustellen.

Die Vorhersage der Ketonkörper Aceton und BHB (Beta-Hydroxy-Buttersäure) in der Milch ist ebenfalls möglich (vgl. Tab. 1) und dienen als Indikator für eine Ketose bzw. der Verfütterung von buttersäurehaltiger Silage. Als normal gelten dabei Werte <0,25 mM/l bzw. <0,10 mM/l für Azeton und BHB. Werte über 2,0 mM/l und 0,2 mM/l für Azeton und BHB werden als klinische Ketose interpretiert (Hünniger et al. 1999, Dirksen et al. 1995, Jorritsma et al. 1998, de Roos et al. 2007). Müller et al. (2015) verwendeten neben dem Milch BHB weitere Faktoren zur Vorhersage eines Ketose Risikos (Blut BHB) und einer negativen Energiebilanz.

Neben den Fettgehalt ist es auch möglich zahlreiche Fettsäuren in der Milch mittels MIR zu analysieren (Foss: Fatty Acid Origin Package, AN 5465 Rev. 3). Untersuchungen konnten zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Absinken des Anteils an de Novo Fettsäuren und dem Auftreten von Erkrankungen im Geburtsland Zeitraum gibt (Pape et al., 2018). Die Reduktion des Anteils an de Novo Fettsäuren kann als Rückgang der Futteraufnahme oder Pansenfermentationsstörungen interpretiert werden. Es besteht aber auch ein enger Zusammenhang zwischen MilCHFettsäuren und der Methanausscheidung, wodurch es möglich ist, die Methanausscheidung Tier und Tag einzuschätzen (Dijkstra et al. 2011, Chilliard et al., 2009).

Ein weiterer Aspekt ist die Messung von Mineralstoffen, wie zum Beispiel dem Phosphor- und Kalziumgehalt in der Milch (Soyert et al. 2009, Toffanin et al. 2014, Foss 2023). Die Tatsache, dass einige Mineralstoffe in der Milch mittels MIR vorhergesagt werden können, liegt an dem Zusammenhang zwischen den Mineralstoffen und dem Eiweiß- bzw. Fettgehalt.

## **Messung und Interpretation von Spektren/ Measurement and interpretation of spectra**

Ein anderer Ansatz besteht in der direkten Verwendung von Spektren zur Vorhersage des Ernährungsstatus oder anderen Leistungen des Tieres. Hier wird der biologische Zusammenhang zwischen dem Zielwert und der Charakteristik der Milchprobe genutzt. Der Vorteil besteht darin, dass mehr Informationen aus dem Spektrum genutzt werden und damit ein engerer Zusammenhang zum Merkmal hergestellt werden kann. Der Nachteil dieser Verfahrensweise ist, dass die Sachlogik nicht mehr nachzuvollziehen ist. Weiterhin ist die Qualitätssicherung (laufende Validierung) schwerer, da die Erfassung des Merkmals aufwendiger ist.

Aktuell beschäftigen sich zahlreiche Forschungsgruppen mit folgenden Themenkomplexen:

- 1) Vorhersage Blut-BHB/Ketose (Drössler et al. 2018, LKV Bayern 2018, Walleter et al. 2023)
- 2) negative Energiebilanz (Smith et al. 2019, Dale u. Werner 2019)
- 3) Futteraufnahme (Steinwider et al. 2016, Shetty et al. 2017, Wallén et al. 2018, Dórea et al. 2018, Lahart et al. 2019)
- 4) Energieaufnahme und Energieeffizienz (McParland et al. 2014)
- 5) Rationszusammensetzung/Rationstyp (Steinwider et al. 2016)
- 6) Methan (Gengler et al. 2012, Vanlierde et al. 2015, Menching et al. 2023)

Aktuell werden bereits die negative Energiebilanz, der Gehalt an BHB im Blut (Ketosegefahr) und die Methanausscheidung im Rahmen der Milchleistungsprüfung vorhergesagt und können im Controlling angewendet werden.

## **Fazit/ Conclusion**

Dem Landwirtschaftsbetrieb und der Beratung stehen heute zahlreiche Tools zum Fütterungs- und Gesundheitscontrolling zur Verfügung. Neben den klassischen Parametern zur Einschätzung der Energie- und Rohproteinversorgung können heute bereits das Erkrankungsrisiko, Ketose Risiko, die negative Energiebilanz und die Methanausscheidung angewendet werden.

## Literaturverzeichnis/ References

- de Roos A. P. W. van den Bijgaart H. J. C. M., Hørlyk, J., de Jong, G. (2007): Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.*, 90:1761–1766, <http://doi:10.3168/jds.2006-203>
- Dirksen G., Breitner W., Berger A. (1995): Ketosedagnostik: Semiquantitative Bestimmung von Beta-Hydroxybuttersäure in Kuhmilch mit einem neuen Trockentest. *Tierärztliche Umschau* (50): 239-244
- Dórea J.R.R., Rosa G.J.M., Weld K.A., Armentano L. E. (2018): Mining data from milk infrared spectroscopy to improve feed intake predictions in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* Volume 101, Issue 7, 5878-5889, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13997>
- Drössler K., A. Werner, L. Dale (2018): KetoMIR – ein neues Werkzeug für LKV-Mitgliedsbetriebe KetoMIR – a new tool for LKV member farms, 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2018, 57 – 64 ISBN: 978-3-902849-59-5
- Gengler N., Dehareng F., Soyeurt H., Froidmont E., Grelet C., Vanlierde A. (2021) Possibility of using mid-infrared (MIR) spectra of milk to estimate methane emissions from cows. *Proc. Society Nutrition Physiology*, 2021, 30:145.
- Glatz-Hoppe J., Boldt A., Spiekers H., Mohr E., Losand B. (2020): Relationship between milk constituents from milk testing and health, feeding, and metabolic data of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103:10175–10194, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17981>
- Gustafsson A. H., PALMQUIST D. L. (1993): Diurnal Variation of Rumens Ammonia, Serum Urea, and Milk Urea in Dairy Cows at High and Low Yields. *J. Dairy Sci.* 76, 475 - 484
- Hünniger, F., Staufienbiel R., Pabst K. (1999): Einsatz der Milchacetonbestimmung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. *Praktischer Tierarzt*; 80: 10; 880 -892
- Jorritsma R., Baldée S. J., Schukken Y. H., Wensing T., Wentink G. H. (1998): Evaluation of a milk test for detection of subclinical ketosis. In: *The Veterinary quarterly* (20): 108–110
- Lahart B., McParland S., Kennedy E., Boland T.M., Condon T., Williams M., Galvin N., McCarthy B., Buckley F. (2019): Predicting the dry matter intake of grazing dairy cows using infrared reflectance spectroscopy analysis, *J. Dairy Sci.* 102:8907–8918, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16363>
- McParland S., Lewis E., Kennedy E., Moore S.G., McCarthy B., O'Donovan M., Butler S.T., Pryce J.E., Berry D.P. (2014): Mid-infrared spectrometry of milk as a predictor of energy intake and efficiency in lactating dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 92:5863-5871, <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8214>
- Richardt W., Delling M., Scholz H. (2015): Untersuchungen zur Messgenauigkeit der Milchwahstoffbestimmung und Konsequenzen für die Interpretation der Proteinversorgung von Milchrindern. *VDLUFA-Schriftenreihe* 71, Kongressband 2015, 660-666
- Rodriguez L. A., Stallings C.C., Herbein J. H., McGilliard M.L. (1997): Diurnal Variation in Milk and Plasma Urea Nitrogen in Holstein and Jersey Cows in Response to Degradable Dietary Protein and Added Fat. *J. Dairy Sci.* 80, 3368 - 3376
- Schepers A.J., Meijer R.G.M. (1998): Evaluation of the Utilization of Dietary Nitrogen by Dairy Cows Based on Urea Concentration in Milk. *J. Dairy Sci.* 81, 579 - 584
- Shetty N., Lovendahl P., Lund M.S., Buitenhuis A.J. (2017): Prediction and validation of residual feed intake and dry matter intake in Danish lactating dairy cows using mid-infrared spectroscopy of milk, *J. Dairy Sci.*, 100:253-264, <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11609>
- Smith S.L., Denholm S.J., Coffey M.P., Wall E. (2019): Energy profiling of dairy cows from routine milk mid-infrared analysis, *J. Dairy Sci.*, 102:11169–11179, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16112>
- Soyeurt H, Bruwier D, Romnee J-M, Gengler N, Bertozzi C, Veselko D, Dardenne P. (2009): Potential estimation of major mineral contents in cow milk using mid-infrared spectrometry, *J. Dairy Sci.*, 92:2444-2454, <http://doi:10.3168/jds.2008-1734>

Die vollständige Literaturliste kann beim Autor angefordert werden.

### Autorenanschrift/ Author Address

W. Richardt, R. Herz, A. Klaus  
LKS-Landwirtschaftliche Kommunikations und Servicegesellschaft mbH bzw.  
Sächsischer Landeskontrollverband e. V.  
August-Bebel-Straße 6, 09577 Niederwiesa  
wolfram.richardt@lks-mbh.com  
robin.herz@lks-mbh.com  
alexander.klaus@rizu.de

## **Digitalisierung in der Prozesskette Milcherzeugung - Erfahrungen und Empfehlungen aus dem Experimentierfeld DigiMilch, Demonstrationsprojekt III, „Fütterungsmanagement“**

**Stefan Beckmann<sup>1</sup> und Isabella Lorenzini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub/Poing

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

### **Einleitung**

Tierhalter und Tierhalterinnen stehen heutzutage vor erheblichen Herausforderungen, wie beispielsweise der hohen Arbeitsbelastung in der Tierhaltung, dem Mangel an Arbeitskräften, dem begrenzten Platzangebot sowie wachsendem politischem und gesellschaftlichem Druck. Zusammen mit den schwankenden Kosten für Betriebsmittel und den unbeständigen Erzeugerpreisen beschleunigen diese Faktoren den Strukturwandel in deutschen Milchviehbetrieben. Die verstärkte Nutzung digitaler Technologien bietet hierbei sowohl für große als auch kleine Betriebe vielversprechende Möglichkeiten, um Arbeitsprozesse zu optimieren, das Management zu verbessern und positive Effekte auf Arbeitswirtschaft, Tierwohl und Ressourcenverbrauch zu erzielen. Ein Blick auf die rasante Zunahme von Betrieben mit automatischen Melksystemen (AMS) in Bayern verdeutlicht die wachsende Bedeutung digitaler Technologien in der Milchviehhaltung. Waren im Jahr 2010 lediglich 601 Milchviehbetriebe unter den Mitgliedern des LKV Bayern mit einem solchen System ausgestattet, so stieg diese Zahl im Jahr 2021 auf 2.463 (LKV Bayern e.V., 2021). Trotz dieses Fortschritts gibt es weiterhin Hemmnisse, die die Verbreitung digitaler Technologien in der Landwirtschaft bremsen. Hindernisse beim Einsatz digitaler Technologien auf Milchviehbetrieben sind laut Umfragen der hohe Investitionsbedarf, fehlende Entscheidungsalgorithmen, mangelnde Kompatibilität zwischen Systemen, komplizierte Bedienung und unzureichende IT-Kenntnisse (Schleicher und Gandorfer, 2018).

Das Experimentierfeld „DigiMilch“ verfolgt daher das Ziel, bestehende digitale Lösungen in der Prozesskette der Milcherzeugung auf familiengeführten Betrieben zu demonstrieren und deren Eignung anhand quantitativer und qualitativer Kriterien zu bewerten. Dabei sollen Einsatzerfahrungen gesammelt, mögliche Schwachstellen identifiziert und gemeinsam mit Software- und Maschinenherstellern sowie landwirtschaftlichen Organisationen praxisnahe Lösungsvorschläge entwickelt werden. Die verbesserte sensorgestützte Datenerfassung soll Landwirte bei Investitionsentscheidungen in digitale Technologien unterstützen. Gleichzeitig werden durch die Zusammenarbeit mit Herstellern Innovationen und Weiterentwicklungen der Produkte gefördert und wissenschaftlich begleitet. Ein zentrales Ziel des Projekts ist neben der Demonstration vorhandener Technologien die Diskussion der Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen mit Partnern aus der Agrarbranche sowie die Ermittlung von Potenzialen für neue Systemverbindungen.

Die Ziele des Projekts werden in fünf Demonstrationsvorhaben verfolgt, die zentrale Betriebsprozesse eines Milchviehbetriebs abdecken: vom Wirtschaftsdüngermanagement, über sensorbasierte Ertragsermittlung, Fütterungsmanagement und vernetzte Stalltechnik bis hin zu tierindividuellen Sensorsystemen. Im folgenden Beitrag werden die Ziele und Ergebnisse des dritten Demonstrationsprojekts, in dem es um die Digitalisierung im Bereich Fütterung ging, erläutert und diskutiert.

Derzeit stehen Milchviehbetrieben im Bereich des Futter- und Fütterungsmanagements vor allem digitale Lösungen zur Verfügung, die nicht vernetzt sind und sich nicht vernetzen lassen. Dazu zählen beispielsweise die internetbasierte Futteruntersuchungsplattform webFuLab (Fuhrmann und Schäffler, 2016, Spiekers und Schäffler, 2018), Programme zur Berechnung von Futterrationen sowie Futtermischwagen und automatische Fütterungssysteme, die bei der Zusammensetzung der Futterkomponenten unterstützen und die verfütterten Mengen erfassen können. Wären diese Systeme miteinander vernetzt, könnte dies die tägliche Arbeit der Landwirte erheblich erleichtern. Aktuell müssen die Daten aus Futteranalysen und Rationsberechnungen jedoch meist manuell in die Fütterungstechnik übertragen werden, was oft als zeitaufwändig und fehleranfällig kritisiert wird. In einigen Fällen ist die Übertragung per USB-Stick möglich, aber die digitale Vernetzung der Systeme ist noch nicht ausgereift.

Weiteres Optimierungspotenzial liegt in der besseren Nutzung der vorhandenen Daten der digitalen Futter- und Fütterungssysteme. So ermöglichen beispielsweise die integrierten Waagen in Futtermischwagen und automatischen Fütterungssystemen ein Controlling der bereitgestellten Futtermengen. Die gesammelten Daten können ausgewertet werden, um die tatsächlich verfütterten Mengen zu analysieren und bei der zukünftigen Rationsplanung zu berücksichtigen (Schäffler et al., 2018). Darüber hinaus wären praxisgerechte und einfach zu bedienende Auswertungstools wünschenswert, um beispielsweise die jährlich verfütterten Mengen an Mais- oder Grassilage zu erfassen. Dies würde die Grundlage für die Futterplanung und die Erstellung von Nährstoffbilanzen im Stall, auf dem Feld und im gesamten Betrieb deutlich verbessern. Die Interoperabilität zwischen Geräten und Arbeitsbereichen stellt gleichzeitig für die Forschung eine vielversprechende Möglichkeit dar, ein besseres Verständnis über Verlustquellen und Optimierungspotential auf tierhaltenden Betrieben zu erlangen.

## Material und Methoden

Für das Demonstrationsprojekt III wurden 10 Milchviehbetriebe in Bayern mit unterschiedlichen Fütterungssystemen verschiedener Anbieter ausgewählt. Eine Voraussetzung war die Ausstattung der Futtermischtechnik mit einer programmierbaren Waage. Die vorhandene Managementsoftware zur Dokumentation und Auswertung der Futterdaten musste von den Betrieben genutzt und regelmäßig gepflegt werden. Die Bewertung der Software erfolgte aus Sicht der Anwender. Auf den beteiligten Betrieben wurden die bestehenden Datenflüsse zur Erfassung der Futtermengen und zur Rationsplanung dann überprüft.

Im Rahmen des Projekts wurden die beteiligten Software- und Technikhersteller dazu ermutigt, Schnittstellen zu schaffen, um einen nahtlosen digitalen Datenaustausch zwischen Softwarelösungen und Maschinen zu ermöglichen. Begleitend wurde ein regelmäßiges Monitoring der Ausgangsfutterkomponenten und Mischrationen durchgeführt. Die erfassten Daten wurden genutzt, um Kennwerte zu berechnen, die den Landwirten bei wichtigen Managemententscheidungen helfen. Es wurden insbesondere die Futterkosten pro Kilogramm energiekorrigierter Milch (ECM), der Grobfutterauswertung in Kilogramm ECM pro Kilogramm Trockensubstanzaufnahme (TM) sowie dem Kraftfutterverbrauch in Gramm pro Kilogramm ECM berechnet. Zusätzlich wurde eine jährliche Bilanzierung der tatsächlich verfütterten Futtermengen durchgeführt, und die Futtereffizienz nach den Vorgaben von Ledinek et al. (2022) berechnet.

## Ergebnisse

Aktuell unterstützen sieben Praxisbetriebe und drei Versuchsbetriebe der Bayerischen Staatsgüter das Demonstrationsprojekt „Fütterungsmanagement“. Die Ergebnisse verdeutlichen die Möglichkeiten und das Potential der Erfassung von präzisen Fütterungsdaten auf Milchviehbetrieben.

Im Rahmen des Demonstrationsprojektes konnte der Datenfluss zwischen Fütterungssoftware und Fütterungstechnik ausgebaut und bei folgenden Herstellern geprüft werden: B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG, SILOKING Mayer Maschinenbau GmbH, Hirl Misch- und Anlagentechnik e.K und Faresin Industries Spa (Beckmann, 2020). Zur Managementsoftware PTM, die von den anderen Herstellern verwendet wird, ist der Import noch nicht reibungslos möglich. Somit war erstmalig eine lückenlose Dokumentation des Fütterungsprozess und ein Controlling anhand von realen Daten möglich.

In Tabelle 1 ist ein Überblick über die Milchleistungsdaten der Betriebe dargestellt.

Tabelle 1: Milchleistungsdaten der untersuchten DigiMilch Betriebe (n = 10)  
(MW = Mittelwert, min = Minimum, max = Maximum).

<b>Kennzahl</b>	<b>MW</b>	<b>min - max</b>
Laktationstage	165	121 - 226
Fett, %	4,22	3,71 - 4,75
Eiweiß, %	3,50	3,19 - 3,86
Harnstoffgehalt, mg/l	175	82 - 327
kg ECM / Tier & Tag	30,2	24,2 - 37,3

Mit durchschnittlich 30,2 kg energiekorrigierter Milch (ECM) bewegen sich die teilnehmenden Betriebe im Vergleich zum Durchschnitt der Betriebe des LKV-Bayern im oberen Leistungsbereich (LKV Bayern e.V., 2023).

Ein Beispiel für die Nutzung von vernetzten Daten aus der Fütterung stellt die Optimierung des Beladungsprozesses dar. Mit einer programmierbaren Waage und einem entsprechenden Managementsystem lässt sich nämlich die tatsächliche Ist-Beladung eines Futtermischwagens mit der vorgegebenen Soll-Beladung vergleichen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Beispiel der Beladungsmengen eines Futtermischwagens auf einem Versuchsbetrieb am 14.04.2021 (FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse).

Ration			Kühe	
Anzahl im Wiegecomputer erfasste Tiere			71	
			1,62	
Komponente	Im Wiegecomputer programmierte Soll-Beladung FM (kg)	Tatsächliche Ist-Beladung		Ladungs-differenz (%)
		FM (kg)	TM (kg)	
Luzerneheu	36	38	33	5,56
Mineralfutter	18	19	17	5,56
Getreidemischung	143	142	125	-0,70
Eiweißmischung	122	140	123	14,75
Grassilage	1644	1636	702	-0,49
Maissilage	1251	1291	438	3,20
<b>Gesamt</b>	<b>3214</b>	<b>3266</b>	<b>1438</b>	

Am Beispiel einer Beladung vom 14.04.2021 (siehe Tabelle 2) kann gezeigt werden, dass 17 kg mehr Eiweißmischung geladen wurden als in der berechneten Ration vorgesehen, was eine Abweichung von 14,75 % darstellt. Obwohl bei der Getreidemischung und bei der Grassilage minimal weniger geladen wurde, als in der programmierten Soll-Beladung vorgesehen, war bei allen anderen Rationskomponenten die Ist-Beladung höher. Die Auswirkungen der Ladungsdifferenzen auf die Nährstoffbilanz, insbesondere für Stickstoff (N), sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Stickstoffsaldierung der Beispiel-Beladung eines Futtermischwagens aus Tabelle 2 (FM = Frischmasse, N = Stickstoff, XP = Rohprotein).

Futtermittel	Differenz (kg FM)	XP-Gehalt (g/kg FM)	N-Gehalt (g/kg FM)	Menge N absolut (g)
Luzerneheu	+2	160	25,60	+51
Mineralfutter	-	-	-	-
Getreidemischung	+1	98	15,70	+16
Eiweißmischung	+18	345	55,20	+994
Grassilage	-8	66	10,56	-85
Maissilage	+40	21	0,32	+13
<b>Gesamt</b>				<b>+989</b>

Hier konnte gezeigt werden, dass bei der Beladung insgesamt 989 g mehr Stickstoff in der tatsächlichen Ration enthalten waren als berechnet. Die höchste Menge an Stickstoff stammte dabei von der Eiweißmischung, die auch die größte relative Abweichung zur programmierten Ration zeigte (siehe Tabelle 2).

Ein weiteres Beispiel, für die Nutzung von Daten aus der Fütterung, ist die Berechnung der Futterkosten in Eurocent pro kg ECM. Da die Futterkosten einen erheblichen Anteil an den Direktkosten eines Milchviehbetriebs ausmachen, sind sie von großer wirtschaftlicher Relevanz. Um die Kosten von Gras- und Maissilage zu ermitteln, sollten die Daten aus der Betriebszweigauswertung herangezogen werden, da diese die tatsächlichen Kosten der betriebseigenen Grobfuttermittel widerspiegeln. Wie Tabelle 4

zeigt, entfielen bei einem Projektbetrieb 11,5 Cent pro Kilogramm ECM auf die betriebseigenen Grobfuttermittel, während die Zukaufsfutterkosten bei 7,2 Cent pro Kilogramm ECM liegen.

Tabelle 4: Kennzahlen eines DigiMilch Projektbetriebes und entsprechend berechnete Futterkosten.

Parameter	Einheit	Wert
Grobfutter	kg TM/Kuh & Tag	16,5
Σ Kraftfutter	kg FM/Kuh & Tag	7,2
TM – Aufnahme	kg TM/Kuh & Tag	23,0
Laktationstage		154
ECM	kg / Kuh & Tag	31,6
Gesamtfutterkosten	Cent / kg ECM	18,7
Grobfutterkosten	Cent / kg ECM	11,5
Kraft- & Saftfutterkosten	Cent / kg ECM	7,2
Σ Kraft- & Saftfutter	g/kg ECM	264
Milch aus Grobfutter	% der ECM	52 %
Futtereffizienz	kg ECM / kg TM	1,43

Um die in Tabelle 4 gezeigten Werte im Kontext der restlichen Projektbetriebe einordnen zu können, sind in Tabelle 5 der Mittelwert sowie die Spannweite, in der sich die berechneten Werte der Kennzahlen bewegen, angegeben.

Tabelle 5: Kennzahlen zur Futteraufnahme der untersuchten DigiMilch Betriebe (MW = Mittelwert, min = Minimum, max = Maximum, FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse).

Kennzahl	MW	min - max
Grobfutter, kg TM/Kuh&Tag	14,8	10,6 - 20,8
Saftfutter, kg TM/Kuh&Tag	0,7	0,0 - 4,8
Mineralfutter, kg FM/Kuh&Tag	0,2	0,1 - 1,0
Σ Kraftfutter, kg FM/Tier&Tag	7,1	3,7 - 9,9
davon im Mischwagen, kg FM	5,0	1,5 - 9,5
TM-Aufnahme, kg/Kuh&Tag	22,2	18,4 - 28,1
Grobfutteraufnahme, % der TM-Aufnahme*	66	49 - 81

\*Anteilmethode nach Leissen et al (2013).

Neben den Kennzahlen, die zur Beschreibung der Wirtschaftlichkeit eines Betriebs herangezogen werden können, wie beispielsweise die Gesamt- bzw. Grobfutterkosten, wurden auch die Nährstoffaufwände für die Projektbetriebe berechnet. Die Zahlen in Tabelle 6 verdeutlichen die Streuung der Werte des Nährstoffaufwandes für die Versuchsbetriebe im Demonstrationsprojekt.

Tabelle 6: Kennzahlen des Nährstoffflusses „Stall“ der untersuchten DigiMilch Betriebe (MW = Mittelwert, min = Minimum, max = Maximum, N = Stickstoff, P = Phosphor).

<b>Kennzahl</b>	<b>MW</b>	<b>min - max</b>
<b>N-Aufwand der Herde, kg/Tag</b>	36,43	18,22 - 84,75
<b>N-Abfuhr durch Milch, kg/Tag</b>	12,26	7,32 - 27,85
<b>P-Aufwand der Herde, kg/Tag</b>	7,59	4,59 - 19,79
<b>P-Abfuhr durch Milch, kg/Tag</b>	2,12	1,30 - 4,78

Sowohl die Stickstoff-Zufuhr in den Stall (N-Aufwand Herde) als auch die Abfuhr durch die Milch ist abhängig von der Größe des Bestandes. Wird dies umgerechnet in Stickstoff - und Phosphor (P) - Aufwand je kg ECM wird die große Spannweite zwischen den Betrieben deutlicher (Tabelle 7).

Tabelle 7: N-/P- Aufwand je kg ECM für die untersuchten Betriebe (MW = Mittelwert, min = Minimum, max = Maximum, N = Stickstoff, P = Phosphor).

<b>Kennzahl</b>	<b>MW</b>	<b>min - max</b>
N g/kg ECM	15,9	9,5 - 27,2
P g/kg ECM	3,3	2,3 - 4,7

Ähnlich den Nährstoffaufwänden pro kg ECM, haben auch die Werte für N - und P - Aufwände an bezogen auf je kg Trockenmasse (TM) Futter eine sehr große Spannweite (siehe Tabelle 8). Es konnte gezeigt werden, dass manche Betriebe in Abhängigkeit der Milchleistung eine bis zur zweieinhalbfache Menge an N pro kg ECM benötigen als andere Betriebe im Projekt.

In Tabelle 8 ist der Mittelwert und die Spannweite für Rohprotein (XP) und Phosphor je kg TM aus den Erhebungen auf den Praxisbetrieben dargestellt.

Tabelle 8: Darstellung der höchsten und niedrigsten Rohprotein- und Phosphoraufwände pro kg TM für die Versuchsbetriebe (MW = Mittelwert, min = Minimum, max = Maximum, XP = Rohprotein, P = Phosphor).

<b>Kennzahl</b>	<b>MW</b>	<b>min - max</b>
XP g/kg TM	145,6	111,6 – 185,5
P g/kg TM	4,3	3,1 – 5,4

Die Spannweiten für den XP- und P-Gehalt pro kg TM ist groß. Die prozentualen Gehalte an XP je kg TM schwanken zwischen 11 % und knapp 19%. Der Mittelwert aller Erhebungen (n = 273), liegt nur knapp über der von der DLG gesetzten Grenze zur N- und P-reduzierten Fütterung (DLG, 2020).

Die Ergebnisse aus den Berechnungen zu den Futterkosten sowie zu Proteineffizienz können anhand von Abbildung 1 verdeutlicht werden. Hier werden die Gesamtfutterkosten pro kg ECM sowie die relative

Proteineffizienz auf einem Versuchsbetrieb dargestellt. Dabei wird Proteineffizienz wie folgt definiert (nach: „Leitfaden zur proteinreduzierten Milchviehfütterung“ der OG „Milch – Futter & Fütterung“, 2019)

$$N - \text{Effizienz} = \frac{\text{Milchmenge pro Tag} * \frac{\text{Eiweißgehalt}}{6,38}}{\text{TS - Aufnahme} * \text{XP - Gehalt der Voll} - \frac{\text{TMR}}{6,25}} * 100$$

und beschreibt das Verhältnis zwischen Futter-N und Milch-N. Abbildung 1 zeigt, dass mit steigender Proteineffizienz die Futterkosten sinken.

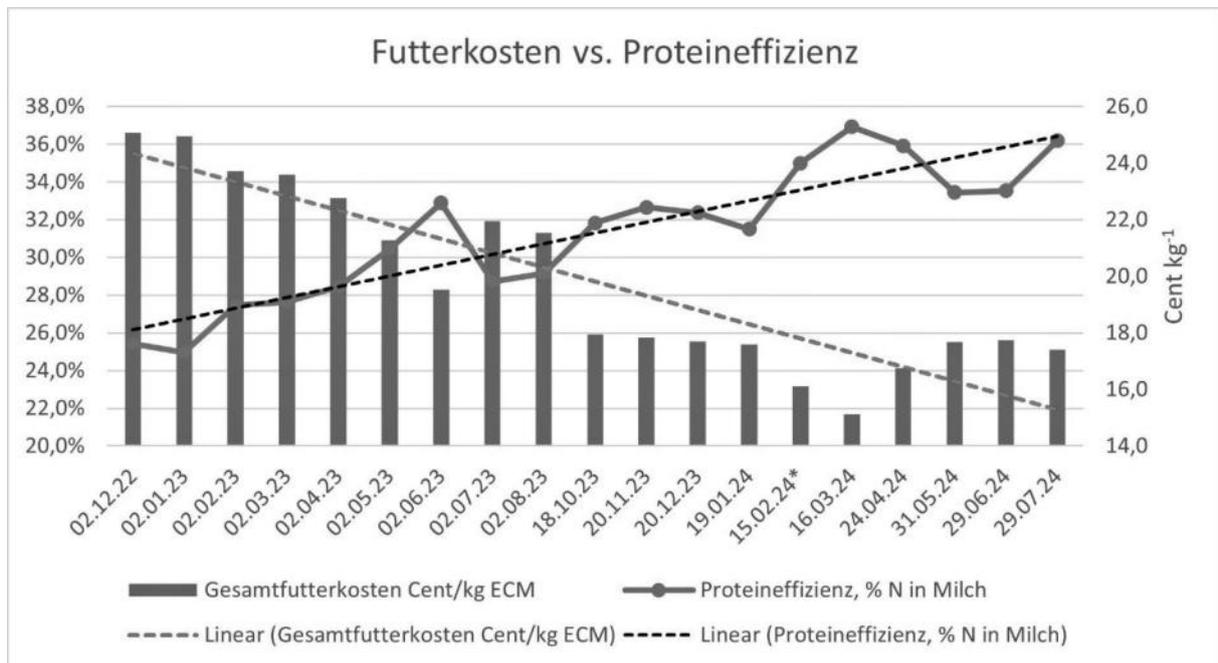


Abbildung 1: Gesamtfutterkosten in Cent/kg ECM sowie Proteineffizienz in % N in der Milch für einen DigiMilch Versuchsbetrieb über 19 Termine.

## Diskussion

Die Erfassung von präzise Fütterungsdaten kann die Nährstoffeffizienz eines Betriebs steigern. Die Aufzeichnung der Beladungsmengen und des Restfutters ermöglicht es nämlich, die durchschnittliche Trockensubstanzaufnahme pro Tier und Tag zu berechnen. Diese Berechnungen ermöglichen wiederum die Feststellung einer möglichen Über- oder Unterversorgung der Tiere mit Nährstoffen. Eine Über- oder Unterversorgung der Tiere mit Nährstoffen beeinträchtigt die Nährstoffeffizienz eines Betriebs und kann außerdem zu Stoffwechselproblemen führen und somit die Tiergesundheit beeinträchtigen (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2021). Die Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) sehen bereits Reserven für Nährstoffe vor, sodass eine vorsorgliche Überversorgung bei der Fütterung der Tiere auch nicht notwendig ist (GfE, 2023). Die Ergebnisse aus diesem Projekt zeigen, dass diesbezüglich noch große Unterschiede zwischen ähnlich strukturierten Betrieben bestehen. Die hohen N- und P- Gehalte (siehe Tabelle 3) waren in dieser Studie meist zu Beginn der Erhebungen zu finden. Durch die Auswertungen konnte auf einigen Projektbetrieben eine

neue Fütterungsstrategie implementiert werden, die auch mit niedrigeren Proteinwerten eine gleichbleibende Leistung der Tiere ermöglichte. Diese Strategie zur Optimierung der Fütterung setzt aber eine Analyse der betriebseigenen Grobfuttermittel voraus, die in regelmäßigen Abständen im Rahmen des Projektes erfolgte.

Durch die Analyse der TM-Aufnahme lässt sich nicht zuletzt auch die Futteraufnahme der verschiedenen Futtergruppen (Grob-, Saft-, Kraft- und Mineralfutter) genauer bestimmen, was für die Optimierung der Grobfuttereffizienz von großer Bedeutung ist. Eine hohe Grobfuttereffizienz ist entscheidend, um den wirtschaftlichen Erfolg eines Betriebs zu sichern und macht den Betrieb unabhängiger von schwankenden Futtermittelpreisen und globalen Lieferkettenproblemen. Dies ist besonders in Zeiten von Futtermittelknappheit oder -preisschwankungen von Vorteil und erhöht die Resilienz des Betriebs gegenüber externen Krisen (Spiekers und Pfeffer, 2018). Dabei sollten 3 % der Lebendmasse (LM) als Gesamt-TM-Aufnahme erreicht werden. Davon sollten wiederum zwei Drittel aus dem Grobfutter stammen. Bei einer Kuh mit 780 kg LM sind das 15,6 kg Trockenmasse aus dem Grobfutter. Auch die daraus resultierende Grobfutterleistung sollte über 50 % betragen. Im Gegensatz zum Kraftfutter stellt das Grobfutter nämlich keine Konkurrenz für die Humanernährung dar. Der Wiederkäuer ist in der Lage aus für den Menschen nicht verwertbarer Biomasse verwertbares Protein in Form von Milch und Fleisch zu generieren. Somit leisten eine hohe Grobfutteraufnahme und Verwertung auch einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz. Auch die Treibhausgasemissionen lassen sich anhand einer effizienten Fütterung zu beeinflussen; eine Studie konnte eine deutliche Beziehung zwischen dem XP-Gehalt der Ration und dem Ammoniak-Ausstoß in der Milchviehhaltung feststellen. Wurde der XP-Gehalt um einen Prozentpunkt je kg TM in der Ration gesenkt, so verringerte sich der Ammoniak-Ausstoß um bis zu 17 % (Sanjeev et al., 2018). In weiteren Studien wurde festgestellt, dass bei einer Senkung der Harnstoffwerte um 10 ppm, sich die Ammoniakemissionen um bis 2,7% verringerten (Spek et al. 2013, van Duinkerken et al. 2005, 2011, Ogink et al. 2014).

Eine verbesserte Nährstoffeffizienz kann auch die Futterkosten erheblich senken. Da Futterkosten einen großen Teil der Betriebskosten auf Milchviehbetrieben ausmachen und eine effizientere Nutzung der Nährstoffe geringere Ausgaben für Kraftfutter und Grobfutter bedeutet, führt dies zu einer direkten Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs (Jilg et al., 2021, Ledinek et al., 2022). Auch hier kann Digitalisierung einen großen Beitrag zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit eines Betriebs beitragen.

## Schlussfolgerungen

Im Rahmen vom Demonstrationsprojekt III, „Fütterungsmanagement“, des Experimentierfelds DigiMilch wurde ein teilautomatisierter Datenfluss zwischen Futterprobenahme, Rationsberechnungsprogramm und Fütterungstechnik hergestellt. Somit war die Demonstration des Nutzens von digitaler Technik im Fütterungsprozess für die Optimierung der Grobfutter- und Nährstoffeffizienz auf Betrieben durch eine erstmalig lückenlose Dokumentation des Fütterungsprozess und ein Controlling anhand von realen Daten möglich.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms Experimentierfelder in der Landwirtschaft.

## Literaturverzeichnis

- Beckmann, S. (2020): Wissen, was Kühe fressen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (BLW), 38, 35 – 35
- Boppel, M., Höcherl, S., Schneider, M., Thurner, S., Beckmann, S., Schäffler, M., Poteko, J., Wirsching, J., Harms, J., Sauter, S., Hertle, S., Haidn, B. und I. Lorenzini, (2023) Experimentierfeld DigiMilch: Digitalisierung in der Prozesskette Milcherzeugung (, Züchtungskunde, Ausg.: 05/2023, S. 309 bis 326, 15 Seiten, Ulmer Verlag, Deutschland)
- DLG e.V., DLG-Merkblatt 444, Berücksichtigung N- und P-reduzierter, Fütterungsverfahren bei den Nährstoff-ausscheidungen von Milchkühen, 1/2020
- Fuhrmann, S. und M. Schäffler (2016): webFuLab und Zifo2 — ein gutes Team zur Rationsbewertung. 54. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., Futterqualität — Bewertung, Auswertung, Wertschöpfung. Freising, 26.09.2016, Tag.-band, 212—217.
- GFE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen.
- Leisen, E., Spiekers, H. Und Diepolder, M. (2013) Notwendige Änderungen der Methode zur Berechnung der Flächenleistung (kg Milch/ha und Jahr) von Grünland- und Ackerfutterflächen mit Schnitt oder Weidenutzung. Tagungsband der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 181- 183
- LKV Bayern e.V., Entwicklung der Anzahl der Melkroboter, <https://www.lkv.bayern.de/lkv-bayern/#veroeffentlichungen>, Stand: 26.11.2021.
- LKV Jahresbericht 2023: <https://www.lkv.bayern.de/wp-content/uploads/2024/04/MLP-Jahresbericht-2023-komprimiert.pdf>
- Ledinek, M., L. Gruber, G. Thaller, K.-U. Götz, K.-H. Südekum und H. Spiekers (2022): Effizienzmerkmale beim Milchrind: Definieren – Einordnen – Anwenden. Züchtungskunde 94, 81-109.
- Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington (DC): National Academies Press (US); 2021 Aug 30.
- Ogink, N. W. M.; Groenestein, C. M.; Mosquera, J. (2014): Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij, Rapport 744, Wageningen
- Operationellen Gruppe (OG) „Milch – Futter & Fütterung“ (2019) Leitfaden zur proteinreduzierten Milchviehfütterung, Hrsg: Kompetenzzentrum Milch Schleswig-Holstein der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung
- Sanjeev, E.P.M., Amon, B., Ammon, C. et al., Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. Nutr Cycl Agroecosyst 110, 161–175 (2018)
- Schäffler, M., S. Wirthingen, P. Rauch und E.-M. Brunlehner (2018): Möglichkeiten der Digitalisierung nutzen: Futter und Fütterung. Tagung „Nutztierhaltung — Basis der Landwirtschaft in Bayern — 100 Jahre Kompetenzzentrum für Nutztiere in Grub“ 5.7.2018, Tag.-band, 49 — 55.
- Schleicher, S. und M. Gandorfer (2018): Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. 38. GIL Jahrestagung, Digitale Marktplätze und Plattformen. Gesellschaft für Informatik e.V. Bonn, Tag.-band, 203-206.
- Spek, J. W.; Dijkstra, J.; van Duinkerken, G.; Hendriks, W. H.; Bannink A. (2013): Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in north-western Europe and North America: A meta-analysis, J. Dairy Sci. 96:4310 – 4322
- Spek, J. W. (2013): Variation of milk urea in dairy cattle. A study on factors that affect the relationship between urea concentration in milk and urea excretion in urine, 162 pages Dissertation, Wageningen University
- Spiekers, H. und M. Schäffler (2018): Digitalisierung für Futter und Fütterung nutzen! VDLUFA-Schriftenreihe, Bd. 75, Kongr.-band, 31-38, VDLUFA – Verlag.
- Spiekers, H., and Pfeffer, E. (2018). Strategies for improving roughage use in dairy farming for resilience and sustainability. Agrarwissenschaften Journal
- van Duinkerken, G.; Andre, G.; Smits, M. C. J.; Monteny, G. J.; Šebek, L. B. J. (2005): Effect of -rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia form dairy cow houses. J. Dairy Sci. 88:1099 – 111
- van Duinkerken, G.; Smits, M. C. J.; André, G.; Šebek, L. B. J.; Dijkstra, J. (2011): Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing, J. Dairy Sci. 94:321 – 335

**Autorenanschrift**

Stefan Beckmann  
stefan.beckmann@lfl.bayern.de  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3  
85586 Grub

# Perspektiven zur Implementierung und Interpretation digitaler Daten zur Steigerung von Gesundheit und Produktivität in der Fütterungsberatung von Milchkuhbetrieben

Isabell Meyer<sup>1</sup>, Nina Hübner<sup>1</sup> und Jarich Westra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ForFarmers GmbH, Industriestraße 7, 49377 Vechta, Deutschland

<sup>2</sup> ForFarmers N.V., Kwinkweerd 12, 7241 CW-Lochem, Niederlande

## Einleitung

Aktuell und perspektivisch steht die Milchviehwirtschaft vor einer Vielzahl komplexer Herausforderungen. Die stetig zunehmende Digitalisierung und Vernetzung in der Milchviehwirtschaft stellen einen vielversprechenden Ansatz dar, um diesen zu begegnen. Dabei markiert der stetig zunehmende Einsatz neuer Techniken wie Big Data, Internet of Things (IoT), Robotik und Künstlicher Intelligenz (KI) die Transition von traditionellen landwirtschaftlichen Praktiken zu automatisierten und datengesteuerten Systemen. Diese Technologien ermöglichen die Aufbereitung von Daten und die Bereitstellung von verwertbaren Informationen, eine Verbesserung der Vorhersage von komplexen Ereignissen (z.B. Kalbezeitpunkt; Borchers et al., 2017), sowie das Ableiten von Handlungsempfehlungen zur Prozesssteuerung. Dies bietet den Nutzern ein breiteres Spektrum an Handlungsansätzen zur Steigerung von Rentabilität, Produktivität, Tiergesundheit und trägt somit zur Nachhaltigkeit der Milchviehwirtschaft bei (Britt et al., 2018). Im Folgenden werden zwei praxisbezogene Ansätze erläutert: Der erste Ansatz beinhaltet eine Studie über den Einsatz einer Softwarelösung zur automatisierten, konstanten Milchmengenentnahme in der Früh-laktation bei Milchkuhen, mit dem Ziel, das Ausmaß der negativen Energiebilanz (NEB) zu verringern. Der zweite Ansatz umfasst die Entwicklung eines digitalen Tools, das die erfassten Daten der automatischen Melksysteme streamt und entsprechend den Fragestellungen in der Fütterungsberatung aufbereitet und in Form von Berichten visualisiert.

(1) Bei der im Melkstand integrierten Softwarelösung handelt es sich um ein neuentwickeltes Modul, welches auf die Milchmenge statt auf den Milchfluss als Steuerungsgröße für die Melkzeugabnahme abzielt (Schmidt et al., 2017). Dieses Modul wurde bereits hinsichtlich seiner Anwendung zur Vorbereitung des Trockenstellens untersucht, um die tierindividuelle Milchproduktion zu reduzieren und damit das Potenzial für eine Verringerung des Antibiotika-Einsatzes beim Trockenstellen zu untersuchen (Martin et al., 2020). In der Studie von Meyer et al. (2023) wurde das Softwaremodul für eine automatische, konstante Milchmengenentnahme in der Früh-laktation eingesetzt. In den ersten Wochen der Laktation geraten Milchkuhe in eine NEB, da die Energiezufuhr über die Futtermittelaufnahme in diesem Zeitraum nicht deckungsgleich mit dem Energiebedarf für den Erhaltungsbedarf und die steigende Milchproduktion ist. Als Antwort auf die NEB, mobilisieren Milchkuhe Körperreserven, um die Milchproduktion auch während der NEB aufrechtzuerhalten. Es bedarf ein hohes Maß an metabolischer Flexibilität, um während der NEB eine hohe Leistung zu produzieren bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Gesundheit (Gross und Bruckmaier, 2019). Eine unzureichende Anpassungsfähigkeit an die NEB geht mit einer höheren Inzidenz von Stoffwechselstörungen wie Ketose und Fettleber einher. Manifestierte Stoffwechselstörungen, sowie mögliche Folgeerkrankungen verursachen hohe Kosten aufgrund von Leistungseinbußen und tierärztlicher Behandlungen (Esposito et al., 2014; Steeneveld et al., 2020). Der unvollständige Milchmengenentzug (IM) stellt eine vielversprechende Möglichkeit dar, um die Energieabgabe mit der Milch als einer der Hauptvariablen des Energiesaldos zu modifizieren und

damit das Ausmaß der NEB zu verringern (Lacasse et al., 2018). Ziel der Studie war es, die Auswirkungen der IM in der Früh-laktation auf das Energiesaldo (EB), den Stoffwechselstatus, die Eutergesundheit und die spätere Leistung von pluriparen Milchkuhen zu untersuchen (Meyer et al., 2023).

(2) Bei der zweiten Softwarelösung handelt es sich um ein neu entwickeltes digitales Tool, das die am Melkroboter generierten Daten verschiedener Hersteller generiert, standardisiert, berechnet und in Form von Grafiken und Tabellen visualisiert. Bei steigendem Angebot von Sensoren auf dem Markt, ist es umso wichtiger, zwischen den Daten, die gesammelt werden können, und den Daten, die tatsächlich benötigt werden, zu unterscheiden (Macdonald, 2019). Die Diskrepanz zwischen den technischen Möglichkeiten und dem Implementierungsgrad dieser Technologien in der Branche deutet entweder auf einen fehlenden nachgewiesenen Nutzen der Systeme (Macdonald, 2019) oder auf einen mangelnden Kenntnisstand im Umgang mit den generierten Daten hin. Um den komplexen Anforderungen gerecht zu werden, sollte das Anforderungsprofil des Landwirts und des Beraters sowohl eine Affinität für Innovation und Technologie als auch die Fähigkeit zur Dateninterpretation umfassen. Insbesondere die Beratung steht vor der Herausforderung, sich mit der Vielzahl technischer Systeme und deren spezifischer Datenaufbereitung auf landwirtschaftlichen Betrieben und der Verknüpfung mit firmeninternen Datenbeständen auseinanderzusetzen. Die fortlaufende Erweiterung der Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen unterschiedlichen Datenbeständen ist entscheidend für die Zusammenführung unterschiedlicher Informationsströme, um die Qualität der generierten Kenn- und Vorhersagewerte zu verbessern (Lasser et al., 2021). Mit der Entwicklung des digitalen Tools wurde es ermöglicht firmeninterne Datenbestände (u.a. Customer Relationship Management Software) mit Externen (z.B. Software der automatischen Melksysteme) zu verknüpfen und damit die Zusammenführung von Daten zu automatisieren. Das Ziel der Entwicklung des digitalen Tools bestand darin, die am Melkroboter erfassten Echtzeitdaten zu uniformieren und auf die Fragestellungen in der Fütterungsberatung hin zu berechnen und darzustellen. Dies soll gewährleisten, dass die Daten unabhängig vom Hersteller einheitlich für den Fütterungsberater dargestellt werden. Dadurch können der Beratungsumfang erweitert, die Rationsgestaltung noch genauer auf den Bedarf abgestimmt und somit die Möglichkeit zur Steigerung der Gesundheit, Produktivität und Effizienz in der Milchviehhaltung geschaffen werden.

## Material und Methoden

**(1)** In der Studie von Meyer et al. (2023) wurden 46 pluripare deutsche Holstein-Kühe entweder der Kontrollgruppe (CON,  $n = 23$ ) oder der Versuchsgruppe (TRT,  $n = 23$ ) zugeteilt, wobei die Eutergesundheit in der vorangegangenen Laktation, das Abkalbedatum und die Laktationsnummer berücksichtigt wurde. Für den Beginn des IM wurde der  $8 \pm 1,1$  Laktationstag gewählt, da die Maßnahme in die normale Melkroutine integriert werden sollte, bei der die Milch der Kühe nicht mehr abgeleitet wird. Die Milchmenge in der TRT-Gruppe wurde während des IM an die individuelle Milchleistung der jeweiligen Kuh 1 Tag vor Beginn des IM festgesetzt und für 14 Tage konstant mittels des Software Moduls (Schmidt et al., 2017; GEA AutoDry, GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Germany) gehalten. Nach Beendigung des IM (Laktationstag  $21 \pm 1,1$ ) wurde die konventionelle, milchflussabhängige ( $0,3 \text{ kg/min}$ ) automatische Melkzeugabnahme wieder aktiviert. Es wurde eine Reihe an Proben und Daten im Rahmen der Studie von Meyer et al. (2023) entnommen bzw. erfasst, und fortfolgend ein Ausschnitt von den Methoden vorgestellt: Während des Zeitraums des IM wurden Leistungsparameter wie die Milchleistung (Wochen 1 bis 15 nach der Kalbung) erfasst und die Daten in Bezug auf die Spitzenleistung und den Tag des Erreichens der Spitzenleistung ausgewertet. Die Melkdauer und der letzte Milchfluss in der Messeinheit zum Zeitpunkt der Abnahme der Melkzeugabnahme wurde bei jedem Melken aufgezeichnet (Tage relativ zum Beginn des IM 0 bis 21). Zudem wurde zur Abschätzung des Euterfüllstandes die Euterfestigkeit durch ein digitales Druckkraftmessgerät während des IM gemessen (Wochen 1 bis 4 nach der Kalbung). Zur Kontrolle der Eutergesundheit wurde die somatische Zellzahl in Viertelanfangsgemelksproben gemessen (Wochen 1

bis 7 nach der Kalbung) und aseptische Viertelanfängsgemelksproben zytobakteriologisch untersucht (Wochen 1 und 4 nach der Kalbung). Zur Erfassung der energetischen Situation der Kuh infolge des IM, wurde das EB (Wochen 1 bis 15 nach der Kalbung) geschätzt, die Trockenmasse- und Wasseraufnahme (Wochen 1 bis 15 nach der Kalbung) erfasst und Blutproben zur Messung von u.a. der NEFA- und  $\beta$ -Hydroxybutyratkonzentration (BHB; Wochen -3, -2, 1 bis 7 relativ zur Kalbung) entnommen. Um die Körperkondition zu beurteilen, wurde das Körpergewicht nach jedem Melken mittels einer elektronischen Waage (Wochen 1 bis 15 nach der Kalbung) erfasst und der BCS (Wochen -3, -1, 2, 4 und 6 relativ zur Kalbung) bestimmt (Meyer et al., 2023).

**(2)** Im Entwicklungsprozess der Software des digitalen Tools „Roboter-Analyse-Programm“ wurden parallel die inhaltlichen und technischen Anforderungen von einem Futtermittelhersteller (ForFarmers NV, Lochem, Niederlande) in Zusammenarbeit mit einem externen Softwareunternehmen (AgroVision BV, Apeldoorn, Niederlande) erarbeitet (siehe Abbildung 1). Zur Festlegung der inhaltlichen Anforderungen wurde eine firmeninterne Fachgruppe gebildet, bestehend aus Vertretern der Fütterungsberatung (Endnutzer), des Innovationsteams und der IT-Abteilung. Zunächst wurden übergeordnete Kategorien, wie beispielsweise Fütterung, Produktivität und Gesundheit, festgelegt und für jede dieser Kategorien spezifische Zielfragen definiert. Die zur Beantwortung dieser Zielfragen erforderlichen Parameter wurden identifiziert und durch eine entsprechende Datenaufbereitung generiert. Dabei wurde zwischen direkt übertragbaren Daten (z.B. Milchmenge, Melkungen und Kraftfutteraufnahme) und Daten, die zur Beantwortung der Fragen weiter aufbereitet, berechnet oder kombiniert werden müssen (z.B. Kraftfutteraufwand je 100 kg Milch und Betriebsstandardkuh (BSK)-Wert), unterschieden. Im nächsten Schritt wurden die Anforderungen an die Benutzeroberfläche festgelegt. Diese umfassten die Wahl der Datenperspektive (z.B. Herden- oder Einzeltier-Ebene), die Darstellungsmethoden (z.B. Streudiagramme, Tabellen, Trendlinien), Optionen für die Darstellung (z.B. Filterfunktionen) sowie die Definition von Grenzwerten für einzelne Parameter (z.B. Abweichungen in der Milchmenge). Diese Anforderungen wurden anschließend in Form von Musterplänen visualisiert und innerhalb der Fachgruppe diskutiert. Unter Berücksichtigung der inhaltlichen Anforderungen wurden die technischen Anforderungen vom Softwarehersteller definiert. Das Ziel des Futtermittelherstellers bestand darin, die unterschiedlichen Schnittstellenanforderungen (z.B. On-Premises vs. Cloud Computing) der Hersteller zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollte eine Datenanalyse-Plattform in das Tool integriert werden, die es ermöglicht, Daten aus verschiedenen Datenbeständen (z.B. Verknüpfung mit firmeninternen Informationssystemen) zu aggregieren, zu transformieren (insbesondere bei abweichenden Kennzahlen wie z.B. der Melkdauer) und zu standardisieren. Aufbauend auf der Datenaufbereitung sollten die Daten im Hinblick auf die in den inhaltlichen Anforderungen definierten Zielfragestellungen berechnet und in Form von Berichten visualisiert werden.

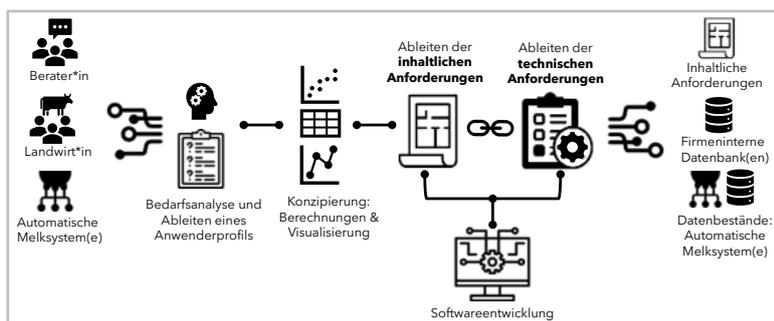


Abbildung 1: Darstellung des Entwicklungsprozesses bei dem digitalen Tool „Roboter-Analyse-Programm“.

## Ergebnisse

(1) Meyer et al. (2023) berichteten, dass während des gesamten Untersuchungszeitraums das GEA AutoDry Softwaremodul fehlerfrei und ohne Datenverluste arbeitete. In den 14 Tage des IM wurde von der TRT-Gruppe durchschnittlich 11,1 % weniger Milch entnommen als von der CON-Gruppe (Tabelle 1).

Tabelle 1: Milcherträge (Mittelwerte  $\pm$  SEM) in Bezug auf die automatisierten und konstanten unvollständigen Melkzeiträume (IM; modifiziert nach Meyer et al., 2023).

Item	TRT	SEM	CON	SEM	P-Wert
Milchmenge (MM) (kg / Tag) am Tag <b>vor</b> IM	32.3	0.99	32.8	1.41	0.788
MM (kg / Tag) in <b>IM-Woche 1</b>	31.8	0.91	34.4	0.98	<b>0.052</b>
MM (kg / Tag) in <b>IM-Woche 2</b>	32.3	0.94	37.5	1.01	<b><math>\leq 0.001</math></b>
MM (kg / Tag) am Tag <b>nach</b> IM	39.7	1.09	37.3	1.13	0.133
MM (kg / Tag) in Woche <b>nach</b> IM	37.4	1.22	38.9	1.23	0.376
MM (kg / Tag) in <b>Laktationswoche 4 – 15</b>	38.3	0.28	40.1	0.36	0.246
<b>Peakleistung</b> (Laktationstag)	52.3	4.06	50.8	4.32	0.804
MM (kg / Tag) <b>Peak</b>	43.9	0.80	45.8	1.29	0.209

Die durchschnittliche letzte Milchflussrate in der Messeinheit zum Zeitpunkt der Abnahme der Melkzeuge war bei den TRT-Kühen auf etwa 3,1 kg/min erhöht, was die Euterfüllung während der IM widerspiegelt. Anschließend erreichten die TRT-Kühe hinsichtlich der Milchleistung und des letzten Milchflusses unmittelbar das Niveau der CON-Kühe, so dass der Gruppenunterschied bis zur 15. Laktationswoche eliminiert wurde (Abbildung 2). Die Melkzeit bei den TRT-Kühen war während des IM etwa 2 min kürzer als bei den CON-Kühen und lag nach dem IM wieder auf dem gleichen Niveau wie bei den CON-Kühen. Das Ausmaß der Zeitersparnis pro Melkvorgang durch das IM war allerdings durch die vorhandenen Reihenmelkstand mit Frontauslass auf dem Versuchsbetrieb für die Gesamtverweildauer der Kühe einer Reihe irrelevant (Abbildung 2; Meyer et al., 2023).

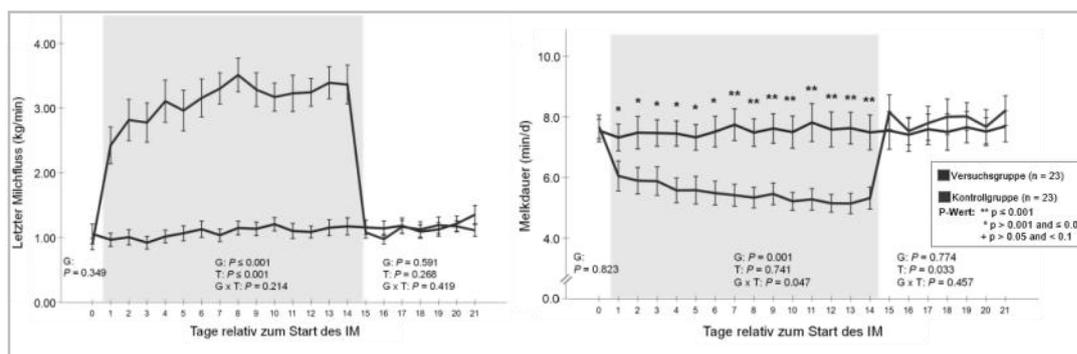


Abbildung 2: Auswirkung des automatisierten, unvollständigen Melkens (IM) in Woche 2 und 3 der Laktation auf den letzten Milchfluss vor Abnahme der Melkzeuge pro Tag und die tägliche Melkdauer der ersten 21 Tage im Verhältnis zum Beginn des IM. Tag 0 ist der Tag vor Beginn des IM (modifiziert nach Meyer et al., 2023).

Die Eutergesundheit war während des gesamten Beobachtungszeitraums bei allen Kühen nicht beeinträchtigt. Auch die Euterfestigkeit als Indikator für den Euterfüllstand und den Euterinnendruck, der bei Erhöhung mit Unwohlsein für die Kuh verbunden ist, war während des gesamten Beobachtungszeitraums nicht auffällig (Meyer et al., 2023). Das EB war bei den TRT-Kühen während

der 14 Tage der IM um etwa 9,0 MJ NEL/d weniger negativ, da die freiwillige Futter- und damit die Energieaufnahme der TRT-Kühe während des IM tendenziell langsamer anstieg als bei den CON-Kühen (Abbildung 3). Jedoch spiegelten sich die zuvor genannten Energieeinsparungen durch das IM weder in dem Maß der Körperkonditionsverluste noch in den zirkulierenden NEFA-, Glukose-, BHB-, IGF-1- und Leptin-werten im Blut wider. Insgesamt beobachteten Meyer et al. (2023) 3 Fälle einer Hyperketonämie (BHB-Konzentration >1,2 mmol/L) bei den CON-Kühen und 0 Fälle bei den TRT-Kühen in der Zeit nach dem Kalben (Meyer et al., 2023).

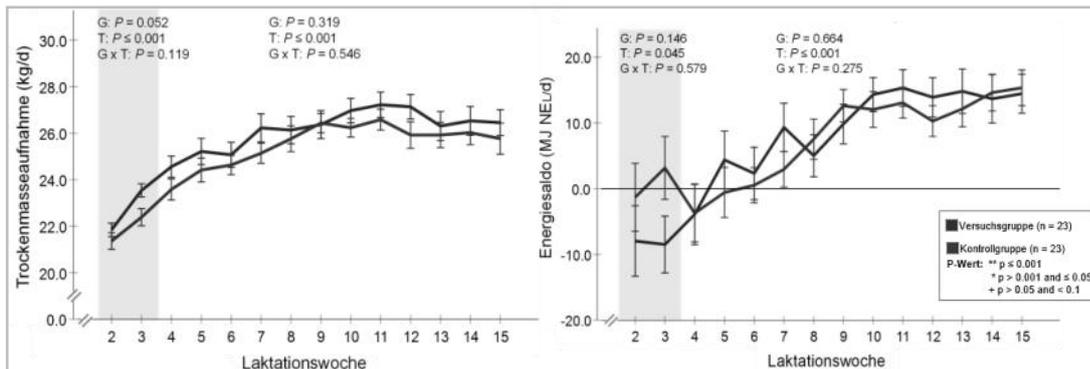


Abbildung 3: Auswirkung des automatisierten, unvollständigen Melkens (IM) in Woche 2 und 3 der Laktation auf die Trockenmasseaufnahme und das Energiesaldo in den ersten Wochen nach dem Kalben (modifiziert nach Meyer et al., 2023).

(2) Im Rahmen des Entwicklungsprozesses konnten die festgelegten inhaltlichen und technischen Anforderungen erfolgreich vom Softwarehersteller umgesetzt werden. Die softwaretechnischen Komponenten, die den Datenfluss und die Datenverarbeitung ermöglichen, sind schematisch in Abbildung 4 dargestellt.

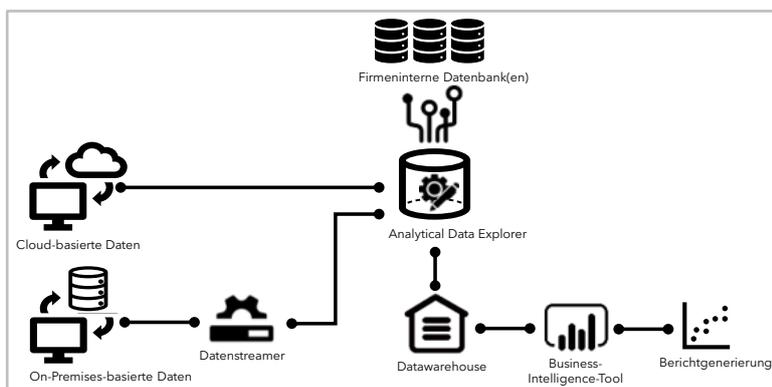


Abbildung 4: Darstellung des Datenflusses bei dem digitalen Tool „Roboter-Analyse-Programm“.

Die Datenquellen werden in Cloud-basierte und On-Premises-basierte Bestände unterteilt. Für die Cloud-basierten Datenbestände wurden spezifische Schnittstellen programmiert, während für die On-Premises-Datenbestände ein Datenstreamer entwickelt und auf den jeweiligen Endgeräten installiert wurde. Zur Datenaufbereitung werden die von den Melkrobotern erfassten Daten in den Analytical Data Explorer des Softwareherstellers (Agrovision BV) gestreamt. Dort erfolgt eine Verknüpfung mit weiteren Datenbeständen, wie beispielsweise der Customer Relationship Management Software. Zudem werden manuell eingegebene Daten, wie beispielsweise die Menge der Konzentrate in der Teilmischung,

ergänzt. Diese Informationen fließen in weitere Berechnungen ein, wie etwa die Berechnung des Kraftfutterverbrauchs pro 100 kg Milch. Da die Berechnungsmodelle für Kennwerte, wie beispielsweise den BSK-Wert, von Hersteller zu Hersteller variieren, werden die Daten mithilfe unternehmensinterner Algorithmen verarbeitet, um die Zielkennwerte herstellerunabhängig zu standardisieren. Nach der Verarbeitung werden die aufbereiteten Daten im Data Warehouse gespeichert. Mithilfe eines verknüpften Business-Intelligence-Tools könnten, die die Daten in Form von Tabellen und Grafiken visualisiert werden und über eine Benutzeroberfläche vom Berater abgerufen werden. Insgesamt wurden 10 fütterungsbezogene und 11 produktivitätsbezogene Berichte für die praktische Anwendung entwickelt. Der Umgang mit dem digitalen Tool und der entsprechenden Datenaufbereitung wurde durch intensive Schulungen in der Implementationsphase gefördert.

## Diskussion

(1) Insgesamt bestätigen die Erkenntnisse aus der Studie von Meyer et al. (2023) die Praktikabilität des Melksoftwaremoduls für einen automatisierten, konstanten Milchentzug zur Verzögerung des Milchleistungsanstiegs in der ersten Laktationswoche. Ebenfalls wie im Übersichtsartikel von Lacasse et al. (2018) wurde in bisherigen IM-Studien weder die Eutergesundheit noch die anschließende Milchleistung beeinträchtigt. Es bleibt jedoch zu klären, ob die fehlende Auswirkung auf den Energiestoffwechsel auf die relativ stabile energetische Situation der Kühe oder auf die hier verwendete relativ milde IM-Einstellung zurückzuführen ist. In den bisherigen Studien wurde ebenfalls eine geringere Anzahl an Fällen einer Hyperketonämie beobachtet, statt ein signifikanter Gruppenunterschied bei den Stoffwechselmetaboliten (NEFA, BHB; Carbonneau et al., 2012; Morin et al., 2018; Valdeacres et al., 2022). In der Studie von Morin et al. (2018) wurde als Vermutung angebracht, dass der Behandlungseffekt in Herden mit einem stärker ausgeprägten negativem Energiesaldo größer ist. Dementsprechend sind weitere Untersuchungen erforderlich, um den Zusammenhang zwischen dem Ausmaß und der Dauer des IM und den Anpassungsmechanismen des Organismus in Bezug auf die Milchsynthese, die Futtermittelaufnahme und den Energiestoffwechsel zu ergründen. Um den IM-Ansatz als praktikables Konzept zur Modulation der energetischen Situation von Milchkuhen in der Früh-laktation auf kommerziellen Betrieben zu implementieren, sollten dementsprechend zunächst die Auswirkungen verschiedener IM-Einstellungen auf die energetische Situation und die nachfolgende Leistung sowohl auf Herden- als auch auf Einzeltierebene durch weitere Studien untersucht werden. Des Weiteren sollte in künftigen Studien die Futtermittelaufnahme während des IM aufgezeichnet werden, um zu überprüfen, ob sich das Phänomen der tendenziell geringeren Trockenmasseaufnahme absichern lässt. Bisher wurde nur in einer IM-Studie die Trockenmasseaufnahme über den gesamten Beobachtungszeitraum verglichen und unterschied sich nicht zwischen den Gruppen (Carbonneau et al., 2012). Zur Erweiterung des Anwendungsbereichs und damit des Anwendungsnutzens des IM sollten in weiteren Studien zusätzliche Blutparameter untersucht werden, die ebenfalls im Zusammenhang mit Problemen in der Früh-laktation stehen (z.B. Ca und P). Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit des IM sind die Arbeitskosten und die Kosten, die durch das IM entstehen, dem Nutzen des IM zur Entlastung der energetischen Situation der Kühe in der Früh-laktation entgegensustellen (Meyer et al., 2023).

(2) Im Rahmen des Entwicklungsprozesses konnten die gesetzten Ziele erreicht werden, indem die festgelegten inhaltlichen und technischen Anforderungen bei der Entwicklung des digitalen Tools vollständig umgesetzt wurden. Wie bereits von Macdonald (2019) beschrieben, ist es mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Sensoren auf dem Markt immer wichtiger, zwischen den Daten, die gesammelt werden können, und den Daten, die tatsächlich benötigt werden, zu unterscheiden. Beim Entwicklungsansatz des digitalen Tools wurde der Schwerpunkt darauf gelegt, die am automatischen Melksystem erfassten Datenmengen auf die für die Fütterungsberatung relevanten Zielkennwerte zu reduzieren, diese mit weiteren Datenbeständen zu verknüpfen und herstellerunabhängig in standardisierter Form für den Fütterungsberater darzustellen. Durch die Anwendung sollte die Arbeit mit unterschiedlichen technischen Systemen auf den landwirtschaftlichen Betrieben für die Berater

erleichtert und durch die automatisierte Verknüpfung verschiedener Datenbestände der Informationsgewinn und Beratungseffizienz gesteigert werden. Während der Implementierung des digitalen Tools wurden die Anwender intensiv im Umgang mit den bereitgestellten Daten geschult. Zum Monitoring der Nutzungsintensität des digitalen Tools wurde eine spezielle Auswertungsansicht für den Programmadministrator entwickelt. Dabei wurden zwei Gruppen mit geringer Nutzungsintensität als Feedbackgruppe identifiziert: Eine Gruppe zeigte trotz zusätzlicher Schulungen eine geringe Affinität zur Dateninterpretation, während die andere Gruppe zwar eine hohe Affinität zur Dateninterpretation aufwies, jedoch die geringe Nutzungsfrequenz auf technische Einschränkungen der Software zurückführte. Diese beiden Personengruppen bieten eine wertvolle Grundlage, um Vorschläge für die Weiterentwicklung des digitalen Tools abzuleiten, die eine Verbesserung der Anwendung für beide Gruppen bezwecken könnten. Beispielsweise wäre es für Anwender mit geringerer Datenaffinität vorteilhaft, wenn die Software automatisch Daten anhand hinterlegter Kenn- und Grenzwerte analysiert und entsprechende Handlungshinweise ausgibt. Diese Funktion würde auch den Nutzen für die datenaffine Gruppe steigern, indem das digitale Tool effizienter bei Betriebsbesuchen eingesetzt werden könnte. Die datenaffine Gruppe äußerte zudem Verbesserungsvorschläge auf technischer Ebene, um die Softwareperformance des digitalen Tools zu optimieren. Beispielsweise könnte das einmalige Laden aller Berichte beim Öffnen der Anwendung sowie die Möglichkeit, diese Berichte im Offline-Modus zu nutzen, die Einsatzbreite auch in ländlichen Gebieten mit weniger stabilen Internetverbindungen erhöhen. In Übereinstimmung mit Lasser et al. (2021), sollten fortlaufend zusätzliche Datenbestände, wie beispielsweise aus dem Rationsberechnungsprogramm, integriert werden, um den Informationsgewinn aus den Daten zu maximieren. Zudem wird es zukünftig entscheidend sein, das digitale Tool durch die Integration weiterer Technologien, wie beispielsweise Künstlicher Intelligenz (KI), kontinuierlich weiterzuentwickeln, um die Nutzungsintensität und -effizienz zu erhöhen.

## Fazit

Der Einsatz neuer Techniken ermöglicht eine zunehmende Automatisierung landwirtschaftlicher Praktiken sowie die Aufbereitung der aus den Systemen generierten Daten, sodass Handlungsempfehlungen zur Prozesssteuerung abgeleitet werden können. Die Implementierung von neuentwickelten Softwarelösungen spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Ein Beispiel ist das von Meyer et al. (2023) eingesetzte Melksoftwaremodul, das eine automatisierte und konstante Milchmengenentnahme zur Verzögerung des Milchleistungsanstiegs in der ersten Laktationswoche ermöglicht. Um diesen präventiven Ansatz in der Praxis zu implementieren, sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um den Zusammenhang zwischen dem Ausmaß und der Dauer des unvollständigen Melkens und den Anpassungsmechanismen des Organismus in Bezug auf Milchsynthese, Futteraufnahme und Energiestoffwechsel zu verstehen (Meyer et al., 2023). Ein weiterer Entwicklungsansatz ist das digitale Tool „Roboter-Analyse-Programm“, das darauf abzielt, die am automatischen Melksystem erfassten Datenmengen auf für die Fütterungsberatung relevante Zielkennwerte zu reduzieren, diese mit weiteren Datenbeständen zu verknüpfen und herstellerunabhängig in standardisierter Form für den Fütterungsberater darzustellen. Durch diese Anwendung wurde der Umgang mit unterschiedlichen technischen Systemen auf landwirtschaftlichen Betrieben für die Berater erleichtert und der Informationsgewinn sowie die Beratungseffizienz durch die automatisierte Verknüpfung verschiedener Datenbestände gesteigert. Perspektivisch wird die anwenderorientierte Aufbereitung von Daten sowie die automatische Analyse und Ausgabe von Hinweisen, beispielsweise mittels KI, an Bedeutung zunehmen. Dies wird dazu beitragen, noch mehr Anwenderprofile zu bedienen und die Nutzungseffizienz weiter zu steigern.

## Literaturverzeichnis

- Borchers, M. R., Chang, Y. M., Proudfoot, K. L., Wadsworth, B. A., Stone, A. E., und Bewley, J. M. 2017. Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. *Journal of dairy science* 100(1007) 5664–5674. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11526>.
- Britt, J. H., Cushman, R. A., Dechow, C. D., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M. F., Jones, G. A., Ruegg, P. S., Sheldon, I. M., und Stevenson, J. S. 2018. Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of dairy science* 101(05):3722–3741. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>.
- Carbonneau, E., A. M. de Passillé, J. Rushen, B. G. Talbot, und P. Lacasse. 2012. The effect of incomplete milking or nursing on milk production, blood metabolites, and immune functions of dairy cows. *Journal of dairy science* 95(11):6503–6512. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5643>.
- Esposito, G., P. C. Irons, E. C. Webb, und A. Chapwanya. 2014. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal reproduction science* 144(3-4):60–71. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>.
- Gross, J. J., und R. M. Bruckmaier. 2019. Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production. *Journal of dairy science* 102(4):2828–2843. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713>.
- Lacasse, P., N. Vanacker, S. Ollier, und C. Ster. 2018. Innovative dairy cow management to improve resistance to metabolic and infectious diseases during the transition period. *Research in veterinary science* 116:40–46. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.06.020>.
- Lasser, J., Matzhold, C., Egger-Danner, C., Fuerst-Waltl, B., Steiniger, F., Wittek, T., und Klimek, P. 2021. Integrating diverse data sources to predict disease risk in dairy cattle—a machine learning approach. *Journal of Animal* 99(11). <https://doi.org/10.1093/jas/skab294>.
- Maxdonalds, D. 2019. Dairy Data - Utilising technology for decision making in pasture-based dairy farming. A report for Nuffield Australia Farming Scholars. [https://www.nuffieldscholar.org/sites/default/files/reports/2017\\_AU\\_Duncan-Macdonald\\_Dairy-Data-Utilising-Technology-For-Decision-Making-In-Pasture-Based-Dairy-Farming.pdf](https://www.nuffieldscholar.org/sites/default/files/reports/2017_AU_Duncan-Macdonald_Dairy-Data-Utilising-Technology-For-Decision-Making-In-Pasture-Based-Dairy-Farming.pdf) (Online: 22.07.2024).
- Martin, L. M., H. Sauerwein, W. Büscher, und U. Müller. 2020. Automated gradual reduction of milk yield before dry-off: Effects on udder health, involution and inner teat morphology. *Livestock Science* 233:103942. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103942>.
- Meyer, I., E. Haese, K.H. Südekum, H. Sauerwein, und U. Müller. 2023. The impact of automated, constant incomplete milking on energy balance, udder health, and subsequent performance in early lactation of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23777>.
- Morin, P.-A., C. Krug, Y. Chorf, J. Dubuc, P. Lacasse, J.-P. Roy, D. E. Santschi, und S. Dufour. 2018. A randomized controlled trial on the effect of incomplete milking during early lactation on ketonemia and body condition loss in Holstein dairy cows. *Journal of dairy science* 101(5):4513–4526. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13151>.
- Schmidt S, B. Linius, B. Maaßen-Francke, U. Müller, W. Büscher, and L. M. Martin. 2020. Method for reducing the individual-specific milk production of milk-producing animals United States Patent Application Publication: US 2020/0281151 A1.
- Steenefeld, W., P. Amuta, F. J. S. van Soest, R. Jorritsma, und H. Hogeveen. 2020. Estimating the combined costs of clinical and subclinical ketosis in dairy cows. *PLoS one* 15(4):e0230448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230448>.
- Valdecabres, A., R. B. Lopes, A. Lago, C. Blanc, und N. Silva-Del-Río. 2022. Effects of postpartum milking strategy on plasma mineral concentrations and colostrum, transition milk, and milk yield and composition in multiparous dairy cows. *Journal of dairy science* 105(1):595–608. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20590>.

### Autorenanschrift

Dr. agr. Isabell Meyer  
ForFarmers GmbH  
Industriestraße 7  
49377 Vechta  
Deutschland  
isabell.meyer@forfarmers.eu

Nina Hübner  
ForFarmers GmbH  
Industriestraße 7  
49377 Vechta  
Deutschland  
nina.huebner@forfarmers.eu

Jarich Westra  
ForFarmers NV  
Kwinkweerd 12  
7241 CW-Lochem  
Niederlande  
jarich.westra@forfarmers.eu

# Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Nutzung von Pansenboli in der Wiederkäuerfütterung

**Thomas Hartinger**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zentrum für Tierernährung und Tierschutzwissenschaften,  
Veterinärmedizinische Universität Wien, Österreich

## Einleitung

Die Milch- und Rindfleischproduktion ist einer der bedeutendsten Zweige der Agrarwirtschaft in Deutschland sowie auch weltweit und versorgt Menschen mit wertvollen Lebensmitteln. Aufgrund struktureller Änderungen in der Landwirtschaft haben sich die Bestandsgrößen pro Betrieb in den vergangenen Jahrzehnten stark erhöht (Tergast et al., 2022). Ein größerer Tierbestand erschwert im Gegenzug die Betreuung und Überwachung auf Einzeltierebene und die Ansprüche an das Management wachsen. Da gesunde und bedarfsgerecht versorgte Tiere die Grundvoraussetzung für eine effiziente und nachhaltige Tierhaltung sind, kommt dem Ansatz des „Precision Livestock Farming“, definiert als das Management einzelner Tiere durch kontinuierliche Echtzeitüberwachung von Gesundheits-, Produktions- und Umweltvariablen mittels technischer Systeme (Berckmans, 2017), eine immer größere Bedeutung zu. Folglich werden in der modernen Wiederkäuerhaltung verschiedenste, sensorbasierte Systeme eingesetzt, um das Management in rinderhaltenden Betrieben zu unterstützen (Knight, 2020).

Dieser Einsatz von technischen Systemen schließt selbstverständlich auch den Bereich der Fütterung mit ein und hierbei steht der Pansen, der den größten Teil des Vormagensystems bildet, im Fokus. Im Pansen werden Futtermittel von einer komplexen Mikrobengemeinschaft verstoffwechselt, was dem Wiederkäuer die energetische und nährstoffliche Nutzung von Eiweiß- und Nicht-Eiweiß-Stickstoff sowie von unverdaulichen pflanzlichen Gerüstkohlenhydraten erlaubt; außerdem setzen die Pansenmikroben Phytin-gebundenen Phosphor frei, bauen eine Vielzahl an Toxinen ab und versorgen das Wirtstier mit verschiedenen Vitaminen (Westlake et al., 1989; Van Soest, 1994; Firkins and Yu, 2015).

Insbesondere bei hochleistenden Tieren, die mit konzentratreichen Rationen gefüttert werden, ist eine genaue Überwachung des Pansens von großer Bedeutung. Es erleichtert das frühzeitige Erkennen von assoziierten Erkrankungen und Fütterungsfehlern und kann folglich dabei helfen die Darm- und Tiergesundheit zu erhalten bzw. Anpassungen in der Rationsgestaltung und Behandlungsmaßnahmen rasch umzusetzen. Pansenboli, das heißt sensorgestützte Technik, die unterschiedliche Variablen messen und nach außen übertragen, können hierbei einen wertvollen Beitrag leisten (Dijkstra et al., 2020). Der Einsatz von Pansenboli beschränkt sich nicht auf die landwirtschaftliche Praxis, sondern findet auch gerade in der Tierernährungsforschung breite Anwendung (Beauchemin, 2018; Han et al., 2022). Auf den derzeitigen Status Quo der Nutzungsmöglichkeiten von Pansenboli in der Wiederkäuerfütterung, sowie deren Limitierungen bzw. Herausforderungen wird im Folgenden weiter eingegangen.

## Nutzungsmöglichkeiten von Pansenboli in der Wiederkäuerfütterung

Pansenboli gehören zur Kategorie von Sensoren, die über das Maul in das Tier eingebracht werden und dort Messungen durchführen. Dabei wird dem Rind ein Pansenbolus mithilfe eines Applikators über das Maul eingegeben bzw. vom Tier selbst abgeschluckt, damit sich dieser anschließend im Retikulum

ablagert. Die derzeit verfügbaren Pansenboli messen in der Regel die Temperatur, die Beschleunigung bzw. Neigung/Bewegung und den pH im Pansen (Knight, 2020); teilweise wird auch das Redoxpotential erfasst (Dijkstra et al., 2020). Basierend auf diesen Messdaten können dann mittels komplexer Algorithmen unterschiedliche Variablen bestimmt werden, dazu zählen die Gefahr einer (subakuten) Pansenazidose, Brunst, bevorstehende Abkalbung, aufgenommene Wassermenge, Lahmheit bzw. Bewegungsaktivität, erhöhte/erniedrigte innere Körpertemperatur und die Wiederkauzeit (Knight, 2020; Han et al., 2022). Als Hersteller solcher Pansenboli seien hier exemplarisch eCow Devon Ltd. aus Schottland, Smaxtec GmbH aus Österreich, Moonsyst International aus Irland und DASCOR Inc. aus den USA aufgeführt, wobei die Geräte des letztgenannten Herstellers alleinig den ruminalen pH aufzeichnen. Aus Sicht der Wiederkäuerfütterung sind insbesondere Informationen zum ruminalen pH, sowie des Trink- und Wiederkauverhaltens von großer Bedeutung, weshalb im Folgenden nicht spezifischer auf die Aspekte der Erkennung von Brunst, Abkalbungen oder Lahmheiten eingegangen wird.

Aufgrund des hohen Energie- und Nährstoffbedarfs in der Laktation werden konzentratreiche Rationen an hochleistende Milchkühe verfüttert, insbesondere im ersten Laktationsdrittel. Dabei wird nicht selten ein Konzentratanteil von >50 % in der Trockenmasse erreicht, was aufgrund der hohen ruminalen Abbaubarkeit des Konzentrats und somit schnellen Freisetzung von organischen Säuren zu einer deutlichen Ansäuerung im Pansen führt. Gleichzeitig wird weniger physikalisch effektive Faser über die Ration bereitgestellt, sodass die Wiederkauaktivität und folglich der Fluss an pufferndem Speichel in den Pansen reduziert wird. Gemeinsam führt dies häufig zu einer subakuten Pansenazidose (SARA), die weitreichende Folgen für die Leistung und Gesundheit von Milchkühen hat, inklusive ruminaler Dysbiose, lokaler und systemischer Inflammation, beeinträchtigter Lebergesundheit und Folgeerkrankungen wie Laminitis (Zebeli and Metzler-Zebeli, 2012; Kofler et al., 2023). Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass diese Fütterungspraxis und die damit einhergehenden Effekte in gleichem Maße auf die intensive Rindermast zutreffen (Nagaraja and Titgemeyer, 2007). Typischerweise wird eine SARA durch einen ruminalen pH <5,8 für >330 min/Tag definiert (Zebeli et al., 2008). Hierbei wird auch ersichtlich, dass eine verlässliche SARA-Diagnostik ohne kontinuierliche pH-Aufzeichnung kaum möglich ist. Die Messung des pH in Pansensaftproben, die mittels Schlundsonde oder Ruminozentese gewonnen wurden, liefern nur wenig aussagekräftige Momentaufnahmen und häufigere Probenahmen über längere Zeiträume sind aus Tierwohl- und Tiergesundheitssicht mit diesen Methoden nicht möglich (Mialon et al., 2012). Daher stellen Pansenboli eine sehr wertvolle Möglichkeit dar, um den ruminalen pH lückenlos zu überwachen, was insbesondere bei Rationsumstellungen und SARA-Risikophasen, wie der Transitperiode, von großem Vorteil ist. Da Milchkühe bei gleicher konzentratreicher Fütterung unterschiedlich stark mit einem ruminalen pH-Abfall reagieren (Hartinger et al., 2024), ermöglicht der Einsatz von Pansenboli ebenso die Identifikation von Risikotieren. Eine generell hohe SARA-Prävalenz in der Herde deutet wiederum auf eine zu azidotische Ration hin, sodass gezielte Rationsanpassungen für den gesamten Bestand oder auch individuelle Behandlungen bei Risikotieren durchgeführt werden können. Gleichzeitig kann anhand der Pansenboli-Daten der Erfolg der Intervention überprüft werden. Bei der Datenauswertung kann (und sollte) im Weiteren nicht nur das bloße Vorliegen einer SARA geprüft werden, sondern auch das Ausmaß. Durch die Bestimmung der exakten Dauer des pH-Abfalls, der Fläche unter der Kurve von pH <5,8 und des minimalen pH-Werts sowie der Variation kann eine deutlich differenziertere und somit aussagekräftigere Beurteilung der Situation im Pansen erreicht werden (Dijkstra et al., 2020; Hartinger et al., 2024). Zur Veranschaulichung: ein Rind dessen ruminaler pH 328 min/Tag unter 5,8 liegt und einen Tiefstwert von 5,3 aufweist, hat zwar nach dem Grenzwert von Zebeli et al. (2008) keine SARA, sollte aber dennoch kontrolliert werden. Der Vollständigkeit halber sei abschließend erwähnt, dass es neben einer SARA, die häufig in Milchviehbeständen auftritt, durch grobe Fütterungsfehler auch zu Pansenalkalosen kommen kann, welche sich durch einen pH-Wert von >7,5 und Atonie im Pansen, sowie Fressunlust auszeichnen und in extremen Fällen zum Tod führen können (Randhawa et al., 1989). Durch die pH-Aufzeichnung mittels Pansenboli lässt sich selbstverständlich auch eine Pansenalkalose zügig feststellen.

Neben der Aufzeichnung des ruminalen pH-Werts liefert auch die Schätzung der Wiederkauzeit wertvolle Informationen zur Pansengesundheit und wiederkäuergerechten Fütterung. Die Wiederkauzeit wird maßgeblich über den Gehalt an physikalisch effektiver Faser in der Ration bestimmt und eine ausreichende Versorgung ist wichtig, um den Zufluss an pufferndem Speichel in das Vormagensystem zu gewährleisten (was wiederum Einfluss auf den ruminalen pH nimmt), die Pansenmotorik zu erhalten und auch das allgemeine Kaubedürfnis von Wiederkäuern zu stillen (Welch and Smith, 1968; Zebeli et al., 2008). Eine repräsentative visuelle Kontrolle ist in der Bestandsbetreuung hinsichtlich des Zeitaufwands kaum umsetzbar. Zusätzlich erschweren große Tierzahlen, unübersichtliche Stallbauten oder große Weiden sowie das Aufschrecken der Tiere bei der Begehung die visuelle Kontrolle (Beauchemin, 2018). Durch den Einsatz von Pansenboli ist eine dauerhafte und auch aussagekräftige Kontrolle der täglichen Wiederkauzeit auf Einzeltierebene möglich (Capuzzello et al., 2023). Wie zuvor auch für den ruminalen pH erläutert, gilt auch für die erfasste Wiederkauzeit, dass zwischen Problematiken auf Einzeltier- und Herdenebene unterschieden und entsprechend reagiert werden kann.

Zusätzlich zur Bereitstellung von Energie und Nährstoffen sowie der Strukturversorgung ist auch die Wasseraufnahme von hoher Bedeutung. Neben Aspekten der Tiergesundheit und Körperkühlung entscheidet die Wasseraufnahme auch über die (Milch-)Leistung, da Mängel in Verfügbarkeit und/oder Qualität von Tränkewasser die Futtermittelaufnahme drastisch mindern können (GfE, 2023). Durch die Analyse der Temperaturmuster im Vormagensystem wird die Wasseraufnahme von Wiederkäuern geschätzt. Die mit dem Klimawandel einhergehenden längeren Hitzeperioden im Sommer verleihen der verlässlichen Beurteilung der Wasseraufnahme zusätzliche Relevanz. Allerdings sind dem Autor bisher keine Validierungsstudien der verfügbaren Pansenboli-Systeme hinsichtlich der Wasseraufnahme bekannt. Abschließend sei festgehalten, dass die gleichzeitige Betrachtung der erläuterten Variablen (pH, Wiederkauzeit, Wasseraufnahme, Temperatur) am aussagekräftigsten im Hinblick auf die Ernährung von Wiederkäuern ist (Knight, 2020; Han et al., 2022). Dies erlaubt auch die Differenzierung zwischen bspw. SARA und Hitzestress, sprich fütterungs- und umweltbedingten Problemen: so erhöht zwar beides die Temperatur im Pansen, aber nur SARA führt zu einem pH-Abfall (AlZahal et al., 2008; Han et al., 2022).

## Gegenwärtige Begrenzungen und Herausforderungen

Die Nutzung von Pansenboli bieten im Hinblick auf die Wiederkäuerfütterung unbestritten viele Vorteile. Dennoch gibt es auch hier – zumindest gegenwärtig noch – Begrenzungen bzw. Herausforderungen, die primär mit der pH-Messung zusammenhängen und die es zu beachten gilt. Ein Hauptproblem der derzeit verfügbaren Technik zur pH-Messung im Vormagensystem ist die begrenzte Laufzeit der pH-Elektroden von 90 bis 150 Tagen (Han et al., 2022). Zudem zeigen bestimmte Systeme durchaus kürzere Sensorlaufzeiten und aufgrund vermehrter Ausfälle letztendlich eine geringe Zuverlässigkeit (Schori and Münger, 2022). Somit kann der ruminale pH selbst bei gemäßer Funktion maximal für ca. eine halbe Laktation überwacht werden, was zwar die kritische Transitphase und Früh-laktation beinhalten kann, allerdings muss dann für die folgende Laktation ein weiterer Bolus appliziert werden. Neben der finanziellen Belastung für einen weiteren Pansenbolus ist die Beschränkung auf zwei Pansenboli pro Kuh zu bedenken. Bei mehr Boli ist die Vormagenmotorik, insbesondere die Haubenkontraktion beeinträchtigt, was einen reduzierten Ruktus und eine insgesamt verschlechterte Verdauungskapazität zur Folge hat (Beauchemin, 2018). Verschärft wird diese Limitierung durch Magnete, die Wiederkäuern zur „Neutralisierung“ von potentiell gefährlichen Metallstücken verabreicht werden. Es werden große Forschungsanstrengungen im Bereich der Batterieoptimierung vollbracht, um die Sensorlaufzeiten zu verbessern (Han et al., 2022); die Datenreduktion vor deren Übertragung aus den Vormägen und größere Messintervalle (mit/ohne Präzisionsverlust) werden ebenso genutzt (Knight, 2020). Ein weiterer Ansatz zur Verlängerung der ruminalen pH-Messung könnte in der indirekten pH-Ermittlung über die Temperatur liegen, da diese Messgrößen eng korrelieren (AlZahal et al., 2009) – die effektive Nutzung dieses Ansatzes ist zumindest derzeit durch Events gestört, die die Temperatur nicht jedoch den pH

in den Vormägen verändern, bspw. Östrus oder Krankheit (Han et al., 2022). Da bereits die pH-Messung sehr energieintensiv ist, bleibt es fraglich, ob Forschungsansätze zur Erweiterung des Messspektrums von Pansenboli um kurzkettige Fettsäuren, Ammoniak und Toxine (Han et al., 2022) wirklich umsetzbar sind.

Eine weitere Begrenzung ist der bei allen Elektroden auftretende pH-Drift, der nach wenigen Wochen bis zu 0,3 Einheiten betragen kann (Schori and Münger, 2022). Frühere Studien mit pansenfistulierten Kühen zeigten gar einen pH-Drift von fast 0,5 Einheiten nach einem Monat Nutzungsdauer (Klevenhusen et al., 2014). Folglich ist eine verlässliche SARA-Detektion bereits nach kürzerer Zeit nur bedingt möglich. Durch eine regelmäßige Rekalibration könnte dieser Drift in den Daten korrigiert werden. Da die Boli aber grundsätzlich für die gesamte Lebensdauer im Tier verbleiben (müssen) und Hersteller daher keine Option für eine Re-Kalibration zur Verfügung stellen, bleibt dies eine theoretische Möglichkeit. Lediglich die Sensoren der Firma DASCOR Inc. aus den USA können gezielt rekalibriert werden. Aufgrund ihrer Größe können diese allerdings nur bei pansenfistulierten Rindern eingesetzt werden, was die Anwendbarkeit in der Wissenschaft stark einschränkt und in der Praxis gar gänzlich eliminiert.

Wie zuvor angesprochen, liegen die Pansenboli typischerweise im Retikulum. Aufgrund des Speichereinflusses liegt dort ein höherer pH als im Pansen vor, was bei der Dateninterpretation hinsichtlich SARA bedacht werden muss. Eine generelle Korrektur um bspw. 0.2 Einheiten ist dabei aber nur sehr bedingt hilfreich, da die pH-Differenz nicht allein vom Messort beeinflusst wird (Retikulum vs. Pansen), sondern auch stark mit der Rationsgestaltung, Futteraufnahme und Laktationsabschnitt interagiert (Dijkstra et al., 2020). In diesem Zusammenhang sei auch genannt, dass die Pansenboli nicht zwingend konstant im Retikulum verbleiben und für längere Zeiten im Pansen liegen können (nicht publizierte Daten des Autors), was die Interpretation der pH-Daten erschwert. Gleichzeitig führt dies zusätzlich dazu, dass die Wiederkauaktivität für solche Zeiträume nicht oder falsch erkannt wird.

Die größte Herausforderung beim Einsatz von Pansenboli ist und bleibt die Rohdatenverarbeitung und deren Interpretation (Dijkstra et al., 2020; Knight, 2020; Han et al., 2022). Nur die korrekte Dateninterpretation erlaubt die Erfassung des tatsächlichen Ist-Zustands und somit eine effektive Behandlung von Krankheiten und Fütterungsfehlern. So ist es bspw. essenziell zu verstehen, ob die ruminale Temperatur nach der Abkalbung aufgrund eines Kalziummangels absinkt – und sich so eine (subklinische) Gebärparese manifestiert, der entgegengewirkt werden sollte – oder aber lediglich Tränkeereignisse als „Störevents“ nicht korrekt erkannt wurden. Falsch-positive Meldungen, bspw. ein Fehlalarm für eine Gebärparese, sind zwar *per se* kein Risiko für die Tiergesundheit. Allerdings führt es mittelfristig zur Alarmmüdigkeit (Han et al., 2022), die sich dann durchaus negativ auf die Bestandsbetreuung auswirken kann und letztendlich die Effektivität von technischen Hilfssystemen stark einschränkt. Neben dem Einfluss solch potentieller Störevents, wird die Interpretation jedoch vor allem durch die tierindividuelle Variation erschwert. Das ruminale pH-Muster von Milchkühen reagiert selbst bei identischer Fütterung sehr unterschiedlich (Hartinger et al., 2024) und dies gilt analog für die tägliche Wiederkauzeit (Beauchemin, 2018). Somit ist die Entwicklung von Algorithmen für eine effektive Datenanalyse von enormer Bedeutung. Die Nutzung tierindividueller anstatt starrer Grenzwerte für SARA und andere Aspekte könnte hier die Lösung sein (Villot et al., 2018). Dies wird bereits in Teilen genutzt und sollte durch den Einsatz maschinellen Lernens und künstlicher Intelligenz in Zukunft stark verbessert werden (Knight, 2020). Es sei aber erwähnt, dass selbst wenn tierindividuelle Analysen des ruminalen pH eine SARA zuverlässig erkennen, die potentiellen gesundheitlichen Folgen für das Tier können dennoch nicht vollumfänglich abgeschätzt werden. So zeigen Versuche im *ex vivo* Modell, dass vielmehr die Konzentration kurzkettiger Fettsäuren als der pH-Wert die Schädigung der Epithelbarriere bestimmen (Greco et al., 2018) und auch Kühe mit stark unterschiedlichem SARA-Schweregrad zeigten keine bis marginale Unterschiede in der systemischen Inflammation und der langfristigen Klauengesundheit (Kofler et al., 2023; Hartinger et al., 2024). Somit ist nicht nur die Interpretation der Daten, sondern auch die Interpretation der abgeleiteten Meldungen ein kritischer Punkt.

## Fazit

Der Einsatz von Pansenboli erlaubt eine kontinuierliche und umfangreiche Überwachung des Vormagensystems auf Einzeltierebene, wodurch das Management von insbesondere großen Tierbeständen effektiv unterstützt werden kann. Echtzeitinformationen zum ruminalen pH, sowie dem Trink- und Wiederkauverhalten sind im Hinblick auf die Wiederkäuerfütterung von großem Wert und ermöglichen die schnellstmögliche Reaktion auf Tiergesundheits- und/oder Fütterungsprobleme. Die begrenzte Laufzeit und der Drift der verfügbaren pH-Sensoren, sowie die Herausforderung bei der Datenanalyse und korrekten Interpretation stellen aktuell Begrenzungen in der effektiven Anwendbarkeit, vor allem für die praktische Landwirtschaft, dar.

## Literaturverzeichnis

- AlZahal, O., E. Kebreab, J. France, M. Froetschel und B. W. McBride. 2008. Ruminal temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis. *J Dairy Sci* 91:202–207. doi:10.3168/jds.2007-0535.
- AlZahal, O., M. A. Steele, E. V. Valdes und B. W. McBride. 2009. Technical note: the use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle. *J Dairy Sci* 92:5697–5701. doi:10.3168/jds.2009-2220.
- Beauchemin, K. A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J Dairy Sci* 101:4762–4784. doi:10.3168/jds.2017-13706.
- Berckmans, D. 2017. General introduction to precision livestock farming. *Anim Front* 7:6–11. doi:10.2527/af.2017.0102.
- Capuzzello, G., L. Viora, E. Borelli und N. N. Jonsson. 2023. Evaluation of an indwelling bolus equipped with a triaxial accelerometer for the characterisation of the diurnal pattern of bovine reticuloruminal contractions. *J Dairy Res* 90:1–7. doi:10.1017/S0022029923000134.
- Dijkstra, J., S. van Gastelen, K. Dieho, K. Nichols und A. Bannink. 2020. Review: Rumen sensors: data and interpretation for key rumen metabolic processes. *Animal* 14:s176-s186. doi:10.1017/S1751731119003112.
- Firkins, J. L. und Z. Yu. 2015. Ruminant nutrition symposium: How to use data on the rumen microbiome to improve our understanding of ruminant nutrition. *J Anim Sci* 93:1450–1470. doi:10.2527/jas.2014-8754.
- GfE. 2023. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. 1. Auflage. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere 12. DLG-Verlag, Frankfurt.
- Greco, G., F. Hagen, S. Meißner, Z. Shen, Z. Lu, S. Amasheh und J. R. Aschenbach. 2018. Effect of individual SCFA on the epithelial barrier of sheep rumen under physiological and acidotic luminal pH conditions. *J Anim Sci* 96:126–142. doi:10.1093/jas/skx017.
- Han, C. S., U. Kaur, H. Bai, B. Roqueto Dos Reis, R. White, R. A. Nawrocki, R. M. Voyles, M. G. Kang und S. Priya. 2022. Invited review: Sensor technologies for real-time monitoring of the rumen environment. *J Dairy Sci* 105:6379–6404. doi:10.3168/jds.2021-20576.
- Hartinger, T., E. Castillo-Lopez, N. Reisinger und Q. Zebeli. 2024. Elucidating the factors and consequences of the severity of rumen acidosis in first-lactation Holstein cows during transition and early lactation. *J Anim Sci* 102:skae041. doi:10.1093/jas/skae041.
- Klevenhusen, F., P. Pourazad, S. U. Wetzels, M. Kumar, A. Khol-Parisini und Q. Zebeli. 2014. Technical note: Evaluation of a real-time wireless pH measurement system relative to intraruminal differences of digesta in dairy cattle. *J Anim Sci* 92:5635–5639. doi:10.2527/jas.2014-8038.
- Knight, C. H. 2020. Review: Sensor techniques in ruminants: more than fitness trackers. *Animal* 14:s187-s195. doi:10.1017/S1751731119003276.
- Kofler, J., M. Hoefler, T. Hartinger, E. Castillo-Lopez, J. Huber, A. Tichy, N. Reisinger und Q. Zebeli. 2023. Effects of high concentrate-induced subacute ruminal acidosis severity on claw health in first-lactation Holstein cows. *Animals* 13:1418. doi:10.3390/ani13081418.

- Mialon, M.-M., V. Deiss, S. Andanson, F. Anglard, M. Doreau und I. Veissier. 2012. An assessment of the impact of rumenocentesis on pain and stress in cattle and the effect of local anaesthesia. *Vet J* 194:55–59. doi:10.1016/j.tvjl.2012.02.019.
- Nagaraja, T. G. und E. C. Titgemeyer. 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *J Dairy Sci* 90 Suppl 1:E17-38. doi:10.3168/jds.2006-478.
- Randhawa, S. S., P. S. Dhaliwal, P. P. Gupta, A. K. Ahuja und S. S. Rathor. 1989. Studies of clinico-biochemical and pathological changes in the urea-inuced acute rumen alkalosis in buffalo calves. *Acta Vet. Brno* 58:225–243. doi:10.2754/avb198958020225.
- Schori, F. und A. Münger. 2022. Assessment of two wireless reticulo-rumen pH sensors for dairy cows. *Agrarforschung Schweiz* 13:11–16. doi:10.34776/afs13-11e.
- Tergast, H., H. Hansen und E.-C. Weber. 2022. Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. *Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft*:1–17.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup> ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Villot, C., B. Meunier, J. Bodin, C. Martin und M. Silberberg. 2018. Relative reticulo-rumen pH indicators for subacute ruminal acidosis detection in dairy cows. *Animal* 12:481–490. doi:10.1017/S1751731117001677.
- Welch, J. G. und A. M. Smith. 1968. Influence of fasting on rumination activity in sheep. *J. Anim. Sci.* 27:1734–1737. doi:10.2527/jas1968.2761734x.
- Westlake, K., R. I. Mackie und M. F. Dutton. 1989. *In vitro* metabolism of mycotoxins by bacterial, protozoal and ovine ruminal fluid preparations. *Anim Feed Sci Technol* 25:169–178. doi:10.1016/0377-8401(89)90117-X.
- Zebeli, Q., J. Dijkstra, M. Tafaj, H. Steingass, B. N. Ametaj und W. Drochner. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J Dairy Sci* 91:2046–2066. doi:10.3168/jds.2007-0572.
- Zebeli, Q. und B. U. Metzler-Zebeli. 2012. Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Res Vet Sci* 93:1099–1108. doi:10.1016/j.rvsc.2012.02.004.

#### **Autorenanschrift**

Dr. Thomas Hartinger  
Veterinärmedizinische Universität Wien  
Veterinärplatz 1  
AT-1210 Wien  
E-Mail: thomas.hartinger@vetmeduni.ac.at

# Comparative Analysis of the Detection of Dairy Cows During Drinking Events Using YOLOv5, YOLOs, YOLOv7, and YOLOv8 Models

**Vishal Sharbidar Mukunda<sup>1</sup>, Anish Bipin Jagadale<sup>1</sup>, Mengisti Berihu Girmay<sup>1</sup>, Sheena Mashelkar<sup>1</sup>, Felix Möhrle<sup>1</sup>, Franziska Katharina Burkhardt<sup>2,4</sup>, Jason Jeremia Hayer<sup>3</sup>, Jörg Dörr<sup>1</sup>, Julia Steinhoff-Wagner<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Chair of Digital Farming, RPTU Kaiserslautern-Landau

<sup>2</sup> Institute of Animal Science, University of Bonn

<sup>3</sup> Educational and Research Centre for Animal Husbandry, Hofgut Neumühle

<sup>4</sup> TUM School of Life Sciences, Technical University of Munich

## Introduction

The dairy industry plays an important role in the global agriculture, providing source of essential nutrition [28]. The quality and quantity of dairy products is directly influenced by the health and well-being of dairy cows. Therefore, efficient and effective management of dairy farms is crucial. One of the major bottlenecks in dairy farm management is monitoring the overall health, behavior, and well-being of dairy cows [29]. Additionally, the accurate and real-time detection of dairy cows is needed for activity monitoring and event detection like drinking, fighting and resting. Accomplishing the dairy cow detection is the focus of this work. The focus of this work is the detection of dairy cows in images (e.g., in video recordings obtained from cameras in the barn)

With the advent of computer vision and deep learning techniques, new avenues for automating the detection and monitoring of livestock have opened [1] [4] [13] [30]. The You Only Look Once (YOLO) [15] family of models has gained significant attention in the recent time for its real-time object detection functionality. YOLO models are known for their speed and accuracy, making them suitable for real-time detection applications.

This study answers the following research questions (RQ):

- RQ1: How effective are YOLO models in detecting the dairy cows from a bird's eye view?
- RQ2: Which of the YOLOv5 [16], YOLOs [17], YOLOv7 [18], and YOLOv8 [19] models offer the best performance in terms of precision, recall, F1 score, and mAP?
- RQ3: How can these findings contribute to a broader vision also to identify cows and detect their activities (e.g., drinking behavior)?

The research findings provide valuable insights into the effectiveness of different YOLO models for dairy cow detection using the dataset sourced from Burkhardt et al [14] [31]. The comparative study aims to contribute towards the development of more intelligent and automated livestock management systems for farmers or consultants. This, in turn, promises to lead to enhanced animal welfare.

## Related Work

The application of computer vision and deep learning in livestock farming has been extensively explored in recent years, leading to significant advancements in the detection, identification, and behavior analysis of cattle. This section reviews notable studies focused on the detection of cows and other livestock.

Jingqiu et al. (2017) [4] worked on cow behavior recognition based on image analysis, highlighting the integration of detection systems with behavior monitoring to provide comprehensive livestock management solutions. The study utilized image entropy for object recognition and behavior analysis, applying techniques like minimum bounding box and contour mapping to delineate the cow's outline for specific behaviors. Shojaeipour et al. (2021) [8] proposed an automated biometric identification system using few-shot deep transfer learning, which could significantly improve the accuracy of cattle identification even with limited training data. This approach utilizes YOLOv3 for muzzle detection and ResNet-50 for subsequent biometric identification. Li et al. (2022) [6] explored individual beef cattle identification using muzzle images and deep learning techniques, demonstrating the feasibility and accuracy of biometric identification methods. The study involved high-resolution RGB muzzle images and employed various deep learning models for classification, focusing on models like ResNet-50 for biometric identification. Hossain et al. (2022) [7] conducted a systematic review of machine learning techniques for cattle identification, summarizing various datasets, methods, and future research directions in this domain. The review highlighted the effectiveness of deep learning models such as CNNs, ResNet, and YOLO in cattle identification tasks.

Duraiswami et al. (2022) [10] and Manoj et al. (2021) [11] both contributed to cattle breed detection using image processing and machine learning techniques, which are crucial for breed management and health monitoring. These studies employed models such as Support Vector Machines (SVM) and Convolutional Neural Networks (CNNs) for the classification tasks. Dulal et al. (2022) [3] highlighted the application of YOLO for cattle detection, specifically in automatic cattle identification and using Mosaic augmentation to enhance performance. This approach has been notable for its balance between accuracy and real-time detection speed. Gong et al. (2022) [5] developed a multicow pose estimation method based on keypoint extraction, which offers a robust way to track individual cows' movements and positions within a herd. This method employed the YOLOv4 model for initial detection, followed by keypoint heatmaps and Part Affinity Fields (PAF) for pose estimation. Gupta et al. (2022) [2] proposed a computer vision-based approach for the automatic detection of dairy cow breeds, employing various machine learning models to achieve high accuracy. The research focuses on classifying eight different cow breeds using a custom dataset and employs the YOLOv4 deep learning model for breed classification and localization.

Myat et al. (2023) [1] compared state-of-the-art deep learning algorithms for the automated detection and tracking of black cattle, demonstrating the effectiveness of these methods in real-world farm environments. The study emphasizes the importance of object detection in livestock management, utilizing YOLO detection algorithms, and comparing different versions such as YOLOv5 and YOLOv7. Additionally, the study explores the use of Detectron-2, an instance segmentation model, to refine the detection process and improve the accuracy of tracking multiple cattle in close proximity. Wang et al. (2023) [9] applied an Open Pose Mask R-CNN network for individual cattle recognition, showcasing a method for precise identification under various conditions. This method integrates the skeleton extraction capabilities of Open Pose with the object detection and segmentation features of Mask R-CNN. Zhang et al. (2023) [12] advanced individual cow identification methods by developing a cascaded approach using DeepOtsu and EfficientNet, tailored to the unique patterns and features of each cow. Kawagoe et al. (2023) [13] conducted facial region analysis for individual identification of cows, focusing on the accurate estimation of feeding times, which is vital for monitoring and optimizing feeding strategies.

These studies collectively illustrate the progress in using deep learning and computer vision for the detection, identification, and monitoring of cattle, paving the way for more efficient and effective

livestock management systems. However, to the best of our knowledge, there are no studies comparing the effectiveness of YOLOv5, YOLOs, YOLOv7, and YOLOv8 models for object detection. Additionally, there are no comparable studies which detect dairy cows from a bird's eye perspective. This gap, characterized by the lack of comparative analysis of advanced YOLO models for dairy cow detection from a bird's eye perspective, serves as a significant motivation for our work.

## Proposed Method

The proposed methodology consists of 4 modules. The first module details the data acquisition and preprocessing. In the next module, the model selection process is explained. The third module gives an overview of YOLO models used in our work. In the last module, model inference process is detailed.

## Data Acquisition and Preprocessing

The dataset used in this study was sourced from Burkhardt et al [14]. Dairy cow's behavior was recorded at four troughs in a conventional farm with a herd size of 135 lactating dairy cows [14]. The recorded drinking behavior was analyzed based on 13 defined parameters such as the duration of tasting, or the duration of water intake and others. The dataset consists of videos capturing a bird's eye view of the cows drinking from water troughs. These videos were meticulously annotated using Roboflow [20] and LabelImg [21], resulting in 68,267 annotated images with detailed face and body annotations. The annotations were exported in the YOLO format, providing a rich dataset for training and evaluating the proposed system.

For detection, after annotation, we obtained two preliminary types of files: the image files and the annotations, which in this case are in the standard YOLO format. The YOLO format requires the annotation files to be text files, with each line representing one object in the image and containing the class ID, center x-coordinate, center y-coordinate, width, and height of the bounding box, all normalized to the image dimensions.

During data preprocessing, the images were resized to 640x640 pixels. Data augmentation was done by rotating the images between  $\pm 15^\circ$ . Shear of  $\pm 10^\circ$  horizontal and  $\pm 10^\circ$  vertical were added. To improve the robustness and generalization ability, noise up to 0.5% of pixels were added. Adding noise prevents models from memorizing the training data thus reduces the chances of overfitting.

## Model Selection

The key objective of our work was to detect the cows in real time. R-CNN, Fast R-CNN and Faster R-CNN models were not taken into consideration as YOLO models outperform them in terms of both performance and inference time [22] [23]. In the past, YOLOv1 [15], YOLOv2 [26], YOLOv3 [27] and YOLOv4 [23] used to be state-of-the-art models. With the advent of time, newer versions of YOLO model offered significant improvements in terms of speed and accuracy which adds an advantage for use-cases such as real-time object detection.

In this study, we trained an object detector using YOLOv5, YOLOs, YOLOv7 and YOLOv8. The model selection was based on the state-of-the-art performance, suitability for real-time object detection and efficiency of the respective models. YOLOv5 and later versions have advanced architectural features like E-LAN [18], CSPDarknet53 [23], and a transformer-based architecture which enhanced object localization and feature extraction capabilities.

## Models used for analysis

**YOLOv5** was developed by Ultralytics. It incorporates a pre-trained tool called AutoAnchor that checks and adjusts ill-fitted anchor boxes for given image settings. This version is 90% smaller than YOLOv4 [23]. YOLOv5's architecture consists of three main components: backbone, neck, and head [16].

YOLOv5 uses a modified version of the Darknet53 architecture called CSP-Darknet53 as backbone. This pre-trained network extracts essential features from the input image, reducing spatial resolution while increasing feature resolution.

The neck connects the backbone and the head. YOLOv5 employs two structures in the neck: Spatial Pyramid Pooling (SPP) and New CSP-PAN. SPP helps the model generalize well the objects of different sizes and scales. New CSP-PAN further enhances feature representation and context [16].

The head performs the final stage operations. It applies anchor boxes to feature maps and produces the output, including class predictions, objectness scores, and bounding boxes [16].

**YOLOS** leverages the Vision Transformer (ViT) [25] architecture [17]. Unlike traditional CNNs, YOLOS processes data in sequences, hence the name "You Only Look At One Sequence" [17]. It applies self-attention mechanisms across the entire image to capture the contextual information. Thus, it aims to improve both efficiency and accuracy in object detection task.

**YOLOv7** was introduced in July 2022. It is a single-stage real-time object detector. It has outperformed all previous versions of YOLO in both speed and accuracy. This is achieved by introducing architectural reforms and re-parameterization techniques [18]. The key changes are:

- Extended efficient layer aggregation network (E-ELAN): It controls the shortest and longest gradient path thus allowing the deep model to learn and converge more efficiently [18].
- Model Re-Parameterization: It converts a complex model into a simpler one during inference. Thus, maintaining high performance while being computationally efficient [18].
- Efficiency: The model reduces the computation by 50% and parameter count by 40% compared to other state-of-the-art methods [18].

The **YOLOv8** architecture builds upon the strengths of its predecessors while incorporating several enhancements to improve performance. The network consists of a backbone, neck, and head, designed to effectively capture and process features from input images.

YOLOv8's backbone is based on CSPDarknet53 [23], extracts feature maps from the input image through multiple convolutional layers labeled as P1 to P5, corresponding to different scales. It is designed to improve gradient flow and reduce computational complexity. The feature extraction process can be described by the following equations:

$$F_l = ReLU(W_t * F_{l-1} + B_l)$$

where  $F_l$  is the feature map at layer  $l$ ,  $W_t$  and  $B_l$  are the weights and biases of layer  $l$ , and  $ReLU$  is the ReLU activation function [19].

The neck aggregates feature maps from different levels of the backbone to enhance the detection capability for objects of various sizes. It employs a feature pyramid network (FPN) and path aggregation network (PAN), represented by up-sampling (U) and convolutional layers (C2f and Conv) to combine low-level and high-level features [19].

The head generates the final detection predictions, including bounding boxes, objectness scores, and class probabilities. This is achieved through a series of convolutional layers and anchors, which are

predefined boxes of different sizes and aspect ratios. The prediction process involves calculating the offsets to these anchors.

The loss function combines Complete IoU (CIoU) loss for bounding box regression and Binary Cross Entropy (BCE) for classification. The output layers generate final detection results at multiple scales (P3, P4, P5), ensuring accurate and efficient object detection [19].

YOLOv8 predicts bounding boxes during inference by regressing to the center coordinates, width, and height of each object. The bounding box coordinates  $(b_x, b_y, b_w, b_h)$  are derived as follows:

$$b_x = \sigma(t_x) + c_x$$

$$b_y = \sigma(t_y) + c_y$$

$$b_w = p_w + e^{t_w}$$

$$b_h = p_h + e^{t_h}$$

where  $(t_x, t_y, t_w, t_h)$  are the predicted offsets,  $(c_x, c_y)$  are the coordinates of the top-left corner of the anchor box, and  $(p_w, p_h)$  are the width and height of the anchor box. The function  $\sigma$  represents the sigmoid function, which constrains the predicted center coordinates to be within the anchor box grid cell [19].

## Model Inference

During inference, the input image is resized to 640x640 pixels and passed through the YOLO network. The network processes the image in a single forward pass, generating feature maps at multiple scales. These feature maps are then processed by the neck to aggregate information from different scales. Finally, the head generates the detection predictions for each grid cell in the feature map.

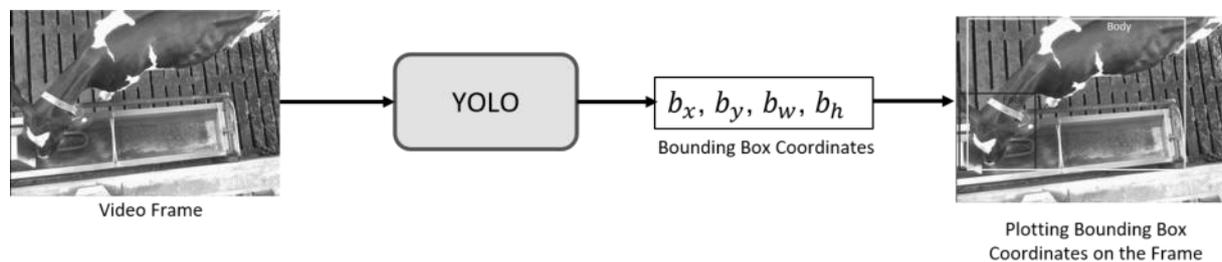


Figure 1: Working flow of YOLO network.

The output of the inference process is a set of bounding boxes with associated confidence scores and class labels, indicating the presence and location of cows in the input image.

## Experimental Setup and Results

### Training and Testing

The experiments were conducted using an NVIDIA V100 GPU with 40GB of memory. All models were trained for 20 epochs on the V100 GPU. The dataset was split in the ratio 80:10:10, i.e., 54,606 images for training, 6,826 for validation, and 6,825 for testing.

### Evaluation Metrics

The model evaluation is done using various metrics including Precision, Recall, mAP50, and mAP50-90. These metrics provide insight into the model's performance in detecting the object.

To understand Precision, Recall and F1 score, we need to understand the concept of True Positive, False Positive, True Negative, and False Negative.

**True Positive:** The model predicted that a bounding box exists at a certain position (positive) and it was correct (true) [24].

**False Positive:** The model predicted that a bounding box exists at a particular position (positive) but it was wrong (false) [24].

**False Negative:** The model did not predict a bounding box at a certain position (negative) and it was wrong (false) [24], i.e. a ground truth bounding box existed at that position.

**True Negative:** The model did not predict a bounding box (negative) and it was correct (true). This corresponds to the background, the area without bounding boxes, and is not used to calculate the final metrics [24].

**Precision:** is a metric that measures how often a model correctly predicts the positive class. A high precision is important when minimizing false detections is a priority [24].

$$Precision = \frac{True\ Positive}{(True\ Positive + False\ Positive)}$$

**Recall:** is a metric that measures how often a model correctly identifies positive instances (true positives) from all the actual positive samples in the dataset. A high recall is vital when it is important to detect all instances of an object (not miss any occurrences) [24].

$$Recall = \frac{True\ Positive}{(True\ Positive + False\ Negative)}$$

**F1 Score:** is the harmonic mean of precision and recall [24].

$$F1\ score = \frac{2 * (Precision * Recall)}{(Precision + Recall)}$$

**Precision-Recall (PR) Curve:** A PR curve plots the value of precision against recall for different confidence threshold values [24].

**Average Precision (AP):** is the area under the PR curve. AP summarizes the PR Curve to one scalar value [24]. Average precision is high when both precision and recall are high, and low when either of them is low across a range of confidence threshold values. The range for AP is between 0 to 1.

$$AP = \int_{r=0}^1 p(r)dr$$

**Mean Average Precision (mAP):** The mean average precision is calculated by taking the average of AP across all the classes under consideration.  $N$  is number of classes [24].

$$mAP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i$$

**mAP50:** Mean average precision calculated at an intersection over union (IoU) threshold of 0.50. It is a measure of the model's accuracy considering only the "easy" detections [24].

**mAP50-90:** The average of the mean average precision calculated at varying IoU thresholds, ranging from 0.50 to 0.95. It gives a comprehensive view of the model's performance across different levels of detection difficulty [24].

## Results

The final inference was performed on 6,825 test images. The test images consist of detailed face and body annotation as ground truth. The results of the detection experiments are summarized in Table 1. The table compares the performance of YOLOv8, YOLOv7, YOLOs, and YOLOv5 versions across multiple metrics.

Table 1: Performance comparison of different YOLO models in terms of Precision, Recall, F1 score, mAP50, and mAP50-90.

Model	Precision	Recall	F1 Score	mAP50	mAP50-90
YOLOv8	<b>0.99</b>	0.97	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.91</b>
YOLOv7	0.97	0.96	0.96	0.95	0.82
YOLOS	0.77	0.78	0.77	0.96	0.88
YOLOv5	0.95	<b>0.98</b>	0.96	0.97	0.73

The outcome of this study answers all our research questions:

Our findings indicate that all YOLO models are highly effective in detecting the dairy cows from a bird's eyes view (RQ1).

For RQ2, as seen in Table 1, YOLOv8 outperforms the other models in terms of precision and F1 score. It also achieves the highest mAP50 and mAP50-90 scores. The precision of YOLOv8 is 2.02% more than the second-best model i.e., YOLOv7. The F1 score of YOLOv8 is 2.04% better than YOLOv7 and YOLOv5. In mAP50 and mAP50-90, YOLOv8 outperforms the second-best model by 1.02% and 3.3% respectively. However, YOLOv5 outperforms YOLOv8 in Recall by 1.02%.

RQ3: Complex systems like real-time monitoring, activity recognition, health monitoring, and automated farm management system are built on top of detection models. Thus, having a high-quality detector is crucial for building an effective and efficient system.

## Conclusion and Future Work

In this study, we conducted a comparative analysis of dairy cow detection using the YOLOv5, YOLOs, YOLOv7, and YOLOv8 models on the data provided by TU Munich School of Life sciences. Our results indicate that YOLOv8 outperforms the second-best model by 2.02% in precision, 2.04% in F1 score and 1.02% and 3.3% in mAP50 and mAP50-90 respectively, making it the most effective model for the detecting task. The superior performance of YOLOv8 indicates its potential for real-time management of dairy cows and monitoring of events like drinking, sipping, and fighting which can lead to more efficient farm operations and better monitoring of animal health.

However, a limitation of this study is the relatively small dataset used for training, evaluation and testing. Future research could benefit from larger and more diverse data sets to validate these results. In addition, integrating YOLOv8 with other sensor data and examining its performance under different environmental conditions could provide more comprehensive insights.

In summary, this study demonstrates the effectiveness of advanced YOLO models in dairy cow detection and paves the way for smarter and automated livestock management systems. Future work is planned in the classification of individual cows and the detecting their activities.

## Acknowledgements

We would like to sincerely thank Burkhardt et al [14] for kindly providing their data. Their support has been crucial to our research on the Sustainable Embedded AI (SembAI) project, giving our analysis a solid base and allowing us to produce insightful findings. We also extend our gratitude to the funding authority, Carl Zeiss Foundation (grant number: P2021-02-009), for their financial support. Their commitment to expanding knowledge and encouraging cooperation among scientists is greatly appreciated.

## References

- [1] Myat Noe, S., Zin, T. T., Tin, P., & Kobayashi, I. (2023). Comparing state-of-the-art deep learning algorithms for the automated detection and tracking of black cattle. *Sensors*, 23(1), 532.
- [2] Gupta, H., Jindal, P., Verma, O. P., Arya, R. K., Ateya, A. A., Soliman, N. F., & Mohan, V. (2022). Computer vision-based approach for automatic detection of dairy cow breed. *Electronics*, 11(22), 3791.
- [3] Dulal, R., Zheng, L., Kabir, M. A., McGrath, S., Medway, J., & Swain, D. (2022). Automatic cattle identification using YOLOv5 and Mosaic augmentation: A comparative analysis. *arXiv preprint arXiv:2210.11939*.
- [4] Jingqiu, G., Zhihai, W., Ronghua, G., & Huarui, W. (2017). Cow behavior recognition based on image analysis and activities. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(3), 165-174.
- [5] Gong, C., Zhang, Y., Wei, Y., Du, X., Su, L., & Weng, Z. (2022). Multicow pose estimation based on keypoint extraction. *PloS one*, 17(6), e0269259.
- [6] Li, G., Erickson, G. E., & Xiong, Y. (2022). Individual beef cattle identification using muzzle images and deep learning techniques. *Animals*, 12(11), 1453.
- [7] Hossain, M. E., Kabir, M. A., Zheng, L., Swain, D. L., McGrath, S., & Medway, J. (2022). A systematic review of machine learning techniques for cattle identification: Datasets, methods and future directions. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 138-155.
- [8] Shojaeipour, A., Falzon, G., Kwan, P., Hadavi, N., Cowley, F. C., & Paul, D. (2021). Automated muzzle detection and biometric identification via few-shot deep transfer learning of mixed breed cattle. *Agronomy*, 11(11), 2365.
- [9] Wang, J., Zhang, X., Gao, G., Lv, Y., Li, Q., Li, Z., Wang, C., & Chen, G. (2023). Open Pose Mask R-CNN Network for Individual Cattle Recognition. *IEEE Access*.
- [10] Duraiswami, N. R., Bhalariao, S., Watni, A., & Aher, C. N. (2022). Cattle Breed Detection and Categorization Using Image Processing and Machine Learning. *2022 International Conference on Advancements in Smart, Secure and Intelligent Computing (ASSIC)*, 1-6.
- [11] Manoj, S., Rakshith, S., & Kanchana, V. (2021). Identification of cattle breed using the convolutional neural network. *2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC)*, 503-507.
- [12] Zhang, R., Ji, J., Zhao, K., Wang, J., Zhang, M., & Wang, M. (2023). A cascaded individual cow identification method based on DeepOtsu and EfficientNet. *Agriculture*, 13(2), 279.
- [13] Kawagoe, Y., & Kobayashi, I. (2023). Facial region analysis for individual identification of cows and feeding time estimation. *Agriculture*, 13(5), 1016.
- [14] Franziska Katharina Burkhardt, Jason Jeremia Hayer, Céline Heinemann, Julia Steinhoff-Wagner (2022). Drinking behavior of dairy cows under commercial farm conditions differs depending on water trough design and cleanliness. *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 256.
- [15] Joseph Redmon, Santosh Kumar Divvala, Ross B. Girshick, Ali Farhadi (2015). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *CoRR*, abs/1506.02640.
- [16] Jocher, G. (2020). YOLOv5 by Ultralytics (Version 7.0) [Computer software]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3908559>
- [17] Fang, Y., Liao, B., Wang, X., Fang, J., Qi, J., Wu, R., Niu, J., & Liu, W. (2021, June 1). You Only Look at One Sequence: Rethinking Transformer in Vision through Object Detection. *arXiv.org*. <https://arxiv.org/abs/2106.00666>
- [18] Wang, C., Bochkovskiy, A., & Liao, H. M. (2022, July 6). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. *arXiv.org*. <https://arxiv.org/abs/2207.02696>
- [19] Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). Ultralytics YOLO (Version 8.0.0) [Computer software]. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- [20] Dwyer, B., Nelson, J., Hansen, T., et al. (2024). Roboflow (Version 1.0) [Software]. Available from <https://roboflow.com>.
- [21] Tzutalin. LabelImg. Git code (2015). <https://github.com/tzutalin/labelImg>
- [22] Dong, W. (2023). Faster R-CNN and YOLOv3: a general analysis between popular object detection networks. *Journal of Physics Conference Series*, 2580(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2580/1/012016>

- [23] Reswara, E., Suakanto, S., & Putra, S. A. (2023). Comparison of Object Detection Algorithm using YOLO vs Faster R-CNN : A Systematic Literature Review. ICBDT '23: Proceedings of the 2023 6th International Conference on Big Data Technologies. <https://doi.org/10.1145/3627377.3627443>
- [23] Bochkovskiy, A., Wang, C., & Liao, H. M. (2020, April 23). YOLOV4: Optimal speed and accuracy of object detection. [arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2004.10934](https://arxiv.org/abs/2004.10934)
- [24] Ultralytics. (2024, July 5). YOLO Performance Metrics. Ultralytics YOLO Docs. <https://docs.ultralytics.com/guides/yolo-performance-metrics/>
- [25] Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., Dehghani, M., Minderer, M., Heigold, G., Gelly, S., Uszkoreit, J., & Houlsby, N. (2020, October 22). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. [arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2010.11929](https://arxiv.org/abs/2010.11929)
- [26] Redmon, J., & Farhadi, A. (2016, December 25). YOLO9000: Better, Faster, stronger. [arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1612.08242](https://arxiv.org/abs/1612.08242)
- [27] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018, April 8). YOLOV3: an incremental improvement. [arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1804.02767](https://arxiv.org/abs/1804.02767)
- [28] Dörr, J., & Nachtmann, M. (2022). Handbook Digital Farming. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64378-5>
- [29] Yu, R., Wei, X., Liu, Y., Yang, F., Shen, W., & Gu, Z. (2024). Research on Automatic recognition of dairy cow daily behaviors based on Deep learning. *Animals*, 14(3), 458. <https://doi.org/10.3390/ani14030458>
- [30] Hossain, M. E., Kabir, A., Zheng, L., Swain, D., McGrath, S., & Medway, J. (2022). A systematic review of machine learning techniques for cattle identification: Datasets, methods and future directions. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 138–155. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.09.002>
- [31] Burkhardt, F. K., Hayer, J. J., Heinemann, C., & Steinhoff-Wagner, J. (2024). Effect of climatic condition, type of trough and water cleanliness on drinking behavior in dairy cows. *Animals*, 14(2), 257. <https://doi.org/10.3390/ani14020257>

#### **Autorenanschrift**

Lehrstuhl Digital Farming  
Erwin-Schrödinger-Str. 1  
RPTU Kaiserslautern-Landau  
67663 Kaiserslautern

# Thermographiemessungen beim Mastschwein für die individuelle Futterzuteilung?

Isabell Braun<sup>1</sup>, Julia Steinhoff-Wagner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, TUM School of Life Sciences, Professur für Tierernährung und Metabolismus

## Einleitung

In der modernen Tierernährung stößt die Fütterung in Gruppen oft an ihre Grenzen, da üblicherweise durch Konkurrenz am Futtertrog und gewichtsbedingte Unterschiede die Versorgung von Masttieren einer Gruppe variiert und damit zum Auseinanderwachsen führt. Diese Variation im Körpergewicht innerhalb der Gruppe wird mit zunehmendem Alter größer. Studien von Reckels et al., 2020 haben gezeigt, dass eine Aufteilung der Tiere in Leistungsgruppen basierend auf individueller Körperzusammensetzung – ermittelt durch das Verhältnis von Rückenfettdicke zum Durchmesser des Längs Rückenmuskels mittels Ultraschalluntersuchungen – eine deutliche Verbesserung darstellt. Angesichts der Tatsache, dass zukünftig aus Nachhaltigkeitsgründen Überschüsse in der Stickstoffausscheidung möglichst minimiert werden sollen, wird die Bedeutung einer individuell angepassten Fütterung umso wichtiger. Dazu werden bereits Sortierschleusen, die die Tiere gemäß ihrem Körpergewicht in unterschiedliche Fütterungsbereiche leiten, genutzt. Das Körpergewicht spiegelt jedoch nur bedingt Größe und Körperzusammensetzung wider. Infrarot Thermographie (IRT) ist eine nicht-invasive Methode, die beliebig oft angewandt werden kann und bereits für andere Zwecke genutzt wird, um z.B. Erkrankungen wie den Mastitis-Metritis-Agalactia Komplex bei Sauen oder Hitzestress frühzeitig zu erkennen, Besamungstermine oder Fleischqualität vorherzusagen oder Entzündungen zu lokalisieren (Warriss et al., 2006; Sykes et al., 2012; Graciano et al., 2014; Caldara et al., 2014; Weschenfelder et al., 2013). Dabei ist die Anwendung beim Schwein aufgrund der Borsten statt Fell noch vergleichsweise wenig beeinträchtigt durch weitere Isolationsschichten (Mohan et al., 2014; Kshirsagar et al., 2009; Tregear, 1965; Mecklenburg et al., 2009). Im folgenden werden Studien zusammengestellt, um zu erörtern, ob IRT ein effektives Werkzeug sein könnte, um Mastschweine in verschiedene Leistungsgruppen einzuteilen. Dies basiert auf der Annahme, dass Unterschiede in der Rückenspeckdicke zu Differenzen in der Körperoberflächentemperatur führen, da Fettgewebe als thermaler Isolator wirkt.

## Material and Methoden

### Tierhaltung

In Lengling et al., 2020a und 2020b wurde ein Versuch mit 980 Mastschweinen durchgeführt, wobei eine Sortierschleuse (Hölscher + Leuschner GmbH und Co. KAG, Emsbüren, Deutschland) die verschiedenen Bereiche in jedem der drei Abteile in zwei Fütterungsbereiche abgrenzte. Es wurde mithilfe von Ultraschall-Untersuchungen das Verhältnis zwischen Rückenfettdicke und dem Durchmesser des *Musculus longissimus dorsi* gemessen (Lengling et al. 2020b; Reckels et al. 2020). Über eine

Einzeltiererkennung durch die RFID Ohrmarke konnten tierindividuelle Daten erfasst werden. Bei jedem Durchgang eines Tieres durch die Schleuse wurden mithilfe einer Wiegebrücke und dreidimensionaler Kamera-Technologie das individuelle Gewicht und die Körperkondition aufgezeichnet. Thermografische Aufnahmen mit der Vario CAM (InfraTec GmbH, Dresden, Germany; Spectralbereich 7,5 bis 14  $\mu\text{m}$ , Temperaturspanne -40 bis 1200  $^{\circ}\text{C} \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$ ) wurden an 529 Tiere an 3 Tagen während der Mastperiode vorgenommen (Masttag 32, 61 und 109).

### Bilderauswertung

Zur Auswertung der Thermografie Bilder wurde die IRBIS® Software (InfraTec GmbH, Dresden, Germany) verwendet. Es wurden zwei Evaluierungsmethoden miteinander verglichen, die in der Größe des Messpunktes variieren. Einmal wurde der gesamte Rücken jedes Tieres in Form einer Ellipse (ME = Maximal Eclipse) betrachtet und einmal ein Kreis (SC = Standardized circle) mit einem Radius von 3,5 cm und einem Inhalt von 28,5  $\text{cm}^2$ . Die IRT-Bilder wurden deskriptiv von der IBRIS Software mit Minimum, Mittelwert und Maximum ausgewertet im Messbereich.

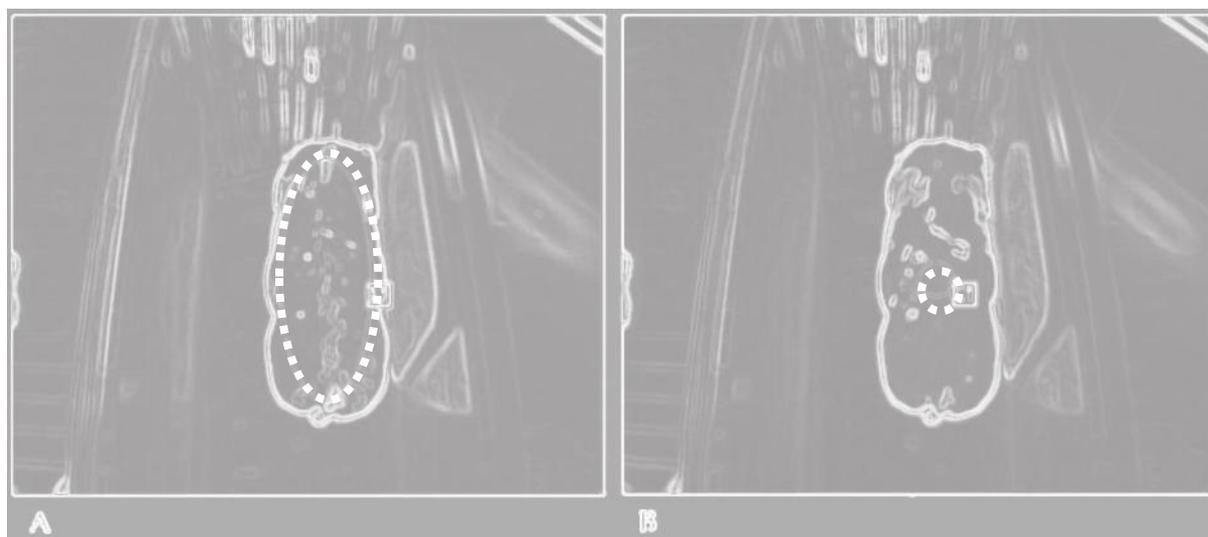


Abbildung 1: Vergleich zweier Evaluierungsmethoden. (A) Die maximale Ellipse berücksichtigt die maximal auswertbare Fläche (B) wohingegen der standardisierte Kreis an die Region der Ultraschallmessung angelehnt ist (Lengling et al. 2020a).

## Ergebnisse und Diskussion

Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Evaluierungsmethoden. Die gemessene mittlere Oberflächentemperatur war mit der maximalen Ellipse erwarteterweise niedriger als mit dem standardisierten Kreis. Die in der Ellipse gemessene Temperatur wies mit einem Unterschied 6,86  $^{\circ}\text{C}$  zwischen höchster und niedrigster gemessener Temperatur eine höhere Spannweite auf, als die mit dem Kreis bestimmte Temperatur mit einem Unterschied von 2,41  $^{\circ}\text{C}$ . Bei verschmutzten Tieren war die Körperoberflächentemperatur meist geringer als bei unverschmutzten Tieren. Bei beiden Methoden zeigte die Maximaltemperatur die geringste Varianz. Minimaltemperaturen wurden durch den Verschmutzungsgrad der Tiere stärker beeinflusst als durch mittlere und maximale Temperatur (Lengling et al., 2020a). Grundsätzlich gilt zu beachten, dass Körpertemperaturdaten in der Regel

linksschiefe Verteilungen aufweisen, deswegen sind die Daten vor der Auswertung entsprechend zu überprüfen und ggf. zu transformieren. Für den praktischen Einsatz würde sich die maximal mögliche Fläche, sowie die Maximaltemperatur am besten eignen, denn dann wären Fehler durch Verschmutzungen minimiert und da es üblicherweise keine wärmeren Quellen in der Umgebung gibt, repräsentiert die maximale Temperatur die Wärmeabstrahlung des Tieres am besten. Die Korrelationen zur Rückenspeckdicke sind in Abbildung 2 gezeigt (Daten aus Alfert, 2020).

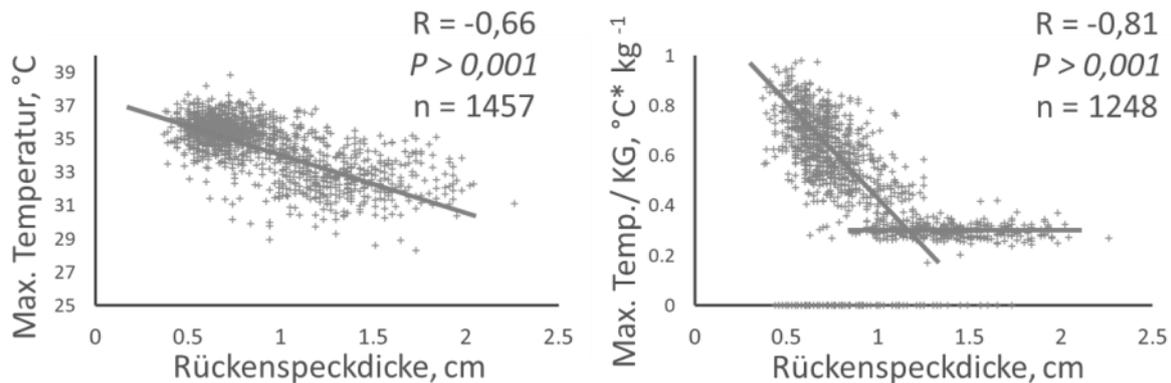


Abbildung 2: Die Oberflächentemperatur der Schweine nahm mit steigender Rückenspeckdicke ab (A), diese Korrelation scheint jedoch, wenn man eine Korrektur um das Gewicht als Hilfsgröße für das Körpervolumen durchführt, auf eine Rückenfettdicke von unter 1,2 cm bei Raumtemperatur (22°C) beschränkt zu sein (B) (Daten aus Alfert, 2020).

Der Einsatz von IRT-Systemen war davon abhängig, dass eine Differenz zwischen Umgebungstemperatur und Oberflächentemperatur bestand. Je wärmer die Umgebungstemperatur, desto weniger ließen sich Unterschiede in der Oberflächentemperatur sichtbar machen. Auf der anderen Seite waren die Oberflächentemperaturen von Schweinen bei europäischen Durchschnittstemperaturen stark angelehnt an die bekannten Spannen von oberer und unterer kritischer Temperatur. Diese sind bei Ferkeln 26-32 °C und bei älteren Schweinen 0-25 °C (Bianca, 1976; Babinszky et al., 2011), wobei der absolute Wert stark abhängig von der Definition, Erfassungsmethode und den Erfassungsbedingungen ist. Bei neugeborenen Schweinen sind diesbezüglich schon wenige Tage ausschlaggebend, an denen mit Zunahme der Körperfettreserven die Oberflächentemperatur sinkt (Schmid et al., 2021). Es ist wichtig diese Limitierungen zu verstehen, um sinnvolle Einsatzgebiete von IRT-Systemen zu definieren.

## Fazit

Grundsätzlich eignet sich IRT bei uns unter Bedingungen von unter 25°C Umgebungstemperatur gut, um die Körperzusammensetzung jüngerer Tiere abzuschätzen. Oberflächen-IRT-Messungen waren nur bei Schweinen unterhalb einer Rückenspeckdicke von 1,2 cm möglich. Für Klassifizierungen in der Mittel- bzw. Endmast scheint diese Methodik aufgrund zu geringer Differenzen zur Umgebungstemperatur eher ungeeignet. Andere Nutztierarten haben eine höhere Isolationsschicht oder eine höhere Rückenspeckdicke als Schweine, somit würde eine Klassifizierung dort noch weniger aussichtsreich sein.

## Literaturverzeichnis

- Alfert, Antonius (2020): Untersuchungen zum Einsatz der Thermographie in Großgruppenhaltungen von Mastschweinen. Masterarbeit LWF Universität Bonn, eingereicht am 26.03.2020.
- Babinszky, L., Halas, V. und M. W. A. Verstegen (2011): Impacts of Climate Change on Animal Production and Quality of Animal Food Products. In: Kheradmand, H. (Hrsg.): Climate Change – Socioeconomic Effects. 1. Auflage, Intech, Rijeka, Kroatien.
- Bianca, W. (1976): The Significance of Meteorology in Animal Production. *International Journal of Biometeorology* Vol. 20 (2), 139-156.
- Caldara FR, dos Santos LS, Machado ST, Moi M et al (2014) Piglets' surface temperature change at different weights at birth. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 27: 431-438.
- Graciano, D.E., Nääs, I. A., und F. R. Caldara (2014) Identificação de artrite em suíno utilizando imagem termográfica. *Boletim de Indústria Animal (Online)* 71: 58-62.
- Kshirsagar, S. V., Singh, B. und S. P. Fulari (2009): Comparative Study of Human and Animal Hair in Relation with Diameter and Medullary Index. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, Vol. 2, No. 3.
- Lengling, Alexandra; Alfert, Antonius; Reckels, Bernd; Steinhoff-Wagner, Julia; Büscher, Wolfgang (2020a): Feasibility Study on the Use of Infrared Thermography to Classify Fattening Pigs into Feeding Groups According Their Body Composition. In: *Sensors* 20 (18), S. 5221. DOI: 10.3390/s20185221.
- Lengling, A., Reckels, B., Schwennen, C., Hölscher, R., Waldmann, K. H., Visscher, C., & Büscher, W. (2020b). Validation of a new resource-efficient feeding system for fattening pigs using increased crude fiber concentrations in diets: Feed intake and ammonia emissions. *Animals*, 10(3), 497.
- Mecklenburg, Lars, Monika Linek, and Desmond J. Tobin, eds. *Hair loss disorders in domestic animals*. John Wiley & Sons, 2009.
- Mohan, N. H., Debnath, S., Mahapatra, R. K., Nayak, L. K., Baruah, S., Das, A., Banik, S., und M. K. Tamulia (2014): Tensile properties of hair fibres obtained from different breeds of pigs. *Biosystems Engineering*. Vol. 119, 35-43. Doi: 10.1016/j.biosystemseng.2014.01.003.
- Reckels, Bernd; Hölscher, Richard; Schwennen, Cornelia; Lengling, Alexandra; Stegemann, Ute; Waldmann, Karl-Heinz; Visscher, Christian (2020): Resource-Efficient Classification and Early Predictions of Carcass Composition in Fattening Pigs by Means of Ultrasound Examinations. In: *Agriculture* 10 (6), S. 222. DOI: 10.3390/agriculture10060222.
- Schmid, S.M.; Büscher, W.; Steinhoff-Wagner, J.: Suitability of Different Thermometers for Measuring Body Core and Skin Temperatures in Suckling Piglets (2021). *Animals* 11, 1004.
- Sykes, D.J., Couvillion, J.S. und A. Cromiak, (2012) The use of digital infrared thermal imaging to detect estrus in gilts. *Theriogenology* 78:147-152.
- Tregear, R. T. (1965): Hair density, wind speed and heat loss in mammals. *Journal of Applied Physiology*, 1965, 796-801.
- Warriss, P.D., Pope, S. J. and S. N. Brown (2006) Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. *Vet. Record* 158:331-334.
- Weschenfelder, A. V., Maldague, X., Rocha, L. M., Schaefer, A. L., Saucier, L., und L. Faucitano (2014): The use of infra-red thermography for pork quality prediction. *Journal of Meat Science* 96 (1), 120-125. Doi: 10.1016/j.meatsci.2013.05.047.

**Autorenanschrift**

Prof. Dr. Julia Steinhoff-Wagner  
Animal Nutrition and Metabolism  
TUM School of Life Sciences  
Technical University of Munich  
Liesel-Beckmann-Str. 2  
85354 Freising-Weihenstephan  
Germany  
E-Mail: jsw@tum.de

# Digitalisierung in der Schweinehaltung – Erfahrungen zur Tierbeobachtung und -versorgung aus dem Demonstrationsprojekt DigiSchwein

**Marc-Alexander Lieboldt<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Tierzucht, Tierhaltung, Versuchswesen, Oldenburg

## Einleitung

Die Schweinehaltung durchlebt seit Jahren einen tiefgreifenden Strukturwandel, der das Betriebsmanagement vor immer neue Herausforderungen stellt. Personal- und zeitintensive Tätigkeiten betreffen in der Schweinehaltung insbesondere die Bereiche Tierbeobachtungen und -versorgung (Tiermanagement). Um hier optimale Entscheidungen treffen zu können, sind stets aktuelle Informationen über den Zustand der Tiere, ihre Haltungsumwelt sowie über die im Stall betriebenen technischen Anlagen erforderlich. In der Praxis werden diese Informationen routinemäßig im Rahmen täglicher, zeitlich begrenzter Kontrollgänge durch das tierbetreuende Personal erhoben und dokumentiert. Auf diese Weise wird der gesetzlichen Kontrollpflicht nach dem Tierschutzgesetz und der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung nachgekommen (Lieboldt et al., 2021).

Aufgrund verschiedener mensch-, tier- und haltungsbezogener Einflussfaktoren unterliegt das durch Personen erhobene Kontrollergebnis jedoch Schwankungen. Neben der Mensch-Tier-Interaktion im Haltungsbereich spielen u. a. die Anzahl der zu kontrollierenden Tiere pro Arbeitskraft, deren Erfahrung und subjektive Wahrnehmung sowie die zur Verfügung stehende Beobachtungszeit eine wichtige Rolle. Um bestehende Beobachtungslücken zwischen Kontrollgängen zu schließen und die personengestützte Tierbeobachtung, auch in Hinblick auf Einzeltiere, zu ergänzen, nimmt der Einsatz digitaler Assistenzsysteme im Schweinestall allmählich zu (Gómez et al., 2021). Digitale Assistenzsysteme sollen ein Echtzeit-Monitoring auf Grundlage einer kontinuierlichen, automatisierten Datenerfassung im Stall ermöglichen (Benjamin und Yik, 2019). Durch eine engmaschigere Tierkontrolle, Früherkennung und Vorhersage von Auffälligkeiten sowie fortlaufende Dokumentation sollen diese Systeme die Arbeitswirtschaft und Entscheidungsfindung unterstützen. Im Vergleich zur Milchviehhaltung sind Systeme zur automatischen Erfassung tierbezogener Daten in der Schweinehaltung allerdings noch stark unterrepräsentiert. Verfügbare Systeme stellen meist Insellösungen für wenige, eng definierte Anwendungsfälle dar (Hölscher, 2020).

Das Grundkonzept digitaler Assistenzsysteme aufgreifend hat das vom BMEL geförderte Verbundprojekt „Experimentierfeld DigiSchwein“ (02/2020 bis 12/2024) zum Ziel, marktverfügbare Sensor- und Digitaltechnik hinsichtlich ihres Einsatzpotentials und ihrer Praxistauglichkeit in der Schweinehaltung zu erproben und ein sensorbasiertes Frühwarn- und Entscheidungshilfesystem zu praxisrelevanten Anwendungsfällen prototypisch zu entwickeln. Hierzu werden umfangreiche Tier-, Umwelt- und Anlagendaten cloudbasiert verknüpft und anwendungsfallbezogen ausgewertet.

## Material and Methoden

Das interdisziplinäre Projektkonsortium umfasst die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, den OFFIS e.V., die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, das Johann Heinrich von Thünen-Institut, die Stiftung

Tierärztliche Hochschule Hannover und die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, die die im Projekt erforderliche Expertise in den Bereichen landwirtschaftlicher Beratung, Informatik, Agrarwissenschaft und Veterinärmedizin bündeln.

Als praxisrelevante Anwendungsfälle dienen für die projektbezogene Erprobung und Systementwicklung die folgenden Forschungsschwerpunkte:

Datenmanagement sowie Entwicklung schweinespezifischer Datenanalysemodelle,

Plausibilitätsanalyse eingesetzter Sensor- und Digitaltechnik sowie der damit erfassten Daten,

kamera-, mikrofon- und sensorbasierte Früherkennung von Abweichungen in der Tiergesundheit und im Tierverhalten, wie z. B. Schwanzbeißen, einschließlich der Überwachung ihrer Risikofaktoren,

Geburtsüberwachung mittels intelligenter Kamerasysteme und Sensorohrmarken (z. B. automatische Erkennung, Prädiktion und Bewertung von Geburten und ihrer Verläufe, Messung von Zeitabständen zwischen der Geburt aufeinanderfolgender Ferkel, Säugeverhalten).

Die Datenerfassung im „Experimentierfeld DigiSchwein“ fand auf der Versuchsstation für Schweinehaltung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Bad Zwischenahn-Wehnen) bei Sauen, Aufzuchtferkeln und Mastschweinen über mehrere Durchgänge zwischen Mai 2021 und Februar 2024 statt. In der initialen Projektphase wurden marktverfügbare Systeme unterschiedlichen Messprinzips an repräsentativen Stellen in der Haltungsumgebung der Tiere sowie an den darin betriebenen technischen Anlagen installiert (Abbildung 1). Als Sensoren am Tierkörper kamen im Projekt RFID-Transponder und Sensorohrmarken zur Messung der Bewegungsaktivität zum Einsatz. Im Versuchsstall wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Systeme hinsichtlich ihres Einsatz- und Vernetzungspotentials für die Echtzeit- und Verlaufskontrolle sowie die Früherkennung von Auffälligkeiten beim Einzeltier und bei Gruppen von Schweinen näher untersucht.



Abbildung 1. Mit vielfältiger Sensortechnik ausgestattetes Mastabteil im „Experimentierfeld DigiSchwein“ auf der Versuchsstation für Schweinehaltung in Bad Zwischenahn-Wehnen.

Die im Stall erfassten Daten wurden von PCs aus über das Glasfasernetz auf eine projekteigene Datenmanagementplattform übertragen, die auf Open Source Big Data und Cloud-Technologien basiert. Die heterogenen Forschungsdaten wurden dort als zeitgestempelte Werte auf Abteil-, Buchten- oder Einzeltierebene gespeichert und für die anwendungsfallbezogenen Analysen bereitgestellt. Aufgrund der umfangreichen Datenmenge kamen v. a. Analyseverfahren aus den Bereichen *Machine Learning* und

*Deep Learning* bzw. der *Data Science* zum Einsatz. Die für den jeweiligen Anwendungsfall erfassten Sensordaten wurden verknüpft und in interpretierbare Kennzahlen überführt. Diese können wiederum kontinuierlich und in Echtzeit mit Referenzdaten (z. B. gesetzlichen Grenzwerten, wissenschaftlichen Empfehlungen) abgeglichen und bewertet werden.

Das Ergebnis der Datenanalyse wird dem Systemnutzer in schnell erfassbarer Form über ein anwendungsfallbezogenes (modulares) Dashboard visualisiert. Ein entsprechender Prototyp wurde im Rahmen der Projektlaufzeit bereits entwickelt, der bis zum Projektende kontinuierlich an neue Ergebnisse angepasst wird. Im Dashboard können sich Anwender ihre Benutzeroberfläche mit den für sie relevanten Inhalten über eine Self-Service BI eigenständig gestalten. Durch Warnmeldungen nach einem Ampelsystem werden die Anwender im Dashboard über Auffälligkeiten in den verarbeiteten Datenquellen sowie über ihre Lokalisation im Stall informiert. Das Dashboard dient als direkte Entscheidungshilfe zur Optimierung des Tiermanagements.

Tabelle 1. Übersicht ausgewählter Sensorsysteme zur Erfassung tier-, umwelt- und anlagenbezogener Daten mit Bedeutung für das Tiermanagement im „Experimentierfeld DigiSchwein“.

Sensorsystem	Bezugsebene	Zweck
RFID-Transponder und -Antenne	Einzeltier	Einzeltieridentifikation in Sensorstation
RBG-Kamera	Tiergruppe	Erfassung von Bewegungsaktivität und Verhalten
3D-Kamera	Einzeltier	Schätzung des aktuellen Körpergewichtes (gekoppelt an RFID-Erkennung)
Wärmebildkamera	Einzeltier	Erfassung der Körperoberflächentemperatur im Kopfbereich (gekoppelt an RFID-Erkennung)
Mikrofon	Tiergruppe	Erfassung sämtlicher Geräusche (z.B. Grunzen, Husten, Schmerzlaute)
Beschleunigungssensor (Ohrmarke)	Einzeltier	Erfassung der Bewegungsaktivität zur Detektion ausgewählter Verhaltensweisen (z.B. Rausche, Nestbau, Abferkelung)
Wasserdurchflusssensor	Einzeltier	Erfassung verbrauchter Tränkwassermengen (gekoppelt an RFID-Erkennung)
Füllstandssensor und Wiegezone in Fütterungs- sowie Beschäftigungsanlage	Tiergruppe	Erfassung in Bucht eingebrachter Futter- und Beschäftigungsmaterialmengen
Stallklimasensoren	Tiergruppe	Erfassung der Lufttemperatur und -feuchtigkeit, Lichtintensität und Schadgaskonzentration (NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> )

## Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der im Projekt noch andauernden Datenauswertung beschränkt sich dieser Beitrag auf erste Erfahrungen zur Tierbeobachtung und -versorgung anhand ausgewählter Anwendungsbeispiele.

### Intelligente Kamera- und Mikrofonsysteme:

Im Bereich intelligenter Kamerasysteme wurden zunächst Modelle zur Erkennung von Schweinen und ausgewählten Körperpartien entwickelt. Ausgehend von diesen Modellen wurden in den konkreten Anwendungsfällen Krankheitsfrüherkennung, Schwanzbeißen und Geburtsmonitoring Klassifikationen der Körperhaltung (z. B. liegend vs. nicht liegend) und der Schwanzhaltung (z. B. geringelt vs. nicht geringelt), das Erkennen reduzierter und gesteigerter Aktivität, das Erkennen von Geburtsbeginn und -verlauf, die Erfassung von Zeitabständen zwischen Geburten sowie das Tracking von Tieren etabliert. Die Zwischenergebnisse sind sehr vielversprechend. Als praxisrelevantes Beispiel sei kurz näher auf die automatisierte Erkennung der Schwanzhaltung eingegangen (Abbildung 2).

Aus vorangegangenen Projekten ist bekannt, dass die Schwanzhaltung bei Schweinen ein wichtiger Indikator für das Wohlbefinden der Tiere ist. Ein hängender Schwanz ist bei stehenden, unkupierten Schweinen ein Hinweis für Unwohlsein. Für das Tiermanagement ist es daher sehr hilfreich, die Schwanzhaltung engmaschig zu bonitieren und über die Zeit zu dokumentieren, wie sich das Verhältnis geringelten zu hängenden Schwänzen auf Buchtenebene verändert. Eine solche Bonitur ist angesichts des enormen Zeit- und Dokumentationsaufwandes im Rahmen täglicher personengestützter Kontrollgänge nicht darstellbar. Zudem bilden die Boniturergebnisse nur Momentaufnahmen ab. Um frühzeitig und objektiv auf Veränderungen in diesem Bereich aufmerksam zu werden, ist eine lückenlose, automatisierte Bonitur zielführend. Diese Anforderung kann der im Projekt DigiSchwein entwickelte Algorithmus bereits mit einer hohen Zuverlässigkeit leisten. Durch die Kombination mit Daten weiterer Sensorsysteme, die Risikofaktoren für Schwanzbeißen überwachen (z. B. Stallklima, Wasserversorgung), werden im Prototyp des Frühwarn- und Entscheidungshilfesystems später Handlungsempfehlungen zur Ursachenforschung sowie zur Einleitung geeigneter Gegenmaßnahmen bei Schwanzbeißen gegeben. Auf diese Weise sollen die im Betrieb verfügbaren Ressourcen schnell und effizient eingesetzt sowie Gesundheits- und Leistungseinbußen der Tiere einschließlich Mehraufwände durch Tierarztkosten verhindert werden. Anhand dieses Beispiels wird das enorme Einsatzpotential von KI bei der Entwicklung bildbasierter Assistenzsysteme in der Schweinehaltung sehr gut deutlich.

Aufbauend auf der automatisierten Bildanalyse erfolgten im Projekt „DigiSchwein“ bereits erste Kombinationen mit der Analyse von parallel aufgezeichneten Audiodaten. Im Kontext „Schwanzbeißen“ wurde ein Verfahren entwickelt, dass nach der akustischen Detektion schriller Schmerzäußerungen über die Kopplung zeitgestempelter Videodaten die betreffende Haltungsbucht identifiziert und dem Systemnutzer ein Standbild des Vorfalls übermittelt. Bei Schwanzbeißvorfällen können auf diese Weise Tätertiere leichter identifiziert und erforderliche Managementmaßnahmen eingeleitet werden.



Abbildung 2. Beispiel für eine Videobildanalyse mittels Machine Learning Algorithmen zur Erkennung von Schweinen sowie der Klassifizierung ihrer Schwanzhaltung in sog. Bounding Boxes.

#### Beschleunigungssensor-Ohrmarke:

Zwischenergebnisse verdeutlichen, dass die am Ohr über den Beschleunigungssensor gemessene Gesamtaktivität bzw. ihrer Veränderung Fütterungszeitpunkte, den Tag-Nacht-Rhythmus und das Nestbauverhalten von Sauen zuverlässig detektieren kann. Anhand der absolut gemessenen Beschleunigungen sind jedoch große tierindividuelle Unterschiede feststellbar, die das Festlegen allgemeingültiger, absoluter Alarm- und Schwellenwerte z. B. für den nahenden Geburtsbeginn wenig sinnvoll erscheinen lassen. Physiologische Veränderungen in der Gesamtbewegungsaktivität geburtsnaher Sauen von 96 Stunden *ante partum* bis 96 Stunden *post partum* lassen sich bei Sauen in verschiedenen Abferkelsystemen (freie vs. fixierte Abferkelung) mit Hilfe der Sensorohrmarke nachweisen. Angesichts tierindividueller Unterschiede in der Gesamtbewegungsaktivität erfordert eine zuverlässige Alarmgenerierung des bevorstehenden Geburtszeitpunktes auf Einzeltierebene die Echtzeitanalyse der einzeltierspezifischen Bewegungsintensitäten. Hierfür eignen sich KI-Ansätze, die tierindividuelle Bewegungsmuster erlernen und Abweichungen hiervon erkennen können. Eine bis auf wenige Stunden exakte Vorhersage des Geburtsbeginns würde es der Praxis ermöglichen, die zukünftig geltende Fixierdauer von maximal 5 Tagen bei Sauen in Abferkelbuchten effizienter zum Schutz der neugeborenen Ferkel zu nutzen.

#### Einzeltierbezogene Datenerfassung in Sensorstation:

Für die einzeltierbezogene Datenerfassung unter Praxisbedingungen ist eine elektronische Einzeltierkennzeichnung unerlässlich. RFID-Ohrmarken präsentieren sich hierbei als robuste und praxistaugliche Basistechnologie. Die im Projekt eigens erstellte Sensorkombination in modifizierten Sortierschleusen verdeutlicht die Herausforderungen der Interoperabilität unterschiedlicher Hard- und Softwaresysteme, um Einzeltier-bezogene Daten zu erheben. Aufwändige Programmierungen waren erforderlich, damit das RFID-Ohrmarkensignal eines in der Sensorstation befindlichen Schweines die Aktivierung einer 3D- und Wärmebildkamera triggert, um deren Messung bzw. Aufzeichnung zu starten. Beim Abrufen von Wasser über die in der Sensorstation befindliche Tränke wird der tierindividuelle Wasserverbrauch dem gleichzeitig optisch geschätzten Körpergewicht sowie der im Kopfbereich der Tiere gemessenen Körperoberflächentemperatur zugeordnet. Die Zwischenergebnisse im Projekt zeigen, dass, je nach Sensorsystem, der einzelnen Messung weniger Bedeutung beizumessen ist als ihren Tages- oder Wochenmittelwerten, die einzelne Ausreißerwerte bzw. Fehlmessungen nivellieren.

Erste Auswertungen zu an verschiedenen Stellen im selben Stallabteil gemessenen Schadgaswerten deuten zudem an, dass die Überwachung von Ammoniak und Kohlenstoffdioxid an lediglich einer zentralen Stelle im Abteil, je nach Lüftungssystem, mitunter ungenügend sein kann.

#### Herausforderungen:

Bei bild- und mikrofonbasierten Verfahren stellt sich in der Praxis angesichts von Störfaktoren wie Staub, Fliegen und Ammoniak allerdings oft die Frage nach ihrer Langlebigkeit und Verschmutzungsintensität im Stalleinsatz. Erfahrungen aus „DigiSchwein“ zu Systemausfällen und unplausiblen Daten bestätigen, dass vielfach noch die erforderlichen technischen Voraussetzungen bei Hard- und Software geschaffen werden müssen, um eine angemessene Ausfallsicherheit datenerfassender Systeme sowie daran angeschlossener Netzwerke unter Praxisbedingungen zu gewährleisten. Die Generierung valider und zudem weitgehend lückenloser Datensätze erfordert oftmals redundante Strukturen sowie eine gute Interoperabilität der Hard- und Softwarekomponenten. Das Auftreten von Datenlücken infolge von Systemausfällen kann den Mehrwert digitaler Assistenzsysteme schnell limitieren.

## Fazit

Die automatisierte Tierbeobachtung und -versorgung in der Schweinehaltung

- steht am Anfang ihrer Entwicklung und kann Tierhalter bei wachsenden Herausforderungen unterstützen (z. B. Einzeltier-bezogene Datenerfassung, Dokumentationspflichten), aber nicht gesetzlichen Pflicht zur täglichen Tierkontrolle entbinden und damit auch nicht ersetzen.
- muss als EIN Hilfsmittel und nicht als DIE Lösung verstanden werden. Sie muss der der Komplexität betrieblicher Prozesse in der Schweinehaltung sowie im Verhalten von Schweinen angemessen Rechnung tragen.
- erfordert sensorbasierte Assistenzsysteme, die stalltauglich und intuitiv zu bedienen sind und Daten kontinuierlich und zuverlässig erfassen, verknüpfen, auswerten und visualisieren.
- erfordert die Kombination unterschiedlicher Assistenzsysteme (Insellösungen), um Aussagen zu komplexeren tierbezogenen Vorgängen zu treffen (z. B. Schwanzbeißen, Säugeverhalten).
- birgt großes Potential zur positiven Beeinflussung des Tiergesundheitsmanagements durch Datenverknüpfung und Früherkennung (Echtzeitanalyse, Prognosemodelle).
- birgt auch Herausforderungen und Risiken, die es bei weiterer Entwicklung sorgfältig zu beachten gilt (z. B. Inkompatibilität von Systemen, Haltbarkeit, Wartungs- und Investitionsaufwand, Datenschutz, Datensicherheit, Breitbandausbau, Qualifikation).

Wie sich die zukünftige Nutzung solcher Systeme in der deutschen Schweinehaltung im Detail entwickeln wird, ist angesichts der ungewissen Zukunftsaussichten der Branche nur schwer zu prognostizieren. Betrachtet man die Entwicklungen der vergangenen Jahre, wird deutlich, dass zunehmend mehr smarte Systeme für die Schweinehaltung auf den Markt kommen. Die Schweinehaltung ist hochinnovativ und macht gerade ihre großen Schritte in Richtung *Smart Pig Farming*.

## Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung im Rahmen des Zukunftsprogramms Digitalpolitik Landwirtschaft (Förderkennzeichen: 28DE109A18). Darüber hinaus wird allen am Projekt beteiligten Mitarbeitenden des Projektkonsortiums für die geleistete Arbeit gedankt.

## Literaturverzeichnis

Benjamin, M., Yik, S. (2019). Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. *Animals*, 9(4), 133.

Gómez, Y., Stygar, A. H., Boumans, I. J., Bokkers, E. A., Pedersen, L. J., Niemi, J. K. Pastell, M., Manteca, X., Llonch, P. (2021). A systematic review on validated precision livestock farming technologies for pig production and its potential to assess animal welfare. *Frontiers in veterinary science*, 8, 660565.

Hölscher, P. (2020). Precision Livestock Farming beim Schwein: Bedeutung und Anwendung auch in der Tiergesundheit. In: Herbstsymposium 2020: Gesundheit beim Schwein - Was bringt die Zukunft: Abstracts. MSD Tiergesundheit, 1-5.

Lieboldt, M.-A., Sagkob, S., Reinkensmeier, J., Gómez, J. M., Hölscher, Reinkensmeier, J., Kemper, N., Traulsen, I., Drücker, H., Diekmann, L., (2021). Experimentierfeld DigiSchwein. In: Meyer-Aurich, A., Gandorfer, M., Hoffmann, C., Weltzien, C., Bellingrath-Kimura, S. & Floto, H. (Hrsg.), 41. GIL-Jahrestagung, Informations- und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 391-396.

### Autorenanschrift

Dr. Marc-Alexander Lieboldt  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Geschäftsbereich Landwirtschaft  
Fachbereich Tierzucht, Tierhaltung, Versuchswesen  
Mars-la-Tour-Straße 6  
26121 Oldenburg  
E-Mail: marc-alexander.lieboldt@lwk-niedersachsen.de; Tel.: 0441-801-638

## **Noch ein weiter Weg - Futteraufnahme auf Einzeltierbasis bei Geflügel**

**Christina Gruber <sup>1</sup>, Silvia Wein <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> dsm-firmenich, Animal Nutrition and Health R&D Center, Tulln

### **Einleitung**

Die Erfassung der Einzeltierfutteraufnahme spielt eine zunehmend wichtige Rolle in der modernen Tierproduktion, da sie eine präzise Bewertung der Futtereffizienz und des individuellen Wachstumsverhaltens erlaubt. Diese Daten sind nicht nur entscheidend für die Optimierung von Fütterungsstrategien und die genetische Selektion, sondern stärken auch die statistische Power in wissenschaftlichen Untersuchungen. Durch die Berücksichtigung individueller Unterschiede kann die Variabilität zwischen Tieren besser erfasst werden, was zu einer höheren Sensitivität der statistischen Analysen führt und somit die Wahrscheinlichkeit erhöht, echte Effekte zu identifizieren. Während in der Schweine- und Rinderhaltung bereits Technologien zur Erfassung der individuellen Futteraufnahme für die kommerzielle Anwendung existieren, steht die Geflügelindustrie vor speziellen Herausforderungen. Verschiedene Ansätze, wie beispielsweise der Einsatz von RFID-Technologie und individualisierte Fütterungssysteme, wurden entwickelt, um die Futteraufnahme bei Puten und jungen Hühnern zu erfassen. Allerdings hat sich bislang kein Verfahren vollständig für eine kommerzielle Anwendung über den gesamten Produktionszyklus hinweg etabliert. Insbesondere die Masthühneraufzucht erfordert noch viele technische und praktische Innovationen, um vergleichbare Standards wie in der Rinder- und Schweinhaltung vorhanden, zu erreichen.

### **Erfassung der Einzeltierfutteraufnahme: Fortschritte, Herausforderungen und ihre Bedeutung für die moderne Tierhaltung**

Die präzise Erfassung der Einzeltierfutteraufnahme ist in der modernen Tierproduktion von zentraler Bedeutung, um die Futtereffizienz, das Wachstum und die Gesundheit der Tiere zu optimieren. In der Schweine- und Rinderhaltung haben sich automatisierte Systeme zur Erfassung der täglichen individuellen Futter- und Wasseraufnahme sowie der Körpermasse auf Einzeltierebene bereits weitgehend etabliert. Insbesondere Systeme, die RFID-Technologie verwendet, ermöglichen eine detaillierte und kontinuierliche Überwachung jedes einzelnen Tieres. Diese Daten bieten wertvolle Einblicke und unterstützen sowohl die Optimierung der Fütterungsstrategien als auch die genetische Selektion und tragen wesentlich zur präzisen Tierhaltung (Precision Livestock Farming) bei (Berckmans, D. 2017). Die Erfassung der Futteraufnahme auf Basis von Einzeltieren ist entscheidend, da sie mehrere zentrale Aspekte der Tierproduktion direkt beeinflusst. Durch die Erfassung der individuellen Futteraufnahme kann die Fütterung auf die Bedürfnisse jedes einzelnen Tieres angepasst werden. Dies ermöglicht es, die Nährstoffversorgung zu optimieren, Über- oder Unterversorgung zu vermeiden und insgesamt die Effizienz der Fütterung zu steigern. Unterschiedliche Tiere haben unterschiedliche Nährstoffanforderungen, und eine maßgeschneiderte Fütterungsstrategie kann zu besserem Wachstum, höherer Produktivität und einer besseren allgemeinen Gesundheit führen. In einer Zeit steigender Futterkosten und wachsender Nachhaltigkeitsanforderungen ist die Verbesserung der Futtereffizienz ein wichtiger Faktor für die Rentabilität und Umweltverträglichkeit der Tierproduktion. Indem die

Futteraufnahme auf Einzeltierbasis erfasst wird, können Züchter Tiere mit den besten genetischen Voraussetzungen für Futterverwertung und Wachstum identifizieren und gezielt für die Zucht auswählen. Dies beschleunigt den genetischen Fortschritt und ermöglicht es, Tiere zu züchten, die unter den gegebenen Bedingungen am besten performen. Eine präzise Datengrundlage ist hierfür unerlässlich, da sie es erlaubt, zwischen genetischen und umweltbedingten Einflüssen auf das Wachstum zu unterscheiden.

Die Erfassung der Einzeltierfutteraufnahme hat nicht nur praktische Vorteile für das Management und die Zucht, sondern auch einen erheblichen Einfluss auf die statistische Relevanz von Forschungsergebnissen. Die statistische Power ist die Wahrscheinlichkeit, in einer Studie einen tatsächlichen Effekt zu entdecken, wenn dieser existiert. Durch die Erfassung der Futteraufnahme auf Einzeltierbasis wird die individuelle Variabilität innerhalb der Population berücksichtigt. Dies führt zu einer präziseren Schätzung der Effekte und erhöht die statistische Power. In anderen Worten: Je genauer die Daten, desto größer die Chance, dass auch kleinere, aber bedeutende Unterschiede in der Futtereffizienz oder im Wachstum entdeckt werden können. Diese höhere Sensitivität führt zu genaueren und verlässlicheren Ergebnissen, die wiederum bessere Entscheidungen im Management und in der Zucht unterstützen.

Während in der Haltung von Legehennen in Käfigsystemen bereits einige Fortschritte erzielt wurden, wo die Erfassung der Futteraufnahme zwar nicht individuell, aber pro Käfig relativ einfach ist, stellt die Erfassung der individuellen Futteraufnahme in der Aufzucht von Masthähnchen und in der Elterntierhaltung eine große Herausforderung dar. Auch in Bodenhaltungssystemen, wo Legehennen in großen Gruppen leben, ist die Erfassung der individuellen Futteraufnahme sehr schwierig. Die ständige Bewegung der Tiere und der gemeinsame Zugang zu Futterstellen machen es nahezu unmöglich, genaue Daten auf Einzeltierebene zu sammeln. Darüber hinaus müssen technische Lösungen extrem robust und widerstandsfähig gegenüber den hohen Anforderungen des Betriebs sein.

Im Vergleich zur Geflügelproduktion hat die Schweine- und Rinderhaltung aufgrund der physischen Eigenschaften, dem Futteraufnahmeverhalten und der Haltungssysteme der Tiere Vorteile bei der Nutzung von Technologien zur Erfassung der individuellen Futteraufnahme. Die Erfassung der Futteraufnahme auf Einzeltierbasis bei Rindern hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen, insbesondere in der Milch- und Fleischrinderhaltung. Ähnlich wie bei Schweinen ermöglicht die Messung der individuellen Futteraufnahme bei Rindern eine präzise Überwachung und Optimierung von Fütterungsstrategien, unterstützt die Steigerung der Futtereffizienz und trägt zur gezielten genetischen Selektion bei. In der Rinderhaltung werden zunehmend automatisierte Fütterungssysteme eingesetzt, die in der Lage sind, die Futteraufnahme von Einzeltieren präzise zu messen. Systeme wie das Insentec-System und das RIC (Roughage Intake Control) System verwenden RFID-Technologie, um die individuelle tägliche Futteraufnahme zu überwachen. Diese Systeme sind in vielen modernen Milchviehbetrieben und Rinderzuchtanlagen zu finden. Die Insentec- und RIC-Systeme sind auch in der Forschung anerkannt, da sie genauere Daten zur Futter- und Wasseraufnahme liefern, was in verschiedenen Studien validiert wurde (Romano et al., 2023; Beaver & Rutter, 2023; Allwardt et al., 2017). Die RFID-Transponder sind in den Ohrmarken der Rinder integriert und erfassen, welches Tier wann und wie viel Futter aufnimmt. Diese Daten werden dann in Echtzeit an eine zentrale Datenbank übertragen, wo sie für die Analyse und das Management der Herde verwendet werden können. Besonders in der Milchviehhaltung ist diese Technologie weit verbreitet, um die Futtereffizienz zu maximieren und die Gesundheit der Tiere zu überwachen. Im Gegensatz zu Schweinen, die in Gruppen gefüttert werden, zeigt sich bei Rindern ein ausgeprägtes individuelles Fressverhalten, das diese Technologie besonders effektiv macht. Allerdings kann das unterschiedliche Verhalten zwischen Tieren, wie zum Beispiel Rangordnungen innerhalb der Herde, die Futteraufnahme beeinflussen und die Datenerfassung erschweren.

Für die Schweinhaltung gibt es verschiedene Systeme, die in Abhängigkeit des Alters der Tiere geeignet sind, die individuelle Futteraufnahme mittels RFID-Technologie zu erfassen (beispielsweise: PigInsight

von Asserva, MLP II Piglets von Schauer, Electronic Feeders von Osborne). Das Asserva-System ermöglicht eine automatisierte tierindividuelle digitale Dokumentation der Futter- und Wasseraufnahme sowie der Gewichtsentwicklung bereits im Absetzalter (Bild 1). Diese Systeme sind in der Lage, eine große Menge an Daten zu sammeln und in Echtzeit zu analysieren, was in der Geflügelproduktion aufgrund der Gruppendynamiken und der kleineren Körpergröße der Tiere sowie der Futterverluste schwieriger umzusetzen ist.

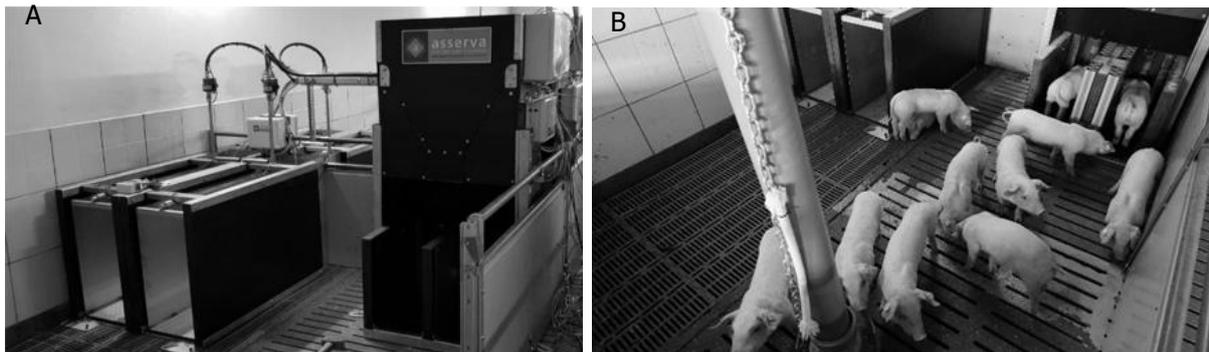


Abbildung 1: A) Zwei PigInsight Tränke- und Wiegestationen (links) und zwei Futterautomaten (rechts), ermöglichen das gleichzeitige Fressen von 2 Tieren pro Bucht, B) Bucht ausgestattet mit PigInsight Tränke- und Wiegestation mit Absetzferkeln beim Fressen (Quelle: dsm-frmenich, ANH, R&D Center Tulln).

Dennoch zeigen Fortschritte in der Putenhaltung, dass individuelle Futteraufnahmemessungen auf experimenteller Ebene bereits erfolgreich umgesetzt werden konnten. Puten unterscheiden sich in ihrem Verhalten deutlich von Hühnervögeln, was sich positiv auf die Möglichkeiten zur Erfassung der Einzeltierfutteraufnahme in Gruppenhaltung auswirken kann. Sie sind in der Regel weniger aggressiv und zeigen weniger starkes Konkurrenzverhalten an den Futterstellen, was die Erfassung der individuellen Futteraufnahme. Bereits 2011 präsentierte die Arbeitsgruppe um Zhang ein innovatives, automatisiertes System, das speziell zur Überwachung der individuellen Futteraufnahme und des Körpergewichts von Puten entwickelt wurde (Zhang et al., 2011). Mittels Vereinzelung und individueller Identifizierung ermöglicht dieses System die Echtzeiterfassung von Futteraufnahme und Körpergewicht, wodurch präzise Daten zur Futterverwertung und zum Verhalten von Puten in einer Gruppenumgebung bereitgestellt werden können.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die präzise Erfassung der individuellen Futteraufnahme bei Puten durch dieses automatisierte System erfolgreich bei Tieren im Alter von 18 Wochen möglich ist, was eine wertvolle Grundlage für die Forschung und Optimierung des Futterverhaltens in der Putenhaltung bietet (Zhang et al., 2011). In einer 40-tägigen Studie an zehn 1-Woche alten Tieren der Rasse „Yellow Broiler“ konnte gezeigt werden, dass mittels Vereinzelung auch in Gruppenhaltung eine individuelle Futteraufnahme- und Gewichtsbestimmung bei Masthühnern erfolgen kann (Peng et al., 2022). Die genannten Systeme haben das Potenzial, die Erfassung der Futteraufnahme in der Geflügelproduktion zu revolutionieren, doch bleibt die Herausforderung, solche Systeme über den gesamten Produktionszyklus hinweg und auf kommerzieller Ebene zu etablieren.

Da die direkte Messung der individuellen Futteraufnahme bei Hühnervögeln in Gruppenhaltung, insbesondere in den frühen Lebensphasen sowie über den gesamten Verlauf der Produktion nicht auf kommerzieller Ebene etabliert ist, wird in vielen Fällen auf Schätzmethoden zurückgegriffen. Diese Schätzmethoden, die in einer vergleichenden Studie von Sung und Adeola ausführlich beschrieben

werden, dienen dazu, die individuelle Futteraufnahme rechnerisch zu bestimmen, um etwa bei Mortalität oder Abweichungen innerhalb eines Käfigs die Futtereffizienz und Tiergesundheit trotzdem bewerten zu können (Sung und Adeola, 2022). Eine gängige Methode ist die Durchschnittsmethode, die annimmt, dass alle Vögel im Käfig die gleiche Menge Futter aufnehmen. Diese Annahme ist jedoch problematisch, da Unterschiede im Wachstum zu erheblichen Ungenauigkeiten führen können. Eine alternative Verhältnismethode basiert auf der Gewichtszunahme der Vögel, wobei die Futteraufnahme proportional dazu geschätzt wird. Allerdings kann diese Methode bei Tieren, die kein Gewicht zulegen, zu falschen Schlussfolgerungen führen, da sie deren Futteraufnahme auf null schätzt, obwohl sie weiterhin Futter zur Erhaltung benötigen. Eine biologisch fundiertere Methode ist die Aufteilungsmethode, die die Futteraufnahme als Summe, der für die Erhaltung und das Wachstum erforderlichen Mengen berechnet. Diese Methode könnte durch die Integration neuer Technologien in der Geflügelproduktion weiterentwickelt werden und wertvolle Daten für genetische Selektionen und Produktionsoptimierungen liefern (Sung & Adeola, 2022). Auch in der Haltung von Elterntieren werden Modelle zur Schätzung des Energiebedarfs eingesetzt und stetig verbessert, um die Nährstoffversorgung von Zucht/Elterntieren zu optimieren. Ein robustes Modell, das die Energieaufnahme über die Lebensdauer der Zuchtelterntiere hinweg schätzt, ist entscheidend für die Formulierung von Futtermitteln mit optimalen Nährstoffgehalten. In einer Studie von Afrouziyeh et al. wurde untersucht, wie die Aufteilung von Wachstums- und Produktionsdaten in verschiedene Zeitabschnitte (z. B. tägliche, wöchentliche oder 3-wöchige Intervalle) die Genauigkeit dieser Modelle beeinflusst. Es wurde festgestellt, dass größere Zeitabschnitte (3 Wochen) in Kombination mit zufälligen Faktoren wie beispielsweise dem individuellem Erhaltungsbedarf eine bessere Anpassung und Vorhersageleistung bieten. Dieses Modell hilft, die Energieeffizienz der Tiere über deren Lebensdauer genauer zu schätzen und Fütterungsprogramme gezielter zu gestalten (Afrouziyeh et al., 2022).

Da die direkte Messung der individuellen Futteraufnahme bei Geflügel komplexe Herausforderungen mit sich bringt und die Schätzungen der individuellen Futteraufnahme oft mit erheblichen Ungenauigkeiten einhergehen, wurden alternative Technologien, wie beispielsweise Schalltechnologie, untersucht, um diese Aufgabe zu bewältigen. Unter Verwendung eines hierfür entwickelten Algorithmus werden die Pickgeräusche der Tiere erkannt und diese mit der tatsächlichen Futteraufnahme in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse zeigen eine sehr hohe Korrelation ( $R^2 = 0,985$ ) zwischen der Anzahl der Pickgeräusche und der Futteraufnahme. Die Schalltechnologie zur Überwachung der Futteraufnahme bei Masthähnchen bietet den Vorteil, dass sie kontinuierlich und nicht-invasiv arbeitet, was sie zu einer praktikablen Alternative zur direkten Messung macht. Allerdings weist diese Methode eine entscheidende Einschränkung auf: Während sie nützlich ist, um die Futteraufnahme der gesamten Herde zu überwachen, ermöglicht sie keine präzisen Rückschlüsse auf die individuelle Futteraufnahme der einzelnen Tiere. Diese Einschränkung kann problematisch sein, wenn es darum geht, genaue Daten für die individuelle Fütterung oder die genetische Selektion zu erhalten. Somit eignet sich die Methode zwar für allgemeine Überwachungszwecke, doch für spezifischere Anforderungen bleibt die direkte Messung oder andere präzisere Technologien weiterhin erforderlich. Die Anwendung auf Farmebene befindet sich nach wie vor in der Entwicklung, zeigt aber vielversprechende Ansätze, insbesondere in Kombination mit maschinellem Lernen und Sensoren, um die Datenverarbeitung zu optimieren (Aydin et al., 2014; Amirivojdan, et al. 2024; Li, et al. 2020). Neben Schalltechnologien werden auch bildgebende Verfahren zur Überwachung eingesetzt. In der Studie von Krogh Mortensen et al. 2016 wurde ein 3D-basiertes Kamerasystem zur Überwachung der Gewichtsentwicklung in einem Subset von 83 Tieren aus einer Herde von 48 000 Ross 308 – Hühnern während der letzten 20 Masttage in einem kommerziellen Produktionsumfeld getestet. Während der Testphase konnte das System die Gewichtsentwicklung der Tiere mit einem Fehler von 20-100 g in der ersten und von 50-250 g in der zweiten Versuchshälfte schätzen.

## Fazit

Die präzise Erfassung der individuellen Futteraufnahme in der Geflügelproduktion bleibt trotz beachtlicher Fortschritte eine komplexe Herausforderung. Während entsprechende Technologien in der Schweine- und Rinderhaltung bereits kommerziell zum Einsatz kommen, besteht in der Geflügelhaltung noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Insbesondere bei jungen Küken ist die genaue Bestimmung der Futteraufnahme schwierig, da das intensive Konkurrenzverhalten am Futterspender und Futterverluste oft zu fehlerhaften Daten führt. Techniken, die eine gezielte Vereinzelung der Tiere ermöglichen, haben jedoch gezeigt, dass eine präzisere Erfassung der Futteraufnahme und des Körpergewichts möglich ist, wenn Futterverluste erfasst werden. Vorhandene Technologien, wie bildverarbeitende Systeme, RFID-Systeme und Schalltechnologien, sind zwar für die Überwachung von Herden nützlich, bieten jedoch noch nicht die notwendige Robustheit und Präzision für individuelle Futteraufnahmemessungen in den verschiedenen Produktionszweigen und den gesamten Produktionszyklen. Zudem bedarf es weiterer Studien, um die Auswirkungen der Vereinzelung und das Tragen von RFID-Trackern auf das Verhalten und Wohlbefinden der Tiere zu bestätigen. Um bestehende Technologien weiter zu verbessern und ihre Zuverlässigkeit unter Betriebsbedingungen in den unterschiedlichen Produktionsbereichen zu gewährleisten, sind zusätzliche Innovationen erforderlich.

## Literatur

- Afrouziyeh, M., Zukiwsky, N. M., You, J., Kwakkel, R. P., Korver, D. R., & Zuidhof, M. J. (2022). Architecture of broiler breeder energy partitioning models. *Poultry Science*, 101(1), 101518. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101518>
- Allwardt, K., Ahlberg, C., Broocks, A., Bruno, K., Taylor, A., Place, S., Richards, C., Krehbiel, M. K., Calvo-Lorenzo, M., DeSilva, U., VanOverbeke, D., Mateescu, R., Goad, C., & Rolf, M. M. (2017). Technical note: Validation of an automated system for monitoring and restricting water intake in group-housed beef steers. *Journal of Animal Science*, 95(9), 4213–4219. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1593>
- Amirivojdan, A., Nasiri, A., Zhou, S., Zhao, Y., & Gan, H. (2024). ChickenSense: A low-cost deep learning-based solution for poultry feed consumption monitoring using sound technology. *AgriEngineering*, 6, 2115–2129. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030124>
- Aydin, A., Bahr, C., Viazzi, S., Exadaktylos, V., Buyse, J., & Berckmans, D. (2014). A novel method to automatically measure the feed intake of broiler chickens by sound technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 101, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.11.012>
- Beaver, A., & Rutter, S. M. (2023). Precision livestock farming technologies for dairy and beef production. In M. Haskell (Ed.), *Cattle Welfare in Dairy and Beef Systems* (Vol. 23, pp. 1–13). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21020-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21020-4_11)
- Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7(1), 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0102>
- Krogh Mortensen, A., Lisouski, P., & Ahrendt, P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>
- Li, N., Ren, Z., Li, D., & Zeng, L. (2020). Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: Towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 14(3), 617–625. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002155>
- Peng Y, Zeng Z, Lv E, He X, Zeng B, Wu F, Guo J, Li Z. A Real-Time Automated System for Monitoring Individual Feed Intake and Body Weight of Group-Housed Young Chickens. *Applied Sciences*. 2022; 12(23):12339. <https://doi.org/10.3390/app122312339>
- Romano, E., Brambilla, M., Cutini, M., Giovinazzo, S., Lazzari, A., Calcante, A., Tangorra, F. M., Rossi, P., Motta, A., Bisaglia, C., & et al. (2023). Increased cattle feeding precision from automatic feeding systems: Considerations on technology spread and farm level perceived advantages in Italy. *Animals*, 13(3382). <https://doi.org/10.3390/ani13213382>

Sung, J. Y., & Adeola, O. (2022). Research note: Estimation of individual feed intake of broiler chickens in group-housing systems. *Poultry Science*, 101(4). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101752>

Zhang, L., Wang, H., Wang, J., & Chen, H. (2011). Development of an automated system for monitoring individual feed intake and body weight in turkeys. *Computers and Electronics in Agriculture*, 77(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.007>

#### **Autorenanschrift**

PD Dr. Silvia Wein  
dsm-firmenich ANH R&D Center Tulln  
Biomim Holding GmbH  
Erber Campus  
3131 Getzersdorf, Austria

# Posterbeiträge

PANSEN



SPEZIFISCH

# Levucell **sc**

## natürlich leistungsstark



Die pansenspezifische Lebendhefe **LEVUCCELL SC** steigert den Milchertrag um bis zu 6 % und die Futtereffizienz um bis zu 7 %.

Wir haben die wissenschaftlichen Beweise dafür.

**LEVUCCELL SC. Keine andere Hefe leistet dasselbe.**

Sie haben Fragen? Sprechen Sie uns an: [animalgermany@lallemand.com](mailto:animalgermany@lallemand.com)

**Levucell **sc****  
Pansenspezifische Lebendhefe

LALLEMAND ANIMAL NUTRITION

**LALLEMAND**

## **Bewertung eines Vorhersagemodells für die Auswirkungen der Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 auf die Milchleistung von Milchkühen**

**Elisabeth ZiBler<sup>1</sup>, Aurelien Piron<sup>2</sup>, Djamila Lekhal<sup>3</sup>, Christian Scheidemann<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Lallemand-DHW GmbH (Lallemand Animal Nutrition), Schwarzenbach a. d. Saale, Deutschland

<sup>2</sup> Lallemand Animal Nutrition, Blagnac, Frankreich

<sup>3</sup> Ecole d'Ingénieurs de Purpan (EIP), 75 voie du TOEC, 31076 Toulouse cedex

### **Einleitung**

Die voranschreitende Digitalisierung in der Landwirtschaft bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, die Haltung und Fütterung unserer landwirtschaftlichen Nutztiere optimiert, effizient und nachhaltig zu gestalten. Digitale Technologien ermöglichen dabei beispielsweise eine bessere Überwachung der Tiergesundheit und beeinflussen das Tierwohl positiv. Auch eine datenbasierte Analyse der Futterzusammensetzung wirkt sich positiv auf die Fütterungsoptimierung und die Gesundheit der Tiere aus. Eine verbesserte Faserverwertung durch Optimierung der Fermentationsbedingungen und der NDF-Abbaubarkeit (NDFd) im Pansen sind dabei wichtige Ansatzpunkte der Präzisionsfütterung zur Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit. Aufgrund der Fähigkeit von Wiederkäuern, Energie aus den Gerüstsubstanzen der Pflanzenfasern zu gewinnen, besteht keine Nahrungskonkurrenz zur menschlichen Ernährung. Insbesondere in der Milchproduktion sollte der Fokus daher auf der Steigerung der Grundfutterleistung liegen.

Der NDF-Abbau im Pansen wird maßgeblich durch den pH-Wert bestimmt. Die Supplementation von Futterzusatzstoffen, wie beispielsweise einer pansenspezifischen Lebendhefe, hat einen vielfach dokumentierten Effekt auf die Stabilisierung des pH-Wertes, damit auf eine optimale Fasernutzung und folglich auch auf die Milchleistung (De Ondarza et al., 2010; Chaucheyras-Durand et al., 2010; Desnoyers et al., 2009; Bach et al., 2007). Für die praktische Fütterung kommt die Vorhersagegenauigkeit der Wirksamkeit eines solchen Zusatzstoffes besonders zum Tragen. Die Qualität der Vorhersage hängt von der Wiederholung von Leistungstests unter realen Bedingungen ab.

Einige Modelle können Effekte von Pansenmodifikatoren und ruminaler Fermentation einbeziehen (Boucher und Sniffen, 2010). Für die Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 (Levucell SC, Lallemand SAS) konnte anhand einer großen internen Datenbank mit *in sacco* getesteten Futtermitteln die Wirkung dieses Futterzusatzstoffes auf den ruminalen Abbau der NDF-Fraktion vorhergesagt werden (Chaucheyras-Durand et al, 2012). In Kombination mit der Wirkung dieses Stammes auf den ruminalen pH-Wert und die Faserabbaubarkeit wurde ein Modell zur Vorhersage der Wirkung dieser Hefe entwickelt, das auf dem Modell CNCPS v 6.5 basiert.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Genauigkeit der Vorhersage der Milchproduktion zu bewerten, die durch die Zugabe einer pansenspezifischen Lebendhefe bei Milchkühen durch dieses Modell ermöglicht wird. Im Modell ermittelte Werte sollen mit den tatsächlich erbrachten Leistungsparametern abgeglichen werden.

## Material und Methoden

Insgesamt 38 Holstein-Friesian Kühe wurden auf der Grundlage von Laktationsnummer und -stadium, Produktionsniveau, Fett- (TB) und Eiweißgehalt (TP) gematcht und in zwei Gruppen zu je 19 Kühen aufgeteilt: Kontrolle (T) und Hefe (L).

Die folgenden individuellen Leistungsdaten wurden erfasst: tägliche Milchproduktion und vierzehntägig die Milchzusammensetzung. Die energiekorrigierte Milch (ECL) wurde anhand der folgenden Formel geschätzt:  $\text{Milchproduktion} \times ((\text{TB, \%} \times 0,383) + (\text{TP, \%} \times 0,242) + 0,7832) / 3,1138$ . Die Versuchsgruppe (L) erhielt neben der Teil-TMR die pansenspezifische Lebendhefe *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 (Lallemand Animal Nutrition) in einer Menge von  $1 \times 10^{10}$  koloniebildenden Einheiten (KBE)/Tier/Tag am Melkroboter supplementiert. Die Supplementation erfolgte über einen Zeitraum von 17 Wochen. Die Futteraufnahme in Trockenmasse (TMA) wurde täglich pro Tiergruppe ermittelt. Basierend auf Trockenmasse wurde eine Teilmischung (tTMR) bestehend aus Maissilage (14 kg), Luzerneheu (3 kg), Eiweißgemisch (2,9 kg), Natriumbicarbonat (150 g,) sowie bedarfsgerechtem Mineralfutter (300 g) ergänzt. Entsprechend der Leistung wurde zusätzlich ein Milchleistungsfutter am Roboter gefüttert.

Die Rationsbestandteile wurden auf Trockenmasse (TS), NDF, ADF, Stärke und MAT analysiert. Die Verdaulichkeit der NDF-Fraktion (NDFd) wurde *in vitro* nach 30, 120 und 240 Stunden gemessen.

Diese Daten wurden in das Modell zur Berechnung der Produktion, die durch die metabolisierbare Energie und das metabolisierbare Protein ermöglicht wird, integriert. Die Produktionsdaten wurden mit Hilfe der Software Systat (Version 9 SPSS) nach dem verallgemeinerten linearen Modell analysiert, wobei die ersten vier Wochen der Supplementierung als Kovariable herangezogen wurden. Im letzten Schritt wurden die Vorhersagewerte aus dem Modell mit der tatsächlich erbrachten Milchleistung in Kontext gesetzt.

## Ergebnisse

Die aufgenommenen Mengen an Grundfutter unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen mit durchschnittlich 25,0 kg bzw. 25,1 kg TM pro Tag für die Tiergruppen T bzw. L. Die Zugabe der Lebendhefe führte zu einer Steigerung ( $p < 0,01$ ) der Milchproduktion um 0,9 Liter Kuh/Tag in der Versuchsgruppe (L, Tabelle 1). Der Milchfettgehalt blieb unverändert, während der Proteingehalt tendenziell erhöht war ( $p = 0,06$ ), wenn die Lebendhefe supplementiert wurde.

Die Futtereffizienz der Versuchsgruppe (L) war numerisch um 70 ml/kg Trockenmassenaufnahme höher als die der Kontrollgruppe (T, 1,16 Liter ECM/kg TMA).

Die Vorhersage (29,1 Liter) des Modells für die Kontrollgruppe (T) entsprach annähernd dem tatsächlich gemessenen Wert (29,2 Liter). Die Schätzung im Modell für die Versuchsgruppe (L), lag mit 30,2 Liter ebenfalls nahe an den tatsächlich ermolkenen 30,1 Litern. Tabelle 1: Leistungsparameter der Versuchs- und Kontrolltiere ( $n = 38$ ) im Vergleich zu Daten aus der Milchkontrolle und der Vorhersage aus dem Modell.

Parameter	Kontrolle (T)	Versuch (L)	Signifikanzniveau (p)
Milch real (Liter/Tag)	29,2	30,1	0,07
Milch Vorhersage (Liter/Tag)	29,1	30,2	< 0,01
Fett (g/Tag)	4,0	4,05	0,31
Eiweiß (g/Tag)	3,08	3,16	0,06
Somatische Zellen (ml)	245.000	137.000	0,24

## Diskussion

Die Nutzung von Grundfutter gewinnt aufgrund ökonomischer und gesellschaftlicher Entwicklungen zunehmend an Bedeutung. Eine genaue, analytische Bewertung von Grundfuttermitteln sowie zuverlässige Vorhersagemodelle für Leistungsparameter tragen maßgeblich dazu bei. In Bezug auf gemessene Leistungen sind die Ergebnisse dieser Studie vergleichbar mit früheren Arbeiten: Sie zeigen eine positive Wirkung auf die Milchproduktion von +1,3 kg ( $p < 0,01$ ) gemäß Ali Haimoud-Lekhal und Chevaux (2003) sowie +1,0 kg ( $p < 0,05$ ) gemäß De Ondarza et al. (2010). Auch die Futtereffizienz ist vergleichbar (De Ondarza et al., 2010).

Darüber hinaus kann die Vorhersage der Wirkung von *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 auf die Milchproduktion erfolgreich unter Berücksichtigung der Pansenbedingungen modelliert werden. Dieser Effekt variiert mit der Verdaulichkeit des Futters (NDFd) und dem pH-Wert des Pansens, abhängig vom Gehalt an leicht fermentierbaren und konzentrierten Kohlenhydraten (Chaucheyras Durand et al., 2012).

Die Modellierung der Wirkung von *S. cerevisiae* CNCM I-1077 auf die Milchproduktion stimmt annähernd mit den tatsächlich erbrachten Leistungen überein und stellt somit ein sinnvolles Hilfsmittel, auch in der praktischen Rationsoptimierung, dar.

## Schlussfolgerung

Abgesehen von der Bestätigung des Nutzens der Verwendung von Lebendhefe zur Maximierung der Milchproduktion zeigt diese Studie auch, dass dynamische Rationsmodelle potenzielle Instrumente zur Vorhersage der Wirkung von Futterzusatzstoffen auf die Tierleistung sind. Dies eröffnet der Präzisionsfütterung Möglichkeiten, die Zusammensetzung der Rationen noch genauer anzupassen, um den Herausforderungen der Zukunft gerecht zu werden.

## Literatur

Bach A., C. Iglesias and M. Devant. 2007. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136: 146-153.

Chaucheyras Durand F., A. Ameilbonne, N. D. Walker, P. Mosoni and E. Forano. 2010. Effect of a live yeast, *Saccharomyces cerevisiae* I-1077 on in situ ruminal degradation of alfalfa hay and fiber-associated microbes. *J. Anim. Sci.* 88 (S2)/*J. Dairy Sci.* 93 (S1) : 145.

De Ondarza M.B., Sniffen C.J., Dussert L., Chevaux E., Sullivan J., Walker N., 2010. *Prof. Anim. Sci.*, 26, 661-666.

Desnoyers M., Giger-Reverdin S, Bertin G., Duvaux-Ponter C., Sauvant D., 2009. *J. Dairy Sci.* 92:1620–1632.

### Autorenanschrift

Dr. Elisabeth Zißler  
Lallemand Animal Nutrition  
Lallemand-DHW GmbH  
Färberstr. 22-24  
95126 Schwarzenbach a. d. Saale  
ezissler@lallemand.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.**

 **Phileo**  
by Lesaffre

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](mailto:info-de@phileo.lesaffre.com)  
Tel : +49 172 / 7143764

## **Digescan Service – Cloudbasierter und praxisnaher Ansatz zur Kontrolle der Futtereffizienz in Milchviehherden**

**Laurine Faivre <sup>1</sup>, Héloïse Legendre <sup>1</sup>, Nizar Salah <sup>1</sup>, Julie Duclos <sup>1</sup>, Erika Paiva <sup>1</sup>, Maxime Briche <sup>1</sup>, Marieke Engelen <sup>1</sup>, Markus Mayer <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Phileo by Lesaffre - A business unit of S.I. Lesaffre, Marcq-en-Baroeul, Frankreich

### **Einleitung**

Landwirte und Berater sind weiterhin aufgefordert, die Futtereffizienz im Auge zu behalten. Die verdauungsphysiologische Umsetzung der eingesetzten Futtermittel und die Milchleistung beeinflussen direkt die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit der Milchproduktion. Wesentliche Grundlagen schaffen ein gesunder Pansen und eine gute Verdaulichkeit sowie die Wahl der passenden Fütterungsstrategie, zu der auch die Nutzung einer probiotischen Lebendhefe gehören kann. Zur genauen Erfassung der Verdaulichkeit benötigt man eine spezielle Ausstattung oder Routine, die auf den meisten landwirtschaftlichen Betrieben nicht umsetzbar ist. Um den Bedarf von laborgebundenen, invasiven und kostenintensiven Methoden zu reduzieren, bieten sich Kotauswaschungen an, da diese einfach darstellbare Indikatoren zur Beurteilung der Rationsumsetzung liefern. Nachfolgend wird eine validierte Methode vorgestellt, die anhand einer Kotbeurteilung Rückschlüsse auf Futterverwertung und Effekte des Einsatzes einer probiotischen Lebendhefe bietet. Dadurch kann die Umsetzung der Ration praxisnah und tagesaktuell visualisiert werden.

### **Wissenschaftlicher Hintergrund**

Die Effekte der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 in Rationen für Milchkühe werden u. a. in der Meta-Analyse von Salah et al. 2023 (1) beschrieben. Die Gruppe um Salah et al. 2023 (1) konnte dabei ein Milchleistungssteigerung durch den Einsatz von CNCM I-4407 von 1,72 kg Milch ( $p < 0,001$ ) nachweisen. Die Milchleistungssteigerung wird u. a. durch eine verbesserte Futtereffizienz erreicht (Garnsworthy et al. 2020).

Zur „Visualisierung“ und praxisnahen Beurteilung greifen Fütterungsberater gerne auf Kotbeurteilung und Kotauswaschung als zusätzliches herdenspezifisches Merkmal zur Rationsbeurteilung zurück. Es werden dazu unterschiedliche Sets und Methoden angeboten. Eine Vergleichbarkeit ist schwer darstellbar. Um eine einheitliche Beurteilung zu ermöglichen hat die Phileo by Lesaffre R&D Gruppe Digescan Service entwickelt. Dabei handelt es sich um ein einfach handhabbares zweischichtiges Kotsiebe-Set und einer cloudbasierten Datenmanagementplattform.

In einer weiteren Studie ging die Arbeitsgruppe um Salah et al. 2023 (2) der Frage nach, ob eine verbesserte Futtereffizienz auch durch praktische Lösungen nachhaltig und wiederholbar direkt in der Herde ermittelt werden kann. Zusätzlich wurde überprüft ob die Effekte der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 ebenfalls anhand Kotauswaschungen nachgewiesen werden können. In der Meta-Analyse wurden insgesamt 95 Versuche berücksichtigt aus denen Daten zu Kotauswaschungen, Milchmengen und Milchinhaltsstoffen jeweils vor und während einer probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 Supplementierung vorlagen. Durch die Verabreichung der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407

konnten die Siebrückstände signifikant im 5 mm Sieb ( $p < 0,001$ ) und im 2mm Sieb ( $p < 0,05$ ) reduziert werden. Gleichzeitig wurde durch den Einsatz der probiotischen Lebendhefe die Milchmenge, die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) und die fettkorrigierte Milchmenge (FCM,  $p < 0,01$ ) gesteigert. Die Zusammenhänge lässt die Forschergruppe schlussfolgern, dass pro 10-%-Punkte weniger Siebrückstand im 5mm Sieb, eine Milchleistungssteigerung zwischen 0,65 und 1,2 l Milch, 2,0 bis 2,5 l ECM (Formel nach Tyrrell & Reid, 1965) oder 2,6 bis 3,2 l FCM erreicht werden kann. Dies im Vergleich der Zeiträume vor und während der probiotischen Lebendhefevorlage.

## Praktische Umsetzung

### Digescan Kotsiebe-Set

Eine sehr effiziente und schnelle Kottauswaschung wird durch das Digescan Kotsiebe-Set erreicht. Dabei handelt es sich um ein zweischichtiges Sieb-Set mit einem 5mm-Obersieb und einem 2mm-Untersieb. Die grundlegende Methodik einer Kottauswaschung mit Digescan wird in Tabelle 1 dargestellt. Die Menge der Siebrückstände erlaubt einen Rückschluss auf die Qualität der Umsetzung der Ration. Den Beurteilungsschlüssel für die Siebrückstände stellt die Tabelle 2 dar.

### Digescan Service

Digescan Service ist eine gezielte Kombination einer lokalen, manuellen Kottauswaschung mithilfe des Digescan Kotsiebe-Sets sowie einer cloudbasierten Datenmanagement und Auswertungssoftware. Mit Digescan Service kann die Dokumentation und Auswertung von Kottauswaschungsergebnisse vereinheitlicht werden. Die Eingabe der Daten erfolgt am Smartphone durch die Verwendung der sog. Digescan App. Der Berater hat die Möglichkeit Betriebe anzulegen auf denen Kottauswaschungen zur Rationsoptimierung durchgeführt werden. Neben den zentralen Daten der Kottauswaschung, wie Restmengen im 5mm und 2mm Sieb, können dort Fotos der Siebrückstände abgespeichert werden. Weitere Angaben, die zur konkreten Beurteilung der Auswaschungsergebnisse notwendig sind, werden ebenfalls eingepflegt. Dazu gehören Angaben zur Rationsgestaltung, Milchmengen und Qualität sowie Angaben zur Herde. Nachdem eine ausreichende Menge an Kottauswaschungsergebnissen eingepflegt ist, kann eine Auswertung stattfinden. Die Ergebnisse können direkt am Smartphone dargestellt werden. Alternativ besteht die Möglichkeit einen Bericht per E-Mail zu versenden. Bei Bedarf kann somit ein Datensatz zur Dokumentation beim Landwirt belassen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit zur Hilfestellung. Die oben dargestellten Ausführungen zur Durchführung der Kotsiebung und zur Ergebnisinterpretation sind durch Videos und bebilderten Übersichten und Tabellen in der App mobil abrufbar.

## Ergebnisse

Die globale Betrachtung der cloudbasierten Daten von Digescan Service wurde anonymisierte durchgeführt. Dabei wurden 444 Sitzungen mit Kotsiebungen aus den Jahren 2022 und 2023, verteilt über 10 Länder, berücksichtigt. Die empirische Datenauswertung aus dem konventionellen Einsatz des Kotsiebe-Sets auf praktischen Betrieben bewegt sich im Bereich der Ergebnisse, die Salah et al. 2023 (2) im Rahmen von Fütterungsversuchen an entsprechend ausgestatteten Forschungseinrichtungen erzielen konnten.

Tabelle 1: Methodik der Kotauswaschung.

1. Schritt	Sammeln
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Einsammeln einer repräsentative Durchschnittsprobe von mindestens fünf Kuhfladen gesunder Kühe unter Berücksichtigung des Zustandes der gesamten Herde. Idealerweise Berücksichtigung von Kühen zwischen dem 50. und 200. Laktationstag.</li> <li>b) Vorbereitung zur Auswaschung durch gutes Mischen und Abwiegen von 1 kg Kot</li> </ul>
2. Schritt	Auswaschen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Kotprobe in das 5mm Sieb geben</li> <li>b) 5mm Sieb auf 2mm Sieb positionieren.</li> <li>c) Mit geringem Wasserdruck auswaschen. Die Verwendung des Spachtels erleichtert die Anwendung</li> <li>d) Waschung durchführen, bis das austretende Wasser klar ist.</li> </ul>
3. Schritt	Auswiegen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Siebüberstände mit dem Spachtel zusammenziehen und überschüssiges Wasser auspressen</li> <li>b) Siebüberstände aus 5mm und 2mm Sieb separat auswiegen.</li> <li>c) Ergebnisse dokumentieren und fotografieren</li> </ul>

Tabelle 2: Bewertung der Siebrückstände in der Digescan-Methode.

	Partikelmenge >5mm	Partikelmenge >2mm
Gute Verwertung	< 10%	> 12 %*
Durchschnittliche Verwertung	10 % – 20 %	7 % - 12 %*
Schlechte Verwertung	> 20 %	< 7 %*

\*Die Quantität im 2mm Sieb wird von vielen unterschiedlichen Parametern beeinflusst. Zur Festlegung konkreter Bewertungsmaßstäbe im 2mm Sieb besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

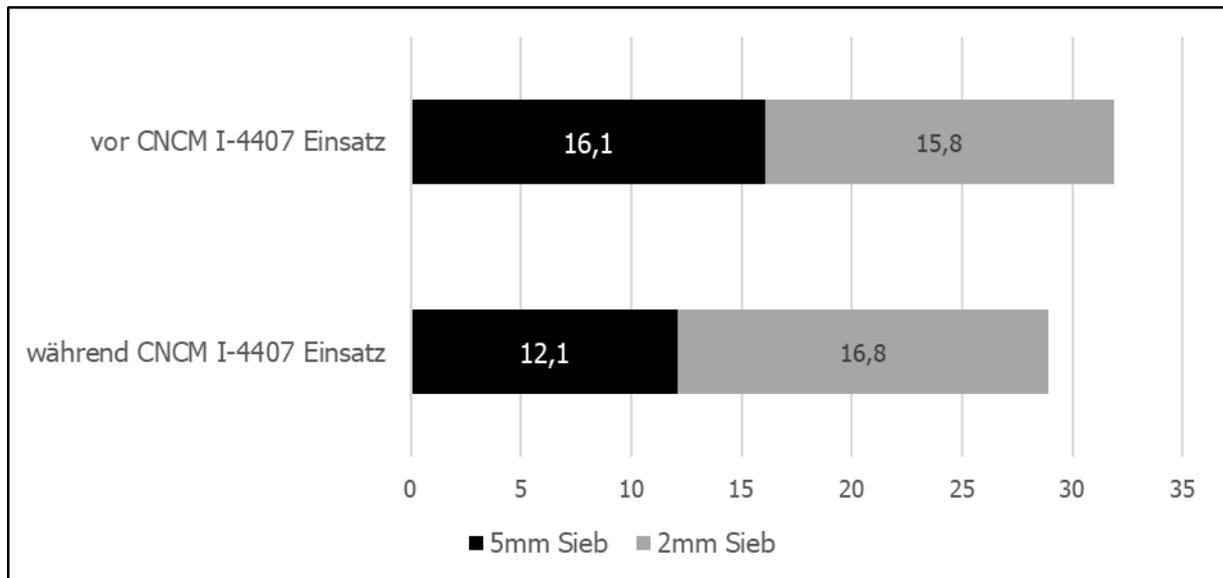


Abbildung 1: Siebrückstände in den Sieben [% von Ausgangsmenge] im praktischen Einsatz von Digescan Service.

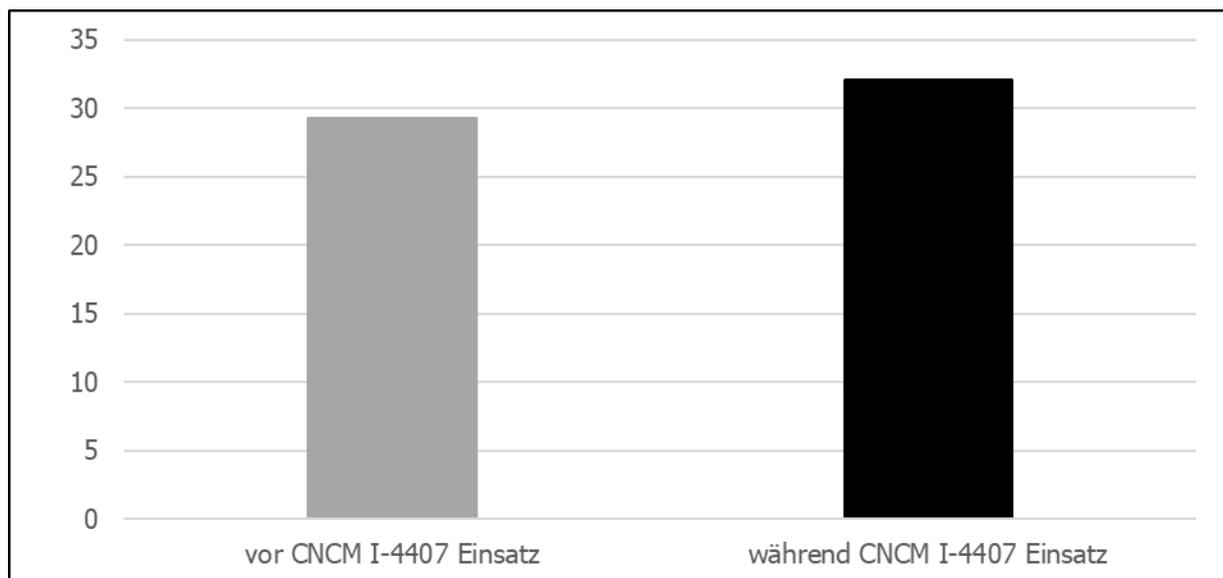


Abbildung 2: Milchleistung [kg] zu den jeweiligen Zeitpunkten der Koutauswaschung mit Digescan Service.

## Zusammenfassung

Digescan Service vereinfacht die Messung der Futtereffizienz in Milchviehbetrieben. Es verhilft Landwirten, Beratern und Anderen aus der Wertschöpfungskette Milch, die tägliche Qualität der wiederkäuergerechten Rationsumsetzung zu erfassen und nachzuvollziehen. Des Weiteren unterstützt Digescan Service Verbesserungspotentiale aufzudecken und den Einsatz der probiotischen Lebendhefe CNCM I-4407 zu visualisieren. Digescan Service vereint dabei drei Kernelemente: Ein einfach

einsetzbares Kotsiebe-Set zur praktischen Zustandserfassung, eine Smartphone App zur vereinfachten Datenerfassung und Auswertung der betrieblichen Daten sowie die Expertise aus jahrelanger gesammelter Erfahrung aus der Praxis und Wissenschaft.

## Literatur

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.

HALL, M. B.: Invited review: Corrected milk: Reconsideration of common equations and milk energy estimates. - J. Dairy Sci. 106:2230–2246

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.

SALAH, N., LEGENDRE, H., PELTIER PAIN, P., BERGER, C., NENOV, V., MACHURON, F., BRICHE, M. (2023) (1): Meta-Analysis Study of the Effects of Yeast Probiotic Supplementation on Milk Production and Energy Corrected Milk of Lactating Dairy Cows. *Agricultural Sciences*, 2023, 14, 1179-1192.

SALAH, N., LEGENDRE, H., FAIVRE, L., BRICHE, M., GOURDON, R., NENOV, V. (2023) (2): Evaluating Fecal Sieving Tool as an Indicator of Feed Valorization and the Impact of Feeding Strategy on Dairy Cow Performance under Farm Conditions. *Agricultural Sciences*, 2023, 14, 1420-1435.

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

### Autorenanschrift

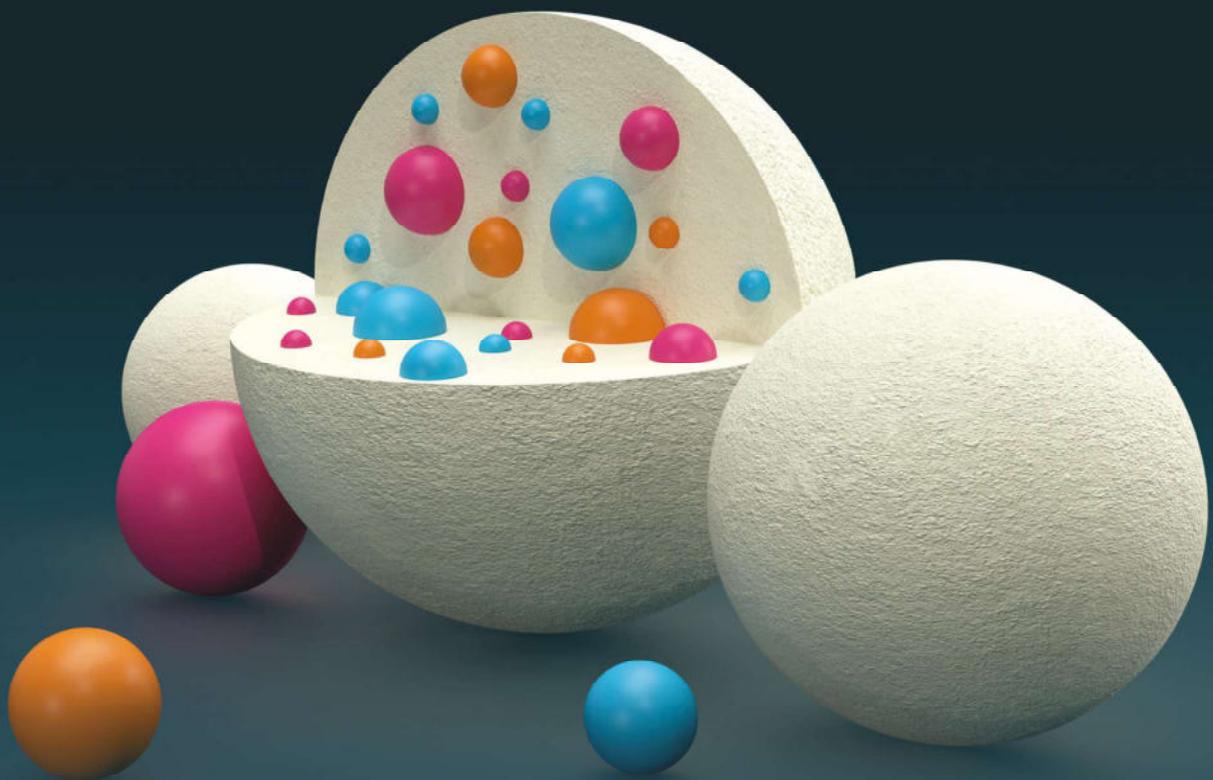
Markus Mayer  
Phileo by Lesaffre  
137 Rue Gabriel Péri  
59700 Marcq-en-Baroeul, Frankreich  
m.mayer@phileo.lesaffre.com



**JEFO MATRIX  
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



**Jefo**  
Life, made easier®

[contact.europe@jefo.ca](mailto:contact.europe@jefo.ca)

## **Electronic monitoring of rumination and eating time of Holstein cows in a high- and low-input feeding system**

**Christian Lambertz<sup>1</sup>; Deise Aline Knob<sup>1</sup>; Leticia Godoi Rosa<sup>2</sup>; André Thaler Neto<sup>2</sup>; Andreas Gattinger<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Professur für Ökologischen Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brazil

### **Introduction**

Organic milk production has gained attention as a sustainable alternative in the agricultural sector, driven by consumer demand for environmentally friendly and animal welfare-focused products. Milk quality and composition reflect dairy cow health and production efficiency, which in turn are mainly influenced by feeding regimens.

The high-input (HI) feeding system, using corn silage, aims to maximize milk production by providing consistent energy. In contrast, the low-input (LI) system minimizes the use of corn silage, focusing on local pastures and forages in order to minimize competition for land used for human food production (Eisert, 2019).

These feeding strategies significantly impact dairy cow behavior, particularly rumination and feeding time. HI systems may reduce rumination time due to easily digestible feed stuffs, while LI systems, relying on fibrous forages, may encourage longer rumination. Additionally, the stage of lactation influences feeding and rumination patterns, with early lactation cows exhibiting different behaviors due to higher energy demands.

The objective of this study is to evaluate the impact of HI and LI feeding systems on rumination and eating time in organic dairy farm.

### **Materials and methods**

The study was conducted at the Gladbacherhof Research Farm of Justus Liebig University (JLU) Giessen, with Holstein dairy cows in an organic production system. This experiment is part of the GreenDairy project, titled "Integrated plant-animal-agroecosystems", which aims to evaluate the environmental impacts of LI and HI feeding systems, focusing on both productivity and sustainability.

The Holstein cows of the research farm were randomly assigned to two feeding groups: the HI group was fed a diet incorporating corn silage and a higher proportion of concentrate aiming at 9000 kg ECM/cow year. The LI group received a diet without corn silage and a lower amount of concentrate with the goal of producing 7,200 kg ECM/cow/year. Both diets were formulated to meet the nutritional needs of lactating dairy cows, with the basic diet for both groups consisting of grass silage, alfalfa silage, and seasonal access to pasture during the spring and summer months. Before the start of the project, all the cows were fed with a HI diet.

Each group was housed within the same barn in two separate compartments and were fed with an automatic feeding system (Lely Vector, Lelystad, The Netherlands). Both groups had access to a Lely A5 automated milking system (AMS) (Lelystad, The Netherlands). The AMS system collected data on

milk volume, fat percentage, protein percentage, lactose levels, and somatic cells count at each milking event, ensuring precise and consistent data collection throughout the study period.

Data collection covered one year, from June 2023 to June 2024 starting immediately after the feeding transition for the LI cows ended. Daily records of eating and rumination time were made using automated cervical monitoring neck collars (Lely, Lelystad, The Netherlands). The system provided information on the total eating and rumination minutes per cow per day. Parity was grouped as first, second and third or more parturitions. The energy corrected milk yield (ECM) was calculated as:  $ECM = (0.327 \times MY) + (12.95 \times F \times MY/100) + (7.65 \times P \times MY/100)$ , where MY = milk yield in l/day, F = fat percentage, and P = protein percentage.

The data were subjected to variance analysis using the MIXED procedure of the SAS statistical package. Prior to the analysis, normality of residuals was tested using the Kolmogorov–Smirnov test. The REML model used in the analysis included fixed effects for feeding group (HI, LI), season (spring: March to June, summer: June to September, autumn: September to December, winter: December to March), days in milk (DIM), and lactation number as well as the interaction between feeding group\*<sup>lactation</sup> number. The significance level was set at  $P < 0.05$ .

## Results and Discussion

Table 1 presents a summary of the descriptive statistics for the data, detailing the number of samples per group, as well as the milk production and composition parameter. The HI cows yielded an ECM of 28.7 kg/day while the LI cows had 20.0 kg/day.

Table 1: Descriptive statistics including the number of observations, ECM yield and milk composition of the high- and low-input herd (Mean).

Variable	High-input	Low-input
Number of observations	16,246	16,612
ECM, kg/day*	28.72	20.03
Fat, %	4.16	4.32
Protein, %	3.18	3.16

\* Energy corrected milk yield

There was no difference for rumination time between the feeding groups (Table 2). When differentiating by lactation numbers, it was observed that in the first lactation, cows in the LI system ruminate more than those in the HI system. However, this difference is not maintained in the second lactation, where there is no difference between the systems. In the third or more lactations, cows in the LI system ruminate less than in the second lactation, but there are no differences when compared to the HI group in the same lactation.

Table 2: Average rumination time and eating time (in minutes per day, LSM  $\pm$  SE from dairy cows in a high-input and low-input feeding system.

	Rumination Time		Eating Time	
	High-input	Low-input	High-input	Low-input
<b>Mean</b>	552.35 $\pm$ 5.29	565.67 $\pm$ 5.09	422.37 $\pm$ 7.45 <sup>B</sup>	452.78 $\pm$ 7.14 <sup>A</sup>
	Lactation Number		Lactation Number	
	1	2	3 +	3 +
<b>1</b>	549.84 $\pm$ 5.65 <sup>B</sup>	584.65 $\pm$ 5.65 <sup>Aa</sup>	452.36 $\pm$ 7.77 <sup>a</sup>	470.04 $\pm$ 7.67 <sup>a</sup>
<b>2</b>	553.52 $\pm$ 5.46	563.10 $\pm$ 5.42 <sup>b</sup>	419.32 $\pm$ 7.60 <sup>Bb</sup>	450.29 $\pm$ 7.44 <sup>Ab</sup>
<b>3 +</b>	553.69 $\pm$ 5.64	549.24 $\pm$ 5.45 <sup>c</sup>	395.42 $\pm$ 7.76 <sup>Bc</sup>	438.00 $\pm$ 7.47 <sup>Ac</sup>

<sup>A,B,C; a,b,c</sup> Uppercase letters indicate differences within columns, while lowercase letters represent differences within rows at significance level  $p < 0.05$ .

In terms of eating time, the results indicate that cows in the LI system spend more time per day eating (453 minutes) than cows in the HI system (422 minutes). In the first lactation, there is no difference for eating time, however, in the second and third or more lactations LI cows spend more time eating than the HI cows.

Overall, the interaction between feeding systems (HI vs. LI) and lactation number is evident for both rumination and eating times. The LI system seems to favor longer rumination and eating times, especially during the first lactation. This observation could be related to the fact that in the first year after the feeding change from a HI to a LI diet, we also observed higher milk yield for first lactating cows than for higher parturitions (Rosa, et.al, 2024), indicating that these cows are consuming larger quantities of feed and, consequently, exhibiting longer rumination times. With the start of the GreenDairy project, the older cows (second and more lactations) had to undergo a dietary transition, which may have affected their adaptation to the new regime. Unlike the first-lactation cows immediately entered the LI feeding system after their first calving.

In the figure 1, the daily rumination and eating times in minutes of the cows according to the days in milk (DIM) are presented. Cows in the LI group spend more time eating compared to the group for almost the entire lactation period. As for rumination time, this difference is noticeable at the beginning of lactation. However, after 20 weeks differences between groups equalized.

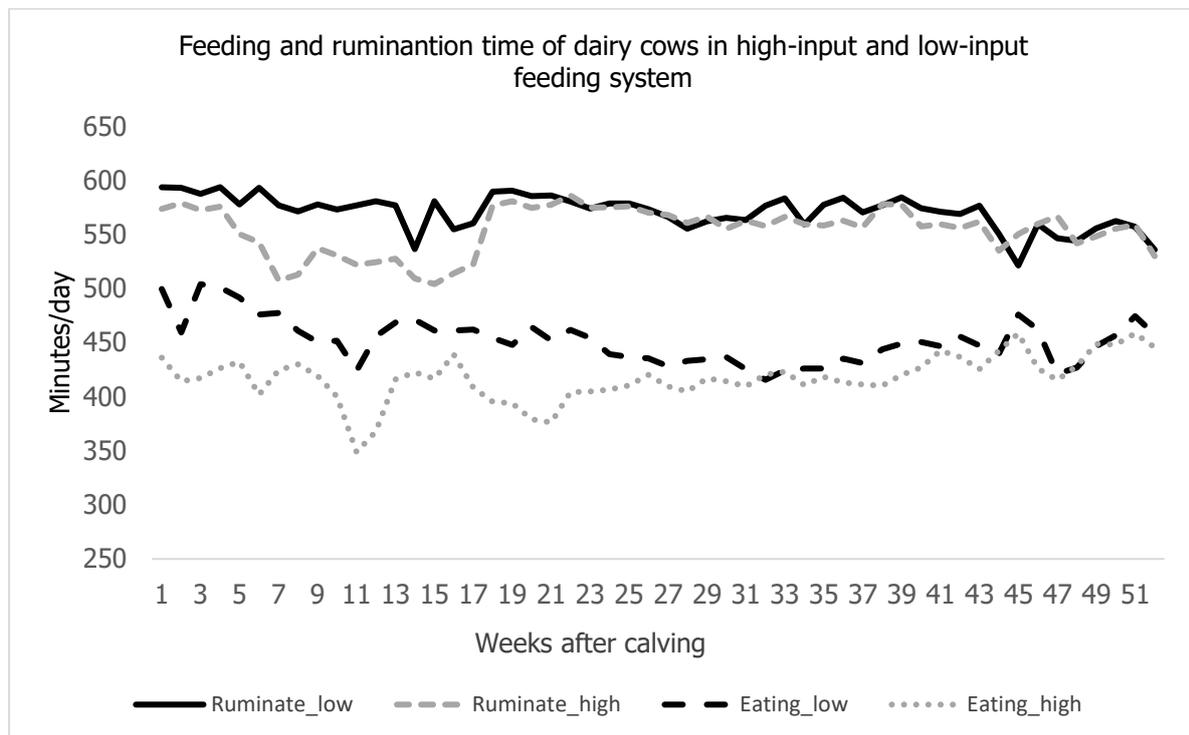


Figure 1: Rumination (minutes/day) and eating time (minutes/day) of cows in high- and low-input feeding system.

## Conclusion

We concluded that cows in the low-input feeding system ruminate and feed for longer periods compared to those in the high-input system, particularly during the first lactation in the first year after the feed change from a high- to a low-input system.

## Literature

Eisert J (2019): Environmental impact of organic milk production: The case of low- versus high-input at Gladbacherhof. Universität für Bodenkultur Wien.

Rosa L G, Thaler Neto A, Lambertz C, Gattinger A, Knob D A (2024): Milk yield and energy corrected milk yield of Holstein cows in organic high-input and low-input feeding systems. Brazilian Milk Quality Congress, Sao Paulo, Brazil.

### Corresponding author

Dr. Christian Lambertz  
 Professur für Ökologischen Landbau  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Karl-Glöckner-Str. 21C  
 35394 Gießen

Wir sind  
für Sie da!

# Zu emotional?

→ Tierwohl ist mehr  
als ein Gefühl – das  
können wir belegen.



Foto: iStock/Simon Skafar

LKV Bayern e. V.

Landsberger Straße 282 | 80687 München | [www.lkv.bayern.de](http://www.lkv.bayern.de)

Telefon: +49 (0)89/544 348-0 | E-Mail: [poststelle@lkv.bayern.de](mailto:poststelle@lkv.bayern.de)

## webFuLab – Digitalisierung der Fütterung

**Martin Schäffler<sup>1</sup>, Marion Nies<sup>2</sup>, Sabine Amslinger<sup>1</sup>, Petra Rauch<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), <sup>2</sup> LKV-Futtermittel Labor Bayern

### Einleitung

Die Fütterung von Tieren ist ein komplexes Thema. Grundsätzlich benötigt das Tier nur "Futter". Aber verschiedenste Futtermittel liefern neben der Energie unzählige Nährstoffe, die in den Futtermitteln in unterschiedlichsten Nährstoffkonzentrationen vorkommen. Auch innerhalb der gleichen Futtermittelart (z.B. Grassilage 1. oder 2. Schnitt) können die Nährstoffkonzentrationen stark schwanken. Standard-Tabellenwerte liefern deshalb nur Anhaltspunkte. Nur wer die Inhaltsstoffe seiner Futtermittel wirklich kennt, weiß, was er seinen Tieren vorlegt. Die Kenntnis des Futterwertes und der Nährstoffgehalte ist ein wesentlicher Baustein einer tier- und umweltgerechten Fütterung von Nutztieren.

Tiere haben unterschiedlichste Ansprüche an das Futter abhängig von der Tierart, dem Alter und dem Leistungsbedarf. Deshalb ist in einer tiergerechten Fütterung die Kenntnis des Nährstoffbedarfs abhängig vom jeweiligen Leistungsstand des Tieres ein weiterer wichtiger Baustein. Es ist eine Daueraufgabe der Tierernährung den Bedarf des Tieres immer exakter abzubilden und daraus nachvollziehbare Fütterungskonzepte für den Landwirt abzuleiten.

Die Kenntnisse aus der Bedarfsableitung müssen mit den Daten aus der Futterwirtschaft (Nährstoffgehalt der Futtermittel) zusammengeführt werden. Die Nutzung von digitalen Hilfsmitteln ist dabei für den Landwirt bzw. den Berater unerlässlich. Das bedeutet, dass Futteruntersuchungsdaten digital vorliegen müssen. Nur so können sie automatisch mithilfe von Schnittstellen in das Rationsberechnungsprogramm schnell und ohne lästige und fehlerbehaftete Handeingaben eingefügt werden. Dadurch kann der Landwirt bzw. Berater arbeitszeitparend eine zum Bedarf und den Ansprüchen des Tieres passende Kombination der untersuchten Futtermittel finden.

### webFuLab/LKV-FuLab App und ZiFo2-Möglichkeiten der Digitalisierung

Im Jahr 2013 startete die Internetanwendung webFuLab (Fuhrmann, 2016). Futteruntersuchungsergebnisse des LfL- und LKV-Futtermittel Labors in Grub wurden damit online verfügbar und für den Endnutzer digital verwertbar. Basis von webFuLab ist dabei die FuLab Datenbank. Der Landwirt und der Berater als Nutzer meldet seine zu untersuchenden Futterproben über webFuLab oder noch bequemer seit einigen Jahren über die FuLabApp des LKV direkt im Labor an. Mit der Smartphone-App können sogar die Barcodes der vorfrankierten LKV-Probenversandtaschen eingescannt werden. Dadurch ist die Anmeldung weiter vereinfacht. Erreichen die Futterproben auf dem Postweg das Labor, wird die vorliegende Futterprobe durch Abscannen dieses Barcodes mit der Online-Anmeldung verbunden. Die Probe kann ohne aufwändige Registrierung im Labor sofort weiterbearbeitet werden (siehe Abbildung 1).

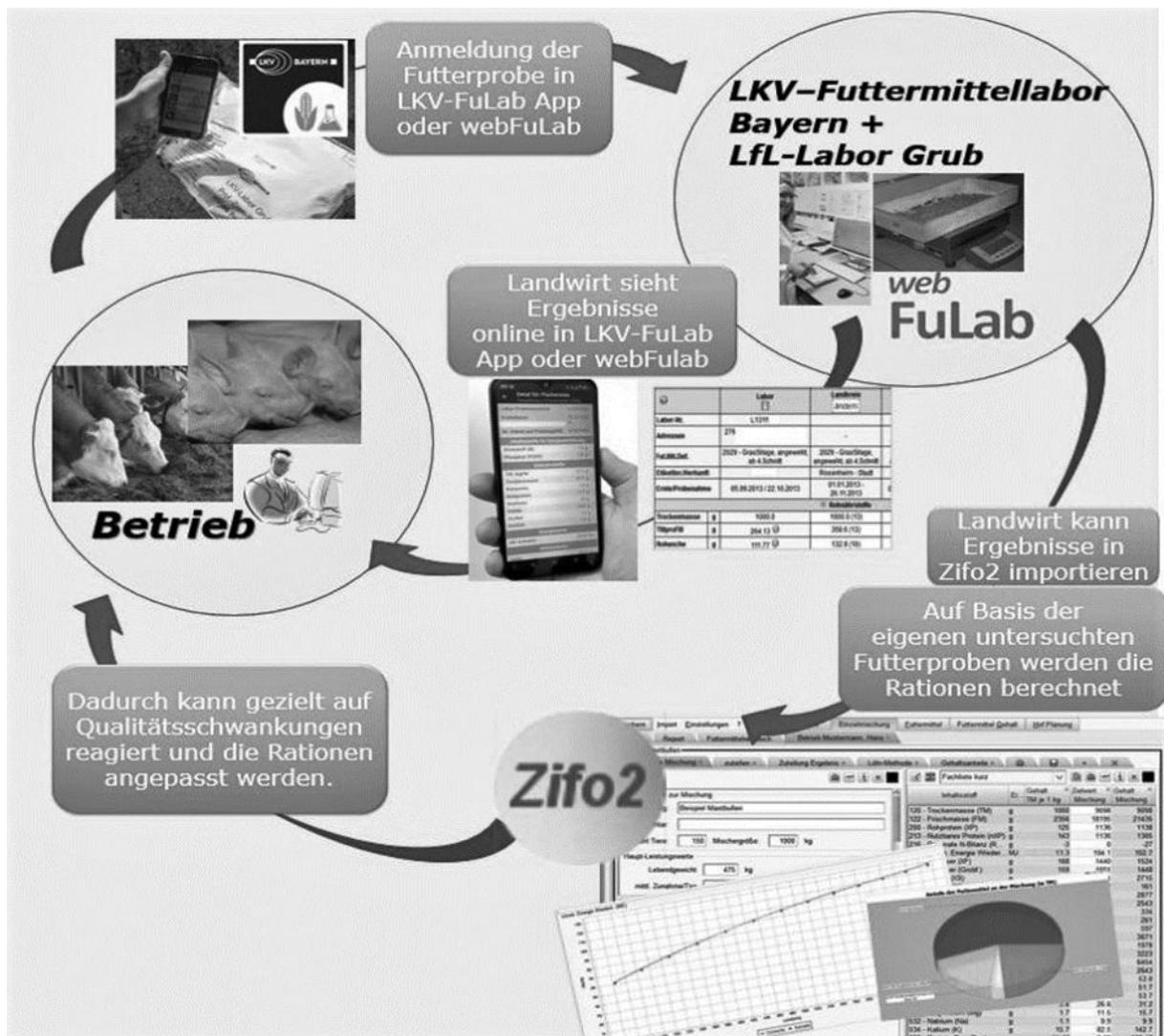


Abbildung 1: Futtermittel untersuchen und Ergebnisse gezielt verwenden mit Hilfe der Programme webFuLab, LKV-FuLabApp und Zifo2.

Der Landwirt oder Berater kann jederzeit online den Bearbeitungsstand seiner Futterprobe in webFuLab oder sehr einfach in der LKV-FuLabApp nachverfolgen. Dabei besteht ein zeitlicher Vorteil, denn es werden auch Teilergebnisse angezeigt. Ergebnisse bereits untersuchter Untersuchungspakete z.B. Rohnährstoffe sind einsehbar, selbst wenn die Probe noch nicht vollständig untersucht ist. Die App meldet sogar selbstständig, wenn weitere Ergebnisse vorliegen oder die Probe fertiggestellt ist. In webFuLab ist zusätzlich das Übertragen der Werte in pdf-/Excel-Format oder das Hinzufügen von individuell ausgewählten Durchschnittswerten möglich (siehe Abbildung 2). Berater können auch Auswertungen von Futtermitteln über mehrere Jahre hinweg durchführen, um so zu regionalen Standardwerten zu gelangen.

Der Einstieg und die Nutzung von webFuLab oder der LKV-FuLabApp sind anwenderfreundlich. Ohne zusätzliche Registrierung können bayerische Landwirte mit der ohnehin vorhandenen IBALIS-/HIT-Zugangskennung die Internetanwendungen nutzen.

Ein weiterer Meilenstein in Richtung Digitalisierung der Fütterung wurde 2016 möglich. Das vollständig neu überarbeitete Rationsberechnungsprogramm Zifo2 der LfL ging an den Start. Mit Zifo2 wurde es möglich die digitalisierten Futteruntersuchungsergebnisse in das Rationsberechnungsprogramm automatisiert ohne Handeingaben zu integrieren (siehe Abbildung 1).

?		Fischerwies i	Vergleichswert ändern	Vergleichswert ändern
Labor-Nr.		L2407066		
Adressen			-	-
Fut.Mit.Def.		4145 - Weizen	4145 - Weizen	4145 - Weizen
Etikettnr./Herkunft		67651984	Gesamtbayern	Oberbayern
Ernte/Probenahme		26.07.2024 / 29.07.2024	15.07.2024 - 10.09.2024	15.07.2024 - 10.09.2024
Laborbemerkung				
☐ Rohnährstoffe				
Trockenmasse	g	871	880 (400)	876 (179)
TM /kgFM	g	871	880 (400)	876 (179)
Rohasche	g	14	16 (400)	16 (179)
Rohprotein	g	117	110 (400)	119 (179)
Rohfaser	g	25	26 (400)	26 (179)
Rohfett	g	15	16 (400)	17 (179)
Stärke	g	605	620 (400)	614 (179)
Zucker	g	13	13 (400)	14 (179)
☐ Energiewerte				
ME Schwein	MJ	13.62	13.71 (400)	13.69 (179)
☐ Mineralstoffe				
Kalzium	g	0.3	0.3 (40)	0.3 (26)
Phosphor	g	3.4	3.4 (40)	3.5 (26)

Abbildung 2: Auszug eines Weizen-Untersuchungsergebnisses in webFuLab mit regionalen Vergleichswerten (Oberbayern und Gesamtbayern; Anzahl der Vergleichswerte in Klammer).

## Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Digitalisierung der Futteruntersuchungsergebnisse mittels webFuLab wurde eine automatisierte Übertragung dieser in das Rationsberechnungsprogramm Zifo2 erstmalig möglich. Der Landwirt und Berater hat den Vorteil der Zeitersparnis und der Vermeidung von fehlerbehafteten Handeingaben.

Entlang der Fütterungskette sind weitere Anwendungen möglich. So wurde im Rahmen des Projektes Digimilch eine Schnittstelle zu einem namhaften Futtermischwagenhersteller geschaffen. Die mit den digitalisierten Futteruntersuchungsergebnissen gerechneten Zifo2 Futterrationen können per Schnittstelle auf die programmierbare Waage des Futtermischwagens ohne Handeingaben aufgespielt werden. Weitere Schnittstellen zu anderen Herstellern wären wünschenswert.

Aktuell ist die Umsetzung der neuen Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der GfE (2023) bei der Milchkuh in Arbeit. Neue Untersuchungs- und Rationsparameter müssen in webFuLab und Zifo2 integriert werden. Dem Landwirt und Berater wird es in Zukunft ermöglicht, noch genauer den Versorgungsstand und -bedarf seiner Tiere digitalisiert abzubilden.

## Literaturverzeichnis

Fuhrmann, S.; Schäffler, M. (2016): webFuLab und Zifo2 – ein gutes Team zur Rationsbewertung. In: Bolduan, C. und Windisch, W. (Hrg): 54. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. Tagungsband. Futterqualität – Bewertung, Auswertung, Wertschöpfung. Freising, 26. September 2016. Freising: Bayerische Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e.V.

### **Autorenanschrift:**

Martin Schäffler  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE)  
Prof.-Dürrwachter-Platz 3  
85586 Poing  
Tel. 0816186407447  
Martin.Schäffler@LfL.bayern.de

## **Auswirkungen der Gehalte an pansenabbaubarer Stärke und Zucker der Ration auf die Methanemissionen und Abgleich der Messwerte mit Schätzgleichungen**

**Veronika Huber<sup>1</sup>, Anton Obermaier<sup>1</sup>, Kevin Hoffmann<sup>1</sup>, Franziska Blümel<sup>2</sup>, Thomas Ettle<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

<sup>2</sup> Bayerische Staatsgüter (BaySG), Versuchsgut Achselschwang

### **Einleitung**

Die Methanogenese in den Vormägen der Milchkuh ist für die Aufrechterhaltung der normalen Fermentationsbedingungen unvermeidlich und sie dient auch dazu, den entstehenden Wasserstoff abzugeben. Folglich können die Methanemissionen aus der Verdauung nicht vollständig vermieden werden. Durch eine gezielte Rationsgestaltung kann jedoch eine Reduktion angestrebt werden. Wichtige Faktoren zur Reduktion der Methanausscheidungen sind eine hohe Futtereffizienz bzw. ein niedriger Futteraufwand und eine sehr gute Grundfutterqualität. Aber auch gesunde und langlebige Tiere senken den Methanausstoß pro Kilo produziertem Produkt (GfE, 2023). Ein weiterer Ansatzpunkt ist der Einsatz von Futtermitteln mit besonderen Inhaltsstoffen (sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie beispielsweise Tannine, Saponine oder ätherische Öle), schwefel-/bromhaltige Verbindungen oder der Einsatz synthetischer Methaninhibitoren, wie beispielsweise 3-Nitrooxypropanol. Über die Rationsgestaltung können die Methanemissionen z. B. durch eine Erhöhung des Fettgehaltes in der Ration beeinflusst werden, hier sind allerdings Höchstgrenzen zu beachten. Auch hohe Anteile an (fermentierbarer) Stärke in der Ration reduzieren die Methanemissionen, da der pH-Wert im Pansen absinkt, wodurch die methanbildenden Mikroorganismen gehemmt werden. Mit der Erhöhung des Stärkeanteils über die Erhöhung des Konzentratfutteranteils der Ration geht meistens auch eine Reduktion der Faserbestandteile einher, was sich ebenfalls hemmend auf die Methanemissionen auswirkt. (GfE, 2023)

Zur Erfassung der Methanemissionen gibt es mehrere Möglichkeiten. Die genauesten Messungen und eine vollständige Erfassung sind in Respirationenkammern möglich, allerdings sind die Haltungsbedingungen nicht mit der Praxis zu vergleichen. Weitere Messtechniken sind der Laser-Methan-Detektor oder das Sniffersystem, beide Systeme messen allerdings nur die Methankonzentration, nicht den Volumenstrom. Eine weitere Option ist die Messung mittels Schwefelhexafluorid-Tracer Gas-Technologie, allerdings erfolgt hier eine Einschränkung des Einzeltiers. In der wissenschaftlichen Praxis hat sich das GreenFeed-System etabliert (C-Lock Inc., Rapid City, South Dakota, USA). Hier erfolgt eine Erfassung von Volumenstrom und Gaskonzentration, welche mittels Nichtdispersiver Infrarotsensorik bestimmt wird. (DLG, 2023)

Mit der vorliegenden Untersuchung sollte überprüft werden, ob die postulierten Auswirkungen unterschiedlicher Anteile an Stärke bzw. aNDFom in der Ration auf die Methanemissionen unter den am Staatsgut Achselschwang vorliegenden Bedingungen mit der neu etablierten Messtechnik zur Erfassung der Methanausscheidungen, den GreenFeed-Stationen, nachgehalten werden können. Weiterhin sollten die gemessenen Methanausscheidungen mit über Schätzgleichungen ermittelten Werten abgeglichen werden.

Die Untersuchungen wurden vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus gefördert.

## Material and Methoden

Der Versuch wurde am Versuchs- und Bildungszentrum für Rinderfütterung Achselschwang durchgeführt. Es wurden für den 12-wöchigen Versuch 48 Tiere der Rassen Fleckvieh (37) und Brown Swiss (11) im Wiegetrogbereich des Milchkuhstalles aufgestellt und in die Gruppen LS (low starch) und HS (high starch) aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgte auf Basis der Rasse, der Laktationsnummer, des Laktationstages und der Milchleistungskriterien, welche in einer vorgelagerten, zweiwöchigen Vorperiode erhoben wurden. Berücksichtigt wurden auch die in der Vorperiode gemessenen Methanemissionen. Die Tiere befanden sich zum Versuchsstart durchschnittlich am 120. Laktationstag der dritten Laktation.

Die Tiere erhielten eine Voll-TMR auf Basis Grassilage, Maissilage, Heu und einer Konzentratfuttermischung (Tab. 1). Die Energie-, nXP-, und RNB-Gehalte der Rationen wurden bei der Rationsplanung zwischen den Gruppen vergleichbar gehalten. In beiden Gruppen entsprach dies bei einer unterstellten Futteraufnahme von 25,3 kg einem Milcherzeugungswert von rund 39 kg/Tier und Tag. Die Differenzierung der Kohlenhydratfraktionen in den Gruppen LS und HS erfolgte über Trockenschnitzel bzw. Körnermais. In der Gruppe LS lag der Stärke- und Zuckergehalt bei 19,1% und in der Gruppe HS bei 31,3%. Die Kühe wurden in einem Offenfrontstall mit Liegeboxen gehalten.

**Datenerfassung** Die Futteraufnahme wurde tierindividuell über Wiegetröge gemessen. Die Milchleistung wurde täglich erfasst, Milchproben wurden einmal je Woche vom Morgen- und Abendgemelk eines Tages gezogen. Die Analysen erfolgten über den Milchprüfring Wolnzach. Neben Fett-, Eiweiß-, Laktose- und Harnstoffgehalt wurden ebenfalls die somatischen Zellen und das Fettsäuremuster der Milch mittels MIR gemessen und zur Verfügung gestellt. Die Methanausscheidungen wurden mit zwei GreenFeed Stationen gemessen. Die Tiere wurden mit einem Lockkraftfuttermittel (maximal 960 g/d, aufgeteilt auf vier Anrechte) angelockt und durch mindestens drei tägliche Messungen von Luftstrom und Methanausscheidungen in der Atemluft kann ein quantitativer Tageswert (g/d) errechnet werden. Anhand der Spektraldaten der Fettsäuren wurde der tägliche Methanausstoß der Einzeltiere nach der Gleichung von Vanlierde et al. (2020) berechnet und mit den an den GreenFeed Stationen gemessenen Werten abgeglichen.

Die Körperkondition wurde zu Versuchsbeginn, Versuchsmitte und zu Versuchsende erfasst. Dabei wurde der Body Condition Score (BCS) auf einer 5-stufigen Skala nach den Angaben von Edmonson et al. (1989) und Jilg und Weinberg (1998) beurteilt. Die Rückenfettdicke (RFD) wurde mit einem Ultraschallgerät (Tringa Linear Vet, Esaote Europe BV, Maastricht, Niederlande) nach der Methode von Staufenbiel (1992) gemessen. Zusätzlich wurde zu Versuchsbeginn, Versuchsmitte und zum Versuchsende die Lebendmasse der Kühe erfasst (Tierwaage Taxatron 5000, Genauigkeit: 1 % vom Wiegebereich (bis 1000 kg)). Futterproben der Grobfuttermittel wurden wöchentlich genommen und im monatlichen Abstand wurden Mischproben erstellt zur Bestimmung der Rohnährstoffgehalte nach Standardmethoden (VDLUFA, 2012). Konzentratfuttermittel wurden monatlich nach denselben Methoden wie die Grobfuttermittel analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SAS (Version 9.4, SAS Institut, Cary, NC, USA) unter Verwendung der Prozedur „GLM“ mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse, die Messwerte der Vorperiode wurden als Kovariablen herangezogen.

Tabelle 1: Zusammensetzung (% der TM) und kalkulierte Energie- und Rohnährstoffgehalte (je kg TM) der TMR.

Bezeichnung	Ration	
	Low starch	High Starch
Grassilage	16,3	16,4
Maissilage	36,9	37,0
Heu	5,5	5,9
Trockenschnitzel	17,2	-
Körnermais	-	17,9
Rapsextraktionsschrot	18,9	18,9
Sojaextraktionsschrot	2,4	1,74
Mineralfutter	0,35	0,35
Rapsöl	1,70	0,91
Kohlensaurer Kalk	0,28	0,28
Viehsalz	0,15	0,15
Harnstoffergänzer	0,27	0,59
Energie- und Nährstoffgehalte (Rationsplanung)		
NEL, MJ/kg TM	6,90	6,93
nXP, g/kg TM	155	154
RNB, g/kg TM	0	0
aNDFom, g/kg TM	397	345
XL, g/kg TM	41	38
XS, g/kg TM	129	251
XZ, g/kg TM	71	63

## Ergebnisse und Diskussion

Die Futteraufnahme lag in der Gruppe LS bei 25,3 kg TM/Tier und Tag und in der Gruppe HS bei 24,6 kg TM/Tier und Tag, wobei die Unterschiede zwischen den Gruppen statistisch nicht abgesichert werden konnten (Tab. 2). Die tägliche Aufnahme an Stärke und Zucker lag in der Gruppe LS dem Versuchsplan entsprechend deutlich niedriger als in der Gruppe HS, die Aufnahme an aNDFom dagegen deutlich höher ( $P < 0,001$ ).

Der Gehalt an aNDFom aus dem Grobfutter lag in den Gruppen LS und HS mit 242 g/kg TM und 246 g/kg TM auf einem vergleichbaren Niveau. In beiden Gruppen wurden die Vorgaben zur Versorgung mit aNDFom aus dem Grobfutter nicht erreicht (LfL, 2023: 280 g/kg TM; GfE, 2023: 300 g/kg TM). Die Ermittlung der peNDF mit Hilfe der Schüttelbox brachte unbefriedigende Ergebnisse, was auf methodische Schwierigkeiten bei der Beprobung der TMR zurückzuführen sein dürfte. Der Strukturindex aNDFom (Rutzmoser et al., 2011) fasst die Versorgung an aNDFom aus dem Grobfutter und an im Pansen abbaubaren Kohlenhydraten (165 g/kg TM in der Gruppe LS, 241 g/kg TM in der Gruppe HS) in einer Zahl zusammen. Zur Aufrechterhaltung physiologischer Bedingungen im Pansen sollte er einen Wert von 50 nicht unterschreiten. Während dieser Zielwert in der Gruppe LS mit einem Wert von 62 erreicht wurde, lag er in der Gruppe HS mit 41 deutlich darunter.

Tabelle 2: Futter- und Nährstoffaufnahme in den Gruppe LS und HS.

	Gruppe		SE	P-Wert
	LS	HS		
TM, kg/Tag	25,3	24,6	0,35	0,176
NEL, MJ/Tag	175	179	2,53	0,239
nXP, g/Tag	3.919	3.912	55,7	0,928
RNB, g/Tag	9,22	-22,3	0,34	<0,001
aNDFom, g/Tag	9.498	8.049	123	<0,001
XS, g/Tag	4.666	6.947	89,2	<0,001
XZ, g/Tag	1.442	782	16,1	<0,001

Die Milchleistung lag in der Gruppe HS mit 41,7 kg/Tier und Tag signifikant höher als in der Gruppe LS mit 39,5 kg/Tier und Tag ( $p < 0,01$ , Tab. 3). Die Differenz in der Milchleistung zwischen den Versuchsgruppen lässt sich nicht vollständig aus der tatsächlich realisierten Energiekonzentration der Rationen bzw. der tatsächlichen Energieversorgung erklären.

Während sich kein Fütterungseinfluss auf den Milcheiweißgehalt zeigte, lag der Milchfettgehalt in der Gruppe LS deutlich ( $P < 0,01$ ) höher als in der Gruppe HS. Ein nach Fütterung von Rationen mit erniedrigtem Fasergehalt erniedrigter Milchfettgehalt lässt sich aus den Auswirkungen des Fasergehaltes der Ration auf das Fettsäuremuster im Pansen erklären (Übersicht z.B. bei Bauman und Griinari, 2003).

Tabelle 3: Milchleistung und Milchinhaltsstoffe in den Gruppe LS und HS.

	Gruppe		SE	P-Wert
	LS	HS		
Milch, kg/Tag	39,5	41,7	0,537	0,006
Fett, %	3,58	3,33	0,053	0,002
Eiweiß, %	3,50	3,53	0,019	0,335
Laktose, %	4,80	4,88	0,017	0,002
Harnstoff, mg/l	234	219	4,436	0,184
ECM, kg/Tag	37,7	38,5	0,557	0,338

Die Methanausscheidungen in der Gruppe LS lagen mit 426 g/Tier und Tag signifikant ( $p < 0,01$ ) höher als in der Gruppe HS mit 402 g/Tier und Tag (Tab. 4). Die Differenzierung in der täglichen Methanausscheidung zwischen den Gruppen lag in vorliegendem Versuch etwas niedriger als in der Arbeit von Hatew et al. (2015). Allerdings wurden in diesem Versuch auch Rationen mit wesentlich höheren Unterschieden im Gehalt an Faser und Stärke/Zucker eingesetzt.

Als Folge der um 2,2 kg/Tier und Tag erhöhten Milchleistung in der Gruppe HS und den geringeren Methanausscheidungen konnte bei den Methanausscheidungen pro kg Milch ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. Auch konnte ein linearer Zusammenhang zwischen abnehmenden  $\text{CH}_4$ -Ausscheidungen pro kg Milch und steigender Milchleistung festgestellt werden (Abb. 1).

In der Gruppe HS wurden die Methanausscheidungen ( $\text{CH}_4/\text{Tag}$ ), die Methanemissionsintensität ( $\text{g CH}_4/\text{kg ECM}$ ) und der Methanertrag ( $\text{g CH}_4/\text{kg TM}$ ) gegenüber der Gruppe LS um 5,6, 9,4 und 1,8 % gemindert. Diese relativ geringen Minderungen der Methanproduktion wurden über die Verfütterung einer Ration erreicht, die sich in den Grenzbereichen einer wiederkäuergerechten Fütterung bewegt und

längerfristig zu einer Störung der physiologischen Bedingungen im Pansen führen könnte. Damit werden die Grenzen einer Methanminderungsstrategie über eine Variation der Faser- und Stärkegehalte der Ration bzw. eine Erhöhung der Kraftfutteranteile deutlich.

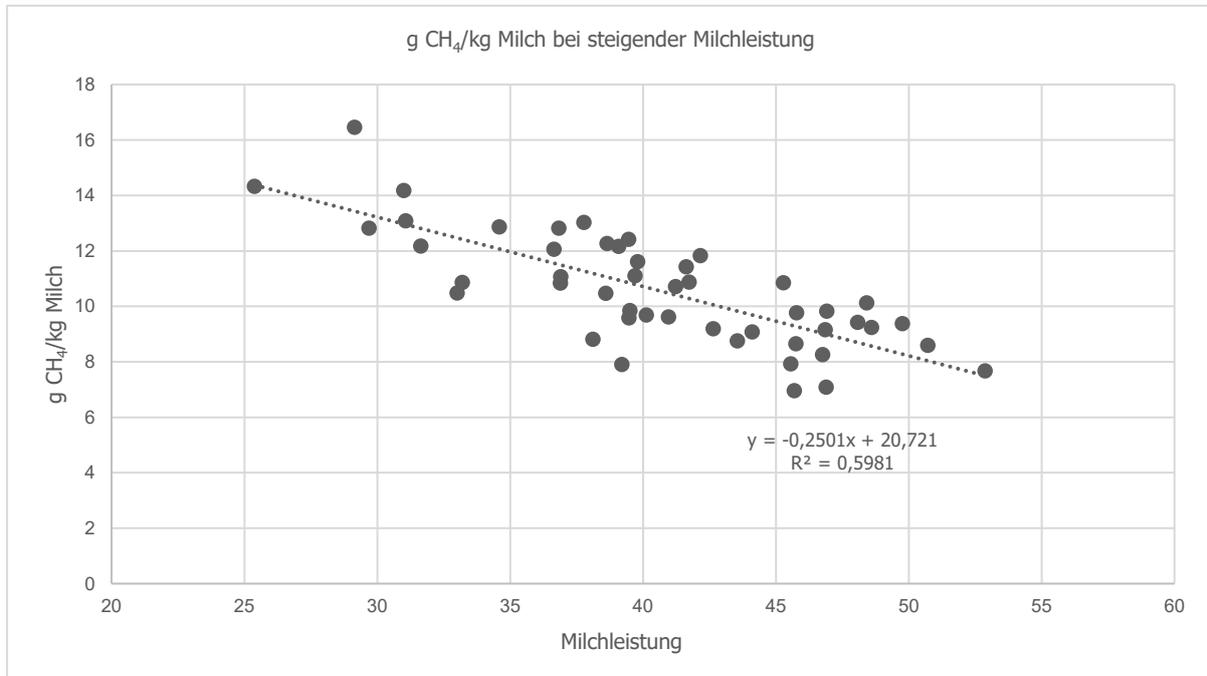


Abbildung 1: Methanausscheidungen pro kg Milch in Abhängigkeit der Milchleistung (g CH<sub>4</sub> je Kuh/Tag im Mittel des Versuches) in den Gruppen LS und HS.

Die Ergebnisse zu den Methanausscheidungen sollten auch mit den Ergebnissen aus Schätzgleichungen zur Methanausscheidung abgeglichen werden. Nach aktuellem Stand scheint der Zusammenhang sehr schwach zu sein, sowohl bei der in der Literatur sehr häufig zitierten Schätzgleichung von Niu et al. (2018), als auch bei den über MIR-Spektren errechneten Werten. Diese Ergebnisse sollten mit einer höheren Anzahl von Messwerten auch an anderen Versuchseinrichtungen überprüft werden. Bei den erhobenen Körperkonditionswerten (Gewicht, BCS, RFD) wurden keine signifikanten Einflüsse der Rationsgestaltung festgestellt.

Tabelle 4: Methanemissionen, Futter- und Energieeffizienz in den Gruppe LS und HS.

	Gruppe		SE	P-Wert
	LS	HS		
CH <sub>4</sub> , g/d	426	402	5,387	0,003
g CH <sub>4</sub> /kg Milch	11,2	9,92	0,217	0,001
g CH <sub>4</sub> / kg ECM	11,7	10,6	0,219	0,002
g CH <sub>4</sub> /kg TM	17,1	16,8	0,331	0,509
kg TM/kg Milch	0,66	0,60	0,011	<0,001
kg Milch/10 MJ NEL	2,30	2,38	0,040	0,182

## Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen, dass Rationen mit höheren Gehalten an aNDFom und niedrigeren Stärkegehalten zu einer höheren Methanausscheidung von Milchkühen führen. Allerdings sind die Effekte relativ gering und gehen zu Lasten einer wiederkäuergerechten Fütterung. Die verfügbaren Gleichungen zur Abschätzung der Methanausscheidung sollten weiter anhand von Messwerten überprüft werden.

## Literaturverzeichnis

- Akhlaghi, B., Ghasemi, E., Alikhani, M., Ghaedi, A., Nasrollahi, S. M., Ghaffari, M. H. (2022): Influence of reducing starch in the diets with similar protein and energy contents on lactation performance, ruminal fermentation, digestibility, behavior and blood metabolites in primiparous and multiparous dairy cows. *Vet Med Sci.* 8, 808-821.
- Bauman, D. E., Griinari, J. M. (2003): Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23, 203–227
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2023): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen, 48. Veränderte Auflage, Hrsg.: LfL, Freising-Weihenstephan
- DLG (2023): Im Fokus: Methan bei der Milchkuh, DLG-Merkblatt 419, Hrsg.: DLG
- Edmondson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, U.G. (1989): A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78
- GfE (2023): Energie- und Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Hatew, B., Podesta, S. C., Van Laar, H., Pellikaan, W. F., Ellis, J. L., Dijkstra, J., Bannink, A. (2015): Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 486-499
- Jilg, T., Weinberg, L. (1998): Konditionsbewertung jetzt auch beim Fleckvieh. *top agrar* 6, R12-R15
- Niu, M., Kebreab, E., Hristov, N. A., Oh, J., Arndt, C., Bannink, A., Bayat, A. R., Brito, A. F., Boland, T., Casper, D., Crompton, L. A., Dijkstra, J., Eugène, M. A., Garnsworthy, P. C., Haque, M. N., Hellwing, A. L. F., Huhtanen, P., Kreuzer, M., Kuhla, B., Lund, P., Madsen, J., Martin, C., McClelland, S. C., McGee, M., Moate, P. C., Muetzel, S., Munoz, C., O’Kiely, P., Peiren, N., Reynolds, C. K., Schwarm, A., Shingfield, K. J., Storlien, T. M., Weisbjerg, M. R., Yáñez-Ruiz, D. R., Yu, Z. (2018): Prediction of enteric methane production, yield, and intensity in dairy cattle using an intercontinental database. *Glob Change Biol.* 24, 3368-3389
- Rutzmoser, K., Ettle, T., Obermaier, A., Schuster, H. (2011): Ein Strukturindex als Fortführung zur Beschreibung der Strukturwirkung mit der physikalisch effektiven NDF. Tagungsband 10. BOKU-Symposium Tierernährung, 231-236
- Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Mh. Vet.-Med.* 47, 467-474

Vanlierende, A., Dehareng, F., Gengler, N., Froidmont, E., McParland, S., Kreuzer, M., Bell, M., Lund, P., Martin, C., Kuhla, B., Soyeurt, H. (2020): Improving robustness and accuracy of predicted daily methane emissions of dairy cows using milk mid-infrared spectra. J Sci Food Agric 101, 3394-3403

VDLUFA (2012): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Methodenbuch III, Darmstadt: VDLUFA-Verlag

#### **Autorenanschrift**

Veronika Huber  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing  
Email: veronika.huber@lfl.bayern.de

## Vergleich unterschiedlicher Strategien zur Zuteilung an Konzentrat über Abrufstationen bei hochleistenden Milchkühen

**T. Ettle<sup>1</sup>, A. Obermaier<sup>1</sup>, M. Götz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

<sup>2</sup> Bayerische Staatsgüter (BaySG), Versuchsgut Grub

### Einleitung

Bei Fütterung von Teilmischrationen mit Ergänzung von Konzentrat (Konz) über Abrufstationen wird die Höhe der zuzuteilenden Konzentratmenge üblicherweise über die aktuelle Milchleistung des Einzeltieres festgelegt. Unterstellt wird dabei eine vom Laktationstag unabhängige Aufnahme an Teilmischration aus der sich eine bestimmte erzielbare Milchleistung (aus aufgenommenen MJ NEL) ergibt. Für darüberhinausgehende Leistungen werden üblicherweise 0,5 kg Konzentrat je zusätzlichem kg Milch zugeteilt. Im Versuch optiKuh wurde dagegen eine andere Vorgehensweise gewählt. Dabei wurde für eine angenommene mittlere Herdenleistung eine mittlere Milchleistungskurve unterstellt. Die zuzuteilende Menge an Konzentrat wurde für alle Tiere unabhängig von der tatsächlich realisierten Milchleistung aus der Milchleistungskurve abgeleitet und in Abhängigkeit vom Laktationstag zugeteilt (Meyer und Spiekers, 2018). Als Vorteil der leistungsunabhängigen Zuteilung nach Kurve wird angenommen, dass Kühe mit eher verminderten Futteraufnahmevermögen sonst systematisch „abgemolken“ werden. Eine der Schlussfolgerungen aus dem Projekt optiKuh war, dass solch ein laktationstagsbezogenes Konzentratzuteilungssystem Vorteile mit sich bringen könnte. In vorliegendem Versuch sollten die beiden Vorgehensweisen vergleichend überprüft werden.

### Material und Methoden

Der Versuch wurde im Wiegetrogbereich des Milchviehstalles am Staatsgut Grub über einen Zeitraum von rund 19 Monaten durchgeführt. Zu Versuchsbeginn wurden 61 Kühe der Rasse Fleckvieh (Ø 150. Laktationstag der 2. Laktation) unter Berücksichtigung von Laktationsnummer, Laktationsstand, Milchleistungskriterien und Körperkondition (Gewicht, BCS) auf die Gruppen „Kontrolle“ und „Versuch“ aufgeteilt. Abgehende Kühe (trockenzustellende Kühe, Abgänge) wurden für beide Gruppen gleichmäßig durch frisch abgekalbte Kühe nachersetzt.

Die Fütterung erfolgte über eine Teilmischration (PMR) auf Basis Gras- und Maissilage, Heu/Stroh und einer Konzentratvormischung. Bei einer unterstellten Aufnahme von 19,6 kg TM/Kuh und Tag sollte diese PMR bei einem Gehalt von 6,7 MJ NEL/kg TM und 146 g nXP/kg TM eine Milchleistung von rund 26 kg/Tag abdecken (Jungkühe: 23 kg Milch/Tag bei 17,6 kg TM-Aufnahme/Tag). Die Rationen wurden während des Versuches laufend an die sich ändernden Grobfutterqualitäten angepasst.

In der Kontrollgruppe wurden je kg Mehrleistung an Milch (über unterstellter Milchleistung aus PMR) tierindividuell 0,5 kg Konzentrat zugeteilt. Die Zuteilung basierte auf der aktuellen 7-Tageleistung, die

Anpassung erfolgte wöchentlich). Es wurden maximal 7 kg Konzentrat /Tier und Tag (Jungkuh: 5 kg) und minimal 1 kg Konzentrat /Tier und Tag (Lockfutter VMS) zugeteilt. Die Anfütterung erfolgte bis zur 5. Laktationswoche schrittweise.

Die Kalkulation der Konzentrat -Zuteilung in der Versuchsgruppe erfolgte auf Basis einer Laktationskurve, die aus den Daten der Versuchsherde aus vorangegangenen 2 Jahren getrennt für Jungkühe bzw. für die Kühe der 2. und folgenden Laktation abgeleitet wurde. D.h. alle Kühe in dieser Gruppe erhielten unabhängig von der tatsächlichen aktuellen Leistung in Abhängigkeit des Laktationstages die gleiche Menge an Konzentrat über die Abrufstation. Die weiteren Einschränkungen zur Konzentratzuteilung (Anfütterung, min. – max. – Werte) waren analog der Kontrollgruppe festgelegt.

Die Kühe wurden in einem Offenfrontstall mit Liegeboxen gehalten. Die Futteraufnahme wurde tierindividuell über Wiegetröge gemessen. Die Milchleistung wurde täglich erfasst, Milchproben wurden einmal je Woche vom Morgen- und Abendgemelk eines Tages gezogen. Die Körperkondition wurde über eine BCS-Kamera laufend erfasst. die Lebendmasse der Kühe wurde im VMS automatisch über eine Plattformwaage erfasst.

Von den Konzentrat- und Grobfuttermitteln wurden monatliche Mischproben erstellt, an denen die Roh Nährstoffgehalte nach Standardmethoden (VDLUFA, 2012) bestimmt wurden. Die Energiegehalte der Futtermittel wurden nach den Vorgaben der GfE (2008) und DLG (2011) bestimmt. Die Energie- und Nährstoffaufnahme wurde aus den Analyseergebnissen und der Zusammensetzung der TMR errechnet.

Die statistische Analyse der Daten erfolgte unter Verwendung der Software SAS (Statistical Analysis System, Institute Inc., Cary, NC, USA, Version 9.4) anhand der Prozedur MIXED. Es wurde der Effekt von der Laktationsnummernklasse (3 Klassen: 1., 2.,  $\geq 3$  Laktationen), Laktationswoche und die Versuchsgruppe als fixe Effekte gewählt. Die Kuh wurde als zufälliger Effekt angesehen. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt und die Ergebnisse als LS Means und die zugehörigen Standardfehler (gepoolt) angegeben. Es wurden Daten von 57 (Kontrolle) und 55 (Versuch) Kühen (mind. 50 Tage im Versuch; max. bis Laktationstag 400) ausgewertet.

## Ergebnisse und Diskussion

Der tägliche Abruf an Konzentrat über die Abrufstation (incl. VMS) lag in den Gruppen Kontrolle und Versuch bei 3,4 und 3,3 kg ( $P=0,437$ ). Lediglich am Ende der Laktation ergaben sich gewisse Unterschiede zwischen den Gruppen (Abbildung 1), wobei hier auch die geringe Gruppenbesetzung eine Rolle spielt. Auch die Gesamtfutteraufnahme und die Energie- und Nährstoffversorgung unterschied sich nicht zwischen den Versuchsgruppen (Tabelle 1).

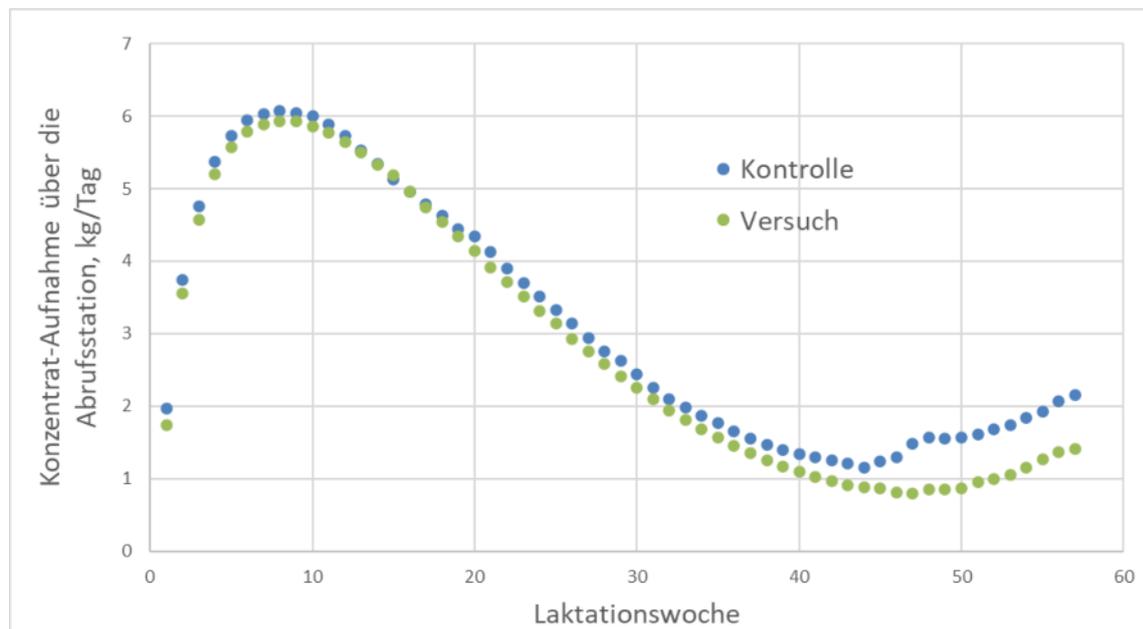


Abbildung 1: Aufnahme an Konzentrat über die Abrufstation (incl. VMS) der Kühe der Kontroll- und Versuchsgruppe im Laktationsverlauf

Tabelle 1: Futter- und Nährstoffaufnahme

	Kontrolle	Versuch	s.e.	P-Wert
TM, kg/Tag	21,3	21,3	0,2	0,982
NEL, MJ/Tag	143	142	2	0,891
nXP, g/Tag	3185	3182	34	0,949
RNB, g/Tag	-6,42	-6,88	0,73	0,658
aNDFom, g/Tag	7557	7566	75	0,931
XS+XZ, g/Tag	5938	5947	92	0,946

Die tägliche Milchleistung lag in den Gruppen Kontrolle und Versuch bei 29,4 und 29,2 kg/Tier und Tag ( $P=0,826$ ; Tabelle 2). Auch die Milchfett- und Milcheiweißgehalte sowie die tägliche ECM-Leistung unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht. Die Milchnitrogengehalte lagen in beiden Gruppen im Normbereich. Die Leistung der Kühe lag in vorliegender Untersuchung deutlich höher als in früheren Langzeitversuchen in Grub (Hertel-Böhnke et al., 2018), was sich durch deutlich geringere Futter- und Energieaufnahmen in der Arbeit von Hertel-Böhnke et al. (2018) erklären lässt.

Tabelle 2: Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

	Kontrolle	Versuch	s.e.	P-Wert
Milch, kg/Tag	29,4	29,2	0,6	0,826
Fett, %	4,11	4,18	0,05	0,327
Eiweiß, %	3,58	3,53	0,03	0,188
Laktose, %	4,89	4,88	0,02	0,691
Zellzahl	169	158	26	0,766
Harnstoff, mg/l*	193	202	4	0,118
ECM, kg/Tag	29,8	29,9	0,5	0,929
Fett, kg/Tag	1,18	1,20	0,02	0,507
Eiweiß, kg/Tag	1,04	1,02	0,02	0,484

Abbildung 2 zeigt den BCS der Kühe im Laktationsverlauf. Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (Kontrolle: 3,69; Versuch: 3,75; s.e.: 0,03;  $P=0,187$ ). Im Vergleich zu Referenzkurven (Jilg und Weinberg, 1998) steigen die Verläufe relativ frühzeitig in der Laktation wieder an, bewegen sich aber insgesamt innerhalb der Toleranzbereiche. Die mittlere Lebendmasse (Kontrolle: 732; Versuch: 730; s.e.: 7;  $P=0,851$ ) lag deutlich niedriger als in früheren Untersuchungen in Grub (Hertel-Böhnke et al., 2018) was an einem unterschiedlichen Anteil an Jungkühen liegen dürfte.

Insgesamt ergibt sich aus vorliegenden Daten kein Einfluss der Strategie der Konzentratvorlage über die Abrufstation auf Futteraufnahme oder Leistungskriterien. Vergleichbare Ergebnisse zeigen auch andere Untersuchungen zu den Auswirkungen unterschiedlicher Konzentratzuteilungsstrategien auf die Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen (Andries et al., 1988; Lawrence et al., 2015, 2016, Moisey und Leaver 1985, Taylor and Leaver, 1986). In diesen Untersuchungen wurden allerdings leistungsorientierte Konzentratzuteilungsvarianten mit strikter flatrate-Zuteilung (eine einzige Konzentratzuteilungsmenge für alle Kühe) verglichen, so dass die Ergebnisse nicht vollständig mit der vorliegenden Untersuchung vergleichbar sind.

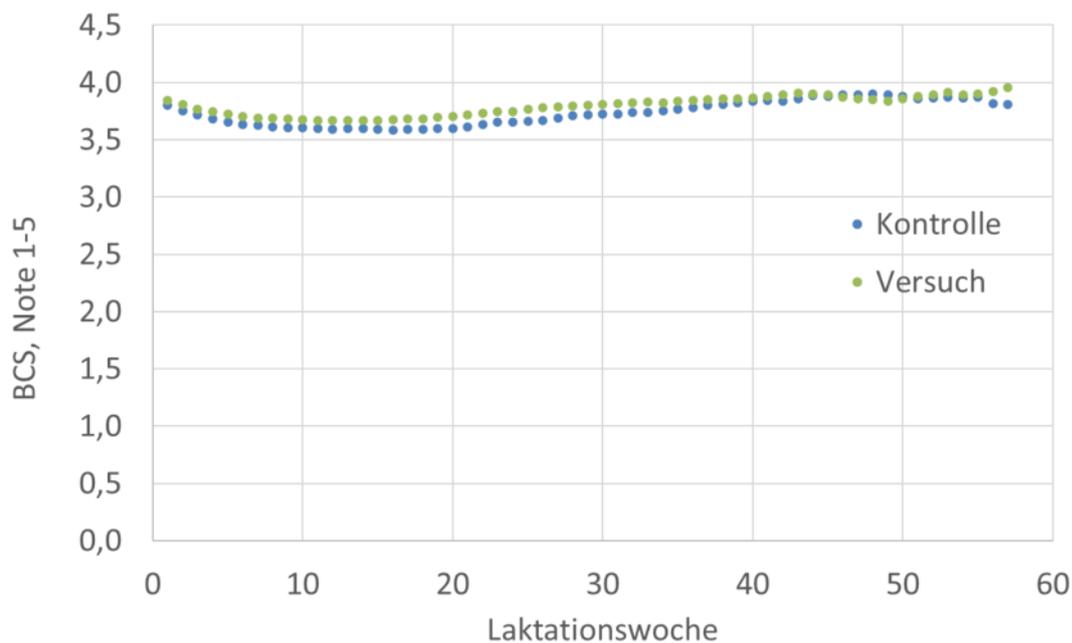


Abbildung 2: BCS (Note 1-5) der Kühe der Kontroll- und Versuchsgruppe im Laktationsverlauf

Die Kühe erreichten in der 6. Laktationswoche eine positive Energiebilanz (Abbildung 3). In früheren Untersuchungen in Grub wurde ein ausgeglichenes Energiesaldo erst nach 7-9 Wochen, in einer Versuchsgruppe erst nach 13 Laktationswochen erreicht (Hertel-Böhnke et al., 2018). Mit 7,01 und 5,92 MJ NEL/Tag (s.e.: 1,5;  $P=0,608$ ) lag das mittlere Energiesaldo in der vorliegenden Untersuchung in der Kontroll- und Versuchsgruppe etwas höher als in früheren Untersuchungen (Spiekers et al., 2022) mit Fleckvieh bei vergleichbarem Konzentrataufwand.

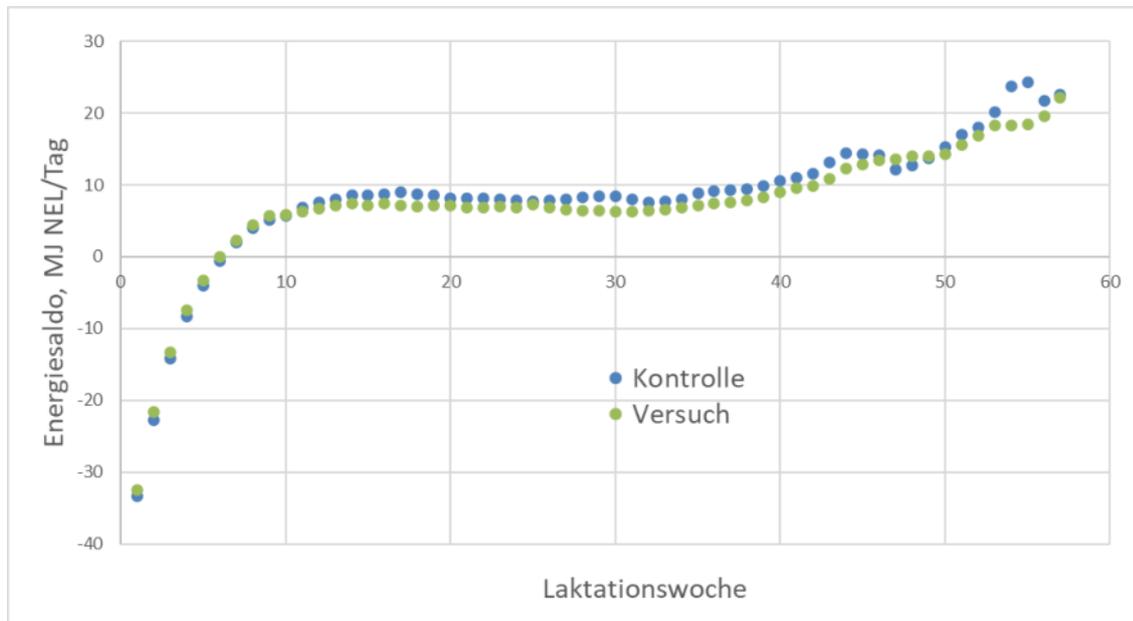


Abbildung 3: Energiesaldo (MJ NEL/Tag) der Kühe der Kontroll- und Versuchsgruppe im Laktationsverlauf

Der Aufwand an Konzentrat (incl. Anteil in der PMR) lag in der Kontroll- und Versuchsgruppe mit 248 und 241 g/kg ECM (s.e.: 11;  $P=0,666$ ) im oberen Bereich der Empfehlungen (Lfl, 2023), entsprach dabei aber den Vorgaben aus der Versuchsplanung. Die Energieeffizienz betrug für die Kontroll- und die Versuchsgruppe 1,97 und 1,98 kg ECM/10 MJ NEL. Diese Werte bewegen sich im Rahmen der Daten für Fleckviehkühe aus früheren Untersuchungen (Spiekers et al., 2022).

Aus dem vorliegenden Versuch ergibt sich, dass die Art der Konzentratzuteilung, entweder in Abhängigkeit der aktuellen Milchleistung oder in Abhängigkeit des Laktationstages bei einem Aufwand an Konzentrat im Bereich von 250 g/kg ECM keine Auswirkungen auf den Abruf an Konzentrat an der Abrufstation, die TM-Aufnahme und Milchleistungskriterien hat. Die Konzentratzuteilung in Abhängigkeit des Laktationstages ist zunächst einfach umzusetzen und verhindert eine zu starke Einschränkung des Konzentratangebotes bei kurzfristigem Absinken der Leistung. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung ist die genaue Kenntnis des Futteraufnahmevermögens und des Leistungspotentials der Herde.

## Literatur

Andries, J.I., de Brabander, D.L., Buysse, F.X. (1988): Feeding strategies for dairy cattle. Comparison of flat rate feeding and standard feeding during early lactation. Arch. Tierernähr. 38, 651-661

DLG (2011): Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung.

GfE (2008): New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191-197.

Hertel-Böhnke, P., Schneider, M., Ettle, T., Spiekers, H. (2018): Langzeitstudie zu den Effekten verschiedener Kraftfutter-: Grobfutterverhältnisse in der Milchkuhfütterung auf Leistung und Futteraufnahme. Züchtungskd., 90, 417-429

Jilg, T., Weinberg, L. (1998): Konditionsbewertung jetzt auch beim Fleckvieh. top agrar 6, R12-R15.

Lawrence, D.C., O'Donovan, M., Boland, T.M., Lewis, E., Kennedy, E. (2015): The effect of concentrate feeding amount and feeding strategy on milk production, dry matter intake, and energy partitioning of autumn-calving Holstein-Friesian cows, J. Dairy Sci., 98, 338-348

Lawrence, D.C., O'Donovan, M., Boland, T.M., Lewis, E., Kennedy, E. (2016): An examination of two concentrate allocation strategies which are based on the early lactation milk yield of autumn calving Holstein Friesian cows, Animal, 10, 796-804

LfL (2023): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen, 48

Meyer, U., Spiekers, H. (2018): Welches Energieniveau ist zielführend? LfL Schriftenreihe, 2, 24-29

Moisey, F. R., Leaver, J. D. (1985). Systems of concentrate allocation for dairy cattle 3. a comparison of two flat-rate feeding systems at two amounts of concentrates. Anim. Sci., 40, 209-217

Spiekers, H., Hofmann, G., Karer, A., Honig, A.C., Ledinek, M., Ettle, T., (2022): Statement: Doppelnutzung oder Kreuzung Milchrasse × Fleischbulle. Züchtungskd., 94, 287–298

Taylor, W., Leaver, J.D. (1986): Systems of concentrate allocation for dairy cattle. 4. A comparison of two amounts and two patterns of allocation. Anim. Sci.43, 17-26

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.) (2012): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Aufl. incl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

### **Autorenanschrift:**

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

# 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**

## Effect of dietary organic trace minerals on claw health in dairy cows

**Hanna Lichtenstein<sup>1</sup>, Susanne Rothstein<sup>1</sup>, Bernhard Landwehr<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsgesellschaft mbH,  
Germany

### Introduction

The increase in milk yield over time was associated with an increase in the incidence of diseases and a shorter lifetime (Kolbaum et al. 2023). In 2021, claw and limb diseases were the reason for the loss of approximately 10.1 % of German Holstein cows (ibid.). Diseases such as dermatitis digitalis, white line disease and sole ulcer have a negative impact on milk yield, fertility and longevity, resulting in substantial economic losses for the farmer (Charfeddine and Pérez-Cabal, 2017). Overall, good claw health not only plays an economic role in cow productivity and efficiency but is also important for cow welfare (SUNTINGER et al. 2019).

Claw health is primarily influenced by nutrition and husbandry techniques (Langova et al. 2020) but also seasonal variances (SHEARER et al. 2006). Optimal blood circulation, combined with a balanced nutrient and mineral content in the claw skin tissue is essential for healthy horn growth (ibid.). Trace minerals fulfill various functions in the organism. In terms of claw health, zinc, copper, and manganese are directly or indirectly involved in creatine formation by binding and activating enzymes (LEAN et al. 2013). Additionally, the enzyme thiol oxidase, which is responsible for the chemical bond between the keratin fibers, requires copper for its activation (Langova et al. 2020).

Langova et al. (2020) concludes that nutrition is a major factor influencing the incidence of lameness in animals, as zinc, among other things, has a positive influence on the claw horn hardness. It is generally accepted that organically bound trace minerals are beneficial due to their superior bioavailability. Therefore, the aim of the experiment was to evaluate the effect of an additional supplementation of dietary Zn, Cu and Mn provided in organic form (glycine chelates) on claw health of dairy cows.

### Materials and Methods

The trial was conducted under field conditions on a conventional dairy farm in Germany. Initially, 104 cows (genetic: Holstein) were divided into two equal groups based on lactation number and days in milk as well as claw health, breeding value and additional parameters. As this was a field trial, separate feeding could not be continued in the dry cow phase due to the farm structures. In addition, regular cow removals could not be avoided over the 11-month trial period. Ultimately, 52 animals were included in the final evaluation, which attended all three claw care appointments and received the experimental feed for at least 6 months at a time (Table 1). The only difference between the two groups were the trace mineral source and the level of trace mineral supply.

**Table1:** Mean performance data of the animals included in the evaluation (trial start).

Mean	Control	Trial group
Lactation number	3.19	3.19
Days in milk	102	137
Energy corrected milk (kg)	31.7	31.4
Milk fat (%)	3.82	3.57
Milk protein (%)	3.39	3.25

During lactation, the animals were kept in a free stall barn with free cow movement and two milking robots. The deep litter cubicles were bedded once a week with horse manure, straw and lime and were maintained 2-4 times a day. The animal cubicle ratio and animal feeding place ratio were 1.2:1.

The diet was a partial mixed ration, mainly based on maize and grass silage, with an energy content of 6.77 MJ NEL and crude protein content of 152.7 g nXP per kg DM. In addition to the portion from the partial mixed ration, the cows had access to concentrates via an additional feeding station and the milking robot, with up to 7 kg/cow/day. The trial group received an additional 50 g/cow/day of a mineral premix via a small component feed doser at the milking robot (Table 2). With this additional supplement, the animals received 360 mg zinc, 90 mg copper and 180 mg manganese as organically bound trace minerals bound to the amino acid glycine (E.C.O.Trace®, Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsgesellschaft mbH, Germany) per day.

**Table2:** Trace mineral content in both feeding groups per cow and day and per kg DM. Assumption average: 19 kg partial mixed ration, 3 kg concentrate feed and trial group 0.05 kg/ cow /day mineral premix.

	Feed per cow and day (Ø mg/cow/day)		Feed per mg per kg DM (Ø mg/kg DM)	
	Control	Trial group	Control	Trial group
Zinc	1,916	2,276	87	103
Copper	471	561	21.4	25.4
Manganese	2,695	2,875	123	130

In order to assess the development of the animals' claw health, all animals were presented to a professional claw trimmer on three visits (Status quo, after 5 months and after 10 months). The first step was to conduct functional claw care on all claws (TOUSSAINT RAVEN, 1989). The claw trimmer did

not know the classification of the test groups and scored the claws according to the DLG key with small adaptations for the dermatitis digitalis (DD) score 1-4 (DÖPFER et al. 1997). To obtain an assessment of the degree of severity, the results were divided into different degrees of severity according to Hermann & Landemann (2007):

<b>Grade 1</b> (low severity; early stage of dermatitis digitalis or healing phase):	DDM1 and DDM4
<b>Grade 2</b> (moderate severity; acute stage of Dermatitis digitalis):	DDM2 Size: 2.0 to 2.5 cm ø
<b>Grade 3</b> (high severity; mostly chronic stage of Dermatitis digitalis):	DDM2 Size: over 2.5 cm ø and DD as secondary infection (e.g., White line disease + DD)

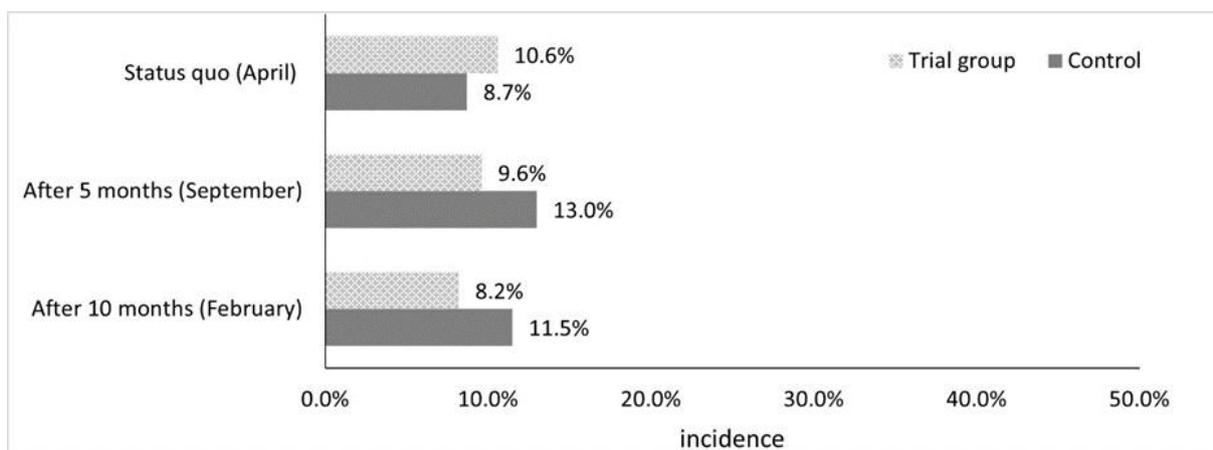
This was documented using the Klaue® software from the company dsp-Agrosoft (Ketzin, Germany). In addition, lame cows with acute claw problems were treated on two intermediate dates. There was no extraordinary claw care without a reason for treatment.

The milk yield test data including milk quantity, fat, protein, and somatic count were also available on an individual base. Diseases were recorded via the herd management program.

Statistical data analysis was performed using the SPSS program (version: 29.0). A significance level of  $p < 0.05$  was assumed.

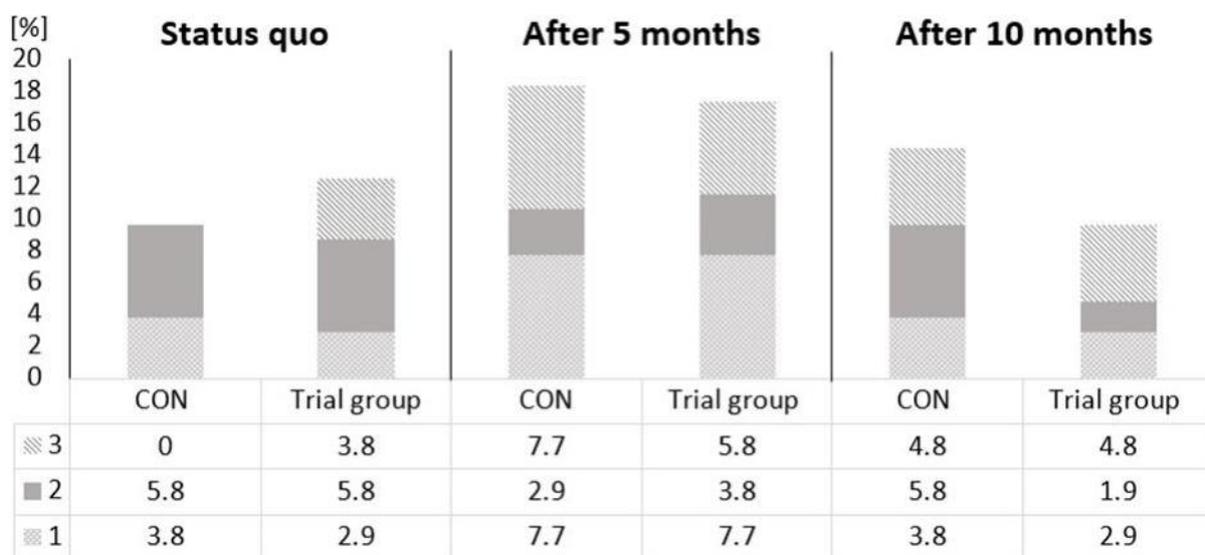
## Results

The results of the claw examination showed that at the start of the experimental feeding, the trial group had 1.9 percent points more claw findings at the individual claw level (10.6 %) than the control group. After 5 months, the trial group showed a numerical reduction in claw lesions. After 10 months, the control group showed 11.5 % findings, while the trial group showed 8.2 % at the individual claw level (Fig. 1). At cow level, this means that at the end of the trial 50 % of the cows in the trial group had at least one claw finding, compared to 61.5 % in the control group.



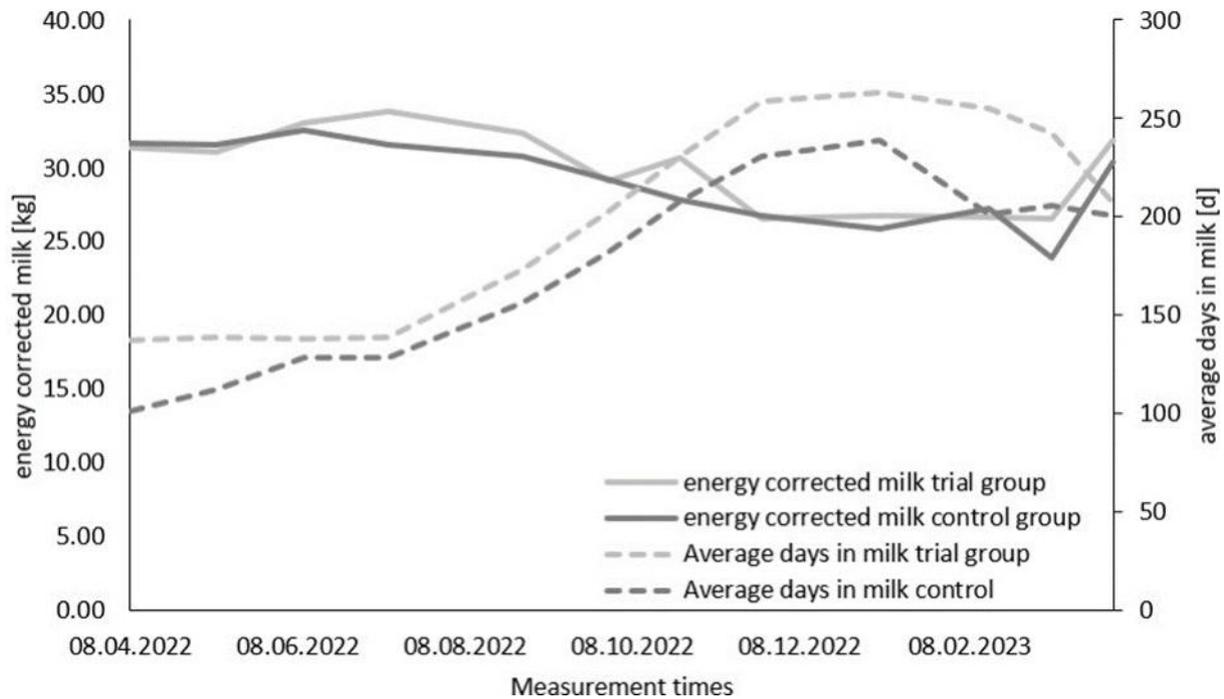
**Figure 1:** Percentage of single claws with findings (assessed according to DLG key) at three different claw trimmer visits over 10 months (n=208).

At the beginning of the trial, both feeding groups had a similar distribution of severity grades 1 and 2. After 5 months, during summertime, the total number of dermatitis digitalis cases had increased, but the distribution between the two feeding groups remained comparable. After 10 months, the incidence of dermatitis digitalis amounted to 14.4 % in the control group and 9.6 % in the trial group. The distribution of severity grades differed mainly in grade 2, where the trial group showed a numerical reduction (Fig. 2).



**Figure 2:** Classification of dermatitis digitalis disease into different degrees of severity small modified after HERMANN & LANDEMANN (2007) at each appointment with the claw trimmer (n=104).

The results of the energy-corrected milk demonstrate that the two feeding groups are at a similar level. At most times of the study, the experimental group had a numerically higher energy-corrected milk compared to the control group (Fig. 3). The days in lactation were continually higher in the trial group compared to the control group (Fig. 3).



**Figure 3:** Average energy corrected milk yield (left axis) and the average days in milk (right axis) on monthly basis.

## Discussion

Overall, there was a numerical improvement ( $p > 0.05$ ) in the incidence of claw lesions in the trial group throughout the experimental period. This was observed at both the animal level and the individual claw level. In this trial, all claw findings were documented, which is not directly equivalent to the appearance of claw diseases. In general, however, there is no established threshold value to estimate the frequency of claw diseases in a herd (HUBER et al. 2021). With regard to Switzerland, Huber et al. (2021) proposed a threshold value of 20 % for the occurrence of dermatitis digitalis at individual animal level. Scaled down to the individual claw level, this would mean a threshold of 5 %, assuming that the animals only have one claw affected with dermatitis digitalis at the individual animal level. This threshold value of 5 % was exceeded at all data acquisition times. However, over the trial period, a numerical reduction ( $p > 0.05$ ) in the dermatitis digitalis cases was observed at individual claw level in the trial group compared to the control group. The severity grades 1 and 2 are also numerically reduced in the trial group compared to the control group. It seems that the on top supplementation of organically bound trace minerals had a positive effect on the occurrence of the general number of documented abnormalities, but also on the frequency of dermatitis digitalis. MÄHLMAYER & GEIB (2019) also reported a numerical decrease in dermatitis digitalis cases with a partial replacement with organically bound trace minerals. A higher milk yield can lead to a higher incidence of claw diseases (Kolbaum et al. 2023). The two feeding groups show a small numerical difference in energy-corrected milk. In relation to the days in milk, the trial group had an overall higher milk yield, as the cows were already longer in lactation. This correlation strengthens the numerically positive effects in the trial group.

The increased number of claw diseases after 5 months in September can perhaps be explained by the seasonal fluctuations. SHEARER et al. (2006) also found in their research that the occurrence of claw diseases was particularly prevalent in August and September.

In order to ensure practical feasibility of the trial question under field condition, regular animal removals/replacements were impossible to avoid. This means that only a considerably smaller number of cows could be included in the evaluation. Probably due to the smaller number of animals, it was not possible to statistically validate the results to a greater extent.

## Conclusion

Overall, positive numerical effects on the incidence of general claw findings could be observed in the trial group in which organically bound Zn, Cu and Mn were supplemented. An additional positive numerical effect in favor of the trial group was observed in the individual cases of dermatitis digitalis in general. Moreover, from an animal welfare point of view, the improvement in severity levels 1 and 2 by using glycines can be seen as very positive.

## References

- Charfeddine, N. & Pérez-Cabal, M. A. (2017). Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100:653–665. doi: 10.3168/jds.2016-11434
- Döpfer, D., Koopmans, A., Meijer, F. A., Szakáll, I., Schukken, Y. H., Klee, W., Bosma, R. B., Cornelisse, J. L., van Asten, A. J., ter Huurne, A. A. (1997). Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet Rec.* 1997 Jun 14;140(24):620-3. doi: 10.1136/vr.140.24.620
- HERMANN, H.-J. & LANDMANN, D. (2007). 2. DLG-Report Klauengesundheit. (1. Auflage). DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- HUBER, S., BERNHARD, J., Syring, C., STEINER A. (2021). Erarbeitung von Kennzahlen und Grenzwerten zur Klauengesundheit beim Schweizer Rindvieh. *SAT (Band 163)*, 2:139-152. doi: 10.17236/sat00285
- Kolbaum, N., Maus, F. & Nuss, K. (2023). Comparison of production data and reasons for culling in Hinterwald, Vorderwald, Fleckvieh and Holstein cows from 1953 to 2021. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*; 51: 284–295. doi: 10.1055/a-2084-9976
- Langova, L., Novotna, I., Nemcova, P., Machacek, M., Hvlíček, Z., Zemanova, M., Chrast, V. (2020). Impact of Nutrients on the hoof health in cattle. *Animals* 10:1824. doi: 10.3390/ani10101824
- Lean, I. J., Westwood, C.T., Golder, H. M., Vermunt, J. J. (2013). Impact of nutrition on lameness and claw health in cattle. *Livestock Science* 156: 71-87. doi: j.livsci.2013.06.006
- MÄHLMAYER, A. & GEIB, M. (2019). An Glycin gebundene Spurenelemente beeinflussen die Fruchtbarkeit und Leistung von Milchkühen. In BOKU Symposium. Wien, Österreich.
- SHEARER, J.K., VAN AMSTEL, S.R., BENZAQUEN, M., SHEARER, L.C. (2006). Effect of season on claw disorders (including thin soles) in a large dairy in the southeastern region of USA. In: Lameness in Ruminants - International Symposium and Conference. Uruguay, 2006
- SUNTINGER, M., Kofler, J., Pesenhofer, R., Winckler C., Egger-Danner C. (2019). Measures to monitor and improve claw health, lameness and animal welfare in Austrian dairy farms. ICAR Conference Prag. 337-342
- TOUSSAINT RAVEN, E. (1998): Klauenpflege beim Rind – Über die Entstehung und Vorbeugung von Sohlengeschwüren. Deutsche Übersetzung: Döpfer, D., ISBN 3-00-003219-3. Universität Utrecht, Niederlande. 83–91.

## Author Address

Hanna Lichtenstein  
Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsgesellschaft mbH  
Küstermeyerstraße 16  
49393 Lohne  
lichtenstein@biochem.net

## Wirkung von hoch bioverfügbarem pansengeschütztem Cholin auf die Laktationsleistung und das vaginale Mikrobiom von Milchkühen

**Taisa Campos Marques<sup>1,2</sup>, L. M. Ribeiro<sup>2</sup>, K. Leão<sup>2</sup>, F. S. Lima<sup>1</sup>, D. Dubey<sup>3</sup>, F. Sun<sup>4</sup>, K. Pfeil<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Department of Population Health and Reproduction, University of California, Davis-CA, United States of America

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde-GO, Brasil

<sup>3</sup> Kemin Europa NV, Herentals, Belgium

<sup>4</sup> Kemin Industries Inc., Des Moines-IA, United States of America

<sup>5</sup> Kemin Deutschland GmbH

### Einleitung

Jüngere wissenschaftliche Erkenntnisse aus 2 Meta-Analysen (Humer, Bruggeman und Zebeli, 2019, Arshad et al., 2020) haben ergänzend bestätigt, dass die Verabreichung pansengeschützten Cholins (RPC) während der Transitphase die prä- und postpartale Trockenmasseaufnahme (DMI), die Milchleistung, die Milchzusammensetzung und den Stoffwechsel von Milchkühen verbessert. Es ist jedoch wichtig, zu beachten, dass der Erfolg der RPC-Fütterung von Faktoren abhängt wie dem Zeitpunkt der Fütterung sowohl vor als auch nach der Geburt (Lima et al., 2012, Arshad et al., 2020, Bollatti et al., 2020a), sowie von der Bioverfügbarkeit des Cholins, welche wiederum von der Art der Verkapselung abhängt (Humer, Bruggeman und Zebeli, 2019). Obwohl RPC häufig mit Vorteilen für Leistung und Stoffwechsel in Verbindung gebracht wird, sind seine Auswirkungen auf die Gesundheit von Milchkühen weniger konsistent (Lima et al., 2012, Bollatti et al., 2020b).

Die Forschung legt nahe, dass RPC tendenziell das Auftreten von Nachgeburtsverhaltung und Mastitis reduziert (Lima et al., 2012), aber es hat keinen Einfluss auf das Auftreten von Hypokalzämie, Metritis, Labmagenverlagerungen und Ketosen (Lima et al., 2012, Zhou et al., 2016, Bollatti et al., 2020b). Einige Studien deuten darauf hin, dass die Fütterung von RPC einige Entzündungsindikatoren beeinflusst: so wurden neben anderen Faktoren u. a. niedrigere rektale Temperaturen, verringerte Plasmakonzentrationen von Haptoglobin präpartal und Fibrinogen postpartal sowie reduzierte Tumor-Nekrose-Faktor- $\alpha$ -Spiegel gemessen (Zenobi et al., 2020). Ein Cholinmangel wurde auch diskutiert in Verbindung mit einer gestörten Darmintegrität bei Ratten (Takahashi, Mizunuma und Kishino, 1982), und eine gestörte Darmintegrität bei Rindern wurde mit systemischen Entzündungen assoziiert, die durch ein erhöhtes Vorkommen von Lipopolysaccharid-bindendem Protein (LBP) vermutet wurde (Kvidera et al., 2017a, Dickson et al., 2019, Koch et al., 2019).

Auch das Endometrium ist auf Cholin als Baustein für die Zellintegrität angewiesen. Bei der Geburt erfahren Milchkühe gleichzeitig eine starke Abnahme der Immunfunktion in der der Gebärmutterumgebung und der Verletzung der physischen Barrieren wie Gebärmutterhals und Gebärmutterschleimhaut, was eine schnelle Besiedlung der Gebärmutter durch Bakterien, die in der Umgebung von Milchkühen allgegenwärtig sind, zur Folge hat (Elliott et al., 1968, Kehrli und Goff, 1989, Cai et al., 1994, Sheldon und Dobson, 2004).

Die Vorteile von RPC für Milchkühe in der Transitphase sind umfassend untersucht worden. Für die in der aktuellen Studie verwendete spezifische Formulierung von RPC sind jedoch noch Studien, die eine

RPC-Auswirkung auf die Laktationsleistung und den Stoffwechsel nachweisen, erforderlich. Wir stellten die Hypothese auf, dass das vorliegende RPC die Laktationsleistung, den Energiestoffwechsel und bestimmte Immunitäts-Marker beeinflusst.

Ziel der vorliegenden Studie waren die Bestimmung der Auswirkungen der Fütterung von hoch bioverfügbarem pansengeschütztem Cholinchlorid (hb-RPC) auf die Trockenmasseaufnahme vor und nach der Geburt, Body Condition Score (BCS), Körpergewicht (BW), Milchleistung und -zusammensetzung, energiebezogene Stoffwechselprodukte [z.B.,  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB), Glukose und nicht veresterte Fettsäuren (NEFA)], Immunfunktionsmarker [z.B., Haptoglobin (Hp) und LBP], Krankheitsinzidenzen und das Mikrobiom des Scheidenausflusses als Indikator für die Gebärmuttergesundheit.

## Material und Methoden

Holstein-Kühe ( $n = 48$ ) mit einer Trächtigkeit von  $245 \pm 3$  Tagen wurden nach Trächtigkeit (erstkalbend und mehrkalbend) gruppiert und innerhalb jedes Blocks entweder der Kontroll- oder der hb-RPC-Gruppe zugeteilt. Die Kühe der hb-RPC-Gruppe erhielten ab 21 Tagen vor dem Abkalben 15 g/Tag CholiGEMTM (Kemin Industries Inc., Des Moines, Iowa) und ab dem Abkalben bis 21 Tage postpartum (dpp) 30 g/Tag.

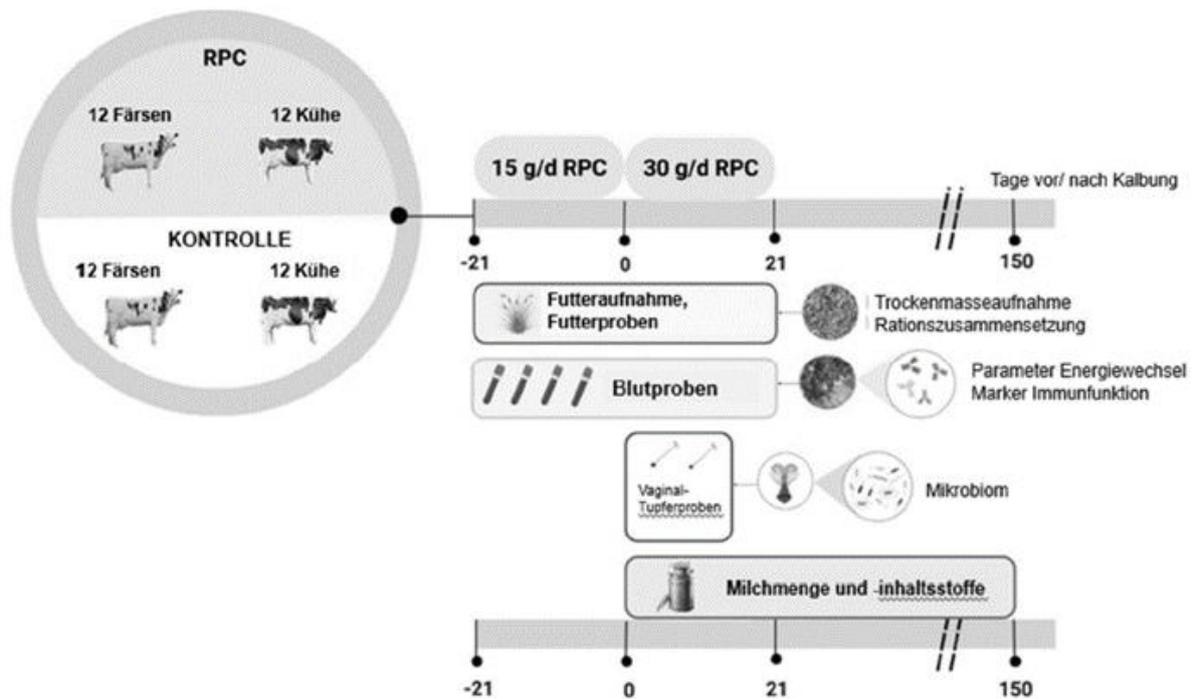


Abbildung 1: Fütterungsversuch und Probennahme.

Die täglichen Aufzeichnungen über die Milchproduktion und monatliche Milchproben für Fett-, Protein- und Laktoseanalysen wurden vom 0. bis 150. Laktationstag gesammelt. Mit einem Metrichcheck-Gerät (Simcro Tech Ltd, Hamilton, NZ) wurden die Vaginalausflussproben am Tag des Abkalbens und sieben Tage danach entnommen und bis zur 16S rRNA-Sequenzierung bei -80°C gelagert. Die Milchproduktion und die Milchbestandteile wurden mit der GLIMMIX-Prozedur von SAS analysiert. Das Mikrobiom wurde anhand der relativen Häufigkeit der Alpha-Diversität unter Verwendung von drei Indizes (Chao1, Shannon und Simpson) und der Beta-Diversität mittels Hauptkoordinatenanalyse und PERMANOVA bewertet.

## Ergebnisse

Die Auswirkungen von hb-RPC auf die Laktationsleistung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die 3,5 % fettkorrigierte Milch bis zum 150. Laktationstag stieg bei Mehrkalbskühen ( $2,3 \pm 0,6$  kg/Tag,  $P < 0,001$ ) und Erstkalbinnen ( $1,1 \pm 0,5$  kg/Tag,  $P < 0,001$ ) in der hb-RPC-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant an (Tabelle 1).

Tabelle 1: Milchproduktion und Milchinhaltsstoffe bis zum 150. Laktationstag bei Zulage von hoch bioverfügbarem pansengeschütztem Cholin (hb-RPC) während der Transitperiode von Milchkühen.

Merkmal (kg/Tag)	Mehrkalbskühe		Erstkalbskühe		<i>P</i>		
	Kontrolle <sup>1</sup>	hb-RPC <sup>2</sup>	Kontrolle	hb-RPC	Beh.	Trächtigkeit	B x T <sup>3</sup>
EkM <sup>4</sup>	50,6 ±	52,3 ±	37,4 ± 0,1	38,1 ±	< 0,001	< 0,001	< 0,001
3,5% FkM <sup>5</sup>	50,6 ±	52,9 ±	37,7 ± 0,5	38,8 ±	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Fett	1,9 ±	2,0 ±	1,4 ± 0,01	1,5 ±	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Protein	1,6 ±	1,6 ±	1,2 ± 0,04	1,2 ±	0,70	< 0,001	0,87
Laktose	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,7 ± 0,04	1,7 ±	0,81	< 0,001	0,86

<sup>1</sup>Kontrolle = 0 g/d Cholin 21 Tage prepartum bis 21 Tage postpartum; <sup>2</sup>hb-RPC = 9 g/Tag Cholinchlorid aus pansengeschütztem Cholinchlorid (CholiGEM™, 60% Cholinchlorid; Kemin Industries, Cavriago RE, Italy) 21 Tage prepartum und 18g/Tag ab der Kalbung bis 21 Tage postpartum.

<sup>3</sup>Interaktion zwischen Behandlung und Trächtigkeit (BxT); <sup>4</sup>Energiekorrigierte Milch; <sup>5</sup>53,5% Fett-korrigierte Milch

Die Analyse der Bakterienstämme zeigt unter anderem eine reduzierte relative Häufigkeit von *Fusobacterium* 7 Tage nach der Geburt, einem wichtigen Erreger, der mit der Entwicklung von Metritis in Verbindung gebracht wird:

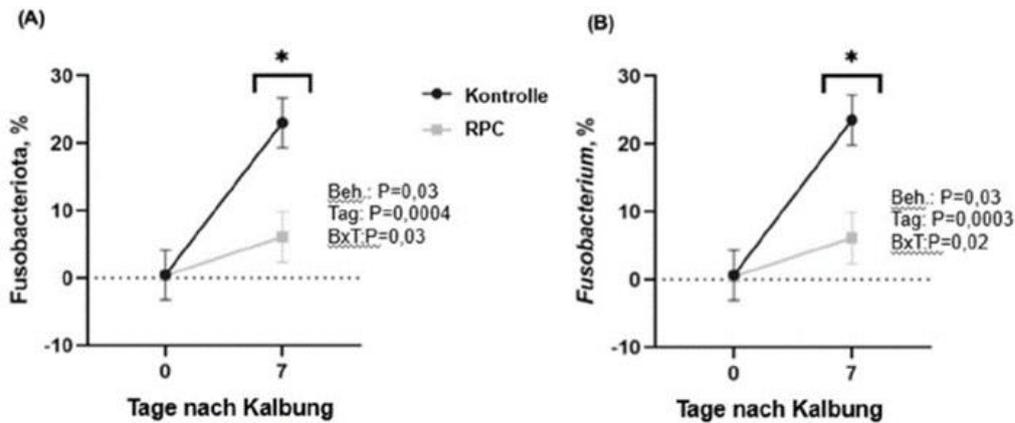


Abbildung 2: Analyse der unterschiedlichen Häufigkeit des Mikrobioms des Vaginalausflusses, der beim Kalben (Tag 0) und 7 Tage nach Kalbung gesammelt wurde.

Bei Untersuchung der verschiedenen Parameter zu Immunfunktionsmarkern, Stoffwechselprodukten des Fettstoffwechsels und den Energiehaushalt betreffenden Parametern im Blutplasma konnten keine signifikanten Differenzen ermittelt werden. Nur bezüglich der Entwicklung der BHB-Gehalte im Blutplasma konnten temporäre Unterschiede abgesichert werden: obwohl es keine Gesamtunterschiede im BHB-Wert zwischen den Behandlungen für Mehrkalbskühe (Abb. 3A) und Erstkalbinnen (Abb. 3B) gab, neigten die Mehrkalbskühe in der RPC-Behandlung zu einer geringeren Inzidenz von subklinischen Ketosen bis 3 Wochen nach der Geburt ( $12,7 \pm 3,3\%$  vs.  $4,2 \pm 2,0\%$ ,  $P = 0,06$ ).

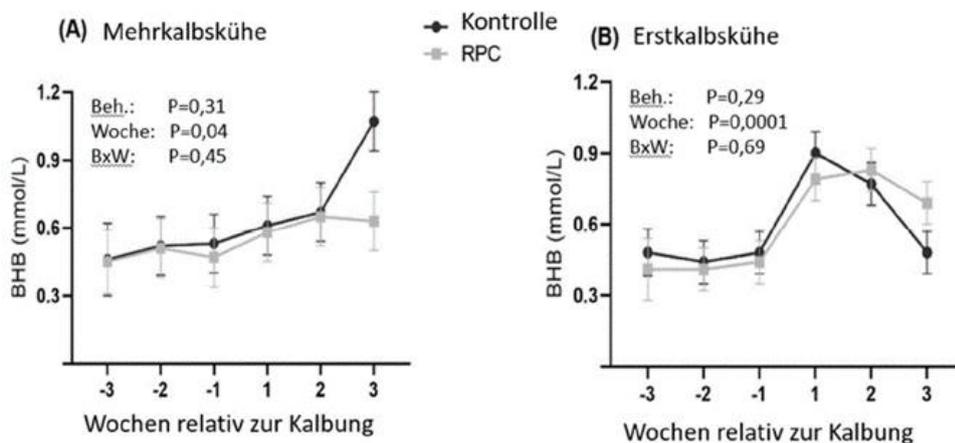


Abbildung 3: Plasmakonzentration von BHB bei Mehrkalbskühen (A) und Erstkalbskühen (B) in den Behandlungen Kontrolle (n = 24) und RPC (n = 24; 9 g/Tag Cholinchlorid ab 21 Tagen vor und 18 g/Tag Cholinchlorid vom Kalben bis 21 nach der Kalbung).

## Diskussion

Studien deuten darauf hin, dass RPC auch Kühen in der späten Trächtigkeitsphase zugutekommen kann, einem Zeitraum, in dem der Cholinpiegel sinkt und die Zellen der Milchdrüsen noch aktiv bleiben (Bollatti et al., 2020).

Unsere Ergebnisse zur Milchleistung unterstreichen, dass RPC die Funktion der Milchdrüse verbessern und die Laktation unterstützen kann, was möglicherweise auch mit der Genexpression in der Leber zusammenhängt, die die Gluconeogenese und den Lipidstoffwechsel beeinflusst (Caprarulo et al., 2020).

Auch die Milchfettproduktion stieg um  $0,1 \pm 0,01$  kg/d ( $P < 0,001$ ) sowohl bei mehrfach kalbenden als auch bei erstkalbenden Kühen im Vergleich zu Kühen, die kein hb-RPC erhielten (Tabelle 1). Dieser Einfluss von hb-RPC auf den Milchfettgehalt kann auf die Optimierung des Fettstoffwechsels in der Milchdrüse zurückgeführt werden (Chandler & White, 2017). Bemerkenswert ist auch, dass diese Steigerung der Milchleistung sich bezogen auf den Beobachtungszeitraum bis zum 150. Laktationstag zeigte, obwohl das hb-RPC nur 21 Tage vor bis 21 Tage nach der Kalbung verabreicht wurde.

Das Mikrobiom des Vaginalausflusses der hb-RPC-Gruppe wies am Tag des Abkalbens eine geringere Diversität gemäß dem Chao1-, Shannon- und Simpson-Index auf ( $P < 0,05$ ) als das der Kontrollgruppe, aber am siebten Tag nach der Geburt gab es keine Unterschiede mehr. Die Kühe der hb-RPC-Gruppe wiesen eine geringere mittlere relative Häufigkeit der Fusobacteriota-Familie ( $P = 0,03$ ) und der Gattung *Fusobacterium* ( $P = 0,02$ ) auf. Nach Galvão et al. (2019) ist diese Gattung eine der am stärksten mit der Entwicklung von Metritis verbundenen.

## Fazit

Nach unseren Ergebnissen wirkte sich die Gabe von hb-RPC an Kühe während der Transitphase (21 Tage vor und nach der Geburt) positiv auf die Laktationsleistung aus und verringerte die relative Häufigkeit von *Fusobacterium* im Vaginalausfluss, einem häufigen Erreger der Metritis. Die Untersuchungen im Vaginalsekret der Kühe deuten darauf hin, dass hb-RPC dazu beitragen kann, dass sich das vaginale Mikrobiom nach dem Kalben in ein Mikrobiom verschiebt, das weniger anfällig für die Vermehrung von *Fusobacterium* ist, und folglich das Risiko für die Entwicklung von Metritis verringern könnte.

## Literaturverzeichnis

- Arshad, U., M. G. Zenobi, C. R. Staples, and J. E. P. Santos. 2020. Meta-analysis of the effects of supplemental rumen-protected choline during the transition period on performance and health of parous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103:282–300
- Bollatti, J. M., M. G. Zenobi, N. A. Artusso, G. F. Alfaro, A. M. Lopez, B. A. Barton, C. D. Nelson, C. R. Staples, and J. E. P. Santos. 2020a. Timing of initiation and duration of feeding rumen protected choline affects performance of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 103:4174–4191
- Bollatti, J. M., M. G. Zenobi, N. A. Artusso, A. M. Lopez, C. D. Nelson, B. A. Barton, C. R. Staples, and J. E. P. Santos. 2020b. Effects of rumen-protected choline on the inflammatory and metabolic status and health of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 103:4192–4205
- Galvao, K. N., R. C. Bicalho, and S. J. Jeon. 2019. Symposium review: The uterine microbiome associated with the development of uterine disease in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:11786–11797
- Humer, E., G. Bruggeman, and Q. Zebeli. 2019. A Meta-Analysis on the Impact of the Supplementation of Rumen-Protected Choline on the Metabolic Health and Performance of Dairy Cattle. *Animals.* 9:566
- Kvidera, S. K., M. J. Dickson, M. Abuajamieh, D. B. Snider, M. V. S. Fernandez, J. S. Johnson, A. F. Keating, P. J. Gorden, H. B. Green, K. M. Schoenberg, and L. H. Baumgard. 2017a. Intentionally induced intestinal barrier dysfunction causes inflammation, affects metabolism, and reduces productivity in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 100:4113–4127.

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

Takahashi, Y., T. Mizunuma, and Y. Kishino. 1982. Effects of choline deficiency and phosphatidylcholine on fat absorption in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)* 28:139–147

Zenobi, M. G., R. Gardinal, J. E. Zuniga, A. L. G. Dias, C. D. Nelson, J. P. Driver, B. A. Barton, J. E. P. Santos, and C. R. Staples. 2018a. Effects of supplementation with ruminally protected choline on performance of multiparous Holstein cows did not depend upon prepartum caloric intake. *J. Dairy Sci.* 101:1088–1110

Zenobi, M. G., R. Gardinal, J. E. Zuniga, L. K. Mamedova, J. P. Driver, B. A. Barton, J. E. P. Santos, C. R. Staples, and C. D. Nelson. 2020. Effect of prepartum energy intake and supplementation with ruminally protected choline on innate and adaptive immunity of multiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 103:2200–2216

Zenobi, M. G., T. L. Scheffler, J. E. Zuniga, M. B. Poindexter, S. R. Campagna, H. F. Castro Gonzalez, A. T. Farmer, B. A. Barton, J. E. P. Santos, and C. R. Staples. 2018b. Feeding increasing amounts of ruminally protected choline decreased fatty liver in nonlactating, pregnant Holstein cows in negative energy status. *J. Dairy Sci.* 101:5902–5923

#### **Autorenanschrift**

Katharina Pfeil  
Kemin Deutschland GmbH  
Hengebachstraße 27  
52396 Hengebach  
katharina.pfeil@kemin.com

The art of mixture.



# MiaPhenol

Verbessert den antioxidativen Status der Tiere



## Ein Produkt - zwei Einsatzstrategien

- ✔ Stabilisierung des antioxidativen Status von Nutztieren
- ✔ Einsparung von Vitamin E im Austausch gegen MiaPhenol



**MIAVIT GmbH**

Robert-Bosch-Straße 3 · 49632 Essen (Oldb.) · Germany  
Tel. +49 5434 820 · info@miavit.de

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

## Einfluss von Polyphenolen als natürliche Antioxidantien auf die Leistung von Milchkühen unter Hitzestress

Corinna Ingmanns<sup>1</sup>, Mario Brake<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MIAVIT GmbH, Robert-Bosch-Str. 3, 49632 Essen (Oldb.)

### Einleitung

Oxidativer Stress beeinflusst den Stoffwechsel von Milchkühen negativ, wobei die zugrundeliegenden molekularen Mechanismen vielfältig sind. Neben dem Erregerdruck im Stall und dem Fütterungsmanagement (Ayemele et al. 2021) können auch hohe Umgebungstemperaturen das vermehrte Auftreten von oxidativem Stress im Stoffwechsel verursachen (Li et al. 2021). Durch den oxidativen Stress treten im Stoffwechsel höhere Mengen an freien Sauerstoffradikalen auf, wodurch auch eine Schädigung der Epithelzellen im Euter auftreten kann (Guo et al. 2021).

Das Temperaturoptimum für Holstein Kühe reicht von wenigen Grad unter Null bis hin zu +15°C. Höhere Temperaturen sind häufig mit Anzeichen von Hitzestress verbunden, die von einer reduzierten Futteraufnahme, einer geringeren Milchleistung, Fruchtbarkeitseinbußen und Eutergesundheitsproblemen bis hin zu Lahmheit reichen.

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um den Effekt einer Mischung aus natürlichen Antioxidantien (fett- und wasserlösliche Polyphenole) auf Milchkühe unter Einfluss von Hitzestress zu betrachten. Hierbei wurde überprüft, ob ein Leistungsvorteil aus der Zugabe von Polyphenolen in der Versuchsgruppe resultiert.

### Material and Methoden

Der Fütterungsversuch wurde auf einem konventionellen Milchviehbetrieb in Deutschland mit automatischem Melk- und Fütterungssystem durchgeführt. Insgesamt befanden sich 80 Kühe der Rasse Holstein Friesian im Versuch, die zufällig aufgeteilt waren in je 40 Kühe in der Kontrollgruppe und 40 Kühe in der Versuchsgruppe. Der Versuchszeitraum im Sommer umfasste 34 Tage, wobei beide Gruppen zum gleichen Zeitpunkt unter gleichen Umwelt- und Managementbedingungen gehalten wurden.

Beide Versuchsrationen enthielten 750 mg Vitamin E pro Tier und Tag, jedoch hatte die Versuchsgruppe (MiaPhenol) eine Zulage von 1.000 mg MiaPhenol pro Tier und Tag. Neben der Milchleistung und den Milchinhaltsstoffen aus der amtlichen Milchleistungskontrolle, wurden auch die Trockenmasseaufnahmen sowie der Temperaturverlauf während des Versuchszeitraumes erfasst. In Tabelle 1 sind die Produktionsparameter der Milchkühe zu Versuchsbeginn dargestellt, was überprüft wurde, um gleiche Startbedingungen zwischen den Gruppen sicherzustellen.

Tabelle 1: Produktions- und Milchleistungsparameter zu Versuchsbeginn.

	Kontrollgruppe	MiaPhenol
<b>Anzahl Kühe</b>	40	40
<b>Laktationsnummer</b>	1,83	1,83
<b>Laktationstag</b>	194	193
<b>Milch, in kg</b>	31,75	31,80
<b>Fett, in %</b>	3,88	3,83
<b>Eiweiß, in %</b>	3,37	3,31

## Ergebnisse

Die mittlere Tagestemperatur während des Versuches lag zwischen 13,6°C und 29,4°C. Die höchste Temperatur wurde mit 39,9°C gemessen. Die höchste Minimaltemperatur, die während des Versuches gemessen wurde, lag bei 20,4°C, was per Definition als tropische Nacht bezeichnet. Die Temperaturverläufe im Versuchszeitraum sind in Abbildung 1 dargestellt.

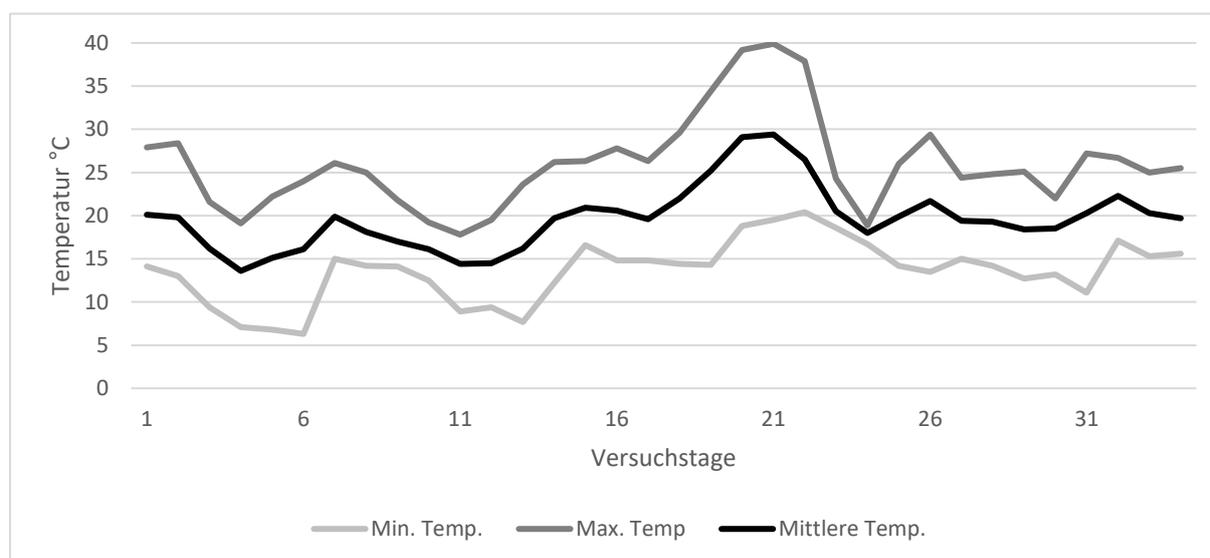


Abbildung 1: Temperaturverlauf während des Versuchszeitraumes (Wetterkontor 2023).

Aufgrund der während des Versuchszeitraumes um 34 Tage gestiegenen Laktationstage ist die Milchleistung in beiden Gruppen erwartungsgemäß gefallen. In der mit MiaPhenol supplementierten Gruppe wiesen die Kühe eine höhere Leistungspersistenz auf, sodass sie im Durchschnitt 1,3 kg mehr Milch pro Kuh und Tag produziert haben.

Neben der Milchmenge sind in Tabelle 2 auch die Milchinhaltsstoffe zu sehen. Der Milchfettgehalt war in der Versuchsgruppe in diesem Zeitraum um 0,1 % geringer als in der Kontrollgruppe, sodass der

Unterschied in der energiekorrigierten Milchleistung mit 0,9 kg zu Gunsten der MiaPhenol Gruppe ausfällt. Es gab keine Unterschiede im Milcheiweißgehalt.

Tabelle 2: Durchschnittliche Milchleistungsparameter und Trockenmasseaufnahmen beider Versuchsgruppen im Versuchszeitraum.

	Kontrollgruppe	MiaPhenol
<b>Laktationstage</b>	228	227
<b>Milch, in kg</b>	29,1	30,4
<b>Fett, in %</b>	4,0	3,9
<b>Eiweiß, in %</b>	3,3	3,3
<b>Energiekorrigierte Milch, in kg</b>	29,0	29,9
<b>TM-Aufnahme, in kg</b>	21,89	21,80

## Diskussion

Der Versuchszeitraum lag in den sehr heißen Sommermonaten, wodurch die Temperaturen weit über der thermoneutralen Zone von Milchkühen lagen. Die Wetteraufzeichnungen während des Versuches haben gezeigt, dass die mittleren Tagestemperaturen in einem Bereich lagen, bei dem man von einer relevanten Belastung durch Hitzestress auf die Milchkühe sprechen kann.

Die vorliegenden Ergebnisse spiegeln wider, was auch Li et al. (2021) und Guo et al. (2021) in ihren Untersuchungen zum negativen Einfluss von oxidativem Stress auf Milchkühe festgestellt haben. Es ist zu vermuten, dass die verbesserte Leistung der Milchkühe aus der MiaPhenol-Gruppe auf die Verminderung des oxidativen Stresses zurückzuführen ist. Während die Milchinhaltsstoffe zwischen den Gruppen nahezu identisch sind, deutet die höhere Milchleistung der MiaPhenol-Gruppe auf eine verbesserte Milchbildung durch ein funktionsfähigeres Eutergewebe hin. Dieser Effekt ist interessant zu beobachten, weil nicht selten bei steigender Milchmenge die Milchinhaltsstoffe sinken. Dass dies in diesem Versuch nicht der Fall war, könnte ein Indiz dafür sein, dass die Milcheiweißbildung im Eutergewebe positiv beeinflusst wurde, wie es auch Guo et al. (2021) in ihrer Untersuchung zum Einfluss von oxidativem Stress auf das milchbildende Gewebe hypothetisiert haben.

In weitergehender Forschung sollte ebenfalls betrachtet werden, welche Langzeiteffekte sich aus der Supplementierung von natürlichen Antioxidantien auf Milchkühe ergeben. Forschungserkenntnisse aus dem Bereich der Sauenfütterung legen nahe, dass natürliche Antioxidantien eine verbesserte Befruchtungsrates und in Konsequenz eine erhöhte Anzahl lebendgeborener Ferkel bewirken können (Brake et al. 2023, Hu et al. 2015).

## Fazit

Trotz einer ausreichenden Vitamin E Versorgung der Milchkühe im Versuch konnte unter Hitzestressbedingungen eine stabilere Milchleistung der mit MiaPhenol supplementierten Kühe festgestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass die natürlichen Polyphenole in besonders herausfordernden Situationen in der Lage sind die Körperzellen der Kühe zu schützen und zu einer Stabilisierung des Stoffwechsels beitragen können. Insbesondere in einer Marktsituation mit hohen Kosten für Vitamin E und dem steigenden Risiko für Hitzeperioden im Zuge des Klimawandels kann der

Einsatz von natürlichen Antioxidantien eine sinnvolle Ergänzung in Futterkonzepten sein, um das Milchleistungsniveau abzusichern.

## Literaturverzeichnis

Ayemele, Aurele Gnetegha, et al. "Oxidative stress in dairy cows: insights into the mechanistic mode of actions and mitigating strategies." *Antioxidants* 10.12 (2021): 1918.

Brake M., zur Wickern, A., Cañete González, J., Watanabe, P.H. "Supplementation of polyphenol antioxidants in gestation and lactation diets of sows increases the superoxide dismutase in blood serum of sows and their offspring and decreases the malondialdehyde level of the sows." *Animal - science proceedings*, 14.6 (2023): 715 – 716.

Guo, Zitai, et al. "Impacts of heat stress-induced oxidative stress on the milk protein biosynthesis of dairy cows." *Animals* 11.3 (2021): 726.

Hu Y.J., Gao K.G., Zheng C.T., Wu Z.J., Yang X.F., Wang L., 2015. Effect of dietary supplementation with glycitein during late pregnancy and lactation on antioxidative indices and performance of primiparous sows. *Journal of Animal Science* 93, 2246 – 2254.

Li, Han, et al. "Effect of seasonal thermal stress on oxidative status, immune response and stress hormones of lactating dairy cows." *Animal Nutrition* 7.1 (2021): 216-223.

Wetterkontor: <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/rueckblick.asp>, Wetterstation Heinsberg-Schleiden

### Autorenanschrift

Corinna Ingmanns  
Robert-Bosch-Straße 3  
49632 Essen (Oldb.)  
GERMANY  
Corinna.Ingmanns@miavit.de



**BEWITAL agri**  
specialist in milk & fat



## VON ANFANG AN OPTIMAL VERSORGT

Das Wachstumspotential der Kälber liegt bereits in der Tränkephase bei mehr als 1000 g Zunahme je Tag. Für ein optimales Organwachstum muss auch der hohe Proteinbedarf in dieser Phase durch die Milchtränke gedeckt werden.



Süßstoff- und Aromapaket



Organische Säuren



Spezielle Fettformulierung



Probiotika



Prebiotika

**NEU**



## BEWI-MILK® AM 5

Für sehr hohe Tageszunahmen in der Milchphase

- ✓ Aufzucht-Warmtränke mit 55 % Magermilchgehalt
- ✓ Für bestes Wachstum und höchste Tageszunahmen
- ✓ Hoher Proteingehalt deckt den Bedarf der Kälber von Anfang an
- ✓ Voll automatentauglich

55% Magermilchgehalt

25% Rohprotein

17% Rohfett

## Einsatz eines Milchaustauschers mit hohem Rohproteingehalt in der praktischen Kälberaufzucht

Florian Mader <sup>1</sup>, Dr. Michael Hovenjürgen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 Kolostrumversorgung (Hammon et al., 2019). Die Leistung weiblicher Kälber misst sich dabei unter anderem im Aufbau eines vitalen Euter- und Reproduktionsgewebes. Dass eine erhöhte Tränkeintensität positive Auswirkungen auf die Entwicklung von Kälbern hat, etablierte bereits die DLG (2011). Soberon und Van Amburgh (2017) stellten zudem in einem direkten Vergleich der Tränkeintensitäten fest, dass das Euterparenchym von Kälbern mit einer intensiven Fütterung ein 5,9-fach höheres Gewicht aufwies.

Weltweit werden die Versorgungsempfehlungen für Kälber stetig angepasst, wobei der Trend zu einer intensiveren Tränke mit einem weiteren Verhältnis von Rohprotein und Energie geht. Die Versorgungsempfehlung des 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 Werte decken sich mit den aktuellen Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NASEM, 2021) für Kälber mit hohem genetischem Wachstumspotenzial.

Herkömmlich konzipierte Milchaustauscherprodukte weisen häufig einen Rohproteingehalt von 20-23% und einen Rohfettgehalt von 18-20% auf. Wird ein höherer Rohfettgehalt mit der Absicht einer Erhöhung der Energiekonzentration in der Tränke angestrebt, kann dies die Futterraufnahme der Kälber begrenzen (Wilms et al., 2022).

Ziel dieses Futtertests war es, den Einfluss eines erhöhten Rohproteingehaltes in der Milchaustauschertränke bei einer sehr intensiven Fütterung zu beurteilen.

### Material und Methoden

Die Kälber des ausgewählten Testbetriebes wurden für den Fütterungstest bis zu einem Alter von 14 Tagen in Doppelboxen aufgezogen. In dieser ersten Phase wurden die Tiere bei einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1:1 an klassischen Nuckeleimern mit einem weichen Nuckel zweimal täglich mit einer Milchaustauschertränke versorgt.

Nach dieser Phase wurden die Tiere in eine Gruppenhaltung („Garagensystem“) von 6-7 Tieren umgestellt. Die Verabreichung der Milchaustauschertränke erfolgt in dieser Phase über eine sogenannte „Milchbar“ (DAIRYTOP, Modell „MILKBAR MB69B“). Das Tier-Fressplatz-Verhältnis war in dieser Phase immer kleiner 1:1, um eine Verdrängung schwächerer Tiere möglichst zu verhindern. Die Milchbar war zudem mit Nuckeln versehen, die einen größeren Saugwiderstand erzeugten, um die Aufnahmegeschwindigkeit der Tiere zu vereinheitlichen und so vergleichbare Tränkemengen zu ermöglichen. Es wurde bewusst auf eine ad libitum-Tränke verzichtet und stattdessen auf eine „kontrollierte Sattfütterung“ gesetzt, indem nach 30 Minuten die Milchbar entfernt wurde.

Insgesamt wurden jedem Tier in beiden Phasen täglich 11 l Milchaustauschertränke angeboten, die entsprechend 1.500 g Milchaustauscher beinhalten. Das Abtränken wurde ab einem Alter von acht Wochen begonnen und über einen Zeitraum von vier Wochen durchgeführt.

Die Kälber der ersten Abkalbperiode wurden mit einem Milchaustauscher mit herkömmlichen Rohprotein-Energie-Verhältnis (12,3) und die Kälber der darauffolgenden Abkalbperiode mit einem Rohprotein-Energie-Verhältnis (13,7) nach den aktuellen Versorgungsempfehlungen gefüttert (Tabelle 1).

Neben der Tränke stand allen Tieren über den gesamten Testzeitraum stets Wasser und Raufutter zur freien Aufnahme zur Verfügung. Ab Beginn der Gruppenhaltung wurde den Tieren zudem bis zu 1.500 g eines Kälberkraftfutter I (21,5% XP, 11,0 MJ ME) pro Tag mit einer pansengeschützten Proteinquelle angeboten. Zu Beginn des Abtränkens erfolgte ein Wechsel der Festfütterration auf eine Trocken-TMR mit einem Kälberkraftfutter II (21,0% XP, 10,8 MJ ME) unter Zulage von entstaubtem Häckselstroh und Melasse.

Bei allen Kälbern wurden in regelmäßigen Intervallen das Lebendgewicht erfasst.

Tabelle 1: Kalkulierte Nährstoffgehalte und -verhältnisse der beiden unterschiedlichen Milchaustauscher im Test.

Nährwert	Einheit	Kontrolle	Test
Kalkulierte Nährstoffzusammensetzung			
Rohprotein	[g/kg]	225	250
Rohfett	[g/kg]	180	170
Energiegehalt	[MJ ME/kg]	18,3	18,2
Magermilchanteil	[%]	60	55
Rohprotein-Energie-Verhältnis	[g XP/MJ ME]	12,3	13,7

## Ergebnisse

Über den gesamten Testzeitraum konnten Daten von insgesamt 84 Kälbern ausgewertet werden.

Die Gesundheit der Kälber war während des Futtertests sehr hoch. Es bestand keinerlei Problematik mit Durchfallerkrankungen.

Eine Beurteilung des Kotes wurde nicht durchgeführt. Die stichprobenweise subjektive Betrachtung zeigte aber tendenziell eine Neigung zu weicherem Kot ohne weitere Krankheitssymptome bei Einzeltieren. Ähnliche Ergebnisse sind aus anderen Untersuchungen mit vergleichbar hohen täglichen Milchaustauschermengen bekannt.

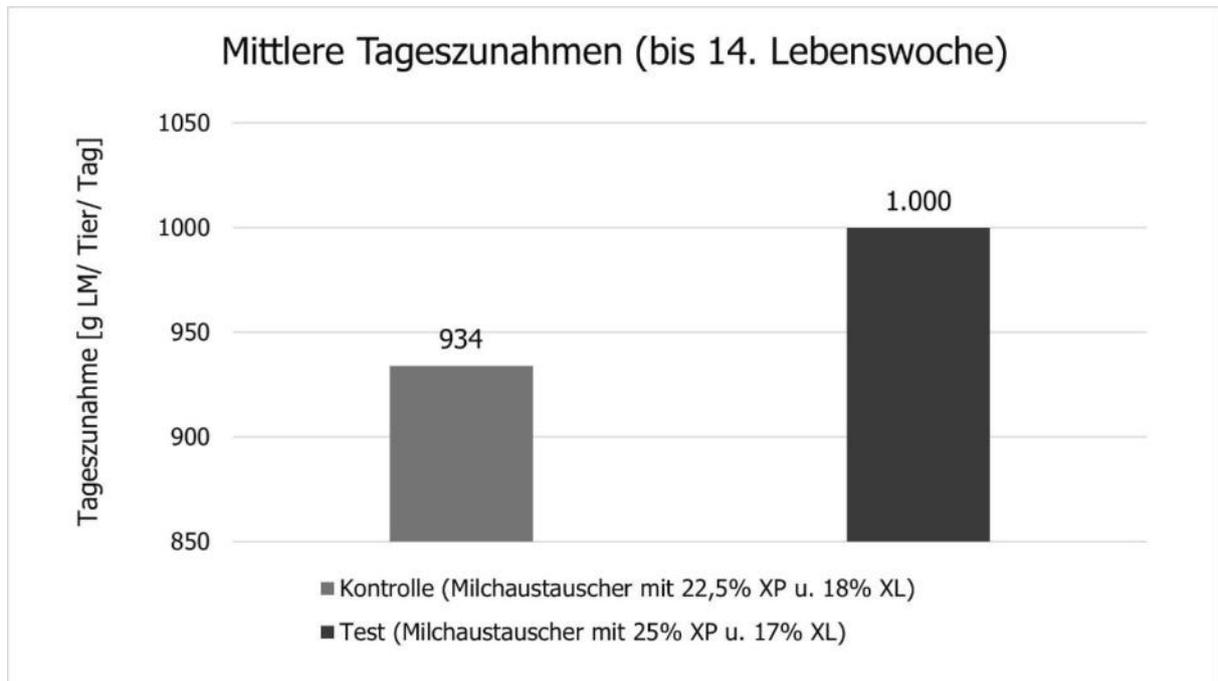


Abbildung 2: Vergleich der mittleren Tageszunahmen der Kälber bei Fütterung mit verschiedenen Milchaustauschertränken bis zur 14. Lebenswoche. Kalkulation der täglichen Zunahmen erfolgte unter Annahme eines Geburtsgewichtes von 43 kg (n=84).

Die Kälber nahmen trotz der hohen zugewiesenen Gesamtmenge an Milchaustauscher meist die gesamte Tränkemenge von 11 l in den ersten acht Wochen bis zur Rationierung auf.

Der direkte Vergleich der Einzeltierwiegungen zeigte, dass Tiere aus der Testgruppe um +66 g/Tier und Tag höhere Tageszunahmen aufwiesen (Abbildung 1).

Am Ende der 14. Lebenswoche hatten die Kälber aus der Testgruppe ein Lebendgewicht von 145 kg. Die Tiere der Kontrollgruppe wogen im Mittel 135 kg.

## Diskussion

Die Gesundheit der Tiere blieb über den Testzeitraum unverändert, nach Aussage des Landwirtes zeigte sich tendenziell eine Verbesserung. Das lässt die Vermutung zu, dass der eigentliche Bedarf moderner Zuchtlinien wohlmöglich noch über den aktuellen Empfehlungen liegt. Dass gerade hohe Nährstoffaufnahmen beim Kalb eine bessere Gesundheit mit sich bringen, fasste auch Hammon et al. (2019) zusammen.

Es wurde beobachtet, dass die Kälber die deutlich höhere Menge Milchaustauscher von 1.500 g/Tier und Tag verteilt auf zwei Tränken, mit insgesamt 11 l Gesamtvolumen und jeweils 30 Minuten Zugangszeit je Tränkung, problemlos aufnehmen konnten. Alle Tiere zeigten sich nach erfolgter Tränke augenscheinlich satt. Da die Energie erstlimitierend auf die Futtermittelaufnahme wirkt, scheinen die Kälber aus Hochleistungszuchtlinien teilweise noch einen höheren Einzelbedarf zu haben.

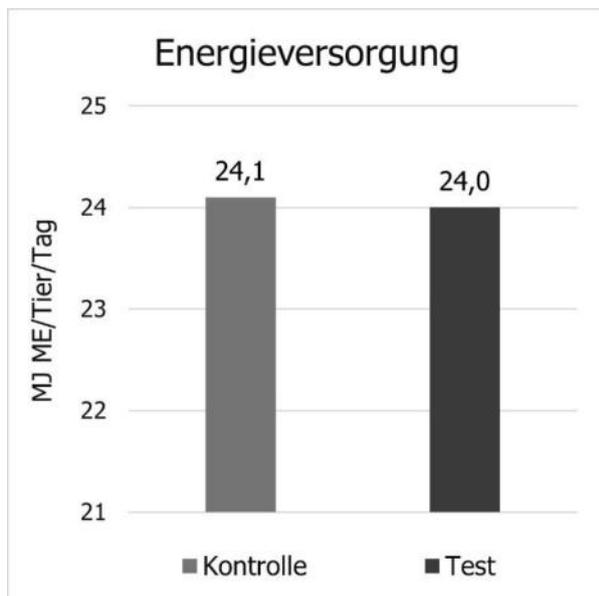


Abbildung 2: Bei einer Aufnahmemenge von mindestens 1.318 g Pulver/Tier und Tag ist die Energieversorgung der Kälber mit beiden getesteten Milchaustauschern gesichert.

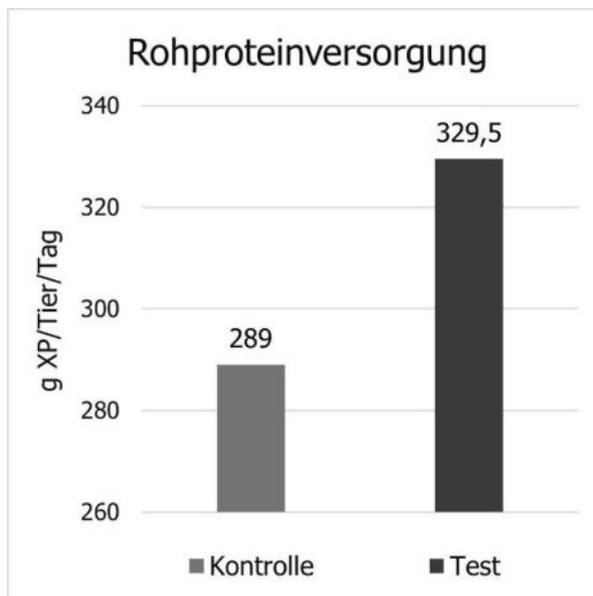


Abbildung 3: Nur die proteinerhöhte Variante der Testgruppe ist bei einer Aufnahmemenge von 1.318 g Pulver/Tier und Tag in der Lage die aktuellen Versorgungsempfehlungen (LfL, 2023) zu decken.

Aus dem Energiegehalt der Milchaustauscher ließen sich die aktuellen Versorgungsempfehlungen (LfL, 2023; NASEM, 2021) rechnerisch bereits bei täglichem Einsatz von 1.318 g Milchaustauscher optimal decken. So wurde sichergestellt, dass bei einer Zuteilung von maximal 1.500 g/ Kalb und Tag, auch bei einer nicht kompletten Aufnahme der zugeteilten 11 l/ Tier und Tag, die Energieversorgung gedeckt war. Der Einsatz eines herkömmlichen Milchaustauschers konnte zwar in gleicher Weise den kalkulierten Energiebedarf decken, jedoch nicht den kalkulierten Proteinbedarf (Abbildung 2 und 3).

Wilms et al. (2022) beobachteten im direkten Vergleich von Milchaustauschern unterschiedlicher Konzeption, dass die Tränkeaufnahme je Tier bei einer Milchaustauschertränke mit hohem Rohproteingehalt höher war als bei einer Tränke mit hohem Rohfettgehalt. Das bestätigt, dass hohe Rohfettgehalte im Milchaustauscher keinen Vorteil im Sinne einer höheren täglichen Energieaufnahme bringen.

In einer zukünftigen Untersuchung sollte neben der Aufnahme der Milchaustauscher ebenfalls die Trockenmasseaufnahme der Tiere in Bezug auf das parallel angebotene Rau- und Kraftfutter betrachtet werden. Andere Studien zeigen nämlich, dass der Einsatz von Milchaustauschern mit hohen Rohproteingehalten auch das Trockenmasseaufnahme-Verhalten der Tiere rund um das Abtränken positiv beeinflussen kann (Wilms et al., 2022).

Die Betrachtung der Tageszunahmen zeigte, dass die Tiere der Testgruppe +66 g/ Tier und Tag höhere Tageszunahmen aufwiesen. Dies zeigt, dass die Kälber bei vergleichbaren Aufnahmemengen und demnach auch vergleichbaren Energieaufnahmen, in der Kontrollgruppe tendenziell durch die geringere Rohproteinaufnahme im Wachstum begrenzt wurden.

## Schlussfolgerungen

Kälber mit hohem genetischem Leistungsniveau sind in der Lage noch höhere Milchaustauschermengen aufzunehmen, als zuvor in den Versorgungsempfehlungen dargestellt. Eine kontrollierte Sattfütterung steht dabei einer *ad libitum*-Tränke nicht zwingend nach.

Der Einsatz hoher Rohproteinkonzentrationen im Milchaustauscher führt in Kombination mit hohen Tränkemengen zu einer Steigerung der täglichen Zunahmen in der Tränkephase.

Eine hohe Rohproteinkonzentration im Milchaustauscher erlaubt es, Kälbern mit hohem genetischem Leistungsniveau die Rohproteinmengen zur Verfügung zu stellen, um die Umsetzung der Tageszunahmen in Form von funktionellem Gewebe zu fördern und einen übermäßigen Aufbau von Fettpolstern zu vermindern.

## Literatur

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

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. Veröffentlicht in: *Animal* (14, 1), S. 133-143.

LfL (2023): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe Zuchtrinder Schafe Ziegen. 48. Veränderte Auflage. LfL Information, S. 13.

NASEM (2021): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8. überarbeitete Auflage. The National Academy Press, Washington, D.C.

Soberon, F., Van Amburgh, M. E. (2017): Effects of preweaning nutrient intake in the developing mammary parenchymal tissue. Veröffentlicht in: *Journal of Dairy Science* (100), S. 4996-5004.

Wilms, J. N., Ghaffari, M.H., Steele, M.A., Sauerwein, H., Martin-Tereso, J., Leal, L.N. (2022): Macronutrient profile in milk replacer or a whole milk powder modulates growth performance, feeding behavior, and blood metabolites in *ad libitum*-fed calves. Veröffentlicht in: *Journal of Dairy Science* (105), S. 6670-6692.

### Autorenanschrift

Florian Mader  
BEWITAL agri GmbH & Co. KG  
Industriestraße 10  
DE-46354 Südlohn-Oeding  
E-Mail: f.mader@bewital.de

## Kolostrummanagement nach der Geburt bei konventionellen und kuhgebundenen Aufzuchtssystemen in Süddeutschland

Jan Kurek <sup>1</sup>, Marleen Tobisch <sup>2</sup>, Theresa Hautzinger <sup>2</sup>, Jan Harms <sup>3</sup>,  
Eva Zeiler <sup>2</sup>, Julia Steinhoff-Wagner <sup>1, 4</sup>

<sup>1</sup> TUM School of Life Sciences, Technical University of Munich, Freising-Weihenstephan

<sup>2</sup> University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Freising-Weihenstephan

<sup>3</sup> LfL, Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Poing – Grub

<sup>4</sup> Technical University of Munich, HEF World Agricultural Systems Center, Freising-Weihenstephan

### Einleitung

In Deutschland werden jedes Jahr umgerechnet vier Millionen Kälber geboren, die meisten werden kurz nach der Geburt von der Mutterkuh getrennt. Die Kritik an diesem Verfahren ist, dass artgerechte Verhaltensweisen wie z.B. das Saugen an dem Euter oder Mutter-Kind-Beziehungen nicht ausgelebt werden können und somit das Tierwohl beeinträchtigt wird (Johnsen et al. 2016; Roth et al. 2009; Santo et al., 2020). Sowohl zunehmender gesellschaftlicher Druck als auch Potenziale einer kuhgebundenen Kälberaufzucht z.B. gute Zunahmen und Gesundheitsstatus, führen zu einem steigenden Interesse in der landwirtschaftlichen Praxis hinsichtlich dieses Haltungssystems (Grøndahl et al., 2027, Roth et al., 2009). Skepsis besteht jedoch noch bei vielen Landwirten bezüglich des Managements von Kälberfütterung und Milchentzug und den mit der Umstellung verbundenen Konsequenzen z.B. hinsichtlich des Trennens von Kuh und Kalb. Ziel dieser Studie war es eine empirische Untersuchung durchzuführen in der Umstellungswilligkeit und -hemmnisse hinsichtlich kuhgebundenen Aufzuchtssystemen von Saugkälbern in süddeutschen Milchviehbetrieben (Bayern & Baden-Württemberg) vergleichend erfasst werden. Im folgenden wird zunächst das Kolostrummanagement ausgewertet.

### Material and Methoden

Zunächst wurden mittels einer breiten Literaturrecherche die interessanten Themenfelder für die Befragung definiert. Die Erstellung des Fragebogens fand zwischen November und Dezember im Jahr 2023 statt. Nach einem Konsistenzcheck wurden Pretests des Fragebogens mit acht Personen aus dem agrarwissenschaftlichen Bereich durchgeführt. Mit der Rückmeldung dieser Teilnehmer erfolgten Anpassungen. Die Umfrage wurde im Dezember des Jahres 2023 für die breite landwirtschaftliche Praxis in Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Streuung des Umfragebogens erfolgte über 19 Institutionen und Verbände. Zusätzlich wurden 46 Betriebe mit vorwiegend kuhgebundener Aufzucht direkt angeschrieben, und zur Teilnahme motiviert. Der Fragebogen beinhaltete 22 offene und 26 geschlossene Fragen. Für das Ausfüllen des Fragebogens gab es keine zeitliche Beschränkung bei den Teilnehmern, um eine hohe Datenqualität zu erreichen. An der Umfrage haben 142 Betriebe erfolgreich teilgenommen. Über 302 Betriebe haben die Umfragewebseite angesehen, aber den Fragebogen nicht zum Schluss beendet. Für die Datenauswertung wurden nur die erfolgreichen Teilnahmen bis zum Ende

berücksichtigt. Der Fragebogen ist generell in fünf Bereiche strukturiert: Personenangaben, Betriebsinformationen, Kälbermanagement, Tierperformance und Umstellungshemmnisse. Die Struktur des Fragebogens und die erfragten Informationen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Auswertung des Fragebogens fand zunächst deskriptiv statt. Darüber hinaus wurde eine statistische Analyse mit dem generalisierten linearen Modell mit Post-Hoc-Tests durchgeführt. Als Unterscheidungskriterium für die erhobenen Daten diente die Aufzuchtform der Kälber.

Tabelle 1: Struktur des Fragebogens für alle Befragten landwirtschaftlichen Betriebe. Die fett dargestellten Informationen werden im Folgenden gezeigt.

Themenbereich	Informationen	Anzahl an Fragen
Personenangaben	<b>Geschlecht</b> , Geburtsjahr, Bildung und <b>Region</b>	4
Betriebsinformationen	<b>Betriebstyp</b> , <b>Erwerbsart</b> , Rassenverteilung, <b>Herdendaten</b> , Abkalbungsmanagement	8
Kälbermanagement	Zeit für Kälberbetreuung, Kälberverluste, Trennungszeitpunkt und -vorgehen, Absetzzeitpunkt, <b>Kolostrummanagement</b> , Aufzuchtform, Kontaktzeit zur Kuh, Haltungssystem, Fütterung, Ammenhaltung, Maßnahmen zur Unterstützung der Kälber bei der Milchaufnahme	27
Tierperformance	Gesundheitsdaten (Kuh und Kalb), Zunahmen, Verhalten nach der Trennung (Kuh und Kalb)	8
Umstellungshemmnisse	Herausforderungen für einen Wechsel zur kuhgebundenen Aufzucht	1

## Ergebnisse

### Personenangaben und Betriebsdaten

An der Umfrage nahmen insgesamt 142 landwirtschaftliche Betriebe teil. Davon waren 113 klassisch wirtschaftend, 23 kuhgebundene Betriebe, bei denen alle Kälber im kuhgebundenen System aufgezogen werden und 6 kuhgebundene Betriebe, bei denen ein Teil der Kälber im kuhgebundenen System aufgezogen wird. Die Mehrheit der Fragebogenteilnehmer (64,0 %) war männlich. Der Großteil der Teilnehmer (85,2 %) war in Bayern beheimatet. Baden-Württembergische Landwirte waren mit 9 Betrieben vertreten. Aus den restlichen Bundesländern beteiligten sich lediglich 12 Betriebe. Bezüglich der Betriebsform wurden deskriptive Angaben zwischen den Aufzuchtssystemen verglichen. Die klassischen Betriebe waren zu 90,1 % konventionell wirtschaftend mit einer Haupterwerbsrate von 86,7 %. Bei der kuhgebundenen Aufzucht von allen Kälbern praktizierten 63,3 % der Betriebe nach Richtlinien des ökologischen Landbaus. Insgesamt waren in dieser Aufzuchtform 65,2 % Haupterwerbsbetriebe vertreten. Bei der kuhgebundenen Aufzucht von nur einem Teil der Kälber waren 80,0 % der Betriebe Haupterwerbsbetriebe, alle wirtschaften nach dem Prinzip des ökologischen

Landbaus. Anhand der deskriptiven Daten lässt sich festhalten, dass der Großteil der teilnehmenden Betriebe im Haupterwerb geführt wird und die kuhgebundene Kälberaufzucht überwiegend von Bio-Betrieben praktiziert wird. Eine Auswahl der wichtigsten Betriebsdaten kann der Tabelle 2 entnommen

Tabelle 2: Angegebene Betriebsdaten der teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe, unterschieden nach Aufzuchtssystem werden.

Variable	Klassische Aufzucht (n = 113)	Kuhgebundene Aufzucht von einem <u>Teil</u> der Kälber (n = 6)	Kuhgebundene Aufzucht von <u>allen</u> Kälbern (n = 23)	p-Wert
Herdengröße [Anzahl Rinder]	170.77 ± 26.64	111.33 ± 18.56	110.78 ± 67.94	0.53
Milchkühe [Anzahl]	75.03 ± 10.61	51.16 ± 7.95	47.95 ± 24.78	0.26
Milchleistung [Liter / a]	8601.19 ± 158.47 <sup>A</sup>	6797.83 ± 224.96 <sup>B</sup>	5684.83 ± 342.10 <sup>B</sup>	<.0001
Fettgehalt [%]	4.27 ± 0.02	4.19 ± 0.01	4,25 ± 0.10	0.76
Proteingehalt [%]	3.58 ± 0.01 <sup>A</sup>	3.32 ± 0.03 <sup>B</sup>	3,51 ± 0.05 <sup>AB</sup>	0.0061
Somatische Zellzahl [Zellen / mL]	146.603 ± 7.413	159.500 ± 28.788	157.856 ± 21.239	0.87
Fett-Protein-Quotient	1.19 ± 0.08	1.26 ± 0.01	1.21 ± 0.02	0.13

## Kolostrummanagement

Der Unterschied in der Kolostrumversorgung zwischen den Aufzuchtssystemen in den befragten Betrieben ist in Tabelle 3 dargestellt. Kuhgebundene Betriebe setzten auf die Aufnahme des Kolostrums über das Euter, auf Drenchen wurde mit der Ausnahme eines Betriebes vollständig verzichtet.

Tabelle 3: Angegebene Daten der landwirtschaftlichen Betriebe bezüglich des Kolostrummanagement. Mehrfachnennungen waren möglich.

Variablen	Klassische Aufzucht (n = 113)	Kuhgebundene Aufzucht von einem <u>Teil</u> der Kälber (n = 6)	Kuhgebundene Aufzucht von <u>allen</u> Kälbern (n = 23)
Saugen am Euter	3.53 (7)	46.15 (4)	76.17 (20)
Nuckelflasche	41.81 (59)	23.07 (2)	8.85 (3)
Tränkeimer	43.21 (58)	15.38 (1)	8.15 (2)
Drenchen	11.45 (22)	15.38 (1*)	0 (0)
Sonstiges	0 (0)	0 (0)	6.81 (3)

\* Drenchen nur wenn Kälber nicht trinken

Klassische aufziehende landwirtschaftliche Betriebe sehen die fehlende Quantifizierung der aufgenommenen Milchmenge bei der kuhgebundenen Kälberaufzucht als dritthäufigstes Hemmnis für eine Umstellung der Betriebsform. Die Aufzuchtgegebenheiten der genannten Systeme führen dazu, dass die Landwirte ihren Umgang mit der Milchfütterung bei den Kälbern anpassen mussten.

## Diskussion

Ein optimales Wachstum in der Neugeborenen- und Aufzuchtperiode ist nicht nur für geringere Verlusten wichtig, sondern beeinflusst auch die spätere Lebensphase des Tieres. Die postnatale Ernährung beeinflusst den Stoffwechsel, die Leistung und das Wachstum der Kälber. Dieses Phänomen wird als metabolische Prägung bezeichnet (Hammon et al., 2020; Matsubara et al. 2016). Kolostrum spielt vor allem in der juvenilen Phase eine entscheidende Rolle (Godden et al., 2019; Hammon et al., 2020). Umfragedaten zu Folge füttern Landwirte in klassischen Aufzuchtssystemen üblicherweise abgemolkenes Kolostrum über die Nuckelflasche, um eine garantierte und quantifizierbare Aufnahme zu erreichen. Das routinemäßige Drenchen der Kälber nach der Geburt auf einzelnen klassischen Betrieben (n = 3, einfach Nennung) ist kritisch zu beurteilen. Die Risiken von einem Milchfluss in die Lunge und eine schlechtere Aufnahme von Immunglobulinen und Nährstoffen aus dem gedrenchten Kolostrum sollten nur im Notfall im Kauf genommen werden. Im Gegensatz dazu setzen Landwirte in kuhgebundenen Kälberaufzuchtssystemen auf eine direkte Aufnahme über das Euter, auch wenn diese nicht quantifizierbar ist. In den Studien von (Lora et al., 2019; Mason et al., 2022) wurde aufgezeigt, dass ein unzureichender passiver Immunschutz bei kuhgebundener Aufzucht auftreten kann. Resultierend aus einer unzureichenden Aufnahme des Kolostrums über das Euter in den ersten Lebensstunden beim Saugen am Euter der Kuh. Der Erfolg der Milchaufnahme des Kalbes aus dem Euter ist durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, dazu zählen unter anderen: der Geburtsprozess, das Gleichgewichtsverhalten und das Verhalten der Mutterkuh. Beim Belassen des Kalbes bei der Mutterkuh durch den Landwirt muss die Milchaufnahme vor allem tierindividuell überwacht werden. In einem Review von Quigley (2024) wird zwischen den Risiken und Chancen der kuhgebundenen Haltung der Kälber abgewogen. Das Verbleiben des Kalbes mit der Mutterkuh ohne menschliche Assistenz wird von den Autoren nicht empfohlen, aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der Aufnahmemenge des Kolostrums durch die Kälber und des daraus resultierenden Immunstatus in den ersten Lebensstunden. Bezogen auf die Arbeitsorganisation und Betriebsgrößen in den USA ist das nachvollziehbar. Auf Betrieben in Bayern gibt es bislang keine vergleichenden Daten zum Immunstatus. Methoden, um die Kälber in Kuhgebundenen Aufzuchtssystemen nach der anfänglichen Eimer- oder Flaschenfütterung an das Euter zu gewöhnen sind den Umfragedaten nach möglich. Beobachtungen, dass Kälber durch die erste Fütterung mit Eimer oder Flasche auf den Menschen fixiert werden oder über Nachahmung des Nachbarkalbes falsch geprägt werden, stellen weitere Herausforderungen der kuhgebundenen Aufzucht dar und sollten zukünftig weiter erforscht werden. Das Kolostrummanagement in der kuhgebundenen Aufzucht erfordert jedoch eine intensivere Tierbeobachtung über 4-6 Stunden nach der Geburt, häufig auch das Anlernen und eine Hilfestellung durch Personal. Das sollte durch geeignete tierbezogenen Indikatoren für die Beurteilung der aufgenommenen Milchmenge ergänzt und durch Assistenzsysteme z.B. Videoaufzeichnung vereinfacht werden.

## Fazit

Eine adäquate Kolostrumaufnahme ist entscheidend für die postnatale Entwicklung des Kalbes. Diese ist bei kuhgebundenen Aufzucht im Gegensatz zur klassischen Aufzucht bei der Kolostrumaufnahme übers Euter eine Herausforderung. Gute Zunahmen und eine adäquate Passive Immunisierung in der kuhgebundenen Aufzucht lassen sich nur durch eine anspruchsvollere Tierbeobachtung auf landwirtschaftlichen Betrieben erreichen.

Unser Dank gilt allen Teilnehmern an der Umfrage. Das Projekt KuKIndi™ wird dankenswerterweise gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus

## Literaturverzeichnis

- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 35(3), 535–556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Grøndahl, A. M., Skancke, E. M., Mejdell, C. M., & Jansen, J. H. (2007). Growth rate, health and welfare in a dairy herd with natural suckling until 6-8 weeks of age: A case report. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-16>
- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, 14(S1), s133-s143. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003148>
- Johnsen, J. F., Zipp, K. A., Kälber, T., Passillé, A. M. de, Knierim, U., Barth, K., & Mejdell, C. M. (2016). Is rearing calves with the dam a feasible option for dairy farms?—Current and future research. *Applied Animal Behaviour Science*, 181, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.11.011>
- Lora, I., Gottardo, F., Bonfanti, L., Stefani, A. L., Soranzo, E., Dall'Ava, B., Capello, K., Martini, M., & Barberio, A. (2019). Transfer of passive immunity in dairy calves: The effectiveness of providing a supplementary colostrum meal in addition to nursing from the dam. *Animal*, 13(11), 2621–2629. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000879>
- Mason, W. A., Cuttance, E. L., & Laven, R. A. (2022). The transfer of passive immunity in calves born at pasture. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 6271–6289. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21460>
- Matsubara, A., Takahashi, H., Saito, A., Nomura, A., Sithyphone, K., McMahon, C. D., Fujino, R., Shiotsuka, Y., Etoh, T., Furuse, M., & Gotoh, T. (2016). Effects of a high milk intake during the pre-weaning period on nutrient metabolism and growth rate in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal*, 87(9), 1130–1136. <https://doi.org/10.1111/asj.12547>
- Quigley, J. D. (2024). Invited REVIEW: An evaluation of EFSA opinion on calf welfare from a nutritional and management perspective. *Journal of Dairy Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24829>
- Roth, B. A., Barth, K., Gygax, L., & Hillmann, E. (2009). Influence of artificial vs. mother-bonded rearing on sucking behaviour, health and weight gain in calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 119(3-4), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.004>
- Santo, N. K., König von Borstel, U., & Sirovnik, J. (2020). The influence of maternal contact on activity, emotionality and social competence in young dairy calves. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 138–143. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000527>

**Autorenanschrift**

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

# ForFarmers: Für die Zukunft der Landwirtschaft

## Unsere Strategie

Im Rahmen von For the Future of Farming arbeiten wir kontinuierlich an der Entwicklung von Wissen und Innovation. Wir tun dies, wo möglich, vor Ort, in der Nähe des Kunden. Um dies zu erreichen, haben wir fünf strategische Grundsätze für unsere Strategie 2025 festgelegt:



### Noch näher an unseren Kunden

.. 'local business' an der Spitze, gestärkt durch Kernwerte und Know-how der Unternehmensgruppe



### Differenzierung

.. durch lokalen Markt-Ansatz und innovative Konzepte



### Gutes Futter zu günstigen Preisen

.. um Erträge für Landwirte und ForFarmers zu erzielen



### Nachhaltige Lösungen anbieten

.. um an einem sich verändernden externen Umfeld beizutragen



### Fokus auf (virtuelle) Kettenintegration

.. die Initiative ergreifen - gemeinsam mit den Landwirten - um die Kette zu verwalten



**for**  
**farmers**

**ForFarmers Kundenservice**

+49 (0)2857 411030

kundenservice.de@forfarmers.eu

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

 [forfarmers.deutschland](https://www.instagram.com/forfarmers.deutschland)

 ForFarmers Deutschland

## Entwicklung der Grobfuttererträge auf den bayerischen Staatsbetrieben - was wird wirklich geerntet?

**Barbara Misthilger<sup>1</sup>, Franziska Blümel<sup>2</sup>, Wolfgang Müller<sup>3</sup>, Georg Hammerl<sup>4</sup>, Thomas Lehner<sup>5</sup>, Mariana Schneider<sup>1</sup>, Hubert Spiekers<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub  
Bayerische Staatsgüter (BaySG): <sup>2</sup> Staatsgut Achselschwang, Utting;  
<sup>3</sup> Staatsgut Grub, Poing-Grub; <sup>4</sup> Staatsgut Almesbach, Weiden; <sup>5</sup> Staatsgut Kringell, Hutthurm

### Einleitung

Grobfutter ist sowohl im Wiederkäuerbereich als auch im Biogassektor die wichtigste Komponente in der täglichen Fütterung. Die Herstellung von Konserven aus Gras, feinkörnigen Leguminosen und Mais ist mittlerweile der größte Kostenfaktor auf den landwirtschaftlichen Betrieben und entscheidet maßgeblich über den Erfolg im Stall. Daher sind die Anforderungen an das betriebseigene Grobfutter hinsichtlich Menge, Qualität und Hygiene in den letzten Jahren immer höher geworden. Neben einer hohen Qualität in Hinblick auf die Inhaltsstoffe und Energiegehalte, ist auch der Flächenertrag entscheidend (Spiekers und Schäffler 2018). Hier spielen neben den regionalen Gegebenheiten und der Bewirtschaftungsweise der Flächen, auch zunehmend die Veränderungen des Klimas eine sehr einflussreiche Rolle. Gerade für die Futtermengenplanung ist es wichtig zu wissen, was von den Flächen wirklich geerntet wird. Im Ackerbau ist die Ertragserfassung eine etablierte Methodik, im Feldfutterbau und Grünland ist dies immer noch eine viel zu unbekannte Größe. Ein volles Silo ist leider keine Garantie für ausreichend Futter. Ohne flächenspezifische Kenngrößen kann auch das Potential der Flächen und die Grobfutterqualität langfristig nicht verbessert werden. Nur was man konkret misst, kann man auch steuern. Die Erfassung der Ernteerträge kann über die Verwiegung mit der Fuhrwerkswaage oder mit Sensoren an Erntefahrzeugen etc. erfolgen (Worek und Thurner 2022). Mit der routinemäßigen Erfassung der Ernteerträge bei Gras- und Maisprodukten in der Praxis der Staatsgüter soll gezeigt werden, wie Erträge erfasst werden können und zum anderen wie wichtig es ist, die wirklichen Mengen zu kennen, die von der Fläche ins Silo eingelagert werden. Die betriebseigenen Ertragsdaten können zusätzlich für die Düngeplanung, Flächenpacht und Futterzu-/bzw. -verkauf genutzt werden (Spiekers und Schäffler 2018).

### Material und Methoden

Die Methodik zur Erfassung der Grobfuttererträge wurde im Rahmen des LfL-Projekts „Effiziente Futterwirtschaft und Eiweißbereitstellung in Futterbaubetrieben“ (Köhler et al., 2014) in Kooperation mit mehreren Staatsbetrieben entwickelt und im Praxismaßstab erprobt. Nach Ende des Projekts wurde die Erfassung der Ernteerträge im Futterbau und der Grünlandbewirtschaftung auf den Staatsbetrieben Achselschwang, Grub, Almesbach und Kringell (Abb. 1) fest im Ernteablauf etabliert und weiterentwickelt.

## Standorte

Die einzelnen Staatsbetriebe sind in der Bayerischen Staatsgüterverwaltung (BaySG), vormals Lehr-, Versuchs- und Fachzentren zusammengeschlossen. In Tabelle 1 sind die Betriebsdaten der einzelnen Staatsbetriebe im Vergleich dargestellt. Der Standort Achselschwang liegt im südlichen Oberbayern, im sogenannten voralpinen Hügelland (Landkreis Landsberg am Lech). Aufgrund der hohen Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode ist diese Region für intensive Grünlandbewirtschaftung gut geeignet. Dem Staatsgut Achselschwang gehören noch weitere Betriebsstandorte an, dessen Flächen zusätzlich zur Futtergewinnung genutzt werden. Der Staatsbetrieb Grub liegt im südlichen Landkreis Ebersberg in der sogenannten Münchner Schotterebene. Durch den höheren Kiesanteil im Oberboden wirken sich längere Trockenperioden im Sommer besonders auf das Grünland ertragsmindernd aus, wohingegen im Ackerbau gute Erträge zu erzielen sind. Im Agrargebiet Jura, Keuper, Nordbayerisches Hügelland liegt im Stadtgebiet Weiden in der Oberpfalz das Staatsgut Almesbach. Für die Region typisch sind sehr wechselnde Bodenverhältnisse von tiefgründig bis höheren Sandanteil im Oberboden. Zusätzlich sind im nördlichen Teil Bayerns die jährlichen Niederschlagsmengen im Vergleich zu den anderen Standorten deutlich niedriger, besonders in den Sommermonaten (siehe Tab. 1). Bedingt durch die Standortgegebenheiten sind dort im Grünland die Schnitthäufigkeiten schwankend. Das Staatsgut Kringell (Landkreis Passau) wird als einziges Staatsgut nach den Grundsätzen des ökologischen Landbaus bewirtschaftet. Daher ist an diesem Standort neben dem klassischen Dauergrünland auch das Klee gras eine wichtige Futtergrundlage. Die klimatischen Bedingungen vor Ort sind durch den angrenzten Bayerischen Wald (Agrargebiet Ostbayerisches Mittelgebirge Süd) besonders im Frühjahr rauer, was sich in einem späteren Vegetationsstart zeigt. Die dort vorherrschenden Böden verfügen über ein gutes Wasserhaltevermögen, sodass sich auch längere Trockenperioden nicht sofort ertragsmindernd auswirken. Die unterschiedlichen Standortbedingungen der Staatsbetriebe in Bayern repräsentieren damit die verschiedenen klimatischen und landwirtschaftlichen Gegebenheiten innerhalb Bayern sehr gut. Dies ermöglicht ein breites Spektrum an Ertragsdaten im Grünland und Feldfutterbau.



Abbildung 3: An der Ertragserfassung teilnehmende Staatsbetriebe in Bayern.

Tabelle 5: Betriebsdaten und regionale Kenngrößen der Staatsbetriebe Achselschwang, Grub, Almesbach und Kringell.

Kenngrößen	Einheit	Standorte			
		<b>Achselschwang</b>	<b>Grub</b>	<b>Almesbach</b>	<b>Kringell</b>
Agrargebiet		Voralpines Hügelland	Tertiär-Hügelland	Jura, Keuper, Nordbayerisches Hügelland	Ostbayerische Mittelgebirge Süd
Höhe	m über NN	586	525	417	480
Bodenart		sL	uL	uL	uL
ND <sup>1</sup>	mm	989	891	704	919
Temperatur <sup>2</sup>	°C/Jahr	9,7	10,1	8,4	9,2
Bewirtschaftung		Konventionell			Ökologisch
Grünlandflächen <sup>3</sup>	ha/Betrieb	53	40	50	45/ 15 <sup>4</sup>
Schnitthäufigkeit	Anzahl/a	4-6	4-5		
Ackerfläche Silomais <sup>3</sup>	ha/Betrieb	47	136	34	13
Kuhanzahl <sup>3</sup>		175	70	126	70
Milchleistung <sup>4</sup>	kg ECM /Kuh+a	11.300	9.800	9.790	8.154

<sup>1</sup> Niederschläge im langjährigen Mittel (2013-2024)

<sup>2</sup> Temperatur im langjährigen Mittel (2013-2024)

<sup>3</sup> Stand 2023

<sup>4</sup> Klee grasflächen

<sup>5</sup> energiekorrigierte Milch pro Kuh und Jahr, Stand 2023

## Grünlandflächen

Bei den Grünlandflächen der Staatsbetriebe, die zur Erfassung der Ernteerträge genutzt werden, handelt es sich um klassische Dauergrünlandflächen, die zur Silagegewinnung genutzt werden. Die Erträge von Ackerfutter (Weidelgras oder Klee gras) wurden hierbei nicht miteingerechnet, sondern extra erfasst. In Anlehnung an Köhler et al. (2017) wurde dort im Rahmen der Datengewinnung im Projekt an den verschiedenen Staatsbetrieben die Grünlandbestände hinsichtlich der Bestandszusammensetzung bonitiert. Bei den Beständen handelte es sich an allen vier Standorten zum einen um Wiesen mit höherem Wiesenfuchsschwanzanteil (> 25 %) und um Gräser reiche Wiesen (Gräser-Ertragsanteil > 65 %). Am Standort Almesbach konnten zudem noch Weidelgras reiche Wiesen miterfasst werden (Gräser-Ertragsanteil > 75%). Die Schlaggrößen im Grünland variieren je nach Standort zwischen 1 und 20 ha. Die Düngung im Grünland erfolgt ausschließlich mit organischem Dünger in Form von Rindergülle oder Biogasgärrest. Die Mengen werden nach den derzeit gesetzlich geltenden Vorgaben der Düngeverordnung (BLE 2022) berechnet. Die Ausbringung erfolgt mit bodennaher Schleppschuhtechnik nach der jeweiligen Schnittnutzung.

### Datenerhebung

Die Erfassung der schlagspezifischen Erträge im Grünland und Silomais wird in Anlehnung an die entwickelte Methodik von Köhler et al. (2014) durchgeführt (Abb. 2). Die Erntemenge wird über die Wiegung jeder einzelnen Fuhre über eine Fuhrwerkswaage erfasst. Dementsprechend ist eine schlagspezifische Mengenerfassung möglich. Zur Berechnung der Flächenerträge auf Basis Trockenmasse (TM), wird der Trockenmassegehalt (TM-Gehalt) vom Anwelkgut der jeweiligen Fläche bestimmt. Dazu werden von jeder Fuhre beim Abkippen im Silo mehrere Teilproben gezogen und schlagspezifisch zu einer Sammelprobe gemischt. Die Verluste auf dem Feld und beim Transport bis zur Waage sind damit nicht enthalten. Vorgestellt werden die Ergebnisse der Erntejahre 2015 bis 2023. Für 2021 und 2022 werden auch die Ergebnisse für die Schnitte 1 bis 4 der konventionellen Betriebe fürs Dauergrünland dargestellt.



Abbildung 4: Methodik zur schlagspezifischen Gewichtserfassung und Beprobung des Anwelkguts.

### Trockenmassebestimmung

Zur Bestimmung der Trockenmasse werden die Proben mittels Trocknung im Trockenschrank 36 h bei 65 °C und 4 h bei 105 °C getrocknet (VDLUFA 2012; Methode 3.1). Die Methodik von Köhler et al. (2017) wurde im Zeitraum von 2009 – 2012 entwickelt, zu dieser Zeit war die TM-Bestimmung nur auf diese Weise möglich. Technische Entwicklungen zur TM-Bestimmung während des Häckselvorgangs waren erst in Erprobung. Mittlerweile kann der TM-Gehalt mittels Leitfähigkeit oder Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) beim Erntevorgang am selbstfahrenden Feldhäcksler ermittelt werden (Ofenbeck et al. 2014). Aufgrund eines breiteren Messbereichs und einer höheren Messgenauigkeit setzt sich zunehmend die NIRS-Technik durch, welche bei Gras und Silomais eingesetzt werden kann. Um den Praxiseinsatz von NIRS-Technik am selbstfahrenden Feldhäcksler zu fördern, werden im Rahmen des LfL-Projekts „Digi-Milch“ (LfL 2021, Worek und Thurner 2022) verschiedene Sensoren zur TM- und auch Inhaltsstoffbestimmung am selbstfahrenden Feldhäcksler auf deren Genauigkeit im Feldeinsatz vergleichend neutral untersucht. Die Staatsbetriebe Achselschwang, Grub und Almesbach nutzen zur TM-Bestimmung zusätzlich die NIRS-Technik neben der TM-Bestimmung mittels beim Einsilieren gezogener Sammelproben am Silo.

## Ergebnisse und Diskussion

### Grünland

Die TM-Erträge pro Hektar (ha) von den einzelnen Schnitten der Erntejahre 2021 und 2022 sowie die Standardabweichung zwischen den Schlägen sind in Abbildung 3 für die Staatsbetriebe Achselschwang, Grub und Almesbach dargestellt. Deutlich zu erkennen ist die hohe Variabilität zwischen den Schnitten und den einzelnen Jahren. Die Erträge im Grünland werden von mehreren Faktoren beeinflusst: Zum einen vom Gräserbestand, der innerhalb und zwischen den Flächen variiert, zum anderen von den Bodenverhältnissen und der Bewirtschaftung sowie den Witterungsverhältnissen. Durch die unterschiedlichen Gegebenheiten ergeben sich hohe Schwankungen bei den Ernteerträgen der einzelnen Schnitte am jeweiligen Standort. Einen „klassischen“ Richtwert gibt es daher für Ernteerträge pro Schnitt nicht. Jedoch sind TM-Erträge größer 30 dt TM/ha als hoch einzustufen. Das zeigt das Jahr 2021, indem es hohe Niederschlagsmengen im Frühjahr und Spätsommer gab. Dadurch konnte der 1. Schnitt bei den Staatsbetrieben Grub und Almesbach erst Ende Mai erfolgen. Dementsprechend hoch waren damit die geernteten Aufwuchsmengen mit 47 dt TM/ha am Standort Grub und 53 dt TM/ha in Almesbach. Jedoch war der Zeitpunkt des optimalen Schnittzeitpunkts deutlich überschritten. Durch die gute Wasserversorgung der Böden konnten die Folgeschnitte auch mit hohen Erträgen geerntet werden. Im Jahr 2022 war im Sommer eine länger anhaltende Trockenperiode, dadurch kam es bei den Folgeschnitten vor allem beim 3. Schnitt zu einem massiven Ertragsrückgang. Die jährlichen Schwankungen der TM-Erträge werden besonders am Standort Grub deutlich, beim Vergleich der erfassten Mengen des 3. Schnitts zwischen den Jahren 2021 (37 dt TM/ha) und 2022 (9 dt TM/ha). Bedingt durch die zunehmend milde und feuchte Witterung im Herbst sind die Erträge bei den 4. Schnitten mittlerweile fast auf gleich hohem Niveau wie beim 2. Schnitt. Dass zeigt, dass durch die längere Vegetationsperiode im Herbst, die mit den Klimawandel gefördert wird, Ertragsausfälle wieder kompensiert werden können. Die Schwankungen zwischen den Jahren und den einzelnen Schnitten bei den Staatsbetrieben bestätigt, dass nur mit einer schnittweisen Ertragserfassung eine genaue Darstellung der wirklich geernteten Mengen möglich ist. Die TM-Jahreserträge ergeben sich aus der Aufsummierung der TM-Erträge von den einzelnen Schnitten des jeweiligen Jahres.

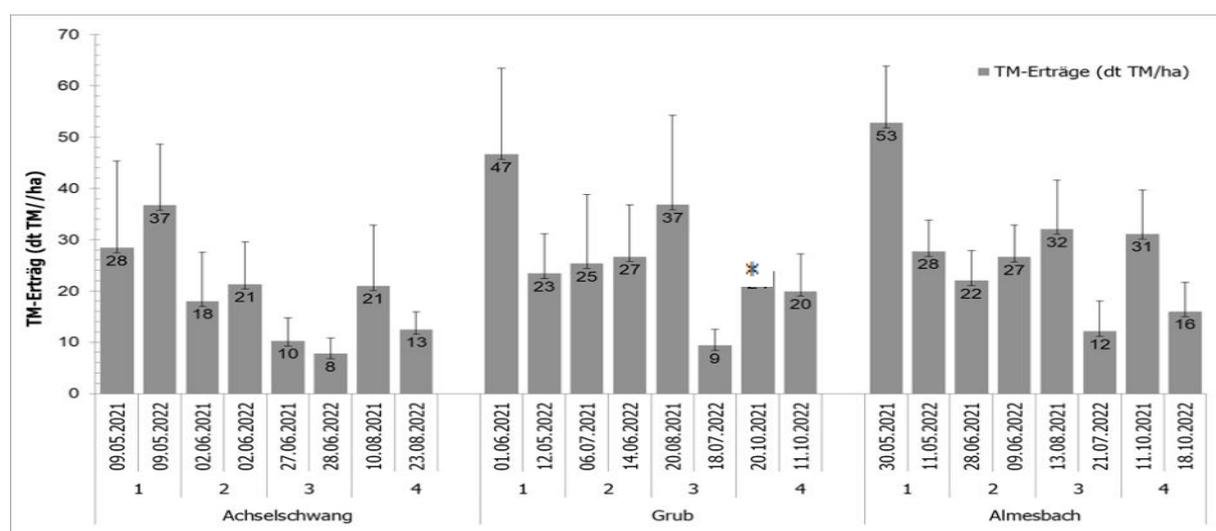


Abbildung 5: Schnittbezogene Ernteerträge auf Basis der Trockenmasse (TM) der Erntejahre 2021 und 2022 der zu silierenden Grünlandflächen sowie Standardabweichung zwischen den Schlägen; \* nur ein Schlag geerntet.

In Abbildung 4 sind die jährlichen TM-Erträge für den Zeitraum 2015-2023 von den vier Staatsbetrieben dargestellt. Berücksichtigt wurden dabei nur die Flächen, die zur Silagegewinnung genutzt wurden. Besonders das Jahr 2021 sticht bei den Standorten Grub und Almesbach hervor, was auf die hohen TM-Erträge vom 1. Schnitt zurückzuführen ist (siehe Abb. 3). Die Schwankungen zwischen den Jahren zeigt, dass eine jährliche Ertragserfassung sehr wichtig ist. Nicht nur für die Futterplanung sind die Flächenerträge wichtig, sondern auch für die seit 2020 verpflichtende Düngebedarfsermittlung im Ackerbau, Grünland und Feldfutterbau (BLE 2022). Zur Berechnung der Nährstoffabfuhr werden hierfür die abgefahrenen Mengen ab Feld benötigt. Damit ist für eine genaue Berechnung eine schlagspezifische Ertragserfassung notwendig. Die Unterschiede im Ernteertrag zwischen den einzelnen Teilflächen sind relativ groß, so dass auch die Düngung flächenspezifisch am Ertragsniveau der Einzelfläche orientiert sein sollte.

Als regionalen Durchschnittswert für Grünlanderträge sind am den Standort Achselschwang 88 dt TM/ha (LfL 2023) veranschlagt. Im Vergleich zu den erfassten Werten liegen die am Standort Achselschwang tatsächlich erfassten TM-Erträge höher mit Ausnahme des Jahres 2023. Für den Standort Grub ist als mittlerer Landkreisertrag im Grünland 87 dt TM/ha (LfL 2023) veranschlagt. Im Jahr 2021 lagen der Ernteertrag deutlich darüber, im Jahr 2022 und 2023 deutlich darunter. Am Standort Almesbach sind die mittleren regionalen Flächenerträge mit 63 dt TM/ha (LfL 2023) angegeben, die am Betrieb ermittelten Mengen liegen dabei deutlich höher. Für den Landkreis Passau, indem sich der Staatsbetrieb Kringell befindet, wird mit Abzug für die ökologische Bewirtschaftung ein Grünlandflächenertrag von 65 dt TM/ha angenommen, auch hier liegen die am Betrieb erhobenen tatsächlichen TM-Erträge höher. Der Vergleich der gemittelten regionalen Ernteerträge zu den tatsächlich auf den Betrieben erhobenen Daten zeigt, dass nur eine realistische Darstellung mit einer betriebsspezifischen Ertragserfassung möglich ist. Im neunjährigen Mittel liegen die Staatsbetriebe Achselschwang, Grub und Almesbach auf gleich hohem Niveau. Der deutliche Ertragsunterschied zum Standort Kringell ergibt sich durch die ökologische Bewirtschaftungsweise. Aus den bisherigen Entwicklungen der jährlichen TM-Erträge zeigen sich bis jetzt seit Umsetzung der neuen Düngeverordnung im Jahr 2020 (BLE 2022) noch keine relevanten Ertragsrückgänge im Vergleich zu den Jahren davor. Langfristige Veränderungen können gegebenenfalls in den kommenden Jahren erkannt werden. Haupteinflussfaktor auf die Ertragsmenge ist die Niederschlagsverteilung und Verdunstung während der Vegetationsperiode. Diese wird sich durch den Klimawandel bedingt in der Zukunft deutlich verändern, was zu Ertragsrückgängen vor allem bei den Folgeschnitten führen kann. Daher ist es umso wichtiger die geernteten Mengen zu erfassen, um frühzeitig in Form von Futterzukauf oder Flächenpacht reagieren zu können. Zudem können die Grünlandbestände entsprechend den sich verändernden Gegebenheiten frühzeitig durch flächenspezifische Nachsaat und weiteren Managementmaßnahmen im Grünland angepasst werden.

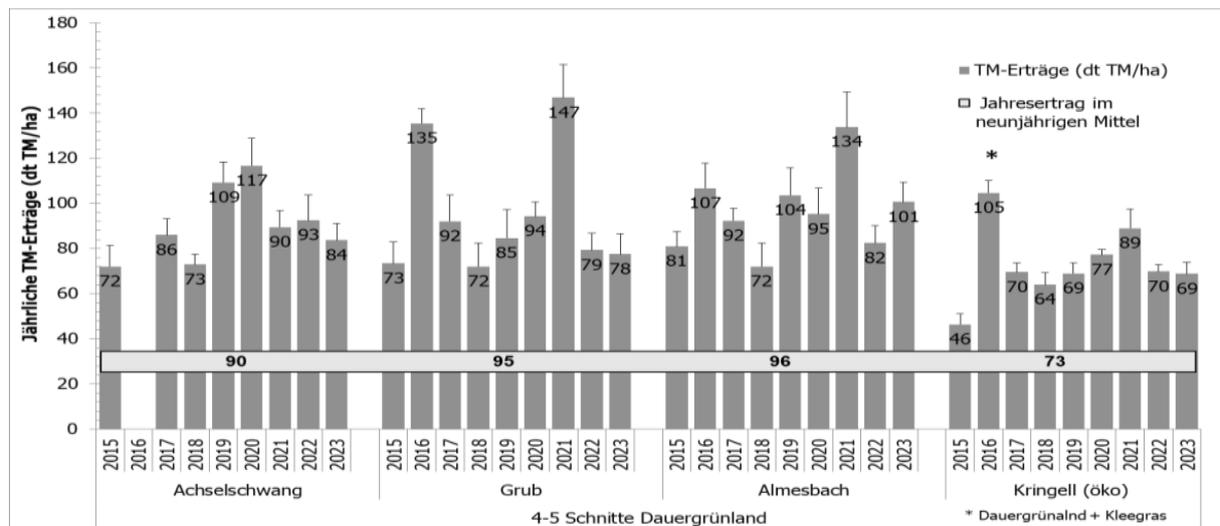


Abbildung 6: Ernteerträge je ha und Jahr (an der Fuhrwerkswaage) der Staatsbetriebe im Zeitraum von 2015-2023 der zur Silierung genutzten Grünlandflächen sowie Standardabweichung zwischen den Schlägen

## Kleegras

Neben dem klassischen Dauergrünland als wertvolle Eiweißquelle im Grobfutter sind feinkörnige Leguminosen, wie Klee oder Luzerne eine wichtige Futterkomponente. Gerade durch ihre höhere Ertragsstabilität gegenüber Trockenheit sind diese im Hinblick auf den Klimawandel immer wichtigere Bestandteile im Bereich des Futterbaus. Am Standort Kringell wird im Zuge der ökologischen Bewirtschaftung zur Stickstofffixierung im Boden Kleegras seit mehreren Jahren erfolgreich angebaut. Zusätzlich wertet das Kleegras das betriebseigene Grobfutter hinsichtlich des Eiweißgehaltes auf. Die jährlichen TM-Erträge von den Kleegrasflächen am Standort Kringell sind in Abbildung 5 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass die Erträge konstant über die Jahre sind und deutlich weniger Schwankungen aufzeigen als die Ernteerträge im Dauergrünland (siehe Abb. 4). Gerade das Ertragspotential der feinkörnigen Leguminosen wird oft unterschätzt bzw. ist nicht bekannt. Daher sind die Ertragserfassungen des Standortes Kringell sehr interessant. Sie zeigen zum einen was wirklich wächst und welche Mengen bei ökologischer Bewirtschaftung auch möglich sind. Die jährlichen TM-Erträge und das neunjährige Mittel liegen höher als im Dauergrünland. Dies ist unter anderem auf die gleichmäßigeren Bestände zurückzuführen und auf die tiefere Durchwurzelung des Bodens und der damit längeren Wasserverfügbarkeit. Der Feldfutterbau mit Kleegras und Luzerne ist daher nicht nur für den ökologischen Bereich relevant, sondern ist in Zukunft durch die höhere Ertragssicherheit fest, Futtereiweißlieferung und N-Fixierung in die Grobfutterproduktion zur Sicherung der Futtermengen und -qualitäten miteinzubeziehen, gerade an trockenheitsgefährdeten Standorten.

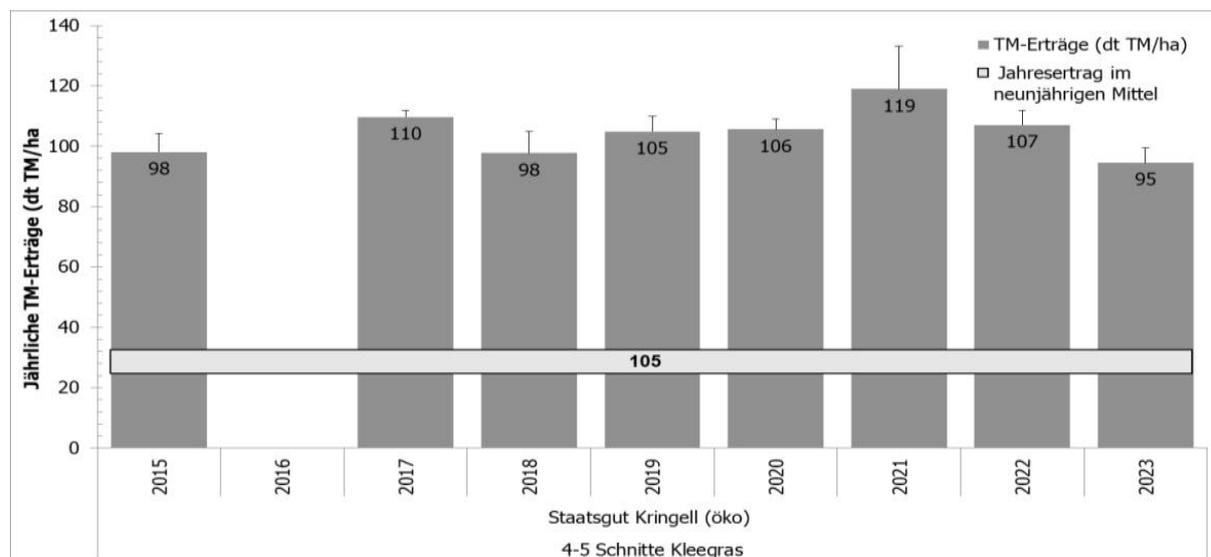


Abbildung 7: Ernteerträge in TM je ha und Jahr (an der Fuhrwerkswaage) im Zeitraum von 2015-2023 der zur Silierung genutzten Klee grasflächen am Staatsgut Kringell sowie Standardabweichung zwischen den Schlägen

## Silomais

Die TM-Erträge von Silomais der vier Staatsbetriebe im Zeitraum 2015-2023 sind in Abbildung 6 zusammengefasst. Am Standort Kringell wurden keine schlagspezifischen Erträge erhoben, daher sind hier keine Abweichungen zwischen den Schlägen darstellbar. Die TM-Erträge sind bei allen Betrieben insgesamt als gut einzustufen. Jedoch haben an jedem Standort neben dem Saattermin die vorherrschenden Bodenverhältnisse sowie die Wasserverfügbarkeit im Oberboden einen sehr hohen Einfluss auf den Flächenertrag. Daher ergeben sich zwischen den Betrieben und den einzelnen Erntejahren teils erhebliche Schwankungen im TM-Ertrag/ha. Am Standort Achselschwang ist aufgrund der höheren Bodenfeuchte erst eine spätere Aussaat möglich, was eine verzögerte Entwicklung zur Folge haben kann, zudem waren in den letzten Jahren immer wieder Hagelschäden bei den Beständen aufgetreten. Dementsprechend sind dort die TM-Erträge niedriger als bei den Staatsbetrieben Grub und Almesbach. Die Auswirkungen längerer Trockenperioden ist beispielhaft am Standort Grub im Jahr 2022 gut zu erkennen. Durch den Wassermangel im Sommer sind die Maisbestände auf den kiesigen Böden frühzeitig notreif geworden. Dadurch waren die TM-Erträge auf diesen Flächen deutlich geringer. Der Betrieb verfügt auch über einzelne Moosflächen mit gutem Wasserhaltevermögen. Dort konnten sich die Maisbestände gut entwickeln und deutlich höhere TM-Erträge erzielen. Daher ergibt sich die hohe Streuung bei den TM-Erträgen an diesem Standort im Jahr 2022. Auch zwischen den Betrieben schwanken die TM-Erträge innerhalb eines Jahres sehr stark. Zum Beispiel lagen im Jahr 2023 die TM-Erträge am Standort Achselschwang bei 110 dt TM/ha, in Grub bei 136 dt TM/ha und am Standort Almesbach bei 171 dt TM/ha. Die Silomaiserträge am Standort Kringell sind durch die ökologische Bewirtschaftung besonders zu werten. Die TM-Erträge konnten sich dort seit Beginn der Ertragserfassung gut entwickeln und deutlich ansteigen. Gerade in der ökologischen Bewirtschaftung hat die Vorfrucht einen großen Einfluss auf den Ertrag bei Silomais und der Zeitpunkt der mechanischen Unkrautregulierung. Die auf den Betrieben erhobenen TM-Erträge beim Silomais zeigen, dass auch hier eine schlagspezifische Erfassung der Ernteerträge wichtig ist, um den tatsächlichen Ertrag jedes Jahres ermitteln zu können. Mittlere Erträge können dabei deutlich von den realen Erträgen am Betrieb abweichen. Gerade Silomais wird ab Feld ge-/verkauft. Für eine korrekte Abrechnung ist hier der Flächenertrag auf Basis Trockenmasse die wichtigste Grundlage und die Kenntnis eigentlich unverzichtbar.

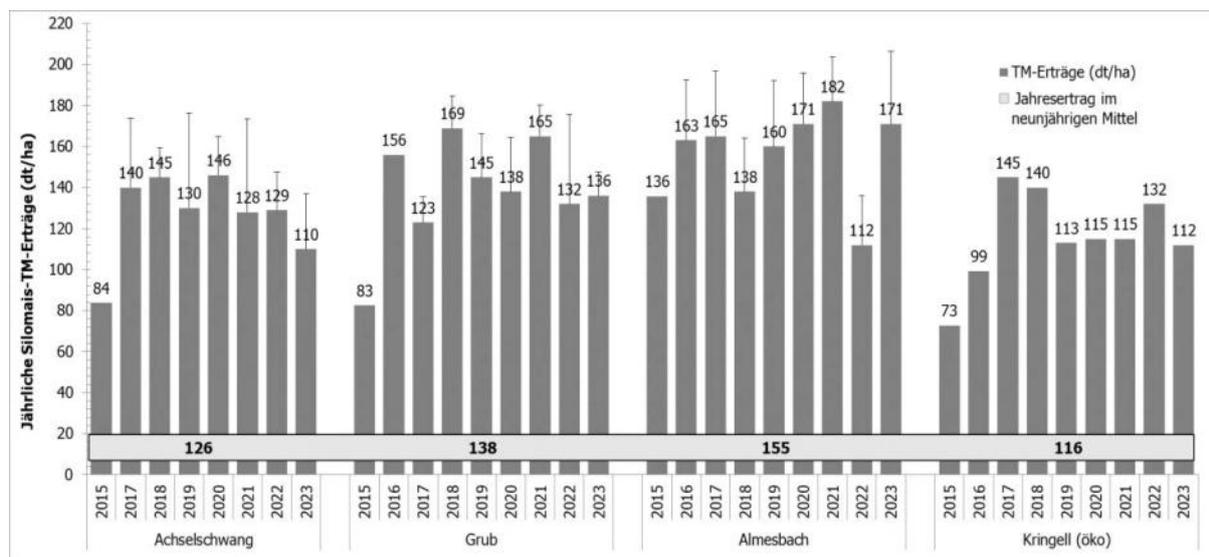


Abbildung 8: Ernteerträge in TM je ha und Jahr (an der Fuhrwerkswaage) der Bayr. Staatsbetriebe im Zeitraum 2015-2023 bei Silomais sowie Standardabweichung zwischen den Schlägen sofern schlagspezifische Daten vorhanden sind

### Vergleich 2009 bis 2012 zu 2015 bis 2023

Aus der Tabelle 2 sind die mittleren Ernteerträge für Dauergrünland und Silomais aus der ersten Erhebung von Köhler et al. (2014) im Vergleich mit den aktuellen Daten zu ersehen. Für den ökologisch wirtschaftenden Betrieb Kringell zeigt sich bei beiden Früchten ein Anstieg im Ernteertrag um etwa 20 %. Bei den konventionellen Betrieben ist die Situation bei Grünland und Silomais gegensätzlich. Die Grünlanderträge haben sich um mehr als 10 % gesteigert. Beim Silomais hat sich das Ertragsniveau um mehr als 10 % gemindert. Die Rangierung zwischen den Betrieben im Niveau der Ernteerträge ist dabei unverändert geblieben. Die Ergebnisse aus Köhler et al. (2014) waren für die Betriebe Anlass das Grünlandmanagement zu hinterfragen und gezielt zu verbessern. Beim Silomais war das Niveau in 2009 bis 2012 teils sehr hoch. Die trockeneren Jahre 2015, 2018 und 2019 führten zu merklichen Rückgängen im Ernteertrag. Aus den vorliegenden Ergebnissen ergibt sich, dass für Dauergrünland ein mittlerer Ernteertrag von 9 t TM/ha und Jahr eine realistische Größenordnung ist. Dies steht in Übereinstimmung mit den Standardwerten zur Düngung. Allerdings kann es hier teils auch merkliche Abweichungen geben, wie das Beispiel Almesbach zeigt. Almesbach liegt im Ernteertrag merklich höher als der Kreisdurchschnitt. Aktuelle Auswertungen aus Schleswig-Holstein von Loges et al. (2024) für den Zeitraum 2006 bis 2018 zeigen bei der Variante mit Gülle ebenfalls ein Niveau im Ernteertrag von etwa 9 t TM/ha und Jahr. Beim Silomais zeigt sich, dass ein Niveau von 15 t TM/ha und Jahr möglich, aber nicht sicher zu erzielen, ist.

Tabelle 2: Vergleich der mittleren Ernteerträge (dt TM/ha/a) zur Silagegewinnung ausgewählter Staatsbetriebe zwischen 2009 bis 2012 (Köhler et al. 2014) und 2015 bis 2023

Futterart	Zeitraum	Achselschwang	Almesbach	Grub	Kringell
Dauergrünland	'09 – '12	80	81	89	61
	<b>'15 – '23</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>73</b>
Silomais	'09 – '12	146	174	161	94
	<b>'15 – '23</b>	<b>126</b>	<b>155</b>	<b>138</b>	<b>116</b>

## Fazit

Die erhobenen Grobfuttererträge auf den vier Staatsbetrieben zeigen welche realen TM-Erträge im Grünland und Feldfutterbau in Bayern möglich sind. Die Schwankungen zwischen den Schnitten, den Schlägen und den Jahren bekräftigen, dass für eine reale Kalkulation der Futtermengen und der Düngeplanung die betriebseigenen Erträge eine essentielle Grundlage sind. Kalkulatorische Größen bei der Ertragsermittlung bilden dabei nicht die Realität auf dem eigenen Betrieb ab. Gerade im Grünland sind die TM-Erträge aufgrund der Inhomogenität der Bestände und Flächen sehr stark streuend und bei jedem Betrieb anders. Die auf den Staatsbetrieben angewandte Methode von Köhler et. al (2017) die schlagspezifischen Erträge mittels Fuhrwerkswaage zu erfassen ist eine für die Praxis gut funktionierende Methode. Die Ertragserfassung im Grünland und Feldfutterbau wird in Zukunft immer wichtiger werden. Gerade in Hinblick auf den Klimawandel sind ausreichende Futtermengen keine Selbstverständlichkeit mehr so wie die passende Qualität des Grobfutters. Für entsprechende Planungen und Anpassungen der Grünlandbestände ist die Erfassung der geernteten Mengen die Basis für nachhaltige Verbesserungen vor allem in Hinblick auf Grünlandführung sowie Futterzukauf und Flächenpacht. Durch die neuen gesetzlichen Vorgaben bei der Düngung ist es zudem wichtig konkret zu messen, was wirklich von der Fläche abgefahren wird, um eine angepasste Düngung auch der Einzelfläche durchzuführen. Neben der Methodik der Wiegung aller Fuhren ab Feld, ist es trotzdem notwendig weitere Möglichkeiten der Ertragserfassung zu entwickeln und zu etablieren. Die Mengenerfassung mittels Volumenstrommessung am selbstfahrenden Feldhäcksler in Kombination mit der TM-Bestimmung über NIRS-Sensoren am Auswurfkrümmer ist dabei schon eine gute praxistaugliche Lösung und für viele Betriebe eine einfache Möglichkeit zur Ertragsermittlung (Worek und Thurner 2022). Zukünftige GPS- gesteuerte Entwicklungen sollen es ermöglichen am selbstfahrenden Feldhäcksler während des Ernteprozesses Schlagkarteien zu erstellen, die die Erträge innerhalb der einzelnen Flächen genau abbilden. Die Ertragserfassung ist somit auch ein wichtiges Themenfeld in der Digitalisierung der Landwirtschaft, die mit neuen Technologien noch einfacher und genauer wird.

## Literaturverzeichnis

BLE (2022): Düngerverordnung 2020, Hrsg.: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 4.Auflage, März 2022, 76 Seiten, Stand: 20.08.2024, abrufbar unter <https://www.ble-medien-service.de/1756-4-duengeverordnung-2020.html>

Köhler, B.; Spiekers, H.; Kluß, C.; Taube, F. (2017): Leistungen vom Grünland im Futterbaubetrieb – Analyse auf Betriebsebene unter bayerischen Standortbedingungen. Berichte über Landwirtschaft, Band 95, Ausgabe 1, Mai 2017, Seite 1 – 32, ISSN 2196-5099

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

LfL (2021): DigiMilch: Einblicke in die Zukunft der Milcherzeugung, Tagungsband zur Onlineveranstaltung, Juni 2021, 68 Seiten, Stand: 20.08.2024, abrufbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/digimilch-zukunft-milcherzeugung\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/digimilch-zukunft-milcherzeugung_lfl-schriftenreihe.pdf)

LfL (2023): Mittlere Landkreiserträge für Dauergrünland und mehrschnittigen Feldfutterbau für die Düngedarfsermittlung 2024, Stand: 20.08.2024, abrufbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/ertraege\\_2024\\_gruenland\\_und\\_mehrschnittiger\\_feldfutterbau\\_2023.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/ertraege_2024_gruenland_und_mehrschnittiger_feldfutterbau_2023.pdf)

Loges, R; I. Vogeler; C. Kluß; M. Hasler; F. Taube (2024): Renovation of grasslands with grass and white clover – Effects on Yield and Carbon sequestration. Soil & Tillage Research 240 (2024) 106076, 10 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106076>

Ofenbeck, C., S. Thurner, G. Döring, S. Janner (2014): Wiegesysteme und Möglichkeiten der Ertragserfassung für Grüngut („Gras- und Maissilage“). In: Biogas Forum Bayern Nr. II – 24/2014, Hrsg.: ALB Bayern e.V., Stand: 20.08.2024, abrufbar unter [http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/nachhaltig-erneuerbar-energie\\_Substratbereitstellung](http://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/nachhaltig-erneuerbar-energie_Substratbereitstellung)

Spiekers, H., M. Schäffler (2018): Digitalisierung für Futter und Fütterung nutzen! VDLUFA-Schriftenreihe 75, Tagungsband 130. VDLUFA-Kongress, Münster 2018, Workshop „Digitalisierung in Landwirtschaft, Versuchs- und Untersuchungswesen – Anforderungen und Auswirkungen“, 31 – 38.

VDLUFA (2012): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Worek, F., Thurner, S. (2022): DigiMilch-Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz. in: Tagungsband zur 65. Jahrestagung der „Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF)“ in Soest, 38 – 41.

### Autorenanschrift

Barbara Misthilger  
Prof.-Dürrwächterplatz 3  
D-85586 Poing-Grub  
[Barbara.Misthilger@lfl.bayern.de](mailto:Barbara.Misthilger@lfl.bayern.de)



- CosseIn design & digital - RCS Rennes 480 918 3166

# INNOVATE FOR LIFE

**Expert and innovative solutions for our customers to contribute to the development of sustainable animal farming.**

We, miXscience, believe in the development of sustainable animal farming, economically efficient, respectful of the welfare and health of the animals, playing an active role in the protection of our environment and producing food of high sanitary and nutritional quality.

Throughout the world, we work with our customers in the livestock sector every day to provide them with answers to these many challenges.



## **Prüfung eines Fütterungskonzepts auf Basis von Hefezellwänden zur Reduzierung von Sojaextraktionsschrot in der Mast von Schweinen**

**Wolfgang Preißinger<sup>1</sup>, Simone Scherb<sup>1</sup>, Felicitas Ahrens<sup>1</sup>, Caroline Vanderhaeghe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub und Schwarzenau, Deutschland

<sup>2</sup> Cargill Animal Nutrition, Rotterdam, Niederlande

### **Einleitung**

Aufgrund der sich immer mehr verschärfenden Umwelt- und Düngegesetzgebung (DÜV, StoffBilV, NEC-Richtlinie, TA-Luft) wird es immer wichtiger, die Stickstoff- (N) und Phosphor- (P) Ausscheidungen durch die Tiere zu minimieren. Vor diesem Hintergrund werden von der Futtermittelindustrie Fütterungskonzepte zur Verringerung des ökologischen Fußabdrucks durch Reduzierung des Rohproteinanteils entwickelt. In vorliegender Untersuchung wurde eines dieser Konzepte unter süddeutschen Fütterungsbedingungen (Selbstmischer) getestet.

### **Material und Methoden**

Der Fütterungsversuch wurde von Februar bis Juni 2023 am Ausbildungs- und Versuchszentrum des Staatsguts Schwarzenau der Bayerischen Staatsgüter durchgeführt. Dazu wurden 72 schwanzkupierte Mastferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse (LM), Abstammung und Geschlecht ausgewählt und gleichmäßig auf folgende Gruppen aufgeteilt.

- Kontrollgruppe, Sojaextraktionsschrot hoch (Gruppe I)
- Negativ-Kontrolle, Sojaextraktionsschrot niedrig (Gruppe II)
- Testgruppe, Sojaextraktionsschrot niedrig, Einsatz von Hefezellwänden (Gruppe III)

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 6 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 ca. 31 kg. Die Futterzuteilung erfolgte über Abrufstationen mit integrierter Futtermittelverteilung für das Einzeltier (Compident Station CID98 MLP, Schauer Agrotech GmbH). 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). Beim Erreichen von ca. 120 kg LM wurden die Mastschweine im Versuchsschlachthaus Schwarzenau geschlachtet und die Schlachtkörper nach den Richtlinien für die Stationsprüfung (Bundesverband Rind und Schwein, 2019) bewertet. 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 Futtermischungen wurden von der produktentwickelnden Firma (Cargill Animal Nutrition) vorgeschlagen und mit dem Programm Zifo2 (Zielwert-Futter-Optimierung) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) überprüft. Die Versuchsrationen (Tabelle 1) wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau hergestellt und im Labor der Abteilung Laboranalytik (AL) der LfL in Grub nach Methoden des 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 GfE aus 2008. Die N- und P-Saldierung erfolgte nach den Vorgaben der DLG (DLG, 2014).

Tabelle 1: Zusammensetzung und mit Zifo 2 kalkulierte Nährstoff- und ME-Gehalte der Versuchsrationen (Gehaltsangaben pro kg bei 88 % TM).

Mastabschnitt Gruppe		Anfangsmast		Mittelmast		Endmast	
		I	II, III	I	II, III	I	II, III
Weizen	%	25,1	26,7	29,2	30,9	31,6	33,2
Gerste	%	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Körnermais	%	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Sojaextraktionsschrot, LP	%	15,6	14,1	9,7	8,1	5,3	3,9
Rapsextraktionsschrot	%	4,0	4,0	6,0	6,0	8,0	8,0
Sojaöl	%	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	0,9
Mineralfutter, Anfangsmast <sup>1)</sup>	%	4,0	4,0	1,5	1,5	--	--
Mineralfutter, Endmast <sup>1)</sup>	%	--	--	2,5	2,5	4,0	4,0
ME	MJ	13,0	13,0	12,9	12,9	12,8	12,8
Rohfaser	g	40	40	41	40	41	41
Rohprotein	g	162	157	146	141	135	130
Lysin/dvd <sup>2)</sup> Lysin	g	11,6/10,0	11,1/9,6	10,1/8,7	9,6/8,2	9,1/7,7	8,7/7,3
Methionin (Met)	g	3,8	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6
Cystin (Cys)	g	3,0	2,9	2,8	2,7	2,8	2,7
Met+Cys/dvd Met+Cys	g	6,8/5,9	6,5/5,6	6,0/5,2	5,7/4,9	5,6/4,7	5,3/4,5
Threonin/dvd Threonin	g	7,4/6,3	7,1/6,0	6,6/5,5	6,3/5,2	6,1/5,0	5,8/4,7
Tryptophan/dvd Tryptophan	g	2,4/2,0	2,3/1,9	2,1/1,7	2,0/1,6	1,9/1,5	1,8/1,5
Valin/dvd Valin	g	7,7/6,3	7,4/6,1	6,7/5,4	6,4/5,2	6,1/4,8	5,8/4,6
Kalzium	g	6,7	6,7	6,1	6,1	5,7	5,7
Phosphor	g	4,2	4,2	4,1	4,0	4,0	3,9

<sup>1)</sup> Deklaration der Mineralfutter siehe Tabelle 2; <sup>2)</sup> = dünn darmverdaulich

Die wichtigsten Inhaltsstoffe der eingesetzten Mineralfutter sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Mineralfutter der Testgruppe enthielten 2,5 % Hefezellwände. Die Fütterungsstrategie basierte auf den Einsatz von Hefezellwänden sowie löslichen, getrockneten und extrahierten *Bacillus licheniformis*. Gegenüber der Kontrollgruppe wiesen die Mineralfutter der Testgruppe und der Negativkontrolle niedrigere Aminosäuregehalte auf. Was die Zulage an zootechnischen und ernährungsphysiologischen Zusatzstoffen betraf, so bestanden keine Unterschiede zwischen den Mineralfuttermitteln der einzelnen Versuchsgruppen. Die Mineralfuttermittel für die Endmast enthielten geringere Gehalte an Vitamin A, Vitamin D3, Kupfer und Zink.

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SAS<sup>®</sup> 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.

Tabelle 2: Ausgewählte Inhaltsstoffe der eingesetzten Mineralfuttermischungen.

Gruppe		Mineralfutter, Anfangsmast			Mineralfutter, Endmast		
		I	II	III	I	II	III
Lysin	%	10,58	10,21	10,21	8,93	8,73	8,73
Methionin	%	3,55	3,11	3,11	1,52	1,19	1,19
Threonin	%	4,58	4,29	4,29	3,51	3,30	3,31
Tryptophan	%	1,06	0,97	0,98	0,70	0,65	0,65
Valin	%	1,24	1,01	1,01	0,26	0,26	0,26
Kalzium	%	13,90	14,11	14,10	11,50	11,64	11,64
Phosphor	%	0,85	0,94	0,94	0,22	0,22	0,22

## Ergebnisse und Diskussion

Die analysierten Nährstoffgehalte und die Gehalte an ME der eingesetzten Futtermischungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden diese auf Trockenfutter mit 88 % TM korrigiert.

Tabelle 3: Gehalte an umsetzbarer Energie und analysierten Inhaltsstoffen der Versuchsrationen (Angaben pro kg bei 88% TM).

Mastabschnitt Gruppe		Anfangsmast			Mittelmast			Endmast		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
TM	%	89,2	89,0	89,0	89,3	89,0	89,2	89,5	89,7	89,4
Rohasche	g	45	46	46	41	42	42	40	41	39
Rohprotein <sup>1)</sup>	g	157	148	148	153	142	144	126	121	124
Rohfaser	g	40	39	41	42	42	42	43	45	42
Rohfett	g	38	37	39	34	36	36	38	38	39
aNDFom	g	117	118	116	129	123	121	126	127	124
ADFom	g	61	58	61	61	61	62	63	65	68
ME	MJ	13,3	13,3	13,2	13,1	13,1	13,1	13,2	13,0	13,2
Kalzium	g	6,5	7,5	7,0	5,9	6,4	6,3	5,3	6,1	5,6
Phosphor	g	4,1	4,1	4,2	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,9
Natrium	g	1,9	2,1	2,0	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8
Magnesium	g	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,3	2,1
Kalium	g	6,6	6,4	6,4	6,2	6,0	6,0	5,7	5,5	5,5
Eisen	mg	312	325	345	300	280	281	247	269	243
Kupfer	mg	23	24	25	19	19	27	18	20	23
Zink	mg	130	126	137	120	108	128	116	114	116
Mangan	mg	75	77	82	71	73	84	70	69	73
Lysin	g	11,2	10,8	10,3	10,0	9,6	9,8	7,8	8,2	7,9
Methionin	g	3,5	3,5	3,2	3,0	2,9	2,9	2,2	2,2	2,3
Cystin	g	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,7	2,5	2,4	2,4
Threonin	g	7,6	6,9	6,9	6,2	6,0	6,1	5,0	5,1	5,1
Tryptophan	g	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,3	1,6	1,4

<sup>1)</sup> Zweitanalyse durch Versuchspartner in Auftrag gegeben

Die analysierten Gehalte an Rohfaser, Phosphor, Methionin und Cystin stimmten im Rahmen ihrer ASR gut mit den vorab kalkulierten Werten überein. Auch beim Lysin, Threonin und Tryptophan passten

Kalkulation und Analyse gut zusammen, lediglich die Gehalte des Endmastfutters der Kontrollgruppe lagen niedriger und knapp außerhalb des ASR. Beim Kalzium lag nur der Gehalt des Anfangsmastfutters von Gruppe II knapp außerhalb des ASR. Demgegenüber waren die analysierten Rohprotein Gehalte in allen Rationen niedriger als vorab kalkuliert und außerhalb des ASR. Die von der Partnerfirma in Auftrag gegebenen Zweitanalysen zeigten höhere Werte, die innerhalb bzw. nur knapp außerhalb der jeweiligen ASR lagen.

In Tabelle 4 sind die täglichen Zunahmen, der Futterverbrauch, die Aufnahmen an ME sowie die daraus errechneten Futter- und Energieeffizienzzahlen dargestellt.

Tabelle 4: Tägliche Zunahmen, Futter- und ME-Verbrauch, Futter- und ME-Effizienz sowie Stickstoff- und Phosphorsaldierung (LS-Means).

Gruppe			I	II	III	p <sup>1</sup>
Tiere (ausgewertet)		n	22	24	24	
Tägliche Zunahmen	Anfangsmast	g	851	833	808	0,219
	Mittelmast	g	894 <sup>a</sup>	835 <sup>b</sup>	892 <sup>a</sup>	0,049
	Endmast	g	772	720	779	0,222
	Schlachttag 1	g	845 <sup>a</sup>	799 <sup>b</sup>	830 <sup>ab</sup>	0,041
	<b>gesamt</b>	<b>g</b>	<b>842</b>	<b>804</b>	<b>828</b>	<b>0,122</b>
Futterverbrauch pro Tier, Tag	Anfangsmast	g	1,78	1,80	1,79	0,923
	Mittelmast	g	2,57 <sup>a</sup>	2,35 <sup>b</sup>	2,50 <sup>a</sup>	0,005
	Endmast	g	2,61	2,65	2,64	0,962
	<b>gesamt</b>	<b>g</b>	<b>2,28</b>	<b>2,23</b>	<b>2,27</b>	<b>0,571</b>
Futtermittelverbrauch pro kg Zuwachs	Anfangsmast	g	2,14	2,19	2,23	0,294
	Mittelmast	g	2,91	2,82	2,83	0,485
	Endmast	g	3,48	3,63	3,52	0,749
	<b>gesamt</b>	<b>kg</b>	<b>2,76</b>	<b>2,79</b>	<b>2,77</b>	<b>0,882</b>
Aufnahme an ME pro Tier, Tag	Anfangsmast	g	23,9	24,2	23,9	0,914
	Mittelmast	g	34,1 <sup>a</sup>	31,2 <sup>b</sup>	33,2 <sup>a</sup>	0,004
	Endmast	g	34,9	35,1	35,2	0,982
	<b>gesamt</b>	<b>MJ</b>	<b>30,5</b>	<b>29,7</b>	<b>30,3</b>	<b>0,481</b>
Aufwand an ME pro kg Zuwachs	Anfangsmast	g	28,7	29,3	29,8	0,382
	Mittelmast	g	38,7	37,4	37,6	0,430
	Endmast	g	46,6	48,2	47,0	0,827
	<b>gesamt</b>	<b>MJ</b>	<b>36,9</b>	<b>37,2</b>	<b>37,0</b>	<b>0,945</b>
Stickstoffsaldierung pro Tier	Aufnahme	kg	5,28	5,02	5,11	0,092
	Ansatz	kg	2,33	2,25	2,29	0,252
	Ausscheidung	kg	2,97	2,78	2,83	0,212
Phosphorsaldierung pro Tier	Aufnahme	g	978	961	987	0,477
	Ansatz	g	464	448	457	0,252
	Ausscheidung	g	518	514	533	0,641

<sup>1)</sup> Irrtumswahrscheinlichkeit p<0,05, unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Beim Futterverbrauch zeigten sich in der Mittelmast statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. In diesem Mastabschnitt war der Futterabruf in der Kontroll- und der Testgruppe mit 2,55 bzw. 2,50 kg signifikant höher als in der Negativkontrolle mit 2,35 kg. Ansonsten zeigte sich in den weiteren Mastabschnitten sowie in der Gesamtmast kein statistisch abzusichernder Effekt auf den Futterverbrauch. Im Mittel der Mast wurden zwischen 2,23 kg (Negativkontrolle) und 2,28 kg

(Kontrollgruppe) Futter pro Tier und Tag verbraucht. Analog zum Futtermittelverbrauch war die kalkulierte Aufnahme an ME. Hier zeigten sich ebenfalls nur in der Mittelmast statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. In diesem Mastabschnitt war die Aufnahme an ME in der Kontroll- bzw. Testgruppe mit 34,1 bzw. 33,2 MJ signifikant höher als in der Negativkontrolle mit 31,2 MJ. Ansonsten zeigte sich in den weiteren Mastabschnitten sowie in der Gesamtmast kein statistisch abzusichernder Effekt. Im Mittel der Mast wurden zwischen 29,7 MJ (Negativkontrolle) und 30,5 MJ (Kontrollgruppe) an ME pro Tier und Tag aufgenommen.

In der Anfangs- und Endmast zeigten sich keine signifikanten Effekte der Fütterung auf die täglichen Zunahmen. Diese lagen in der Anfangsmast zwischen 808 g (Testgruppe) und 851 g (Kontrollgruppe) sowie in der Endmast zwischen 720 g (Negativkontrolle) und 779 g (Testgruppe). Demgegenüber waren in der Mittelmast die täglichen Zunahmen in der Kontrollgruppe (894 g) und der Testgruppe (892 g) signifikant höher als in der Negativkontrolle mit 835 g. Im Mittel des Versuchs lagen die täglichen Zunahmen zwischen 804 g (Negativkontrolle) und 842 g (Kontrollgruppe). Der LM-Zuwachs über die gesamte Mast hinweg betrug zwischen 88 und 91 kg. Signifikante Unterschiede konnten weder bei den täglichen Zunahmen noch beim LM-Zuwachs im Mittel der Mast festgestellt werden.

Die drei Versuchsgruppen wiesen zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede bezüglich des Futtermittelaufwands pro kg Zuwachs auf. In der Anfangsmast betrug der Futtermittelaufwand 2,1 bis 2,2 kg, in der Mittelmast 2,8 bis 2,9 kg und in der Endmast 3,5 bis 3,6 kg Futter pro kg Zuwachs. Im Mittel der Mast lag der Futtermittelaufwand pro kg Zuwachs in allen Gruppen bei rund 2,8 kg. Auch hinsichtlich des ME-Aufwands pro kg Zuwachs konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Während der ME-Aufwand pro kg Zuwachs in der Anfangsmast zwischen 29 und 30 MJ lag, steigerte er sich in der Mittelmast auf 37 bis 39 MJ und betrug in der Endmast zwischen 47 und 48 MJ. Im Mittel der Mast lag er in allen Gruppen bei rund 37 MJ pro kg Zuwachs.

Weder bei der N- noch bei der P-Saldierung ergaben sich signifikante Unterschiede. Im Mittel wurden zwischen 5,0 und 5,3 kg N pro Tier aufgenommen und ca. 2,3 kg N angesetzt. Es errechnete sich somit eine N-Ausscheidung zwischen 2,8 kg (Negativkontrolle und Testgruppe) und 3,0 kg (Kontrollgruppe). Die P-Aufnahme pro Tier lag zwischen 961 und 987 g, Der P-Ansatz bewegte sich zwischen 448 und 464 g. Daraus errechneten sich P-Ausscheidungen zwischen 514 und 533 g pro Tier.

Auf die Beschaffenheit des Kots zeigte die Fütterung keinen Effekt. Im Mittel wurde dieser in allen Gruppen mit 2 als „normal“ bzw. „unauffällig“ bewertet.

Die Beurteilung der Schlachtkörper geht aus Tabelle 4 hervor. Die Fütterung führte zu keinen signifikanten Effekten auf die untersuchten Schlachtkörpermerkmale.

Tabelle 4: Schlachtkörperbeurteilung (LS-Means).

Gruppe		I	II	III	p <sup>1</sup>
Schlachtgewicht	kg	97,8	96,9	97,3	0,841
Ausschlachtung	%	80,0	81,1	80,6	0,389
Schlachtkörperlänge	mm	1019	1013	1021	0,520
Rückenmuskelfläche	cm <sup>2</sup>	61,3	60,2	58,8	0,122
Fettfläche	cm <sup>2</sup>	16,7	16,3	17,0	0,636
Fleisch zu Fett	1 zu	0,27	0,27	0,29	0,199
Fleischmaß	mm	64,2	62,9	63,2	0,688
Speckmaß	mm	13,4	13,2	13,0	0,681
Muskelfleischanteil	%	60,0	60,0	60,2	0,914
Fleischanteil im Bauch	%	58,5	58,9	57,9	0,458

Der bezahlungsrelevante MFA war in allen drei Gruppen mit 60 % als hoch einzustufen. Die SG der Tiere der Testgruppe lagen im optimalen Bereich. In den beiden anderen Gruppen waren zwischen 4 und 5 % der Schlachtkörper leichter als gefordert. Zu hohe SG traten nicht auf. Weniger als 57 % MFA hatten 9 % der Tiere in der Kontrollgruppe, 17,4 % in der Negativkontrolle und 12,5 % in der Testgruppe. Die Auszahlungspreise pro kg SG aller Gruppen waren vergleichbar. Dennoch ergab sich in der Testgruppe gegenüber den beiden anderen Gruppen ein um 0,60 bis 0,65 € höherer Auszahlungspreis pro Mastschwein. Bei einem unterstellten Grundpreis von 2,15 €/kg SG (Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 30/2024) ergaben sich pro kg SG-Preise von 2,19 € in der Kontrollgruppe und der Negativkontrolle sowie von 2,20 € in der Testgruppe.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Bei dem zu testenden Fütterungskonzept wurde gegenüber einer Kontrollgruppe der Anteil an SES in der Ration um rund 1,5 Prozentpunkte verringert. Das Fütterungskonzept (Testgruppe) zeigte mit 828 g täglichen Zunahmen gegenüber 842 g in der Kontrollgruppe keinen negativen Effekt. In der dazugehörigen Negativ-Kontrolle mit ebenfalls 1,5 Prozentpunkten weniger SES wurden nur rund 804 g tägliche Zunahmen realisiert. Beim Futterverbrauch über alle Mastabschnitte ergaben sich mit 2,2 bis 2,3 kg pro Tier und Tag keine Unterschiede. Auf den Futteraufwand pro kg Zuwachs sowie auf die Schlachtkörpermerkmale zeigte sich ebenfalls kein Einfluss der Fütterung. Der Futteraufwand lag in allen vier Gruppen bei 2,8 kg, die MFA waren mit 60 bis 61 % als hoch einzustufen.

Die Umsetzung des Fütterungskonzepts führte zu keinen signifikant schlechteren Leistungen gegenüber der Positiv-Kontrolle, obwohl der Anteil an SES um 1,5 Prozentpunkte reduziert wurde. Es ergab sich ein Kostenvorteil gegenüber der Kontrollgruppe von rund 1,20 € pro Mastschwein. Um diese Fütterungsstrategie mit noch mehr Daten zu untermauern, sind weitere Versuche notwendig.

## Danksagung

Der Versuch wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Adapted feeding: Input-Output von Stickstoff und Phosphor am Ausbildungs- und Versuchszentrum des Staatsguts Schwarzenau“ durchgeführt.



## Literatur

Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2024): Märkte und Preise, Heft 30, 81-89

Bundesverband Rind und Schweine, BRS (2019): Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein (Stand: 09.04.2019). Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (1992): DLG-Futterwerttabellen Schweine, 6., erweiterte und völlig neu gestaltete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main

Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, Arbeiten der DLG, Band 199, 2. Auflage DLG e.V., DLG-Verlag Frankfurt a. Main

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GfE (2008): Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pig. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 199-204.

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

VDLUFA (2022): Analysenspielräume (ASR), Version 13 (2022)

### Autorenanschrift

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

## **Inhibiting viral transmission in feed and water – biosecurity impact of sodium diformate alone or in combination with medium chain fatty acids – a short review**

**Christian Lückstädt<sup>1</sup>, Christoph Hutter and Stevan Petrovic<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ADDCON GmbH, Bitterfeld, Germany

### **Introduction**

The role of animal feed as a vehicle for the transport and transmission of viral diseases has only been known for a relatively short time. According to Dee et al. (2020) this route was identified in 2014 during the porcine epidemic diarrhoea virus epidemic in North America. To understand this newly identified risk factor, numerous studies have recently been carried out. It was found that the risk of viral transmission in feed cannot be underestimated, thus there is growing attention as to the roles of feed and feed ingredients, which are now classified as a moderate-risk transmission vehicle for ASFv and other swine viral pathogens (Jones et al., 2019; US Dept. Agriculture, 2020). Since Niederwerder et al. (2019) demonstrated that certain viruses can also be transmitted orally in liquids (e.g. drinking water), research was also initiated in this regard.

This knowledge motivated the scientific community to develop mitigation strategies to reduce the probability of feed- and water-mediated infection with the aid of additives. There is growing evidence that certain feed additives can mitigate the risk substantially. Since formaldehyde is long known to be an effective antibacterial disinfectant, it was among the first substances to be tested for its anti-viral properties. It proved to be successful in reducing the porcine epidemic diarrhoea virus in feed (Dee et al., 2015), but the substance is no longer globally approved and furthermore now seen critically by regulatory authorities and consumers, since it is a trigger for certain cancers. Thus, further additives with potential anti-viral properties had to be tested. Early work on biosecurity and pathogen inactivation in high-risk animal by-products (Vinnerås et al., 2012) have identified formic acid as one such possible additive. This short-chain organic acid has been used in animal nutrition since almost 60 years and, in Europe, is also registered as a disinfectant. This group of Scandinavian researchers used the substance in their mitigation strategy for mashed animal by-products which are stored at low pH-levels (4.5) over a period of 130 days. However, a high dosage (3% inclusion rate) was needed to achieve this stable pH and the subsequent impacts on various viruses. Such dosages might be feasible for large scale storage of materials like fish silage. However, they cannot be applied to finished feed – which is transported globally and directly consumed by the various animal species. Another promising class of approved feed additives with a documented impact against enveloped viruses, consists of medium chain fatty acids or their glycerides (Jackman et al., 2020). The authors tested the impact of a commercial mixture of C8:C10:C12 (MCFA) as well as glycerol monolaurate (GML) on the ASFv infectivity in feed. While the MCFA-mixture showed no impact at any dosage, GML exerted an 88% reduction in viral infectivity, but again only with a 2% inclusion rate. Since it was known that the virucidal activity of monolaurin becomes more effective if the pH is lowered to around 4.2 (Hilmarsson et al., 2007), it was interesting to follow that approach. The current study therefore reports the available information (published and unpublished) on the impact of various medium chain fatty acids, including monolaurate, under an acidic environment supplied by sodium diformate (patented; produced and registered by ADDCON) – a double salt of formic acid.

## Impact against ASF virus

One of the first trials was designed to evaluate the viability of ASFv (p72, genotype II) over time (0-, 1-, 3- and 7-days post-inoculation) in commercial swine feed containing either 0% or 0.3% of an agglomerate of sodium diformate and monolaurate (FORMI® 3G, ADDCON, hereafter abbreviated to 3G). The feed bags were incubated at room temperature (25°C) with a viral concentration of  $10^8$  HAD<sub>50</sub>/mL. After the appropriate post-inoculation incubation period, the surviving virus was eluted from the samples using RPMI 1640 medium with 5% fetal bovine serum. Each treatment used a set of triplicate samples that were combined and used for a single titration and inoculation into cells. Virus titers (HAD<sub>50</sub>/mL) were calculated by the Karber method. The quantity of ASFv was determined by real-time PCR to measure C<sub>t</sub>-value. A significance level of 0.05 was used in all tests.

Table 1: Relative abundance (Log<sub>10</sub> HAD<sub>50</sub>) of ASFv in positive control (PC) and 0.3% Formi 3G in swine diets over time (after Lückstädt, 2022a).

Time	PC	3G	Difference (%)	P-value
Day 0	4.72 <sup>a</sup>	3.99 <sup>b</sup>	-81.4	0.013
Day 1	4.60 <sup>a</sup>	3.52 <sup>b</sup>	-91.7	0.0001
Day 3	4.07 <sup>a</sup>	2.15 <sup>b</sup>	-98.8	0.0002
Day 7	3.59 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	-100	0.0000

Mean abundance rates of ASFv in the positive control as well as FORMI 3G-feed are shown in Table 1. The ASFv titration assay on cell cultures showed that the feed acidifier had a significant reduction activity against ASFv throughout the whole trial period, beginning only a few hours after the initiation of the trial. The 0.3% 3G inclusion into the diet was able to inhibit the virus within less than one hour significantly (P=0.013), from 4.72 to 3.99Log<sub>10</sub>HAD<sub>50</sub>. From day 1 onwards, the reduction was highly significant (P<0.001). On day 7, the ASFv was inhibited completely. It was commented that the additive can reduce ASFv infectivity in commercial feed at low dosages and can be consequently an economical and sustainable approach to curb the disease transmission while offering a strongly reduced infection probability for pigs that might consume virus-contaminated feed. A subsequent trial (Lückstädt, 2022b), using the same methodology, found a similar pattern in the reduction of the ASFv in swine feed for an agglomerate of sodium diformate and medium chain fatty acids under tropical conditions (Table 2).

Table 2: Relative abundance (Log<sub>10</sub> HAD<sub>50</sub>) of ASFv in positive control (PC) and 0.3% Diformate-MCFA in swine diets over time (after Lückstädt, 2022b).

Time	PC	DF-MCFA	Difference (%)	P-value
Day 0	4.72 <sup>a</sup>	4.10 <sup>b</sup>	-76.0	0.013
Day 1	4.60 <sup>a</sup>	3.35 <sup>b</sup>	-94.4	0.0004
Day 3	4.07 <sup>a</sup>	2.27 <sup>b</sup>	-98.4	0.0006
Day 7	3.59 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	-100	0.0000

## Impact against PRRS virus

Based on the evidence that monolaurate (GML) is more effective in inhibiting pathogens in an acidic environment, a further study (Chuang and Lückstädt, 2024) aimed to investigate the effects of GML under acidic conditions on the expression of PRRS virus in nursery pigs. 1,520 nursery pigs (42 days old) were randomly assigned to two trial groups with 20 replicates (pens) per group. In the control group, 0.1% GML was added to the basal diet, while the treatment group received 0.5% Formi 3G in the basal diet. Throughout the experimental period, blood samples were collected from nursery pigs every two weeks, and PRRSv Ct values in their blood were assessed using real-time PCR. Significance of differences between the treatment and the control groups was assessed using the P-value ( $P < 0.05$ ).

During the first four weeks (42-70 day-old), the PRRSv antibody levels in the 3G-group were significantly higher than those in the control group. Moreover, the PRRS Elisa S/P ratio in 3G-group remained stable within the range of 1.737 - 2.128, whereas 0.710 - 2.006 were measured in the control group. Regarding the virus transcription levels (Ct value), the PRRSv exhibited lower Ct values in the control group compared to the 3G-group, indicating a higher viral load in the former. The PRRSv expression decreased continuously in the 3G-group and after six weeks became undetectable (Fig. 1).

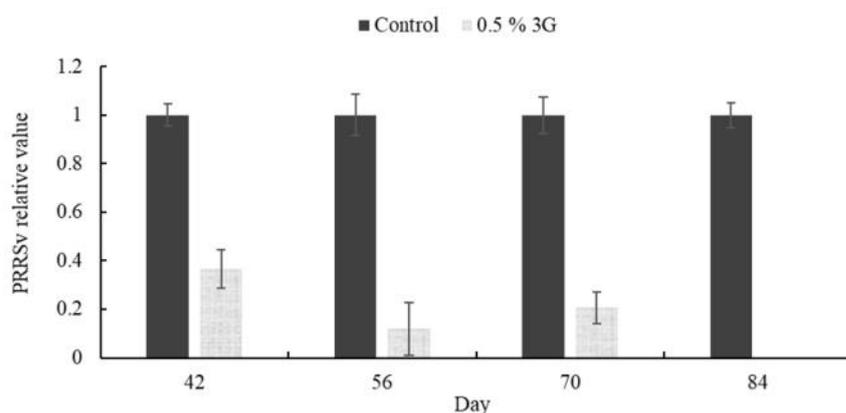


Figure 1: The effect of adding Formi 3G on the expression of PRRSv in nursery pigs (after Chuang and Lückstädt, 2024).

The authors commented that the co-addition of sodium diformate and GML (3G) is associated with reduced PRRSv expression. Its mechanism of action may involve reducing the production of pro-inflammatory cytokines and enhancing interferon- $\gamma$  release. The results also demonstrated that under the acidic environment, GML has better effect on virus inhibition. Therefore, employing GML in an acidic environment - through Formi 3G, appears to be a more reasonable strategy for the inhibition of PRRSv in nursery pigs.

## Anti-viral impact in water

According to Niederwerder et al. (2019), several viruses may be transmitted via the drinking water. This is especially true for influenza viruses, as indicated by recent research (Kenmoe et al., 2024). To validate the impact of a formate/propionate-MCFA mixture (ADDCON XL forte) on various water-transmittable viruses when applied to the drinking water for pigs and poultry, a research collaboration with the Scientific Institute of Veterinary Medicine, Belgrade was started. Researchers found (unpublished data, 2022) that the application of XL forte at 0.5 L to 1000 L of drinking water was able to reduce the virus titer of the PRV-virus (Pseudorabies) within 30 minutes, from 4  $\text{Log}_{10}/\text{ml}$  to zero. Similar results were achieved with 1 L of the product in 1000 L drinking water on the impact against Influenza virus type

A/H3N2. Also here the virus titer was zero after 30 minutes. The lower dosage of 0.5 L/1000 L needed 24 hours for the same complete inhibition of the virus titer.

It can be concluded that mixtures of organic acids and medium chain fatty acids may afford the opportunity to inhibit the transmission of enveloped viruses via drinking water. However, due to the scarcity of data, more research might be needed.

## Further reports

Following the ideas of Vinnerås et al. (2012) and their virus reduction in animal by-products by means of formic acid application to reach a low pH (4.5), the authors tested the application of sodium diformate (Formi NDF, ADDCON, hereafter abbreviated as NDF) on a commercial pig feed, challenged with Classical Swine Fever virus (CSFv). Again, these tests were carried out in collaboration with the Scientific Institute of Veterinary Medicine in Serbia. According to the British Standards Institution (2013), a product is considered effective in its anti-viral action, if a reduction of the viral titer of at least 4 log<sub>10</sub> is achieved. Based on this assumption, the trial was carried out with triplicate measurements (Table 3).

Table 3: Relative abundance of Classical Swine Fever virus titer (Log<sub>10</sub>/ml) in positive control (PC) and 0.6% sodium diformate (Formi NDF) treated commercial pig feed over time.

Time	PC	NDF	Difference (%)	P-value
Day 0	4.33 <sup>a</sup>	4.17 <sup>a</sup>	-3.7	0.12
Day 1	4.17 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	-100	0.000005
Day 3	4.08 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	-100	0.000001
Day 7	4.08 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	-100	0.000001

The authors could prove that also with the addition of 0.6% sodium diformate alone, reaching a pH of only around 5.4 in the pig feed, a complete reduction of the virus load is possible. CSFv is considered a rather weak virus, so these results warrant further investigation - especially since Formi NDF is a widely used additive in pig and poultry nutrition, focussing to date mainly on its anti-bacterial and digestive enhancing properties, which secure gut health; and not yet for its potential anti-viral activity.

It is the strong belief of the authors that continuous development of appropriate and innovative formulations to boost the anti-viral performance and commercially utilize the above mentioned additives for water and feed delivery could help these additives become vital tools in sustainably combating a number of viral infections in animal husbandry.

## References

- British Standards Institution. 2013. Chemical Disinfectants and Antiseptics. Quantitative Suspension Test for the Evaluation of Virucidal Activity in the Medical Area. Test Method and Requirements. BSEN 14476:2013.
- Chuang WY, Lückstädt C. 2024. Impact of an agglomerate of sodium diformate and monolaurate on the reduction of PRRS virus load in nursery pigs. Proceeding IPVS & ESPHM 2024, p. 341.
- Dee S, Neill C, Clement T, Singrey A, Christopher-Hennings J, Nelson E. 2015. An evaluation of porcine epidemic diarrhea virus survival in individual feed ingredients in the presence or absence of a liquid antimicrobial. *Porc Health Manag*;1:9.

Dee S, Niederwerder MC, Patterson G, Cochrane R, Jones C, Diel D, Brockhoff E, Nelson E, Spronk G, Sundberg P. 2020. The risk of viral transmission in feed: What do we know, what do we do? *Transbound Emerg Dis.* 67:2365-2371.

Hilmarsson H, Traustason BS, Kristmundsdottir T, Thormar H. 2007. Virucidal activities of medium- and long-chain fatty alcohols and lipids against respiratory syncytial virus and parainfluenza virus type 2: Comparison at different pH levels. *Arch of Virol*, 152: 2225-2236.

Jackman JA, Hakobyan A, Zakaryan H, Elrod CC. 2020. Inhibition of African swine fever virus in liquid and feed by medium-chain fatty acids and glycerol monolaurate. *J. Anim Sci and Biotech.* 11:114.

Jones CK, Woodworth J, Dritz SS, Paulk CB. 2019. Reviewing the risk of feed as a vehicle for swine pathogen transmission. *Vet Med Sci.* <https://doi.org/10.1002/vms3.227>.

Kenmoe S, Takuissu GR, Ebogo-Belobo JT, Kengne-Nde C, Mbaga DS, Bowo-Ngandji, et al. 2024. A systematic review of influenza virus in water environments across human, poultry, and wild bird habitats. *Water Research X*, 22: 100210.

Lückstädt C. 2022a. Impact of an agglomerate of sodium diformate and monolaurate on the reduction of African Swine Fever virus in commercial pig feed. *Proceedings IPVS 2022*, p. 692.

Lückstädt C. 2022b. Acidifier reduce African swine fever virus in commercial pig feed under tropical conditions. *Book of abstracts, Tropentag 2022*, p. 288.

Niederwerder MC, Stoian AM, Rowland RR, Dritz SS, Petrovan V, Constance LA, et al. 2019. Infectious dose of African swine fever virus when consumed naturally in liquid or feed. *Emerg Infect Dis.* 25:891–7.

U.S. Department of Agriculture. 2020. The foreign animal disease preparedness and response plan (FAD PReP)-African swine fever response plan: The red book. Maryland: Department of Agriculture.

Vinnerås B, Samuelson A, Emmoth E, Nyberg KA, Albiñ A. 2012. Biosecurity aspects and pathogen inactivation in acidified high risk animal by-products. *J Environ Sci and Health, Part A: Toxic/Hazardous Subst and Environ Eng*, 47:8, 1166-1172.

**Address of corresponding author:**

Dr. Christian Lückstädt  
ADDCON GmbH  
Parsevalstrasse 6  
06749 Bitterfeld-Wolfen  
Germany  
E-Mail: christian.lueckstaedt@addcon.com

## **Effizienzsteigerung in der Ferkelaufzucht durch Zugabe eines Vanillearomas: Optimierung der Futteraufnahme und der Wachstumsraten beim Ferkel**

**Anne Winkler<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH, Wallufer Str. 10a, 65343 Eltville am Rhein  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse 2, 59505 Bad Sassendorf

### **Einleitung**

Die gezielte Zugabe von Aromen und Süßstoffen zum Nutztierfutter stellt eine wirksame Strategie dar, um die Futteraufnahme insbesondere in kritischen Phasen stabil zu halten (Oostindjer et al., 2010). Besonders in der Absetzphase sind Ferkel erheblichen Stressfaktoren ausgesetzt: Sie werden von ihren Müttern und Wurfgeschwistern getrennt und in neuen Gruppen mit anderen Ferkeln sowie in ungewohnten, kühleren Einrichtungen untergebracht. Die Belastung durch pathogene Keime stellt eine zusätzliche Herausforderung für ihr Immunsystem dar, was den Stress weiter verstärkt. Darüber hinaus stellt der Wechsel von Muttermilch zu festem Futter eine drastische Futterumstellung für die Tiere dar (Escribano et al., 2019).

In solchen kritischen Lebensphasen, wie dem Absetzen, der Laktation oder bei Futterumstellungen, kann es häufig zu einem Rückgang des Appetits und einer reduzierten Futteraufnahme kommen, was die Wachstumsraten und die allgemeine Gesundheit der Tiere negativ beeinflusst. Eine gleichmäßige Futteraufnahme in dieser Phase ist entscheidend für einen optimalen Absetzprozess und hat langfristig positive Auswirkungen auf das Wachstum der Tiere in der anschließenden Mastphase (Val-Laillet et al., 2016).

Durch die Erhöhung der Schmackhaftigkeit des Futters, beispielsweise durch die Zugabe von milchigen, vanilligen und cremigen Aromen in Kombination mit einem Süßstoff, wird eine konstante Futterakzeptanz sichergestellt (Živković et al., 2022). Diese Aromen rufen den sogenannten Memory-Effekt hervor, der positive Assoziationen ähnlich dem vertrauten Geschmack der Muttermilch erzeugt und dadurch eine kontinuierliche Futteraufnahme fördert. Dies trägt auch zur Entspannung der Tiere bei, wodurch futterbedingter Stress reduziert und negative Assoziationen mit den Mahlzeiten minimiert werden, was wiederum Futterverweigerung und eine verminderte Futteraufnahme verhindern kann.

Ein einheitliches Geschmacksprofil im Futter ist entscheidend, um das Interesse der Tiere an ihrem Futter aufrechtzuerhalten. Aromen und Süßstoffe gewährleisten eine konstante Schmackhaftigkeit des Futters, selbst bei saisonal bedingten Veränderungen der Futterkomponenten. Dies stellt sicher, dass das Futter sowohl ernährungsphysiologisch ausgewogen als auch kontinuierlich geschmacklich ansprechend bleibt. Dieses Gleichgewicht ist besonders wichtig in der kommerziellen Tierhaltung, da die Effizienz der Futterverwertung direkte Auswirkungen auf die wirtschaftliche Rentabilität der Produktion hat.

Das Ziel dieser Studie bestand darin, die Effekte der Zugabe eines Vanillearomas, Bigarol Cremarom PE, in Kombination mit einem Süßstoff auf die Futteraufnahme und das Wachstum von Ferkeln während der Absetzphase zu untersuchen.

## Material und Methode

*Tiermaterial und Versuchsdesign:* Der Fütterungsversuch bei Ferkeln wurde in einer anerkannten Forschungseinrichtung am Haus Düsse in Bad Sassendorf, Deutschland, durchgeführt. Im Rahmen dieser tierexperimentellen Studie wurden 256 gesunde und vitale Ferkel der Rasse DanBred x Pietrain (weiblich/männlich, 50:50) im Alter von drei Wochen mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 7,5 kg von einem kommerziellen Schweinemastbetrieb erworben.

Nach Ankunft in der Versuchsstation wurden die Tiere randomisiert auf vier Fütterungsvarianten und insgesamt 32 Buchten untergebracht, wobei jede Bucht mit acht Ferkeln belegt wurde. Das Versuchsdesign wurde so gewählt, dass weibliche und männliche Ferkel gleichmäßig auf die verschiedenen Varianten aufgeteilt wurden, um geschlechtsspezifische Einflüsse zu minimieren. Die Versuchsdauer betrug 35 Tage. Die Tiere der jeweiligen zugeteilten Gruppe erhielten entweder ein Kontrollfutter oder eine der drei Versuchsdiäten.

*Fütterung und Wasser:* Den Tieren standen frisches Wasser und Futter *ad libitum* zur Verfügung. Das Kontrollfutter (A) bestand aus den Hauptkomponenten Mais, Soja- und Rapsextraktionsschrot und wurde den Ferkeln in pelletierter Form angeboten. Die restlichen drei Futtermvarianten enthielten zusätzlich ein Vanillearoma (Bigarol Cremarom PE), das in unterschiedlichen Konzentrationen supplementiert wurde. Nach der Zugabe des Vanillearomas wurden die einzelnen Futtermvarianten pelletiert, um eine homogene Futterstruktur sicherzustellen, und den Ferkeln entsprechend ihrer jeweiligen Versuchsgruppe vorgelegt.

Die Versuchsdiäten umfassten folgende Varianten:

Variante	Dosierung
A	Negativkontrolle (NK) ohne Bigarol Cremarom PE
B	NK + 150 g Bigarol Cremarom PE/ kg Futter
C	NK + 300 g Bigarol Cremarom PE/ kg Futter
D	NK + 150 g Bigarol Cremarom PE/ kg Futter & 133 g Süßstoff/ kg Futter

*Erfasste Leistungsparameter:* Über einen Versuchszeitraum von 5 Wochen wurden wöchentlich die Lebendgewichte der Tiere erfasst, um die täglichen Gewichtszunahmen zu berechnen. Die tägliche Futteraufnahme pro Bucht wurde durch die Differenz der Futterein- und -auswaage bestimmt. Auf Grundlage dieser Daten wurde die Futtermverwertung (Futtermaufwand pro Kilogramm Zuwachs) berechnet, um die Effizienz der Fütterungsstrategien bewerten zu können.

*Überwachung des Gesundheitszustands:* Der Gesundheitszustand der Tiere wurde täglich von erfahrenem Personal überwacht und dokumentiert. Bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder abweichendem Verhalten wären die Tiere intensiver beobachtet und medizinische Behandlungen bei Bedarf protokolliert worden. Bei Anzeichen von Schmerzen oder erheblichem Stress wäre das betroffene Tier aus dem Versuch genommen worden, um unnötiges Leid zu vermeiden und die Integrität der Studie zu gewährleisten.

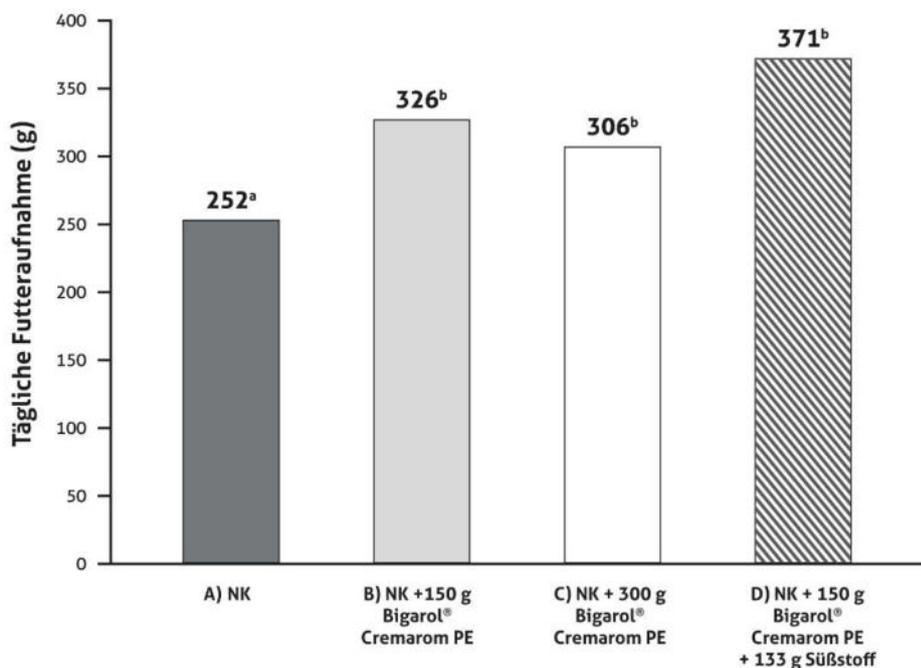
*Statistische Analytik:* Die statistische Auswertung der Leistungsdaten wurde unter Verwendung des Statistikprogramms SAP durchgeführt. Um die signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fütterungsvarianten bestimmen zu können, wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) und ein Mittelwertvergleich (Tukey-HSD-Test,  $p < 0,05$ ) durchgeführt.

## Ergebnisse

Im Rahmen dieser 35-tägigen tierexperimentellen Studie wurde untersucht, wie die gezielte Zugabe eines Vanillearomas (Bigarol Cremarom PE) in Kombination mit einem Süßstoff die Futteraufnahme und das Wachstum von Ferkeln (Lebendgewicht 7,5 bis 25 kg) während der Absetzphase beeinflusst.

Die Absetzphase ist eine kritische Entwicklungsphase für Ferkel, die mit hohen Stressbelastungen einhergeht. Diese Stressfaktoren können zu einer Reduzierung der Futteraufnahme und damit zu einer verlangsamten Gewichtszunahme führen, was wiederum negative Auswirkungen auf die Gesamtentwicklung und die spätere Mastleistung haben kann.

Die Ergebnisse (Abbildung 1 & 2) zeigen, dass bei den Tieren der drei Behandlungsgruppen B, C und D, welche unterschiedliche Dosierungen des Vanillearomas über das Futter erhielten, sowohl die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme als auch die tägliche Gewichtszunahme im Vergleich zur Kontrollgruppe (A) signifikant anstiegen.



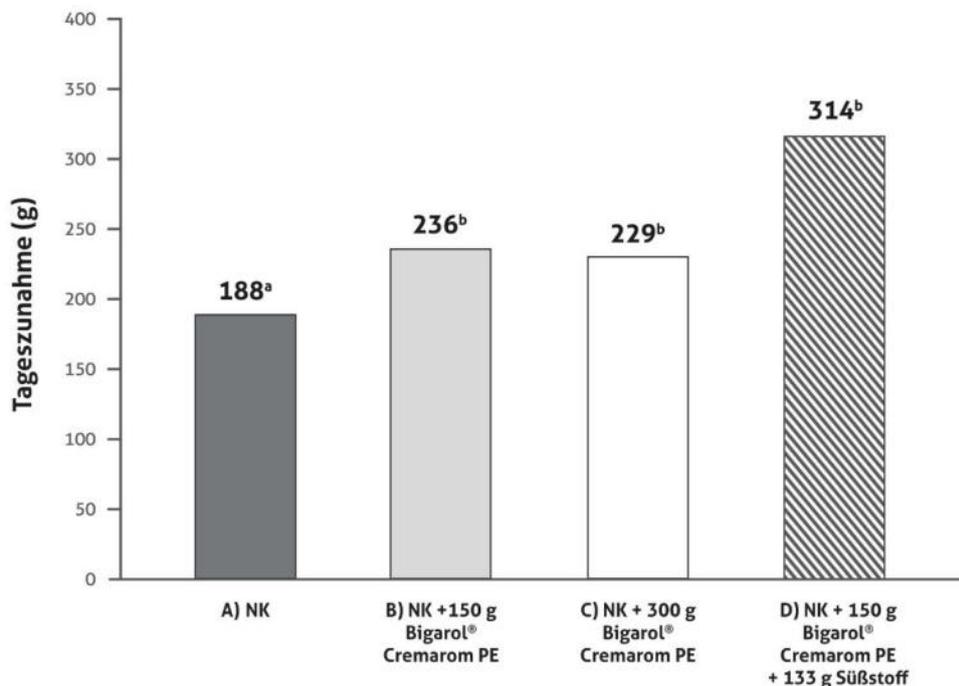
a,b, Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander:  $p < 0,05$  (ANOVA, Post-hoc-Test Tukey HSD)

Abbildung 9: Effekte der Supplementierung von Bigarol Cremarom PE im Futter auf die tägliche Futteraufnahme (g) von Absetzferkeln.

Bereits die Zugabe von 150 g Bigarol Cremarom PE pro Tonne Futter (Variante B) führte zu einer signifikanten Erhöhung der Futteraufnahme. In Kombination mit einem Süßstoff (Variante D) wurde die Futteraufnahme sogar um 47 % gegenüber der Kontrollgruppe gesteigert, was sich in einer entsprechend höheren Gewichtszunahme der Ferkel widerspiegelte.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die Kombination von Vanillearoma und Süßstoff die Futterakzeptanz und -aufnahme signifikant verbessert. Dies erleichtert den Übergang von Muttermilch zu festem Futter und fördert eine optimierte Gewichtszunahme während der Absetzphase. Die positiven

Auswirkungen auf Futteraufnahme und Wachstum unterstreichen die Wirksamkeit dieser Aromazugabe als effektive Strategie zur Aufrechterhaltung der Leistung während der Ferkelaufzucht.



a,b, Mittelwerte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander:  $p < 0,05$  (ANOVA, Post-hoc-Test Tukey HSD)

Abbildung 10: Effekte der Supplementierung von Bigarol Cremarom PE im Futter auf die Tageszunahme (g) von Absetzferkeln.

## Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser tierexperimentellen Studie zeigen deutlich, dass die gezielte Zugabe von Vanillearoma (Bigarol Cremarom PE) in Kombination mit einem Süßstoff im Ferkelfutter die Futteraufnahme und das Wachstum von Ferkeln während der Absetzphase signifikant verbessern kann.

Die Aromatisierung von Ferkelfutter, insbesondere des Prestarters, erweist sich als eine effektive Methode, um die Futterakzeptanz in der sensiblen Absetzphase zu steigern, was wiederum die Wachstumsleistung der Ferkel positiv beeinflusst. Bereits eine Einsatzmenge von 150 g Bigarol Cremarom PE pro Tonne Futter führte zu einer deutlichen Steigerung der Futteraufnahme, welche durch die zusätzliche Implementierung eines Süßstoffes noch weiter erhöht werden konnte.

Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial dieser Strategie zur Effizienzsteigerung in der Ferkelaufzucht. Der strategische Einsatz von Aromen und Süßstoffen in der Tierernährung ist daher ein unverzichtbarer Aspekt der modernen Nutztierhaltung, entscheidend für einen optimalen Absetzprozess und langfristig positiven Auswirkungen auf das Wachstum der Tiere in der anschließenden Mastphase.

Darüber hinaus kann eine angenehme Futtererfahrung, insbesondere in der Absetzphase von Ferkeln, in welcher die Tiere verschiedenen Stressfaktoren ausgesetzt sind, eine einfache, aber wirksame Methode zur Verbesserung ihrer Lebensqualität darstellen.

Der Einsatz von Aromen und Süßstoffen dient somit einem doppelten Zweck: Er optimiert nicht nur die Futteraufnahme, sondern unterstützt auch das psychologische und physiologische Wohlbefinden der Tiere, was zu besseren Wachstumsraten und letztlich zu einer produktiveren und humaneren Landwirtschaft führt.

## Literatur

Escribano, D., Ko, H.L., Chong, Q., Llonch, L., Manteca, X., and P. Llonch. 2019. Salivary biomarkers to monitor stress due to aggression after weaning in piglets. *Research in Veterinary Science*, 123, 178–183.

Oostindjer, M., Bolhuis, J.E., Van den Brand, H., and B. Kemp. 2010. Prenatal flavour exposure affects growth, health and behavior of newly weaned piglets. *Physiology & Behavior*, 99, 579-586.

Val-Laillet, D., Meurice, P., and C. Clouard, C. 2016. Familiarity to a feed additive modulates its effects on brain responses in reward and memory regions in the pig model. *PLoS ONE* 11: e0162660.

Živković, V., Gogić, M., Stojilković, N., Stamenić, T., Radović, Č, Delić, N., and A. Stanojković. 2022. Effect of using vanilla sweet aroma in diets for weaning pigs. *Biotechnology in Animal Husbandry* 38 (2): 115-123.

### Autorenanschrift:

Dr. agr. Anne Winkler,  
Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH,  
Wallufer Str. 10a  
65343 Eltville am Rhein  
a.winkler@phytobiotics.com

# Supporting piglets to cope with pathophysiological stressors after weaning: Better health and performance through a novel complementary feed in a field trial

Anette van der Aa<sup>1</sup>, Sam De Snoeck<sup>2</sup>, Ching Ching Wu<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Bluejais B.V. NL- Venray, <sup>1, 2, 3</sup> Sana Novum NL – Venray

## Introduction

The post weaning period is a very critical stage for the pig health and production. Even with a strategic management approach during the suckling period adaptation problems of the young piglet can often be observed, particularly post weaning diarrhea. The piglet's digestive system is not yet developed adequately and/or has not yet achieved full immune competence at the time of weaning.

Together with the so-called "weaning stress" this can predispose the piglets to a situation of dysbiosis, which is an imbalance of the gastro-intestinal microbiome. The weaning transition is characterized by a loss of microbial diversity. This complex and challenging situation increases the chances of disease in freshly weaned piglets.

The aim of our field trial was to look into how a mixture of natural substances combined with plant secondary metabolites administered in the post weaning period might help to support gut health, reduce dysbiosis, and possibly support eubiosis, which is defined as a more optimal interspecies balance in the gastro-intestinal microbiome. This might result in an improved performance and health status of the piglet.

## Materials and Methods

### *Trial set up*

352 weaned piglets were allocated into 3 different groups as follows: One group which received the new complementary feed (Eubiox PP®), the trial group (TG), consisting of 141 piglets, one group which received the feed additive the farm routinely uses after weaning, the positive control group (PC), consisting of 141 piglets and one group which received neither complementary feed nor feed additive, the negative control group (NC), consisting of 70 piglets.

The piglets were all housed in the same shed but in 5 different compartments. The compartments were each divided into 8 pens in which 8 to 9 animals were housed. All animals received the same standard commercial feed and had access to fresh drinking water ad libitum.

Additionally, the animals in the trial group did receive 1000 ppm of the trial product on day 1- day 14 and 500 ppm from day 15-day 21 in the drinking water. The animals in the positive control did receive the standard additive according to the farms own protocol for 3 weeks.

### *Data recording and sample collection*

1) Health status: Clinical signs of respiratory infection (sneezing, coughing), diarrhea (present or absent), lameness, morbidity and mortality were recorded during the entire trial period by the farm workers. During the course of routine health blood sampling (12 piglets at the end of week one and

week three) by the farm's own veterinarian the piglets were also checked for "pig major acute phase protein" (PIG MAP). PIG MAP is a biomarker for inflammation in pigs. The blood samples were analyzed at the Dutch Animal Health Service (GD), Deventer.

2) Performance data: All animals were weighed weekly (start of the trial, day 7, 14, 21, 28 and 49) by the farm workers per pen on the farms own set of scales. The piglets that had received an ear tag were also weighed individually at the same time.

3) Gut damage marker: A small number of animals was selected to receive a rectal microbiome swab. The aim was to gain knowledge and experience in using this novel sampling technique. This sampling technique allows to determine a Gut damage marker by measuring DNA from dead gut cells in proportion to total bacterial DNA. The swabs were taken following the protocol of the manufacturer.

In total 12 animals were randomly selected and given an ear tag to use the novel sampling technique for gut health damage. Piglets in the trial group were tagged with the numbers 1-6. Piglets in the positive and negative control groups were tagged with the numbers 7-9 and numbers 10-12 respectively. The swabs were taken at the time of weighing on day 7, 14, 21, 28 and 49. The swabs were sent to the company's lab at Wageningen UR for analysis.

## Results

Clinical findings and health indicators: With regards to the presence of post weaning diarrhea 11% of the animals in the TG group (N= 141), 6% in the animals of the PC group (N=141) and 29% of the piglets in the NC (N=70) were affected. The main occurrence of diarrhea was around week 2 of the trial with some more diarrhea noticed around week 4 within the NC. There were some signs of respiratory symptoms noticed mostly within NC and to some degree within PC. Those respiratory symptoms were noticed mainly at around week 3. Some lameness was recorded throughout the trial with PC mainly affected (4% PC vs 2% NC and 1% TG).

The piglets within the NC received the most antibiotic treatments- 11 animals in the NC group vs 2 animals in the TG and 1 animal in the PC. The treatments were mainly administered against diarrhea at around week 2 of the trial. In the NC some diarrhea was noticed again at around 4 weeks (this is also when mortality in this group was highest) after which the farmer put the animals on 1000 ppm of the trial product for the rest of the trial period. After 3-4 days the diarrhea stopped. There was no more diarrhea noted during the rest of the trial period- see picture 1 and 2.



Picture 1: Clean floor (TG group) Picture 2: Floor stained with diarrhea (NC group).

The general higher occurrence of disease in the NC also gets reflected in the general occurrence of disease and mortality. In total 42% of the animals in the NC became sick during the trial period and the mortality was 5,7 % during the trial period. General occurrence of disease and mortality were 12% and 2,1 % in the TG and 11% and 2,1% in the PC.

Within the small group of piglets that was also tested for PIG-MAP during routine blood testing the average values after week 1 were lower in TG compared to the values of PC and NC- see figure 1. The other blood values were still within the normal ranges for age and production stage.

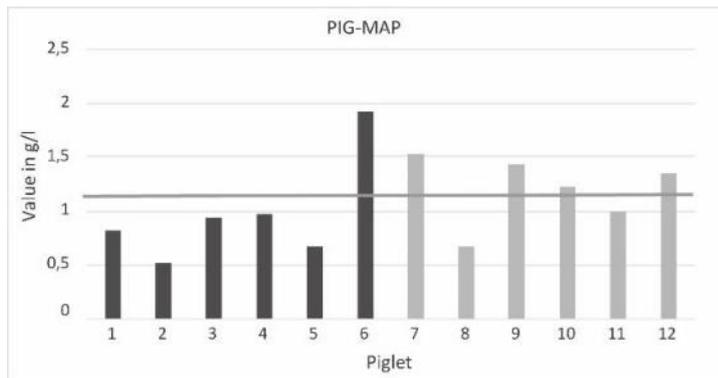


Figure 1: PIG MAP values (TG:1-6, NC:7-9, PC: 10-12) after one week, TG (N=6), NC (N=3), PC (N=3).

Performance data:

*Body weight and weight gain*

To follow the performance of the piglets the weight was measured weekly for 4 weeks and at the end of the trial- see picture 3.

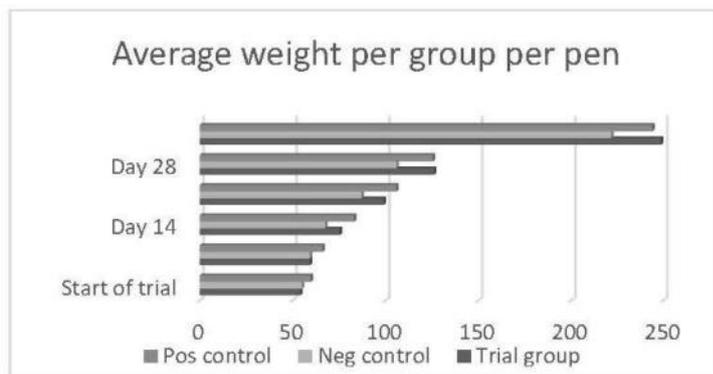


Figure 2: Total weight (kg) per group (TG (N=141), NC (N=70), PC (N=141)) per pen.

Despite having the lowest average weight per pen to start (54,15 kg (TG) compared to 55 kg (NC) and 59,78 kg (PC)) the TG group showed the highest average finishing weight per pen (248,81 kg compared to 244, 12 kg (PC) and 222 kg (NC)). PC had the highest average weight until day 21. At day 28 the average weight of PC and TG was the same and after day 49, TG had the highest average weight. After the first week TG and NC showed the same average weight. NC had the lowest average weight afterwards.

The average weight gain in NC was 421g/day, in PC 440g/day and in TG 464 g/day.

The outcomes of the individually ear tagged piglets fall in line with the outcomes of the different groups.

In the beginning the ear tagged piglets from the TG had the overall lowest weight, while the piglets from PC had the overall highest weight. The piglets of PC had the highest weight gain in week 1, 2 and 3. The piglets from TG had a lower weight gain compared to the piglets from NC in week 1. In week 4 the weight gain of PC and TG roughly levels and at day 49 the piglets of TG have gained most weight of all three groups.

#### Gut damage marker:

Additionally to the monitoring of health and performance parameters described above a small number of animals was selected and rectal microbiome swabs were taken from those animals. This sampling technique allows to determine damage in the gut (lining) by measuring DNA from dead gut cells in relation to the total bacterial DNA present. This can potentially be used to map the effects of dysbiosis/eubiosis in animals.



Picture 3: taking a rectal swab of a piglet.

Fig. 3 shows the results for the gut damage marker found using microbiome swab sampling technique in individual piglets. The lower the value of DNA from dead gut cells in relation to the total bacterial DNA present the lesser the damage to the lining of the gut. Values depicted on the y – axis are reference values to quantify the damage within the gut. Numbers of the x- axis show the time point.

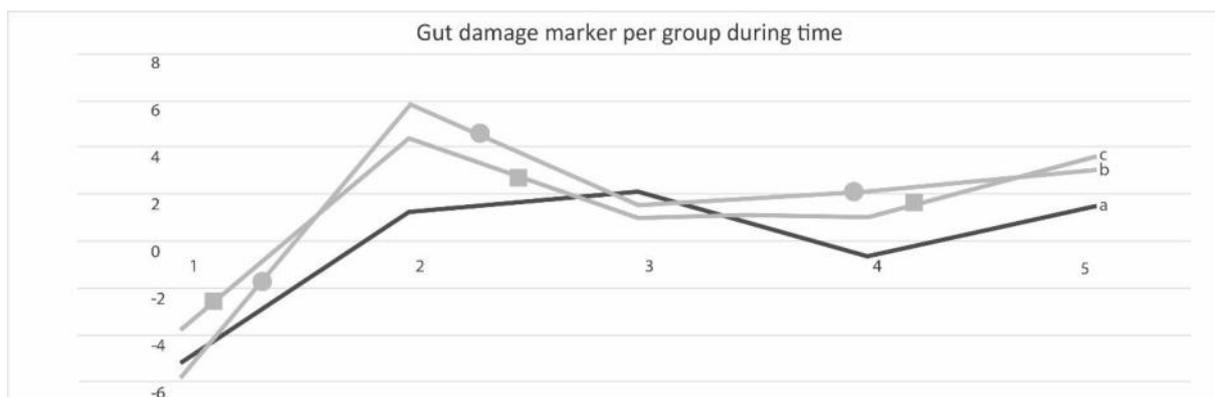


Figure 3: Gut damage marker per group and time point in time (1= day 7, 2= day 14, 3= day 21, 4= 28, 5= 49; a= TG (N=6), b=NC (N=3), c=PC (n=3)).

For the gut damage marker there is an increase noticeable in all three groups between day 7 and 14. However the increase is less within the TG. Within TG the marker slightly increases up until day 21, declines more sharply until day 28 to then increase again more sharply till day 49.

The line graph of NC and PC shows a comparable pattern. After the steep increase the marker somewhat levels with a slight increase in NC between day 28 and 49 and a steeper increase within PC and TG at the same time.

With exception at around day 21 the gut damage marker is the lowest within the TG throughout the whole trial period.

## Discussion

With many advances in farm management and veterinary care post weaning diarrhea remains an issue for the health, wellbeing and productivity of piglets in many farms.

A healthy gut forms the basis for health and growth throughout the productive life of a pig. Early challenges can have negative impact on the health and performance of the pig until slaughter.

Having additional tools to support the pig in being able to cope with (patho)physiological challenges will therefore help to have healthier and better performing piglets while at the same time potentially having to use less antibiotics which can help fighting antimicrobial resistance.

This field trial gives a first indication that adding a complementary feed or additive can have positive effects on the gut health and growth performance of piglets after weaning and can be used to support the piglets during (patho)physiological stresses. It can further be stated that there is a difference among the different products that were used within this trial in terms of weight gain.

Despite having the lowest average weight per pen at the start of the trial the TG group showed the highest finishing weight per pen.

### Performance indicators (weight):

In terms of weight gain the growth line shows a dip which is most pronounced within the PC and NC group between week 3 and 4 which could potentially be linked to recovering from infection and/or a possible respiratory infection (as the farmer did notice respiratory symptoms around this time). The more stable line within TG could potentially be an indication for having to spend less energy in recovering from or dealing with infection as this is also the point in time where the weight gain levels out between PC and TG. TG shows the highest weight gain after that.

### Clinical findings and health indicators:

TG and PC showed less symptoms of disease than NC.

With regards to inflammatory parameter PIG-MAP the average values after week 1 were lower in TG compared to the values of PC and NC.

The rise in the gut damage marker at the beginning of the trial could be explained by a combination of the changes that occur within the gut after weaning and the occurrence in diarrhea in all groups around week 2. The slight rise in TG after week 2 could potentially be explained by the lower product dosage. The rise in all groups around week 4 could potentially be explained by the health challenges in this period as NC showed clinical symptoms of diarrhea. TG and PC are still likely to have experienced those challenges but were probably able to cope better.

The lower values and more moderate rise of the gut damage marker within TG together with the lower PIG MAP values and clinical findings could be an indication that the piglets within TG group were affected less severely by disease. They showed a lesser inflammation response and less damage to the gut barrier. The higher values and more steeply rise of the gut damage marker within NC as well as the higher values of PIG MAP and clinical presentation could indicate that those animals had more difficulties fighting disease in the beginning of the trial. Overall, this could be another indication to potentially

support the hypothesis that the piglets within TG needed less energy to cope with health challenges and therefore had more energy for weight gain.

However, the sample size of the individually followed piglets was relatively low and further investigation is required to learn more about the possibilities and limitations of the gut damage marker. The findings of the individual piglets fell in line with the findings of the overall group performance data and clinical findings which can be viewed as an encouraging indication to also further test and validate the microbiome swabs for on farm use in piglets.

The negative control did receive the trial product during the second onset of disease. However, the quicker recovery afterwards from disease as described by the farmer could potentially suggest that the performance of this group in health and performance could have been worse if they had not received the product. This could be supported by the stabilization of the gut health markers once the animals started receiving the trial product.

With this on- farm setting used in the present trial, measuring the feed intake and calculating the feed conversion was not possible. Being able to measure the feed intake and feed conversion could deliver valuable insights in the possible effects of a more stable gut health on performance and therefore further support the hypothesis of the positive influence of gut health on overall health and performance.

## Conclusion

The results of this feed trial show that adding a complementary feed or additive can have positive effects on the (gut)health and performance of piglets after weaning and can be used to support the piglets during (patho)physiological stresses. It can further be stated that there is a difference between the different products that were used within this trial in terms of weight gain.

The results of gut health measurements by gut damage marker provide the opportunity to gain further insights into the pathophysiological processes within the gut. This can- when further validated- be a very valuable tool for veterinarians and farmers to manage herd health and performance.

Overall, those findings give some preliminary indications that gut health, the ability to respond to health challenges and performance are linked and that gut health plays a central role within this triangle.

## Literature

Guevarra et al. 2018. The dynamics of the piglet gut microbiome during the weaning transition in association with health and nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9:54.

Moeser et al. 2007. Stress signaling pathways activated by weaning mediate intestinal dysfunction in the pig. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 292: G173–G181.

Moeser et al. 2017. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition* 3: 313-321.

Van Hees and Thijssen. 2022. Unchain the value of the animal microbiome: Florates Diagnostics. Abstract. 7<sup>th</sup> International Conference of Poultry Intestinal Health. p. 142.

### Corresponding author:

Sam de Snoeck,  
Bluejais B.V. Microstraat 4A  
5804CM Venray (NL)  
s.desnoeck@bluejais.com

# Hy-D<sup>®</sup>

## Vitale Schweine, um hohe Leistungen zu erreichen

Ist der Vitamin-D-Status Ihrer Sauenherde hoch genug, um eine gute Ca-Mobilisierung, Skelettentwicklung, Muskelwachstum und Immunität zu gewährleisten? Hy-D<sup>®</sup>, ein reiner und geschützter Vitamin-D-Metabolit mit der Bezeichnung 25-OH D<sub>3</sub>, wirkt besser als die alleinige Zufuhr von klassischem Vitamin D<sub>3</sub>. Seine einzigartige Wirkungsweise macht die Umwandlung von D<sub>3</sub> in der Leber überflüssig, so dass 25-OH D<sub>3</sub> schneller und effizienter wirken kann. Unterstützen Sie Ihre Sauen durch Hy-D<sup>®</sup>, Ihrer Vitamin-D-Lösung zur nachhaltigen Verbesserung der Lebensleistung und mehr Tierwohl.

Hy-D<sup>®</sup> ist die wirksamste und fortschrittlichste Vitamin-D-Quelle, die es derzeit weltweit gibt.

Ihre Vorteile mit Hy-D<sup>®</sup>



**+3%**

Absetzgewicht



**+10%**

Knochenstärke



**+7%**

Selektionsrate  
der Jungsauen

Entscheiden Sie sich für nachhaltige Leistungen mit Hy-D<sup>®</sup>, dem einzigen reinen 25-Hydroxy-D<sub>3</sub>, dessen Sicherheit und Wirksamkeit wissenschaftlich erwiesen ist.

Learn more at  
[dsm-firmenich.com/qnh](https://dsm-firmenich.com/qnh)



dsm-firmenich

## Untersuchung zum Vitamin-D<sub>3</sub>-Status von europäischen Jungsauen unter Verwendung eines neuartigen Probenahme-verfahrens (DBS-cards)

**M. Wiemann<sup>2</sup>, M.C. Walsh<sup>1</sup>, M. Masiero<sup>1</sup>, E. Perez Calvo<sup>1</sup> und J. Wirges<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> dsm-firmenich, Animal Nutrition and Health, CH-4303 Kaiseraugst;

<sup>2</sup> dsm-firmenich, Animal Nutrition and Health D-A-CH, D-49565 Bramsche

### Einleitung

Für eine nachhaltige Schweinehaltung ist eine hohe Lebensleistung der Sau ein wichtiges Kriterium und die Basis dafür wird bereits in der Jungsauenaufzucht gelegt (Faccin et al. 2022). Die wichtigsten Eigenschaften, die eine gute Jungsau erfüllen muss, sind starke, gut entwickelte Knochen und Gelenke, ein robustes Immunsystem und gut ausgebildete funktionsfähige Fortpflanzungsorgane (Patterson and Foxcroft, 2019). Bei der Erreichung dieser Ziele spielt die optimale Ernährung der sich entwickelnden Jungsauen eine wichtige Rolle. Neben den wesentlichen Nährstoffen (Energie, Protein, Mineralstoffe) kommt den Vitaminen eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung zu. Speziell für den Kalziumstoffwechsel, die damit verbundene Knochengesundheit, die Funktion des Immunsystems und die Fruchtbarkeit ist Vitamin D besonders wichtig (Zhang and Piao, 2021; Zhou et al., 2017). Zur Erfassung des Versorgungsstatus von Vitamin D<sub>3</sub> wird sowohl in der Humanmedizin als auch in der Tiermedizin der Gehalt an 25-Hydroxyvitamin D<sub>3</sub> im Blutplasma herangezogen (Seamans and Cashman, 2009). Dieser erste Metabolit im Vitamin D<sub>3</sub>-Stoffwechsel des Tieres stellt dabei die frei zirkulierende Menge an Vitamin D<sub>3</sub> im Organismus dar. Unter selbstregulierenden Mechanismen kann dann an den Zielorganen die Umwandlung in die aktive, hormonell wirkende Form des 1,25-Dihydroxy-vitamin D<sub>3</sub> erfolgen (DeLuca, 2008).

In der Praxis wird dieser Metabolit bei Schweinen allerdings nur selten bestimmt, weil die Probenahme mit hohem Aufwand verbunden ist. Um die Herausforderungen bei der Probenahme zu überwinden, wurde eine neue Methode mit Markerkarten (Dried Blood Spot Card = DBS-Cards) entwickelt. Diese neue Methode ermöglicht eine einfache und schnelle Probenahme direkt auf dem Hof und die rasche Bestimmung der zirkulierenden 25-OH-D<sub>3</sub>-Werte. Ziel dieser Untersuchung war es die Praktikabilität des Probenahmeverfahrens über verschiedene europäische Jungsauenbestände zu testen und einen Überblick über die Verteilung der Werte zu erlangen.

### Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurden Proben von 455 Jungsauen (durchschnittliches Körpergewicht 111,4 ± 44 kg) aus 19 Betrieben über 8 Länder (Deutschland, Niederlande, Belgien, Frankreich, Großbritannien, Irland, Polen und Südafrika) ausgewertet. Die Proben wurden zur Bestimmung des Vitamin-D<sub>3</sub>-Status im Rahmen eines Gesundheitsmonitorings der Tiere gezogen. Die Auswahl sowohl der Betriebe als auch der beprobten Jungsauen erfolgte zufällig.

Den Jungsauen wurde ein einzelner Tropfen Blut aus einer Ohr-Vene entnommen und auf eine Markerkarte (Dried-Blood-Spot Card / DBS-Card) gegeben. Diese DBS-Karten wurden 1 Stunde lang bei Raumtemperatur getrocknet, bevor sie in einem versiegelten Umschlag zur Analyse an ein Labor in den Niederlanden geschickt wurde. Die Proben wurden mit Hilfe einer validierten DBS-Proben-

Extraktionsmethode in Kombination mit einer LC-MS/MS-Analyse auf die 25-OH-D<sub>3</sub>-Konzentration im Blutplasma hin untersucht (Zakaria et al. 2023).

Die Ergebnisse der Analysen wurden auf Basis der von dsm-firmenich erstellten Empfehlungen (Tabelle 1) für die Vitamin D<sub>3</sub> Versorgung von wachsenden Schweinen interpretiert. Grundlage für diese Bewertung bildeten wissenschaftliche Studien zur Vitamin D<sub>3</sub> Versorgung aus den letzten 25 Jahren (Literaturverweise auf Anfrage erhältlich).

Tabelle 1: Empfehlungsrahmen zur 25-OH-D<sub>3</sub> Gehalte im Blutplasma von Schweinen und deren Auswirkungen im Stoffwechsel bzw. Leistungsparametern.

Gehalt an 25-OH-D <sub>3</sub> im Blutplasma (ng/ml)	Status	Auswirkungen
>60	Optimal	Optimierte Immunkompetenz Unterstützt Muskelwachstum (Gewichtszunahme) Verbesserte Jungsauenselektion Verringerte Abferkeldauer und bessere Milchbildung Gute Lebensfähigkeit und Aufzuchtleistung der Ferkel
30-60	Ausreichend	Ausreichend für Kalzium- und Phosphorstoffwechsel Gute Knochengesundheit
20-29	Unzureichend	beeinträchtigter Kalzium- und Phosphorstoffwechsel Risiko für Fundamentschäden (Lahmheiten) Verminderte Jungsauenselektion Schlechtere Abferkeldauer und Milchbildung Reduzierte Immunkompetenz
<20	Mangelhaft	Störungen des Kalzium- und Phosphorstoffwechsel Hohes Risiko für Knochenerkrankungen (z.B. Rachitis, Osteochondrose) Gestörte Immunkompetenz Verringerte Muskelbildung

## Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Messwerte der 455 Probenahmen sind in der Abbildung 1 dargestellt. Dabei ergab sich eine durchschnittliche Konzentration an 25-OH-D<sub>3</sub> im Blutplasma von 42,3 ng/ml mit einer Streuung von einem Minimum von 8,8 ng/ml bis zu einem Maximum von 110 ng/ml. Mit Bezug auf die in Tabelle 1 aufgeführte Bewertung von Blutplasmagehalten an 25-OH-D<sub>3</sub> weisen aus dieser Untersuchung von den 455 ermittelten Proben 19% einen optimalen Gehalt und 50% einen ausreichenden Gehalt auf. Mit Werten unter 30 ng/ml ergaben sich 27% in dem Status unzureichend und 4% bei mangelhaft.

Unter den untersuchten Jungsauen waren sowohl Tiere, die nur mit klassischem Vitamin D<sub>3</sub> (Cholecalciferol) über das Futter versorgt wurden, als auch Tiere, die Vitamin D<sub>3</sub> in Form von 25-OH-D<sub>3</sub>

oder einer Kombination aus beiden Vitamin D<sub>3</sub>-Quellen erhielten. Die Gehalte an Vitamin-D<sub>3</sub> und dessen Metabolit in den Futtern der untersuchten Jungsauen reichten von 800 IU bis 2500 IU Gesamt-Vitamin D<sub>3</sub> (Gehalt oberhalb des EU-gesetzlichen Maximum aus Südafrika). Aus organisatorischen Fehlern heraus konnte aber keine durchgängige Zuordnung der Futtergehalte mit den Blutwerten erfolgen und wurde daher nicht ausgewertet. In einigen nachverfolgbaren Fällen konnte aber beim Einsatz von 25-OH-D<sub>3</sub> statt klassischem Vitamin D<sub>3</sub> im Futter auch ein deutlich höherer Blutplasmagehalt (>60 ng/ml) festgestellt werden. Dies deckt sich auch mit wissenschaftlichen Studien (Lauridsen et al., 2010; Weber et al., 2014; Lütke-Dörhoff et al., 2022).

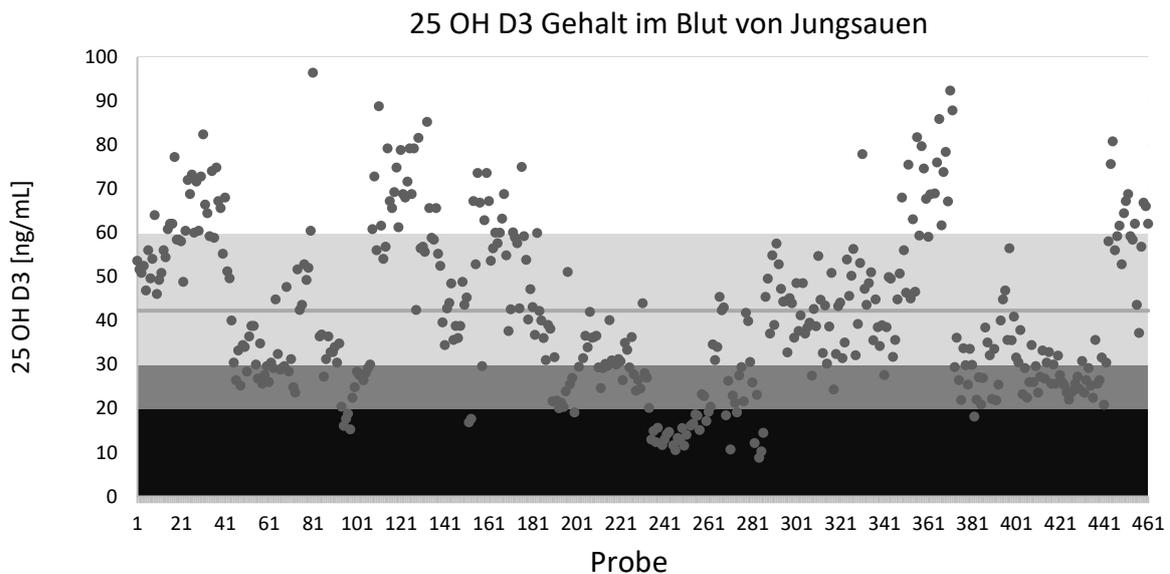


Abbildung 11: Erhebung des Vitamin-D<sub>3</sub>-Status von 455 Jungsauen aus 8 verschiedenen Ländern anhand der zirkulierenden 25-OH-D<sub>3</sub>-Konzentrationen im Blut, Hervorhebung der Versorgungsstatus mangelhaft (<20ng/ml), unzureichend (21-29 ng/ml), ausreichend (30-60 ng/ml) und optimal (>60 ng/ml).

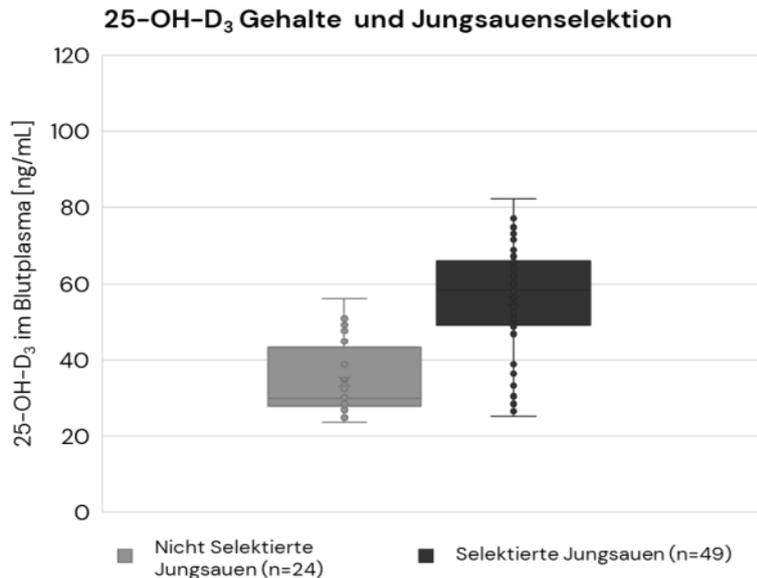


Abbildung 2: Vitamin-D<sub>3</sub>-Status (25-OH-D<sub>3</sub> im Blutplasma) von 73 Jungsauen aus 4 niederländischen Betrieben differenziert nach Selektionsstatus.

Basierend auf den Daten von 73 Jungsauen von 4 niederländischen Betrieben wurde eine Nachverfolgung bis zur Selektion für die Reproduktion durchgeführt. Hier wiesen die 49 selektierten Jungsauen mit 55,6 ng/ml 25-OH-D<sub>3</sub> einen deutlich höheren Wert auf als die 24 nicht selektierten Jungsauen mit 34,2 ng/ml 25-OH-D<sub>3</sub> im Blutplasma (Abb 2). Eine Verbindung zwischen besserer Vitamin D<sub>3</sub>-Versorgung zu besserer Knochen- und Fundamentbildung und letztendlich höherer Selektionsrate kann hier angenommen werden (Lütke-Dörhoff et al., 2022; Zhang and Piao, 2021).

## Schlussfolgerung

Die Untersuchung mit Jungsauen aus 19 Beständen in 8 verschiedenen hat gezeigt, dass durch die Verwendung der Dry-Blood-Spot Cards (DBS-Cards) eine rasche und einfache Ermittlung des Vitamin-D<sub>3</sub>-Status von Schweinen möglich ist. Bei einem mittleren Gehalt von 42,3 ng/ml ist die Versorgungslage generell als ausreichend zu bewerten, allerdings zeigt die Streuung von 8,8 ng/ml bis 110 ng/ml eine sehr breite Verteilung der Werte, die sich häufig zu betriebsspezifischen Clustern zusammenfassen lassen. Als wesentlicher Einflussfaktor ist die Versorgung über das Futter mit der Dosierung und der Art der Vitamin D<sub>3</sub>-Quelle anzusehen.

Die einfache Ermittlung des Vitamin-D Status mit DBS-Cards eröffnet die Möglichkeit die Ernährung von Schweinen und insbesondere von Jungsauen auf Basis dieser Informationen anzupassen und eine angepasste tiergerechtere Versorgung zu realisieren.

## Literaturverzeichnis

- DeLuca H.F. (2008) Evolution of our understanding of Vitamin D; *Nutrition Reviews* 66 (suppl.2) 73-87
- Faccin JEG, Mike D Tokach MD, Goodband RD, DeRouchey JM, Woodworth JC, Gebhardt JT (2022) Gilt development to improve offspring performance and survivability, *Journal of Animal Science*, Volume 100, Issue 6, June 2022, p 1-10
- Lauridsen C., Halekoh U., Larsen T. and Jensen S.K. (2010) Reproductive performance and bone status markers of gilts and lactating sows supplemented with two different forms of vitamin; *J Anim Sci* 2010.88:202-213.
- Lütke-Dörhoff M, Schulz J, Westendarp H, Visscher C, Wilkens MR (2022) Dietary supplementation of 25-hydroxycholecalciferol as an alternative to cholecalciferol in swine diets: A review. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2022 Nov;106(6):1288-1305.
- Patterson J. and Foxcroft G. (2019) Gilt Management for Fertility and Longevity; *Animals* 9:434. doi:10.3390/ani9070434
- Seamans KM, Cashman KD (2009) Existing and potentially novel functional markers of vitamin D status: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. 2009 Jun;89(6):1997S-2008S. doi: 10.3945/ajcn.2009.27230D
- Weber GM, Witschi AK, Wenk C, Martens H. (2014) Triennial Growth Symposium-Effects of dietary 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol on blood vitamin D and mineral status, bone turnover, milk composition, and reproductive performance of sows. *J Anim Sci* 2014; 92:899-909
- Zakaria R., Allen K.J., Koplín J.J., Roche P. and Greaves R.F. (2019) Candidate reference method for determination of Vitamin D from dried blood spot samples, *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*; doi.org/10.1515/cclm-2019-0397
- Zhang L. and Piao X. (2021) Use of 25-hydroxyvitamin D<sub>3</sub> in diets for sows: A review; *Animal Nutrition* 7 (2021) p 728-736
- Zhou H., Chen Y., Zhuo Y., et al. (2017). Effects of 25-hydroxycholecalciferol supplementation in maternal diets on milk quality and serum bone status markers of sows and bone quality of piglets. *Animal Science Journal*, 88(3), 476–483

### Autorenanschrift

Dr. Matthias Wiemann  
DSM-Firmenich ANH DACH  
Im Breuel 10  
49565 Bramsche  
Mail: matthias.wiemann@dsm-firmenich.com

# Turn your back on Endotoxins

Choose Anta<sup>®</sup>Catch



Anta<sup>®</sup>Catch  
[www.dr-eckel.com](http://www.dr-eckel.com)



**DR. ECKEL**  
creative solutions

## **Effect of a functional feed additive on animal welfare and performance parameters in fattening pigs**

**Muhammad Umar<sup>1</sup>, Anne Möddel<sup>1</sup>, Bernhard Eckel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dr. Eckel Animal Nutrition GmbH & Co. KG, Niederzissen, DE

### **Introduction**

In recent years, the welfare of farm animals has gained increasing attention from both the agricultural industry and the consumer base. To address this, innovative feeding strategies are increasingly being focused on in agriculture, such as in pig production. Such strategies focus not only on protecting animals and promoting their welfare but also on using resources efficiently and responsibly. Good animal health also reduces losses due to diseases in livestock and thus food losses directly at the source. This is a major demand given the expectations of consumers and the increasing number of regulations. Meeting all these requirements and being profitable and successful at the same time is often a big challenge for farmers. Ear and tail necrosis are frequent health problems in fattening pigs, often linked to poor gut health, systemic inflammation and stress. Recent studies have also linked ear and tail necrosis with increased load of endotoxins as well (Reiner et al., 2021). Endotoxin, a lipopolysaccharide component of gram-negative bacteria's outer cell wall membrane, is a common denominator in many animal diseases. These toxic components impact animal welfare and lead to economic losses due to reduced performance and increased medication use and mortality.

Apart from meeting the nutritional requirements of the animals, functional feed additives have been recognised as valuable tools to improve growth efficiency and animal health. Clay minerals are known for their ability to bind toxins and reduce harmful pathogens in the gut, fostering a healthier digestive environment (Trckova et al., 2014). Prebiotics like butyrate can fortify the gut barrier (Claus et al., 2007) and support the growth of beneficial gut microbiota, while polyphenols provide antioxidant and anti-inflammatory properties that can strengthen the immune system and enhance liver health (Fiesel et al., 2014). These effects are also of interest in fattening pigs. Especially at the start of the fattening phase, animals may suffer from stressors like rehousing, transport and transition to new feed materials.

The aim of the present study was to investigate the effects of a functional feed additive based on clay minerals and a prebiotic-polyphenol complex (Anta<sup>®</sup>Catch) on the health parameters, in particular on ear and tail necrosis, and the associated use of medication in fattening pigs next to the growth performance of animals.

### **Material and Methods**

The trial was conducted under standardised German farm conditions with 264 piglets. The animals corresponded to the genetics of Topig's TN 70 x TN-Tempo.

Animals were kept in a fully climatized barn with slatted floors. The animals were housed in a total of 24 pens in compartments with 12 pens each; there were 6 repetitions per experimental group. The weight range of the animals used in the experiment was between 28 and 34 kg. The animals were distributed to the experimental groups at random. The trial lasted throughout the fattening period of 124 days.

The piglets were fed ad-libitum in a 3-phase feeding system: phase 1 (start of the fattening until day 14), phase 2 (day 15–59), and phase 3 (day 60–124). The diets differed in nutrient content (Table 1). There were two experimental groups. The negative control group (**NC**) received the basic diet for the complete fattening period. The treatment group (**FA**) received the feed additive (Anta®Catch, Dr. Eckel Animal Nutrition) at a dosage of 2 kg/t of feed on top of the basic feed during phase 1 and 1 kg/t during phases 2 and 3.

The pigs were weighed at different timepoints throughout the trial period. During each weighing, injuries and necrotic lesions on the tail and ear of the animals were recorded using a scoring system (KTBL, 2020). Mortality and animals requiring medication were also documented. Performance parameters measured included final weight, average daily gain and feed intake. The feed conversion ratio was also calculated.

Table 1: Nutrient content of the diets fed during the trial period.

<b>Ingredients (% or as stated otherwise)</b>	<b>Phase 1</b>	<b>Phase 2</b>	<b>Phase 3</b>
Crude protein	16.00	15.00	13.00
Metabolisable energy (MJ)	13.40	13.00	12.80
Crude fat	4.00	3.00	3.30
Crude ash	5.00	5.00	4.00
Crude fibre	4.00	4.10	4.50
Calcium	0.60	0.58	0.54
Phosphorous	0.46	0.41	0.40
Sodium	0.20	0.20	0.20
Lysine	1.10	1.00	0.86
Methionine	0.31	0.28	0.26
Vitamin E (IU)	80	70	60

MJ = Megajoule, IU = International Units

\*The content of Vitamin A (6500 IU) and D (1500 IU) remained same throughout the trial period.

## Results

There was basically no difference in mortality between the experimental groups. In total, 7 animals died during the experimental period, 4 in the NC group and 3 in the FA group. In contrast, with the use of medication, the difference was clearly visible. During the trial period, a total of 12 animals needed medicinal treatment in the NC group and only 5 in the FA groups (Fig. 1). The incidence of ear and tail necrosis cases was almost 76 % less in the FA groups as in NC group (17 vs. 4 cases, fig. 1)

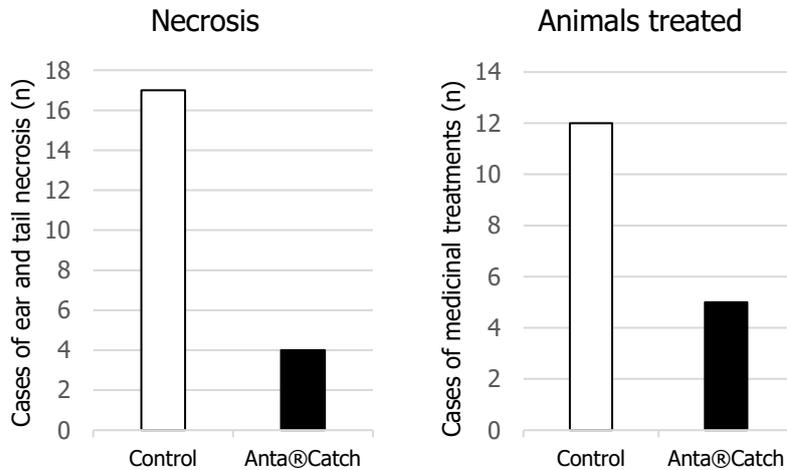


Figure 1: Effect of the feed additive on the incidence of ear and tail necrosis and use of medication during the trial period.

By the end of phase 1 of the fattening period, the average daily weight gain was significantly higher in the FA group, in fact, by 3.29 % (1023.38 vs. 989.68 g/day,  $p < 0.05$ , fig. 2). The average daily feed intake also tended to be higher (1.71 vs. 1.67 kg/day) while the feed conversion ratio was numerically lower by 2 points (1.67 vs. 1.69 kg/kg). The final weight reached 130.16 kg in the control group and 130.17 kg in the FA group. The feed conversion ratio and total feed intake did not differ significantly between the groups in the rest of the trial period.

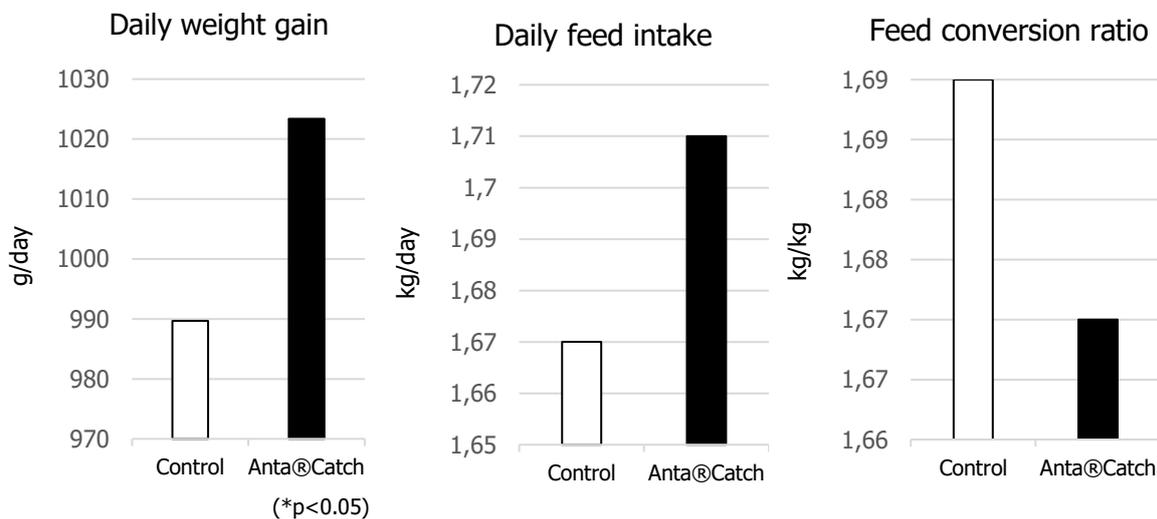


Figure 2: Effect of the feed additive at the end of phase 1 on the performance of fattening pigs.

## Discussion

The prevention of necrosis requires an adequate supply of crude fibre, good water and feed quality, and the avoidance of stress and infections. Nevertheless, necrosis occurs even in many well-managed farms. One of the most notable findings was the substantial reduction in the incidence of ear and tail necrosis in the FA group. A damaged intestinal barrier leads to an increased absorption of endotoxins and, consequently, an increased risk of necrosis (Reiner et al., 2021). The results indicate a robust protective effect of the feed additive on reducing ear and tail necrosis, possibly due to its role in enhancing the gut barrier reducing systemic inflammation and endotoxin load (Claus et al., 2007; Trckova et al., 2014). In addition, only 5 pigs in the FA group required medicinal treatments (antibiotics), compared to 11 in the control group, suggesting that the additive may help improve the pigs' resilience to diseases.

During the trial, significant differences in daily weight gain were observed only during the early growth phase of the fattening, indicating the positive influence of the feed additive supplementation. An increased stress level can be expected after the change from piglet rearing to fattening owing to transport, rehousing and social stress (Brade and Distl, 2016; Fiesel et al., 2016). The improvement in performance may be attributed to the antioxidant mechanism of action of plant polyphenols (Fiesel et al., 2014). In phases 2 and 3, there were fewer environmental stressors. These conditions minimise the activation of gram-negative bacterial proliferation and endotoxin release, which in turn lowers the likelihood of endotoxin-induced inflammatory responses. This fits to the comparable performance parameters during the rest of the trial period (phase 2 and 3). The final weight of both treatment groups was at the corresponding level (NC=130.16 kg; FA=130.17 kg), indicating good nutrition and management throughout the trial period. Since both experimental groups were at high performance levels, it explains why the influence of the feed additive was not visible on the performance parameters.

When analysing the profitability of a pig fattening operation, it is important to look beyond just feed costs. Factors such as increased labour demands, higher veterinary treatment expenses, and the time needed for interventions are getting more critical. On average, each pig in a batch requires around 20 minutes of labour (Rohlmann et al., 2022). However, this time can significantly rise if intensive monitoring is needed due to illness. The reduction in medication use could lead to cost savings for producers and a decrease in the reliance on antibiotics, aligning with efforts to reduce antimicrobial use in livestock production. Most importantly, given the significant impact of necrosis on pig welfare and production, this cost-effective strategy of using functional feed additive is highly relevant for improving health outcomes and reducing overall production costs in the long term in commercial pig farming.

## Conclusion

The use of a functional feed additive demonstrated beneficial effects in reducing the incidence of ear and tail necrosis and decreasing the need for medicinal interventions in fattening pigs, thereby improving animal welfare. Additionally, it enhanced early growth performance, suggesting that this feed additive could be a valuable tool in promoting pig health and performance while potentially reducing production costs.

Further research could explore the effects of the additive at various dosages and under different stress conditions, as well as investigate its underlying mechanisms of action to fully elucidate its benefits in pig production systems.

## References

- Brade, W., Distl, O. (2016): The intestinal microbiota in pigs: structures and functions. In: Reports on agriculture. BMEL (ed.). Volume 94. <http://doi.org/10.12767/buel.v94i1.91>
- Claus, R., Günthner, D., & Letzguß, H. (2007). Effects of feeding fat-coated butyrate on mucosal morphology and function in the small intestine of the pig. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91(7–8), 312–318. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00655.x>
- Fiesel, A., Gessner, D. K., Most, E., & Eder, K. (2014). Effects of dietary polyphenol-rich plant products from grape or hop on pro-inflammatory gene expression in the intestine, nutrient digestibility and faecal microbiota of weaned pigs. In *BMC Veterinary Research* (Vol. 10, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0196-5>
- Fiesel, A. (2016): Effect of polyphenol-rich feed additives on the digestibility of nutrients, gut microbiota and gut health in weaned piglets. Dissertation Justus-Liebig University -Giessen 2016. [http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2017/12415/pdf/FieselAnja\\_2016\\_07\\_08.pdf](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2017/12415/pdf/FieselAnja_2016_07_08.pdf)
- KTBL (2020): Animal welfare indicators: Guidelines for practice - Pigs. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt 2020.
- Reiner, G., Kuehling, J., Loewenstein, F., Lechner, M., & Becker, S. (2021). Swine inflammation and necrosis syndrome (Sins). In *Animals* (Vol. 11, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani11061670>
- Rohlmann, C., Verhaagh, M., Efken, J. (2022): Factsheets on animal husbandry in Germany: Piglet production and pig fattening. Braunschweig: Thünen Institute of Farm Economics. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn065684.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn065684.pdf)
- 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>

### 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](mailto:m.umar@dr-eckel.de)

# Einfluss von Weizen und Roggen in sojaextraktions- und rapsexpeller- basierten Rationen auf das Wachstum von Masthühnern

**Pia Niewind<sup>1</sup>, Jochen Krieg<sup>1</sup>, Felicitas Ahrens<sup>2</sup>, Philipp Hofmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse

<sup>2</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Kitzingen

## Einleitung

Weizen und Körnermais stellen in Deutschland die bedeutendsten Komponenten in der Rationsgestaltung von Mastgeflügel dar. Mit dem Anbau von Roggen und der Integration in Mastgeflügelrationen könnte jedoch ein wertvoller Beitrag zu einer ökologischen und ökonomischen nachhaltigeren Masthühnerhaltung unter Aufrechterhaltung der tierischen Leistungsfähigkeit geleistet werden (El-Wahab et al., 2020). Unter pflanzenbaulicher Betrachtung zeichnet sich Roggen im Vergleich zu Weizen durch geringere Ansprüche an die Bodenqualität sowie das Klima und die Kulturführung aus. Darüber hinaus weist Roggen unter den bedeutendsten Getreidearten die beste Wassereffizienz auf, was vor dem Hintergrund des Klimawandels an Bedeutung gewinnt. Intensive züchterische Bemühungen in den vergangenen Jahrzehnten trugen zu einer deutlichen Ertragssteigerung und reduzierter Ausprägung antinutritiver Faktoren in Roggen bei. Roggen weist im Vergleich zu Weizen vergleichbare Gehalte an Energie und ein vergleichbares Aminosäuremuster auf. Außerdem besitzt Roggen eine sehr hohe intrinsische Phytase-Aktivität, was sich in einer gesteigerter P-Verdaulichkeit niederschlägt (Rodehutschord et al., 2016).

Nachteilig kann Roggen im Vergleich zu Weizen vergleichsweise hohe Konzentrationen an Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) enthalten. Diese sehr heterogene Gruppe von Zellwandbestandteilen setzen sich im Roggen überwiegend aus Fructanen und Arabinoxylanen zusammen. Als Nachteil der NSPs wird in der Literatur oftmals der sogenannte „Käfigeffekt“ beschrieben (Bederska-Łojewska et al. 2017), d.h. diese NSPs umhüllen Nährstoffe und können somit deren Verdaulichkeit herabsetzen. Darüber hinaus können bestimmte NSP-Fraktionen die Viskosität des Chymus im Darm maßgeblich steigern, somit Einfluss auf Verdaulichkeit und Wasserbindung im Verdauungstrakt nehmen und den Feuchtigkeitsgehalt der Exkremente bzw. Einstreu steigern.

Um die Möglichkeiten des Roggeneinsatzes in der Fütterung von Masthühnern einschätzen zu können, wurde ein Fütterungsversuch zeitgleich auf dem Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse (VBZL) der Landwirtschaftskammer NRW sowie an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Kitzingen durchgeführt. Da die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks und der Beitrag zu einer klima- und ressourcenschonenden Masthühnerhaltung zentrale Punkte der Geflügelhaltung sind, wurde der Roggeneinsatz sowohl in sojaextraktions- als auch rapsexpeller-basierten Rationen untersucht und der Einfluss auf die Mast- und Schlachtleistung von Masthühnern überprüft.

## Material and Methoden

Die Fütterung der Tiere erfolgte für alle Varianten und für beide Standorte dreiphasig und unterteilt sich in die drei Phasen Starter (Tag 1- 10), Grower (Tag 11- 24) und Finisher (Tag 25 -Versuchsende). Alle Tiere erhielten die pelletierten Futtermischungen zur *ad libitum* Aufnahme. In der Starter-Phase

erhielten alle Tiere ein einheitliches Futter (in 88% TM: 21,6% XP, 1,33% Lys, 0,59% Met, 0,37% Cys, 12,2 MJ ME/kg). Ab dem Grower wurden sechs unterschiedliche Versuchsmischungen eingesetzt. In den Varianten WS und WRa erhielten die Tiere im Grower eine Ration mit 35% Weizenanteil. In den Varianten RoS und RoRa wurde der Weizenanteil auf 10% reduziert und durch 25% Roggenanteil ersetzt. Als Eiweißfuttermittel fungierte in den Gruppen WS und RoS Sojaextraktionsschrot. In den Varianten WRa und RoRa wurde der Anteil an Sojaextraktionsschrot reduziert und 10% Rapsexpeller eingemischt. Die Tiere der Varianten WRoS und WRoRa erhielten jeweils eine Ration mit 22,5% Weizen und 12,5% Roggen. Das Eiweißfuttermittel war bei WRoS Sojaextraktionsschrot, wobei bei Variante WRoRa das Sojaextraktionsschrots anteilig durch 10% Rapsexpeller ersetzt wurde. Im Finisher wurde bei WS und WRa der Weizen- und bei den Varianten RoS und RoRa der Roggenanteil um jeweils 5 % erhöht. In den Rationen von WRoS und WRoRa wurden sowohl der Weizen- als auch der Roggenanteil um jeweils 2,5 % angehoben. Der Anteil an Rapsexpeller blieb unverändert, während Sojaextraktionsschrot verringert wurde, um die Rohproteinkonzentration im Finisher gegenüber dem Grower zu reduzieren.

Alle Futtermischungen wurden zentral in einem kommerziellen Mischfutterwerk mit den gleichen Chargen an Komponenten produziert. Die pelletierten Rationen wurden so konzipiert, dass der Energiegehalt und die Rohproteinkonzentration, innerhalb einer Futterphase zwischen den Varianten konstant gehalten wurde. Zur Optimierung der Futtermischungen wurde der eingesetzte Roggen (Erntejahr 2023) vor Beginn des Versuchs nasschemisch analysiert. Die Nährstoffkonzentration der anderen MengenkompONENTEN wurde mittels Nahinfrarotspektroskopie im Mischfutterwerk geschätzt. Die Vorabanalyse des Roggens zeigte, dass die Rohproteinkonzentration mit 7,8 % in der Trockenmasse unter dem langjährigen Durchschnittswert für Roggen in NRW (10,5 % TM) und Bayern (9,3 % TM) lag. Aus diesem Grund wurden bei den Varianten mit Roggeneinsatz höhere Anteile an Sojaextraktionsschrot eingemischt (vgl. Tab. 1).

Für die Durchführung des Versuchs standen auf dem VBZL Haus Düsse 24 Boxen (n = 4 Wiederholungen je Variante) zur Verfügung. Je Box wurden 220 Tiere (50 männliche:50 weibliche) eingestallt. An der LfL in Kitzingen standen 40 Boxen mit je 64 (50 männliche:50 weibliche) Tieren zur Verfügung. Daraus ergaben sich 6 (WS und RoS) bzw. 7 (WRa, RoRa, WRoS, WRoRa) Wiederholungen. Die Mastdauer betrug auf dem VBZL Haus Düsse 36 und an der LfL in Kitzingen 35 Masttage (ohne Schlupf- und Schlachtttag). Während des Mastverlaufs wurden Futterverbrauch, Tiergewichte, Mortalität und Wasserverbrauch (nur in Kitzingen) erfasst. Auf dem VBZL Haus Düsse wurden Tiere der Herkunft Ross 308 (Aviagen, USA) und an der LfL Kitzingen wurden Tiere der Herkunft Cobb 500 (Cobb-Vantress, USA) eingesetzt.

Die statistische Analyse erfolgte mit SAS 9.4 (Cary, NC, USA), proc mixed. Die erhobenen Daten wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Modell:  $y_{ij} = \text{Variante}_i + e_{ij}$ ) ausgewertet. Die Randomisierungseinheit (Block) wurde als zufälliger Effekt angesehen. Die Daten wurden zudem in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet (Modell:  $y_{ijk} = \text{Getreide}_i + \text{Proteinträger}_j + (\text{Getreide} \times \text{Proteinträger})_{ij} + e_{ijk}$ ). Einzeltierdaten (Teilstückzerlegung) wurden einfaktoriell ausgewertet und das Geschlecht als zufälliger Effekt mit in das Modell aufgenommen.

Am Ende der Mast wurde zudem eine Stichprobe an Tieren, die dem mittleren Gruppengewicht der jeweiligen Variante am nächsten kam für die Erfassung der Teilstückgewichte geschlachtet (Kitzingen 6 Tiere je Box (3 männliche, 3 weibliche), Haus Düsse 10 Tiere (5 männliche, 5 weibliche) pro Box).

Tabelle 1: Analytierte Nährstoffkonzentration der eingesetzten Futtermischungen (sofern nicht anders angegeben in %) bezogen auf 88 % Trockenmasse.

	Grower (d 11-24)						Finisher (d 25-Versuchsende)					
	WS	RoS	WRa	RoRa	WRoS	WRoRa	WS	RoS	WRa	RoRa	WRoS	WRoRa
XP	19,80	19,80	19,50	19,70	20,00	19,80	18,50	18,60	18,60	18,20	18,30	18,30
St	41,00	36,30	38,50	34,90	38,70	36,30	43,80	39,80	41,70	37,10	41,00	39,30
XL	6,20	8,70	7,80	9,90	7,80	8,90	6,40	8,60	7,80	10,60	8,00	8,70
Ca	0,72	0,74	0,83	0,81	0,65	0,89	0,55	0,58	0,62	0,64	0,56	0,64
K	0,87	0,91	0,82	0,89	0,90	0,83	0,78	0,82	0,75	0,79	0,82	0,77
P	0,54	0,54	0,55	0,55	0,53	0,55	0,40	0,39	0,42	0,43	0,39	0,42
Lys	1,21	1,20	1,19	1,22	1,18	1,19	1,06	1,10	1,08	1,09	1,10	1,08
Met	0,50	0,54	0,52	0,51	0,52	0,53	0,47	0,47	0,48	0,49	0,47	0,48
Cys	0,38	0,36	0,40	0,35	0,37	0,37	0,34	0,35	0,34	0,33	0,32	0,37
Thr	0,79	0,80	0,80	0,80	0,78	0,77	0,71	0,74	0,73	0,73	0,74	0,72
Trp	0,22	0,30	0,22	0,29	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,30	0,22
Val	0,93	0,90	0,90	0,89	0,88	0,89	0,84	0,85	0,85	0,84	0,85	0,82
ME*	12,70	12,90	12,80	13,10	12,90	12,90	13,00	13,20	13,10	13,40	13,10	13,10

St = Stärke, \* in MJ/kg

## Ergebnisse

In Tab. 2 sind die Leistungsdaten sowie der european production efficiency factor (EPEF) über den gesamten Mastverlauf für beide Standorte dargestellt. Den höchsten Lebendmassezuwachs und damit die höchste tägliche Gewichtszunahme erzielte an beiden Standorten die Kontrollvariante WS gefolgt von WRoS. Die Variante RoRa erzielte an beiden Standorten die niedrigste tägliche Gewichtszunahme (68,7 g/d bzw. 70,3 g/d) und den höchsten Futteraufwand (1,48 kg/kg bzw. 1,44 kg/kg). Der EPEF war über alle Varianten (beide Standorte) gesehen auf einem hohen Niveau. An der LfL Kitzingen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt. Auf Haus Düsse erzielten die Varianten WS, RoS und WRoS die signifikant höchsten Punkte. Auf die gesamte Mastphase gesehen gab es in Bezug auf die Mortalität weder auf Haus Düsse (3,0 %) noch an der LfL Kitzingen (5,8 %) signifikante Unterschiede. Der tägliche Wasserverbrauch (erhoben nur an der LfL Kitzingen) unterschied sich zwischen den Versuchsgruppen. RoRa wies mit 7455 ml/Tier den signifikant höchsten Wasserverbrauch auf, gefolgt von RoS, WRoS und WRoRa (7025 bis 7168 ml/Tier). Die Gruppen WS (6608 ml/Tier) und WRa (6573 ml/Tier) verbrauchten am wenigsten Wasser.

In Bezug auf die prozentualen Anteile der wichtigsten Teilstücke, aber auch in Bezug auf die Ausschachtung wurden lediglich beim Anteil der Keule bei den Tieren an der LfL Kitzingen signifikante Effekte der Fütterung nachgewiesen (höhere Werte bei WRa und RoRa).

Tabelle 2: Biologische Leistungen während des Mastdurchgangs, differenziert nach Futtermitteldesign und Standort\* (Kleinstquadratmittelwerte ± Standardfehler (SEM)).

	Variante						SEM	P-Wert
	WS	RoS	WRa	RoRa	WRoS	WRoR		
<b>Haus Düsse</b>								
Lebendmassezuwachs (g)	2613 <sup>a</sup>	2548 <sup>ab</sup>	2529 <sup>bc</sup>	2472 <sup>c</sup>	2601 <sup>a</sup>	2516 <sup>c</sup>	21,5	<0,001
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	72,6 <sup>a</sup>	71,8 <sup>ab</sup>	70,3 <sup>b</sup>	68,7 <sup>c</sup>	72,8 <sup>a</sup>	69,9 <sup>bc</sup>	0,5	<0,001
Futtermittelaufwand (kg/kg)	1,44 <sup>b</sup>	1,44 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,41 <sup>c</sup>	1,45 <sup>b</sup>	0,00	<0,001
EPEF <sup>1</sup> (Punkte)	488 <sup>ab</sup>	492 <sup>ab</sup>	470 <sup>bc</sup>	459 <sup>c</sup>	510 <sup>a</sup>	472 <sup>bc</sup>	8,10	0,005
<b>Kitzingen</b>								
Lebendmassezuwachs (g)	2570 <sup>a</sup>	2463 <sup>b</sup>	2482 <sup>b</sup>	2459 <sup>b</sup>	2565 <sup>a</sup>	2499 <sup>ab</sup>	0,5	0,015
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	73,4 <sup>a</sup>	70,4 <sup>b</sup>	70,9 <sup>b</sup>	70,3 <sup>b</sup>	73,3 <sup>a</sup>	71,4 <sup>ab</sup>	0,90	0,015
Futtermittelaufwand (kg/kg)	1,40 <sup>c</sup>	1,42 <sup>a-c</sup>	1,41 <sup>bc</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,41 <sup>bc</sup>	1,42 <sup>ab</sup>	0,01	0,022
EPEF <sup>1</sup> (Punkte)	495	464	469	460	494	479	15,4	0,237
Wasserverbrauch (ml/Tier)	6608 <sup>c</sup>	7168 <sup>b</sup>	6573 <sup>c</sup>	7455 <sup>a</sup>	7025 <sup>b</sup>	7042 <sup>b</sup>	70,8	<0,001

<sup>a,b,c</sup> Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%.

<sup>1</sup> EPEF: Europäischer Produktionsindex= ((Überlebensrate (%) \* tgl. Zunahmen (g))/ Futtermittelaufwand (kg Futter pro kg Zuwachs)) \*10

\*Haus Düsse: Genetik Ross 308, Aviagen, USA; LfL: Cobb 500, Cobb-Vantress, USA

Neben der Erfassung der Leistungen über den gesamten Mastverlauf wurden die biologischen Leistungen für beide Standorte nach jeder Futterphase erfasst (Tab. 3). Im Starter (gleiche Fütterung aller Versuchsvarianten) wurden an keinem der Standorte signifikante Unterschiede ermittelt. Im Grower wurden auf dem VBZL Haus Düsse, trotz Unterschieden in der Rationsgestaltung, keine Effekte zwischen den Varianten festgestellt. An der LfL in Kitzingen wurden bereits im Grower signifikante Unterschiede ermittelt. Die Varianten WS und WRoS zeigten die höchsten Gewichte und täglichen Gewichtszunahmen sowie den höchsten Futtermittelaufwand. Die anderen Varianten waren auf einem signifikant niedrigeren Niveau und unterschieden sich nicht voneinander. Die Tiere der Gruppen RoS und RoRa hatten den höchsten Wasserverbrauch, während die Gruppe WRa den niedrigsten Wasserverbrauch zeigte.

Im Gegensatz zum Grower zeigten sich im Finisher an beiden Standorten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Auf Haus Düsse lag zu Mastende das Gewicht von Tieren, die sojabasierte Rationen erhalten haben (WS; RoS; WRoS) signifikant über dem Gewicht von Tieren, die Rationen mit anteilig Rapsexpeller erhalten haben (WRa; RoRa; WRoRa). Die Kontrollvariante hat im Finisher signifikant mehr Futter verbraucht als die anderen Varianten. Die höchsten täglichen Gewichtszunahmen wurden im Finisher in der Kontrollvariante WS und in der Variante WRoS erzielt. Die geringsten täglichen Gewichtszunahmen zeigten sich in den Varianten WRa und RoRa. In Kitzingen lagen die Tiergewichte bei den Varianten WS und WRoS analog zur Grower-Phase auch in der Finisher-Phase am höchsten. Der Futtermittelaufwand unterschied sich nicht zwischen den Varianten. Die höchsten täglichen Gewichtszunahmen wurden neben den Varianten WS und WRoS bei WRa und WRoRa festgestellt. Der höchste Wasserverbrauch im Finisher wurde bei RoRa festgestellt, gefolgt von RoS, WRoS und WRoRa. Den geringsten Wasserverbrauch zeigte WS und WRa.

Die zweifaktorielle Auswertung mit den Faktoren Eiweißfuttermittel (Sojaextraktionsschrot oder Rapsexpeller + Sojaextraktionsschrot) und Getreide (Weizen, Weizen + Roggen, Weizen + hoher Anteil Roggen) zeigte Unterschiede zwischen den Eiweißfuttermitteln und den Getreidearten. Der Einsatz von Sojaextraktionsschrot führte zu höheren biologischen Leistungen als der Einsatz von Rapsexpeller. Der Blick auf die unterschiedlichen Getreidearten zeigte, dass Weizen/Roggen-Rationen ähnliche biologischen Leistungen ermöglichten wie der alleinige Einsatz von Weizen. Der Einsatz von höheren Anteilen an Roggen führte zu signifikant geringeren biologischen Leistungen.

Tabelle 3: Biologische Leistungen, während der Grower und Finisher Phase, differenziert nach Futtermittelvariante und Standort\* (Kleinstquadratmittelwerte  $\pm$  Standardfehler (SEM)).

	Variante						SEM	P-Wert
	WS	RoS	WRa	RoRa	WRoS	WRoRa		
<b>Grower Haus Düsse</b>								
Gewicht (g)	1373	1365	1385	1310	1358	1318	18,4	0,068
Futtermenge (g/Tier)	1400	1382	1372	1360	1375	1360	12,4	0,305
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	74,9	75,1	75,7	70,6	73,5	70,8	1,4	0,08
<b>Grower Kitzingen</b>								
Gewicht (g)	1364 <sup>a</sup>	1322 <sup>b</sup>	1310 <sup>b</sup>	1322 <sup>b</sup>	1365 <sup>a</sup>	1318 <sup>b</sup>	9,3	<0,001
Futtermenge (g/Tier)	1447 <sup>a</sup>	1382 <sup>b</sup>	1394 <sup>b</sup>	1385 <sup>b</sup>	1443 <sup>a</sup>	1400 <sup>b</sup>	9,6	<0,001
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	77,5 <sup>a</sup>	74,4 <sup>b</sup>	73,5 <sup>b</sup>	74,2 <sup>b</sup>	77,4 <sup>a</sup>	74,2 <sup>b</sup>	0,60	<0,001
Wasserverbrauch (ml/Tier)	2747 <sup>c</sup>	2878 <sup>ab</sup>	2664 <sup>d</sup>	2929 <sup>a</sup>	2821 <sup>bc</sup>	2794 <sup>c</sup>	27,7	<0,001
<b>Finisher Haus Düsse</b>								
Gewicht (g)	2667 <sup>ab</sup>	2635 <sup>ab</sup>	2587 <sup>bc</sup>	2520 <sup>d</sup>	2670 <sup>a</sup>	2570 <sup>cd</sup>	17,7	<0,001
Futtermenge (g/Tier)	2124 <sup>a</sup>	2069 <sup>b</sup>	2065 <sup>b</sup>	2035 <sup>b</sup>	2074 <sup>b</sup>	2036 <sup>b</sup>	17,7	0,017
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	110,71 <sup>a</sup>	107,65 <sup>ab</sup>	102,30 <sup>c</sup>	102,94 <sup>bc</sup>	111,07 <sup>a</sup>	105,61 <sup>bc</sup>	1,8	0,007
<b>Finisher Kitzingen</b>								
Gewicht (g)	2658 <sup>a</sup>	2550 <sup>b</sup>	2560 <sup>b</sup>	2539 <sup>b</sup>	2642 <sup>a</sup>	2571 <sup>b</sup>	25,0	0,001
Futtermenge (g/Tier)	1929	1890	1898	1924	1943	1926	17,4	0,281
Tägliche Gewichtszunahme (g/d)	114,7 <sup>a</sup>	109,3 <sup>b</sup>	114,3 <sup>a</sup>	108,8 <sup>b</sup>	114,5 <sup>a</sup>	112,1 <sup>ab</sup>	2,36	0,028
Wasserverbrauch (ml/Tier)	3231 <sup>c</sup>	3699 <sup>b</sup>	3307 <sup>c</sup>	3906 <sup>a</sup>	3600 <sup>b</sup>	3622 <sup>b</sup>	42,8	<0,001

<sup>a,b,c,d</sup> Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%.

\*Haus Düsse: Genetik Ross 308, Aviagen, USA; Lfl: Cobb 500, Cobb-Vantress, USA

## Diskussion

Der Versuch über beide Standorte hat gezeigt, dass neben der Kontrollvariante mit Weizen als dominierende Getreideart auch ein gewisser Einsatz von Roggen in der Ration – in diesem Fall bis zu 12,5 bzw. 15% - möglich ist, ohne die Mast- und Schlachtleistung von Masthühnern zu beeinflussen. Die Variante Weizen Roggen Soja (WRoS) zeigte an beiden Standorten biologische Leistungen, die vergleichbar waren mit der Kontrollration WS. Im direkten Vergleich der Getreidearten zeigt sich an beiden Standorten, dass höhere Zugaben von Roggen anstatt Weizen die biologischen Leistungen negativ beeinflussen. Gleichzeitig haben die Tiere mit Roggen in der Ration signifikant mehr Wasser verbraucht. Dies könnte durch die höheren NSP-Gehalte der Roggenrationen hervorgerufen worden sein, was vor allem im Hinblick auf die Fußballengesundheit negativ zu beurteilen ist. Plesch und Bellof (2016) zeigten, dass eine Zufütterung von bis zu 15 % Rapsextraktionsschrot im Grower und Finisher in der Ration von Masthühnern möglich ist, ohne die Leistung zu beeinflussen. Im hier beschriebenen Versuch hat ein Vergleich der Eiweißfuttermittel gezeigt, dass der Einsatz von 10 % Rapsexpeller im Gegensatz zu Sojaextraktionsschrot die biologischen Leistungen signifikant verringert. Es ist möglich, dass die gegensätzlichen Ergebnisse auf das eingesetzte Rapsprodukt (Rapsexpeller) zurückzuführen sind und beim Einsatz von Rapsextraktionsschrot andere Ergebnisse erzielt worden wären. An der Lfl in Kitzingen zeigten die mit Rapsexpeller gefütterten Tiere im Finisher allerdings vergleichbare Leistungen wie die Varianten WS und WRoS. Ob diese geringfügig festgestellten Unterschiede zwischen beiden Standorten auf einen Standort- oder einen Genetikeffekt zurückzuführen waren, kann aufgrund des Versuchsdesigns nicht abgeleitet werden.

## Fazit

Ein Anteil von 12,5 % im Grower bzw. 15 % im Finisher von Roggen in der Ration von Masthühnern scheint möglich zu sein, ohne die biologischen Leistungen negativ zu beeinflussen. Der Vergleich der Eiweißfuttermittel zeigt, dass bereits ein Anteil von 10% Rapsexpeller die biologischen Leistungen von Masthühnern negativ beeinflussen kann. Inwieweit die teilweise abweichenden Ergebnisse zwischen den beteiligten Einrichtungen durch die verwendete Genetik oder die Haltungsumwelt bedingt sind, kann anhand der vorliegenden Daten nicht geschlussfolgert werden.

## Literaturverzeichnis

- Butterworth A (2013): On-Farm Broiler Welfare Assessment and Associated Training. *Rev Bras Cienc Avic* 15: 71–78.
- Rodehutsord, M., Rückert, C., Maurer, H. P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K. E., Mosenthin, R. (2016). Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of animal nutrition*, 70(2), 87-107.
- Kluth, H., Fricke, M., Rodehutsord, M. (2009). Precaecal amino acid digestibility of different wheat cultivars in broilers. *Archiv für Geflügelkunde*, 73(2), 80-86.
- El-Wahab, A. A., Lingens, J. B., Chuppava, B., Ahmed, M. F., Osman, A., Langeheine, M., Visscher, C. (2020). Impact of rye inclusion in diets for broilers on performance, litter quality, foot pad health, digesta viscosity, organ traits and intestinal morphology. *Sustainability*, 12(18), 7753.
- Bederska-Łojewska, D., Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Schwarz, T. (2017). Rye non-starch polysaccharides: their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices – a review. *Annals of Animal Science* 17(2), 351-369.
- Parsons, C. M. (1985). Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' dried grains with solubles. *The Journal of Agricultural Science*, 104(2), 469-472.
- Plesch, P.; Bellof, G.: Rapsextraktionsschrot in der Fütterung von Mastgeflügel (2016). Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.
- Wilkinson, J. M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *animal*, 5(7), 1014-1022.

### Autorenanschrift

Pia Niewind  
Landwirtschaftskammer NRW  
Haus Düsse 2  
59505 Bad Sassendorf  
Tel.: 02945 989 180  
E-Mail: pia.niewind@lwk.nrw.de

Dr. Jochen Krieg  
Landwirtschaftskammer NRW  
Haus Düsse 2  
59505 Bad Sassendorf  
Tel.: 02945 989 160  
E-Mail: jochen.krieg@lwk.nrw.de

Dr. Philipp Hofmann  
Bayerische Landesanstalt für  
Landwirtschaft  
Institut für Landtechnik und  
Tierhaltung  
Mainbernheimer Str. 101  
97318 Kitzingen  
Tel.: 08161 8640 1922  
E-Mail: philipp.hofmann@lfl.bayern.de

# Lignocellulose in broiler feeding: A comparison of productive performance and economy of eubiotic lignocellulose and 1<sup>st</sup> generation lignocellulose

Rüdiger Kratz<sup>1</sup>, Nina Neufeld<sup>1</sup>

<sup>1</sup> agromed Austria GmbH, Austria

## Introduction

Broilers are fed diets rich in energy and protein to exploit their genetic growth potential and enable cost-efficient production. The aME (apparent metabolizable energy) in broiler feed is strongly negatively correlated with fibre parameters ( $r = -0.56$  to  $-0.81$  for CF, NDF, ADF, NSP, Wu et al., 2019). Accordingly, the crude fibre content in commercial broiler feed is 2.2-3.3 g/kg only (Grünwald et al., 2017). Such low fibre concepts enable low feed conversion ratio (FCR). Here cost efficiency is resource-saving for reduced CO<sub>2</sub> footprint of poultry meat production. However, Mateos et al. (2012) review the various benefits of feeding oat hulls, sugar beet pulp, cellulose, pea hulls, soybean hulls, rice hulls, sunflower hulls to improve gizzard development, gut morphology, digestibility, and growth performance. This is a strong indication on feeding fibre to broiler. The practical application may be still difficult as the basic fibre content, production level, housing environment and climatic conditions have an impact on the outcome. Additional fibre might increase viscosity, being highly correlated to intestinal viscosity and body weight gain ( $r = 0.60$  resp.  $-0.72$ , Ayres et al., 2019).

Therefore, feeding fibrous feed may be detrimental and not advised. Contrary, feeding a defined eubiotic lignocellulose (OptiCell®) that delivers micronized inert and fermentable dietary fibre is known to modulate the gut microbiome and speed up gut development (Zeitz et al., 2019; Röhe et al., 2020). In some areas 1<sup>st</sup> generation lignocellulose out of only inert dietary fibre is still being fed. The aim of this test was to compare both types of lignocelluloses at broiler feeding.

## Material and Methods

The feeding study was conducted at Freie Universität Berlin in quarter 2, 2024. The objective of the present study was to evaluate the efficacy of different lignocelluloses (OptiCell®, agromed Austria GmbH, Kremsmünster Austria, 1<sup>st</sup> generation lignocellulose) supplemented at recommended dose levels (0.8 %) into basal diets of broiler chickens from d 0 to d 35 of age (table 1). Two control diets presented as mash from d 0 to d 14 of age (control starter diet) and from d 15 to d 35 of age (control grower diet) were fed, meeting or slightly exceeding the nutritional requirements of growing broiler chickens as recommended by the Society of Nutrition Physiology (1999).

Table 1: Feed materials and nutrients in starter and grower diet feeds (calculated).

	starter	grower
Components, %		
Corn	31.2	32.5
Soybean meal	33.3	30.0
Wheat	25.2	26.4
Soybean oil	5.2	5.8
Premix	4.3	4.5
Supplement <sup>1</sup>	0.8	0.8
Nutrients,		
MJ/kg resp. g/kg	starter	grower
AMEn	12.42	13.18
Crude protein	216	200
Lys	12.7	12.0
M&C	9.3	8.5
Crude fibre	26	24
Crude fat	74	81
Total dietary fibre	129	125
Soluble dietary fibre	10.9	10.7

<sup>1</sup> Tixosil, OptiCell® or 1<sup>st</sup> gen. lignocellulose (LC)

In total, 240 male broiler chickens (Cobb 500) from d 0 to d 35 of age were used: 80 birds per treatment and 10 broiler chickens per pen (replicate). Pens were measuring on average 1.8 x 1.2 m, providing 0.22 m<sup>2</sup> per bird. The lighting program was constantly maintained at for 24 hours from d 0 up to d 4 of age. From d 5 of age onwards constantly 18 hours light for a 24 h day was given.

Responses were demonstrated on growth performance (body weight gain, feed intake, feed-to-gain ratio, European Poultry Efficiency Factor), health status and litter quality (scoring) throughout the 35-d experimental period. The litter scoring ranged from 1 (dry & crumbly) to 5 (100% capping or completely wet).

All measurements taken at pen-level or at individual level, the basic statistical technique used was ANOVA. After checking model assumptions, Tukey test was applied. Differences were considered significant when  $P < 0.05$ , whereas  $P < 0.10$  was considered a near-significant trend. Analysis was performed with the software package SPSS (IBM SPSS Version 25). Outlier were not removed prior to statistical analysis.

## Results

The test ran without problems. Mortality was lowest in the eubiotic lignocellulose (eub. LC) group (table 2). The litter was scored between (dry and crumbly) and 2 (crumbly but lightly wet) indicating the litter at any pen was in good condition even as the LC product numerically reduced these numbers (table 3).

Table 2: Mortality or culls.

	Control	eub. LC <sup>1</sup>		1 <sup>st</sup> gen. LC	
%	5.00%	2.50%	-50%	3.75%	-25%

<sup>1</sup>OptiCell®

Table 3: Litter scoring (1-5).

	Control	eub. LC		1 <sup>st</sup> gen. LC	
DOL35	1.47	1.31	-11%	1.38	-6%

Table 4: Productive performance.

	Control	eub. LC		1 <sup>st</sup> gen. LC	
DOL 1-14					
DFI <sup>1</sup> , g	32.4	32.1	-0.9%	31.5	-2.8%
ADG <sup>2</sup> , g	27.7	28.2	+1.8%	27.6	-0.4%
FCR <sup>3</sup>	1.170	1.137	-2.8%	1.140	-2.6%
DOL 15-35					
DFI, g	125.8	125.2	-0.5%	124.6	-1.0%
ADG, g	98.0 <sup>b</sup>	103.5 <sup>a</sup>	+5.6%	101.1 <sup>a</sup>	+3.2%
FCR	1.283 <sup>a</sup>	1.210 <sup>b</sup>	-5.7%	1.233 <sup>b</sup>	-3.9%
DOL 1-35					
DFI, g	88.4	88.0	-0.5%	87.4	-1.1%
ADG, g	69.9 <sup>c</sup>	73.4 <sup>a</sup>	+5.0%	71.7 <sup>b</sup>	+2.6%
FCR	1.265 <sup>a</sup>	1.199 <sup>b</sup>	-5.2%	1.219 <sup>b</sup>	-3.6%
FCRc <sup>4</sup>		1.175	-10.2%	1.207	-4.6%

<sup>1</sup>DFI: daily feed intake; <sup>2</sup>ADG: average daily gain; <sup>3</sup>FCR: feed conversion ratio; <sup>4</sup>FCRc:  $FCR_{\text{trial}} - (BW_{\text{control}} - BW_{\text{trial}}) * 0.2$  [BW: body weight]; <sup>a, b</sup> p ≤ 0,05

Production performance is presented in table 4 for starter and grower period, also for full growth period. The European Poultry Efficiency Factor (EPEF) – important for economic comparison – is presented in table 5. In comparison to control birds the application of eubiotic lignocellulose reduced feed intake slightly but had a strong impact on daily gains by +5%. The reduction of feed intake was even more visible in the group of 1<sup>st</sup> gen. LC with lower daily gains. Best results could be achieved with eubiotic lignocellulose: FCR: -5%, FCRc: -7%, EPEF: +14%. The impact of 1<sup>st</sup> gen. lignocellulose was intermediate.

Table 5: EPEF<sup>1</sup> - European poultry efficiency factor.

	Control	eub. LC		1 <sup>st</sup> gen. LC	
DOL 1-14	231 <sup>xy</sup>	245 <sup>x</sup>	+6.1%	240 <sup>xy</sup>	+3.9%
DOL 15-35	737 <sup>b</sup>	845 <sup>a</sup>	+14.7%	801 <sup>a</sup>	+8.7%
DOL 1-35	519 <sup>b</sup>	597 <sup>a</sup>	+15.0%	570 <sup>a</sup>	+9.8%

<sup>1</sup>EPEF = (average grams gained/day x % survival rate) / feed conversion ratio x 10; <sup>a, b</sup> p ≤ 0.05, <sup>x, y</sup> p ≤ 0.10

## Discussion

The use of crude fibre in poultry is seen very critically in practice, as dietary fibre is generally suspected of diluting the ration, increasing the viscosity of the feed in the stomach and reducing digestibility, metabolizable energy and economic results (Bedford et al., 2024, WPSA, 1989). The doctrine in animal nutrition is that 1% crude fibre reduces the average digestibility of organic matter in chickens by about 2%. Accordingly, crude fibre is viewed very critically in broilers. On the other hand, actual scientific research is attributing positive effects to dietary fibres. Hetland et al. (2003) reveal better ileal starch digestibility at 10 % oat hull inclusion in broiler diets. Kalmendal et al (2011) show increased protein and fat digestibility when including high dosages of sunflower cake. Jimenez-Moreno et al. (2019) proved positive effects of oat hulls, sunflower hulls and rice hulls on starch digestibility.

Composition of the complete ration and quality of the dietary fibres play an important role in what effects are seen in the end. Röhe and Zentek (2021) present a review on the effects of lignocellulose as a fibre source and come to the conclusion that under certain circumstances lignocellulose is suitable to increase the digestibility of the ration and to develop a positive influence on the FCR. Liebl et al. (2022) confirm these findings and state that lignocellulose reduces the FCR und thus significantly increase EPEF.

These effects were also demonstrated for both lignocelluloses in the feeding trial presented. In this trial feed intake and weight gain for all groups were slightly lower than the breeding targets (COBB, 2022). What is remarkable in this trial, however, is that even the control animals showed a 10 % reduction in FCRc compared to the genetic standard and that these values could be further improved by lignocellulose.

The use of both lignocelluloses had a significant effect on FCR and EPEF, with the eubiotic lignocellulose performing best for both parameters (FCRc 1.175 vs. 1.207; EPEF plus 15.0 % vs. plus 9.8 % compared to the control group).

The EPEF provides information on the economic efficiency of lignocelluloses. Additionally, the income over feed costs (IOFC). For this purpose, the market price for live broiler body weight was set at 1.15 €/kg and the feed price was at an average of 0.40 €/kg. The eubiotic Lignocellulose achieved an additional IOFC of € 0.209 and the 1<sup>st</sup> generation lignocellulose of € 0.114 per bird.

The dosage of 0.8 % thus proved to be suitable for increasing production parameters as well as being economically reasonable.

Table 6: Economics – income over feed costs.

	Control	eub. LC		1 <sup>st</sup> gen. LC	
€/broiler	1.441	1.650		1.554	
rel. control		0.209	+15%	0.114	+8%

## Conclusion

The presented broiler feeding trial was carried out under very good conditions at a remarkably high level of production performance. For all groups FCR was better than breed standard. Even at this performance level lignocelluloses reduced mortality and improved performance (ADG, FCR, FCRc, EPEF) and economic results (IOFC). Differences between eubiotic lignocellulose and 1<sup>st</sup> gen. lignocellulose were statistically not significant but practically relevant: -2.7% FCRc, +4.7% EPEF, +78% IOFC in favour of eubiotic lignocellulose (OptiCell®).

## Literatur

- Ayres, V.E.; Broomhead, J.N.; Li, X.; Raab, R.M.; Moritz, J.S. (2019): Viscosity and growth response of broilers fed high fiber diets supplemented with a corn-produced recombinant carbohydrase. *J. Appl. Poult. Res.* 28:826–836
- Bedford, M.R.; Svihus, B.; Cowieson, A.J. (2024): Dietary fibre effects and the interplay with exogenous carbohydrases in poultry nutrition. *Animal Nutr.* 16, 231-240
- COBB (2022): Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement. [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com)
- Dunlop, M.; Moss, A.F.; Groves, P.J.; Wilkinson, S.J.; Stuetz, R.M.; Selle, P.H. (2016): The multidimensional causal factors of 'wet litter' in chicken-meat production. *Sci. Total Environment* 562 (2016) 766–776
- GfE (1999): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Broiler, Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Grünewald, K.-H.; Damme, K.; Schwick, S. (2017): Geflügelmastfutter im Test. MB295. VFT – Futtermitteltest e.V.
- Hetland, H.; Svihus, B.; Krogdahl, A. (2003): Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science* 44:2, 275-282
- Jimenez-Moreno, E.; Gonzalez-Alvarado, J.M.; de Coda-Sinova, A.; Lazaro, R.P.; Camara, L., Mateos, G.G. (2019): Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. *Poultry Science* 98, 2531-2547
- Kalmendal, R.; Elwinger, K.; Holm, L.; Trauson, R. (2011): High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52:1, 86-96
- Mateos, G.G.; Jiménez-Moreno, E.; Serrano, M.P.; Lázaro, R.O. (2012): Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 21, 156-174
- Röhe, I.; Vahjen, W.; Methger, F.; Zentek, J. (2020): Effect of a "diluted" diet containing 10% lignocellulose on the gastrointestinal tract, intestinal microbiota, and excreta characteristics of dual purpose laying hens. *Poultry Science*, 99:1, 310-319
- WPSA (1989): European table of energy values for poultry feedstuffs. Subcommittee Energy of the Working Group nr. 2 Nutrition of the European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association. ISBN 90-71463-00-0
- Wu, S.-B.; Swick, R.A.; Noblet, J.; Rodgers, N.; Cadogan, D.; Choct, M. (2019): Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poult. Sci.* 98, 1222-1234
- Zeitl, J.O.; Neufeld, K.; Potthast, C.; Kroismayr, A.; Most, E.; Eder, K. (2019): Effects of dietary supplementation of the lignocelluloses FibreCell and OptiCell on performance, expression of inflammation-related genes and the gut microbiome of broilers. *Poultry Science*, 98:1, 287-297

### Autorenanschrift

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

# Meta-Analyse zur Bewertung und Optimierung der rechnerisch ermittelten Protein-Nutzungseffizienz bei Masthühnern

**Daniel Sassenberg<sup>1</sup>, Thomas Martin Lange<sup>1</sup>, Wolfgang Siegert<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen

## Einleitung

Die Ziele der Forschung zur Ernährung von Nutztieren schließen ein, negative Auswirkungen der Nutztierhaltung auf die Umwelt zu minimieren und zur globalen Ernährungssicherheit beizutragen. Diese Ziele können durch eine Reduktion des Gehalts an Rohprotein (XP) im Futter ohne unerwünschte Effekte, wie Auswirkungen auf die Gesundheit oder Beeinflussung der Leistung, erreicht werden (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2017). Dadurch erhöht sich die Effizienz der Umwandlung von Proteinen im meist pflanzlichen Futter zu Proteinen in tierischen Lebensmitteln. Eine Schlüsselkennzahl zur Beurteilung dieser Effizienz ist die Protein-Nutzungseffizienz, die das Verhältnis des im Tier angesetzten Proteins zum mit dem Futter aufgenommenen Proteins darstellt.

Die Protein-Nutzungseffizienz kann mit mehreren Verfahren ermittelt werden. In Experimenten kann die Protein-Nutzungseffizienz bestimmt werden, indem das angesetzte Protein durch Differenz aus N-Aufnahme und N-Ausscheidung ermittelt wird. Dies erfordert eine vollständige Sammlung der Exkremate sowie die Kenntnis der XP-Konzentration in den Exkrementen. Diese Methode liefert präzise Ergebnisse. Allerdings ist die vollständige Sammlung der Exkremate arbeitsintensiv, zeitaufwändig und erfordert eine Haltung der Tiere, die u.a. in Deutschland tierschutzrechtlich genehmigungspflichtig ist. Somit ist diese Methode in der Praxis unüblich. Alternativ kann die Protein-Nutzungseffizienz durch ein rechnerisches Verfahren ermittelt werden. Dabei wird üblicherweise angenommen, dass der N-Ansatz 29 g/kg Lebendmassezuwachs beträgt. Somit kann der Protein-Ansatz unmittelbar aus der Lebendmasseveränderung ermittelt werden. Dies ermöglicht eine Ermittlung der Protein-Nutzungseffizienz aus der Kenntnis der Futteraufnahme, des XP-Gehalts des Futters und der Lebendmasseveränderung, wodurch sich dieses Verfahren in der Praxis umsetzen lässt. Allerdings ist der N-Anteil im Lebendmassezuwachs nicht konstant und hängt u.a. vom Fettgehalt im Zuwachs ab. Beispielsweise reichte die Spanne des N-Anteils bei Ganzkörperanalysen von 26 bis 33 g/kg Lebendmasse (Ullrich et al. 2018). Somit kann die mit dem rechnerischen Verfahren ermittelte Protein-Nutzungseffizienz erheblich von der tatsächlichen Protein-Nutzungseffizienz abweichen.

Ziel dieses Beitrages war es, durch eine Meta-Analyse zu prüfen, inwieweit die experimentell ermittelte Protein-Nutzungseffizienz vom rechnerischen Verfahren abweicht. Weiterhin sollte untersucht werden inwieweit das Verfahren zur Berechnung der Protein-Nutzungseffizienz durch multiple Regressionen mit in der Praxis üblicherweise verfügbaren Inputs (XP-Gehalt im Futter, Futteraufnahme, Alter) präzisiert werden kann.

## Material und Methoden

Das Ergebnis einer Literatursuche war ein Datensatz mit insgesamt 657 Datenzeilen aus 91 Publikationen (Tabelle 6; Literatur wird auf Nachfrage bereitgestellt). Auswahlkriterien waren: 1) begutachtete Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften ab dem Jahr 2016 mit Ende der Literatursuche am 30. Mai 2024, 2) Darstellung der durch quantitative Exkrematsammlung ermittelten

Protein-Nutzungseffizienz mit Masthühnern, 3) Darstellung von Daten, die die Kalkulation der rechnerisch ermittelten Protein-Nutzungseffizienz zulassen, 4) Angabe der Genetik und keine nicht-kommerzielle Masthühnerlinien, und 5) Angabe des Alters während der Exkrementensammlung. Der Datensatz enthielt sowohl in den jeweiligen Publikationen angegebene sowie daraus zu errechnende Daten.

Tabelle 6: Deskriptive Beschreibung des Datensatzes.

	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
<u>Futterinhaltsstoffe</u>				
XP (% Trockenmasse)	22,4	3,1	13,2	32,3
ME (MJ/kg Trockenmasse)	14,0	1,06	9,3	17,0
<u>Bilanzierung</u>				
durchschnittliches Alter (d)	26,7	9,3	3,5	47,0
Protein-Nutzungseffizienz (bestimmt)	0,66	0,08	0,37	0,90
<u>Beschreibung der Tiere</u>				
Durchschnittliches Alter (d)	21,9	8,7	3,5	42,0
Futteraufnahme (g Trockenmasse/d)	93,5	39,9	13,0	202
Lebendmassezuwachs (g/d)	66,9	26,1	17,9	133
Futterverwertung (Trockenmasse- Aufnahme/g Lebendmassezuwachs)	1,39	0,31	0,60	2,89
N-Aufnahme (g/d)	3,3	1,4	0,6	7,1
<u>Rechnerisch bestimmte Werte</u>				
N-Ansatz (g/d)	2,17	0,96	0,35	4,61
Protein-Nutzungseffizienz (berechnet mit N-Anteil im Lebendmassezuwachs)				
29 g N/kg („PNE <sub>R29</sub> “)	0,62	0,13	0,31	1,26
30 g N/kg („PNE <sub>R30</sub> “)	0,64	0,13	0,32	1,30
31 g N/kg („PNE <sub>R31</sub> “)	0,66	0,14	0,33	1,35
32 g N/kg („PNE <sub>R32</sub> “)	0,68	0,14	0,34	1,39

Die statistische Auswertung und Erstellung von Abbildungen erfolgten mithilfe der Software R (R Studio Version 2023.09.1+494). Die verwendeten statistischen Verfahren gehen aus den folgenden Beschreibungen hervor.

## Ergebnisse und Diskussion

Eine Gegenüberstellung der experimentell bestimmten und berechnenden Protein-Nutzungseffizienz mit dem üblicherweise verwendeten N-Anteil im Lebendmassezuwachs von 29 g N/kg zeigte erhebliche Abweichungen (Abbildung 1). Die berechneten Protein-Nutzungseffizienzen beinhalteten Werte, die

über 1,0 und somit biologisch unmöglich sind. Über den gesamten Datensatz hinweg unterschätzten die berechneten die experimentell bestimmten Werte der Protein-Nutzungseffizienz. Die Differenzen zwischen experimentell bestimmter und berechneter Protein-Nutzungseffizienz waren erheblich und nicht normalverteilt, was anhand des Histogramms in Abbildung 1 und einer statistischen Auswertung mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests hervorging ( $p < 0,05$ ).

Ein Vergleich der experimentell bestimmten und berechnenden Protein-Nutzungseffizienz mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests zeigte einen signifikanten Unterschied beim üblicherweise verwendeten N-Anteil im Lebendmassezuwachs von 29 g N/kg ( $p < 0,05$ ) mit einer Abweichung der Protein-Nutzungseffizienz von 0,041 (Tabelle 7). Die berechnete Protein-Nutzungseffizienz bei einem N-Anteil im Lebendmassezuwachs von 31 und 32 g/kg unterschied sich nicht signifikant von der experimentell bestimmten Protein-Nutzungseffizienz. Allerdings war der Schätzfehler unabhängig vom bei der Berechnung verwendeten N-Anteil im Lebendmassezuwachs erheblich, wie aus dem mittleren absoluten Fehler hervorging.

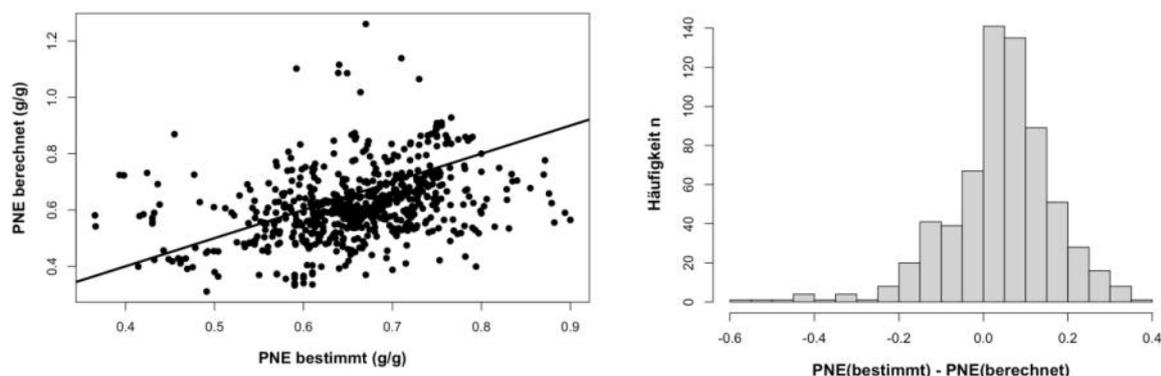


Abbildung 1: Zusammenhang der experimentell bestimmten und berechneten Protein-Nutzungseffizienz (PNE) bei einem N-Anteil im Lebendmassezuwachs von 29 g N/kg (links) und Histogramm der Differenzen der experimentell bestimmten und berechneten Proteinnutzungseffizienz (rechts). Die Linie in der linken Abbildung zeigt die Winkelhalbierende.

Tabelle 7: Vergleich der experimentell bestimmten Protein-Nutzungseffizienz ( $PNE_{\text{bestimmt}}$ ) und der rechnerisch ermittelten Protein-Nutzungseffizienz mit verschiedenen Annahmen zum N-Anteil im Lebendmassezuwachs (siehe Tabelle 1 für Abkürzungen).

	$PNE_{\text{bestimmt}}$	$PNE_{R29}$	$PNE_{R30}$	$PNE_{R31}$	$PNE_{R32}$
Mittelwert	0,656 <sup>ab</sup>	0,615 <sup>d</sup>	0,636 <sup>c</sup>	0,657 <sup>b</sup>	0,679 <sup>a</sup>
SD <sup>1</sup>	0,08	0,13	0,13	0,14	0,14
SQR <sup>2</sup>		11,4	11,1	11,4	12,4
MAE <sup>3</sup>		0,10	0,10	0,10	0,10

<sup>a-d</sup> Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Standardabweichung.

<sup>2</sup>Summe der quadrierten Residuen zwischen berechneter und experimentell bestimmter Protein-Nutzungseffizienz.

<sup>3</sup>Mittlerer absoluter Fehler zwischen der berechneten und bestimmten Protein-Nutzungseffizienz.

Zwei Strategien zur Präzisierung der Berechnung der Protein-Nutzungseffizienz durch multiple Regressionen wurden geprüft. Als erster Ansatz wurde die Protein-Nutzungseffizienz ( $PNE_{MLR1}$ ) direkt aus dem XP-Gehalt im Futter, der Futteraufnahme und dem Alter der Tiere geschätzt. Das Ergebnis der multiplen linearen Regression war (Standardfehler in Klammern, Einheiten wie in Tabelle 1):

$$PNE_{MLR1} = 0,914 (0,024) - 0,0095 (0,0010) \times XP + 0,0009 (0,0001) \times \text{Futteraufnahme} - 0,0061 (0,0005) \times \text{Alter} [R^2 0,24; RMSE 0,074] \quad (1)$$

Als zweiter Ansatz wurde zunächst der N-Ansatz als abhängige Variable in einer multiplen linearen Regression geprüft. Dieser Schätzwert wurde dann durch die N-Aufnahme dividiert um auf die Proteinnutzungseffizienz ( $PNE_{MLR2}$ ) zu schließen. Das Ergebnis der multiplen linearen Regression war (Standardfehler in Klammern, Einheiten wie in Tabelle 1):

$$\text{N-Ansatz} = -1,038 (0,0875) + 0,0536 (0,0035) \times XP + 0,0274 (0,0004) \times \text{Futteraufnahme} - 0,0255 (0,0020) \times \text{Alter} [R^2 0,92; RMSE 0,27] \quad (1)$$

Die mithilfe der multiplen linearen Regressionen geschätzten Werte der Protein-Nutzungseffizienz lagen im Mittel nahe der bestimmten Protein-Nutzungseffizienz und der Schätzfehler war im Vergleich zu den mit festen N-Anteilen im Zuwachs berechneten Werten der Protein-Nutzungseffizienz deutlich geringer (Tabelle 8). Durch die Vorgehensweise mit  $PNE_{MLR1}$  wurde der mittlere absolute Fehler auf die Hälfte reduziert. Allerdings wurde die Protein-Nutzungseffizienz mit diesen Berechnungen im unteren Bereich systematisch überschätzt und im oberen Bereich systematisch unterschätzt (Abbildung 2). Das Ausmaß dieser systematischen Abweichungen war erheblich. Somit deuteten die Ergebnisse an, dass die Vorgehensweise  $PNE_{MLR1}$  besonders für Werte der Protein-Nutzungseffizienz im mittleren Bereich geeignet ist, da hier die Werte nahe der Winkelhalbierenden waren und keine biologisch unmöglichen Werte ermittelt wurden.

Tabelle 8: Vergleich der mit multiplen linearen Regressionen (Gleichungen 1 und 2) ermittelten Protein-Nutzungseffizienz ( $PNE_{MLR1}$  bzw.  $PNE_{MLR2}$ ) und der bestimmten Protein-Nutzungseffizienz ( $PNE_{bestimmt}$ ).

	$PNE_{bestimmt}^1$	$PNE_{MLR1}$	$PNE_{MLR2}$
Mittelwert <sup>2</sup>	0,656	0,656	0,660
SD <sup>3</sup>	0,08	0,04	0,14
SQR <sup>4</sup>		3,5	7,4
MAE <sup>5</sup>		0,05	0,07

<sup>1</sup>Werte identisch zu Tabelle 2. Die Werte sind hier zum direkten Vergleich mit  $PNE_{MLR1}$  und  $PNE_{MLR2}$  dargestellt.

<sup>2</sup>Keine signifikante Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test  $p < 0,05$ ).

<sup>3</sup>Standardabweichung.

<sup>4</sup>Summe der quadrierten Residuen der berechneten und experimentell bestimmten Protein-Nutzungseffizienz.

<sup>5</sup>Mittlerer absoluter Fehler zwischen  $PNE_{MLR1}$  bzw.  $PNE_{MLR2}$  und  $PNE_{bestimmt}$ .

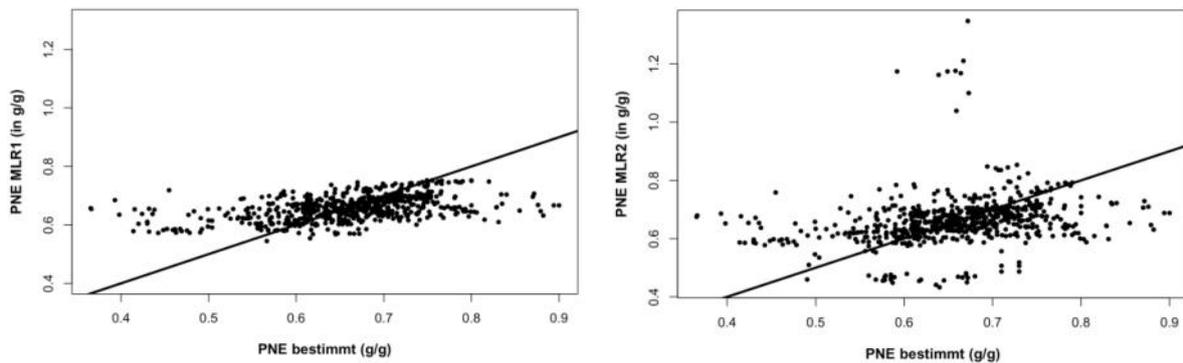


Abbildung 2: Zusammenhang der experimentell bestimmten und mithilfe der multiplen linearen Regressionen (Gleichungen 1 und 2) ermittelten Protein-Nutzungseffizienz (PNE). Die Linien zeigen die Winkelhalbierende.

## Schlussfolgerungen

Die Auswertungen zeigten, dass das Verwenden eines konstanten N-Anteils im Lebendmassezuwachs bei der rechnerisch ermittelten Protein-Nutzungseffizienz unabhängig der Höhe des angenommenen N-Anteils im Lebendmassezuwachs zu erheblichen Fehleinschätzungen führen kann. Das Einbeziehen des Alters in multiplen linearen Regressionen führte im mittleren Bereich zu einer erheblich präziseren Ermittlung der Protein-Nutzungseffizienz im Vergleich zum bislang üblichen Verfahren. Für die Zukunft ist es interessant zu prüfen, inwieweit die erheblichen systematischen Abweichungen bei hoher bzw. niedriger Protein-Nutzungseffizienz durch Einbeziehen weiterer Input-Faktoren zu reduzieren sind.

## Literatur

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. 2017. Opinion on the indispensability of animal experiments in animal nutrition research and suitability of alternative methods. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 26: 218–224.

Ullrich C, M Langeheine, R Brehm, V Taube, D Siebert, C Visscher. 2018. Influence of reduced protein content in complete diets with a consistent arginine–lysine ratio on performance and nitrogen excretion in broilers. *Sustainability* 10: 3827. doi 10.3390/su10113827.

Die 91 für die Erstellung des Datensatzes verwendeten Publikationen werden auf Anfrage bereitgestellt.

## Autorenanschrift

Prof. Dr. Wolfgang Siegert  
Tierernährungsphysiologie und Ressourceneffizienz  
Department für Nutztierwissenschaften  
Georg-August-Universität Göttingen  
Kellnerweg 6  
37077 Göttingen  
Email: wolfgang.siegert@uni-goettingen.de

# Grape polyphenols can replace synthetic vitamin E under standard and challenging feed formulations of broiler diets

Avi, R<sup>1</sup>. , Aguayo, A<sup>1</sup>. , Sol, C<sup>1</sup>. , Horta, F<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nuproxa Switzerland Ltd.

## Introduction

The poultry industry has long relied on synthetic antioxidants, such as vitamin E, to mitigate oxidative stress in birds, particularly raised under intensive production conditions exposed to different stressors that can affect their productivity (Surai et al., 2019). Oxidative stress, driven by the accumulation of free radicals, can impair poultry growth, reduce feed efficiency and negatively impact in other growth or meat quality parameters (Zhang et al., 2011). As the demand for more natural and sustainable farming practices grows, there is increasing interest in replacing synthetic additives with natural alternatives that provide similar or superior benefits.

Dry grape extracts contain high levels of polyphenols and proanthocyanidins which confer high antioxidant capacity. Polyphenols work as antioxidants by quenching of free radicals, chelating metal ions that induce the production of free radicals and by increasing the activity of antioxidant enzymes like superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPx) (Halliwell and Gutteridge, 2015). Previous work has shown that grape extract can partly replace synthetic vitamin E in broiler diets without altering zootechnical performance (Dewez et al., 2022).

This study aims to evaluate the efficacy of a grape seed extract additive as a natural antioxidant to partially or totally replace synthetic vitamin E in broilers fed a diet with high levels of polyunsaturated fatty acids, iron (Fe) and metabolizable energy (ME), with a focus on its impact on growth performance.

**Keywords:** Antioxidants, vitamin E, grape extract, polyphenols, oxidative stress.

## Materials and methods

The study was conducted with the research service of ZOOTEEST, Ploufragan and within a commercial barn (GAEC de La Ville Gestin, Gestin 22640). One thousand and twenty (1020) day-old ROSS-308 chicks (100% males) were weighed and randomly distributed among 60 pens (17 chicks / pen) and 6 treatments (T) (Table 1) making 10 replicates per treatment. Prior to arrival, the day-old chicks were vaccinated against infectious bronchitis with H120 strain (aerosol spraying) and Gumboro vaccine with G97 strain (drinking water) were given to the birds during 17 days of age. Pens were covered with wood shavings and were equipped with 3 nipple drinker and with a 15 kg capacity feeder filled manually.

Treatments 1 (T1) and 4 (T4) were control diets supplemented with 50 mg/kg of vitamin E (VE). In T2 and T5, 50% of the VE was replaced with 2,27 mg/kg of Grape Seed Extract (*Vitis Vinifera* spp. Vinifera, Nuxafen®, Nuproxa Switzerland) (GE) and in T3 and T6, 100% of the VE was replaced with 4,6 mg/kg of GE. The replacement ratio was 1:11 (Grape Extract: vitamin E) on a weigh basis, based on results from previous studies (Dewez et al., 2022). T4 to T6 were higher in ME and contained 5% of linseed oil and 0.2% of FeSO<sub>4</sub> to increase the oxidative stress in the birds (challenged feeds).

Experimental diets were formulated to meet the nutritional requirements for starter, grower and finisher broilers. Two isonitrogenous diets were formulated: 3 groups (T1 to T3) were provided Feed A, a

standard formulation with 21.6%, 20.4% and 18.55% protein and 2900, 3001 and 3100 kcal/kg metabolizable energy (ME) for starter, grower and finisher period respectively. Other identical 3 groups (T4 to T6) were provided Feed B, a "stressful formulation", more at risk of lipid peroxidation. Feed B had 21.6%, 20.6% and 18.54% protein and 3171, 3250 and 3288 kcal/kg ME for starter, grower and finisher period respectively, as it included 5% linseed oil on top and a higher level (0.2%) of FeSO<sub>4</sub> to challenge the liver. Feeding program was divided in three phases: starter (day 1 to 14), grower (day 15 to 28) and finisher (day 29 to 41). Feed and water were provided *ad libitum*.

Stocking density can cause oxidative stress and negatively affect the physiological status, overall production and meat quality of broiler chickens (Sanotra et al., 2001; Son et al., 2022). That is why at the start 2 additional chicks were added per pen to maintain high density throughout the experiment (>40 kg/m<sup>2</sup> after 35 days).

Table 1. Treatment's description.

N°	Treatment	Dietary factor				
		Vitamin E (mg/kg)	Grape Extract (mg/kg)	Linseed oil (%)	FeSO <sub>4</sub> (mg/kg)	ME (kcal/kg) <sup>1</sup>
1	VE (A)	50	0	0	0	2900 – 3000 - 3100
2	VE+GE (A)	25	2,27			
3	GE (A)	0	4,6			
4	VE (B)	50	0	5	0.2%	3170 – 3250 - 3288
5	VE+GE (B)	25	2,27			
6	GE (B)	0	4,6			

<sup>1</sup>Levels of ME for starter (1-14 d), grower (15-28 d) and finisher (29-42 d) diets, respectively.

The experimental diets were based on wheat, corn and soybean meal and met the nutritional requirements of broilers according to genetics guideline suggestions. Trial lasted 42 days.

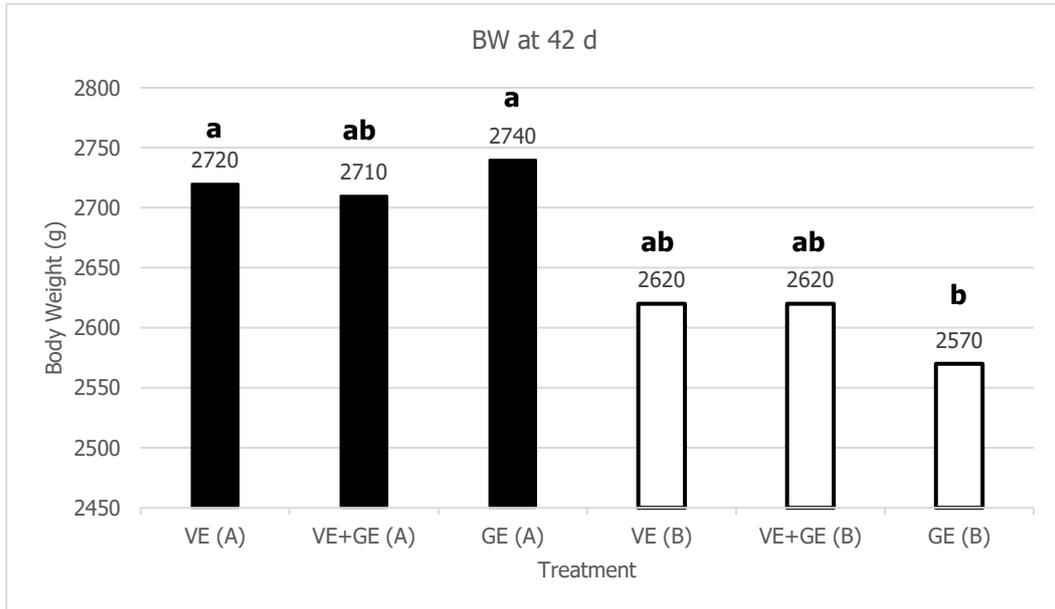
All data are presented as mean ( $\pm$  standard deviation). Body weight (BW) and feed conversion ratio (FCR) were analyzed with a 3-way ANOVA over age (day of experimentation). A pairwise comparison for each treatment was done followed by a Tukey p-value significant at  $P < 0.05$ . All these analyses were performed with R software version 4.1.2. The experimental unit was the pen for all measurements.

## Results

Broilers fed the challenged feeds (Diet B, Figure 1) achieved a lower BW at 42 days, nevertheless, the only significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed between T1 and T3 (higher BW) compared to T6 (lower BW). Within the type of feed, no differences were observed ( $p > 0.05$ ) between treatments in average BW. The lower BW observed in birds fed the challenged feed was a consequence of a reduction in feed intake (data not shown).

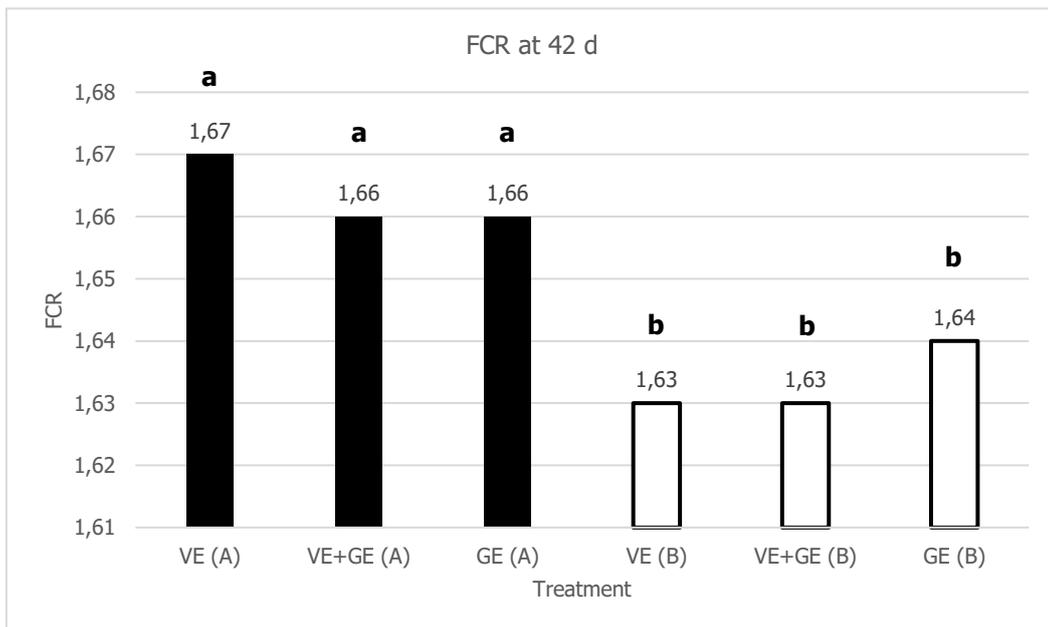
The feed conversion ratio (FCR) was improved ( $p < 0.05$ ) in the birds fed the challenged diet B, likely due to the higher ME in these feeds including linseed oil on top (Figure 2). Among the type of diet, no differences were observed between the different treatments ( $p > 0.05$ ).

Other measurements recorded during the study, including antioxidant status of the birds and processing yields did not differ ( $p > 0.05$ ) between feed type or treatments (data not shown).



Diet A: Standar diet; Diet B: High ME, with 5% linseed oil on top and 0.2% of FeSO<sub>4</sub>

Figure 1: Body weight at 42 days.



Diet A: Standar diet; Diet B: High ME, with 5% linseed oil on top and 0.2% of FeSO<sub>4</sub>

Figure 2: Feed conversion ratio at 42 days.

Overall, results show no difference in performance of broilers supplemented with synthetic VE or GE, either with partial or full replacement.

## Discussion

Mazur-Kuśnerek et al. (2019) reported that vegetable oils as dietary stressor with 50% grape polyphenols (100 mg/kg of VE and 100 mg/kg of polyphenols) had lower FCR, 100% grape polyphenols (200 mg/kg of polyphenols) had lower BW compared to the dietary supplement with vitamin E (100 mg/kg of VE). In this study, in the diet (Feed B) with GE and higher energy level (with 5% linseed oil) did not increase BW, but improved FCR. A pronounced and significant reduction in growth was observed with the use of a grape seed extract reported by Lau and King (2003) where dietary grape seed extract (5.18%) decreased BW four times lower than dietary supplementation with VE (0.01%). In contrast, Abu Hafsa and Ibrahim, (2018) reported that, dietary 20000 mg/kg of grape seed extract containing polyphenols increased final BW, without affecting FI.

Overall, the lower growth performance values in broilers receiving diets (feed B) enriched with linseed oil and FeSO<sub>4</sub> are probably the result of the presence of high PUFA levels which enter the circulatory system and increased the oxidative susceptibility and were difficult to tackle for the polyphenols and vitamin E diets.

There were significant differences on zootechnical performances between two different feed types but there were less significant differences on zootechnical performances between the treatment groups. Overall, GE as a VE substitute can be a valuable component of broiler diets, either when oxidative stress is high or for more standard conditions. Further research is needed for the determination of GE supplementation levels to improve growth performance, meat quality, taking into consideration endogenous and exogenous parameters affecting the composition of VE, the antimicrobial properties, bioavailability, gut health and the antioxidant activity.

In addition to replacing vitamin E in the diet, the grape seed extract additive (Nuxafen®), containing high levels and diversified polyphenols, may lead to increased anti-oxidative defences and reduced stress to improve animal welfare, beyond the capacity of vitamin E alone.

## Conclusions

The grape seed extract additive (Nuxafen®) shows a potential capacity of being a natural and sustainable plant-based feed additive alternative in broiler feeding to partially or totally replace synthetic vitamin E with a 1:11 ratio, without compromising zootechnical performance.

## References

- Abu Hafsa SH, Ibrahim SA. Effect of dietary polyphenol-rich grape seed on growth performance, antioxidant capacity and ileal microflora in broiler chicks. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2018 Feb;102(1):268-275. doi: 10.1111/jpn.12688. Epub 2017 Mar 15. PMID: 28295656.
- Dewez, M., Gonzalez, J., Terrey, D., Le Roux, J. and Alleno, C. Comparative effect of partial vitamin E replacement with dry grape seed extract (*Vitis Vinifera* spp. *Vinifera*) on broiler performance and antioxidant status under stress conditions. 2022. World Poultry Congress, Paris.
- Halliwell B., Gutteridge J. M. C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. New York, NY: Oxford University. 2015. Press. 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001
- Lau, D.W., King, A.J. Pre- and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. *J Agric Food Chem*. 2003 Mar 12;51(6):1602-7. doi: 10.1021/jf020740m. PMID: 12617591.
- Mazur-Kuśnerek, M., Antoszkiewicz, Z., Lipiński, K., Kaliniewicz, J., & Kotlarczyk, S. (2019). The effect of polyphenols and Vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens fed low-quality oil. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 287–296. <https://doi.org/10.5194/aab-62-287-2019>

Sanotra, G. S., Lawson, L. G., Vestergaard, K. S., & Thomsen, M. G. Influence of Stocking Density on Tonic Immobility, Lameness, and Tibial Dyschondroplasia in Broilers. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2011;4(1), 71–87.  
[https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0401\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0401_4)

Son, J., Kim, H., Hong, E., & Kang, H. Effects of Stocking Density on Growth Performance, Antioxidant Status, and Meat Quality of Finisher Broiler Chickens under High Temperature. 2022.

Surai, PF, Kochish II, Fisinin VI, Kidd MT. Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants (Basel)*. 2019 Jul 22;8(7):235. doi: 10.3390/antiox8070235. PMID: 31336672; PMCID: PMC6680731.

Zhang W., Xiao S., Lee E.J., Ahn D.U. Consumption of oxidized oil increases oxidative stress in broilers and affects the quality of breast meat. *J. Agric. Food Chem.* 2011;59:969–974. doi: 10.1021/jf102918z.

**Address of corresponding author:**

Axel Aguayo  
Nuproxa Switzerland Ltd  
La Romanèche 2C  
1163 Etoy VD  
Switzerland  
\*axel.aguayo@nuproxa.ch

## Wechselwirkungen zwischen Inhaltsstoffen von Tränkezusätzen für Geflügel mit Fokus auf Vitamine und Spurenelemente

**Sofya Mochkina<sup>1</sup>, Theresa Liegsalz<sup>1</sup>, Julia Steinhoff-Wagner<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Professur für Tierernährung und Metabolismus, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

<sup>2</sup> HEF World Agricultural Systems Center, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

### Einleitung

In der Geflügelhaltung wird oft das Trinkwasser genutzt, um den Tieren zusätzliche Mikronährstoffe oder Medikamente zu verabreichen, denn durch das Trinkwasser wird das zu verabreichende Mittel gleichmäßig verteilt und aufgenommen. Auch können große Tierbestände so leicht versorgt werden, ohne einzelne Tiere behandeln zu müssen. Dies erleichtert das Management und verhindert Stresssituationen beim Tier. Es gibt zahlreiche Zusätze für Tränkewasser für Geflügel, welche auf dem Markt vertrieben werden. Werden allerdings verschiedene Mittel miteinander gemischt und verabreicht, kann es sein, dass Inhaltsstoffe der Zusätze miteinander interagieren und die Wirkung oder Eigenschaften der Mittel beeinträchtigt werden.

Zu Interaktionen zwischen Tränkezusätzen gibt es nur wenige Studien. Die meisten Studien über die Auswirkungen von Tränkezusätzen auf Geflügel befassen sich mit Auswirkungen von Mitteln auf die Mastzunahmen (z.B. Damron und Goodson-Williams, 1987), die Sterblichkeit (z.B. Timmerman et al., 2006), die Stressresistenz (z.B. Horváth und Babinszky, 2018) oder die Immunantwort (z.B. El Hadri et al., 2004). Viele Quellen, die sich mit der Verträglichkeit von Substanzgruppen befassen, sind spezifisch gestaltet (wie z.B. bei Horváth und Babinszky, (2018) die Untersuchung der Interaktion zwischen Calciumoxalat und Zitronensäure) oder stammen aus der Humanernährung (z.B. Ma et al., 2011), sowie von anderen Säugetieren, wie Ratten (z.B. Takatera et al., 2012) oder Rindern (z.B. Goff, 2018).

Daher ist das Ziel dieser Untersuchung, mögliche Wechselwirkungen zwischen Inhaltsstoffen von Tränkezusätzen für Geflügel auf Basis einer Markt- und anschließenden Literaturrecherche aufzudecken. Der Fokus liegt hierbei auf Tränkezusätzen mit Vitaminen und Spurenelementen.

### Material und Methoden

Um einen Überblick über die Inhaltsstoffe in Tränkezusätzen zu gewinnen, wurde zunächst eine Marktrecherche über gängige Internet-Suchmaschinen durchgeführt. Suchbegriffe waren dabei beispielsweise "Ergänzungsfuttermittel", "Mineralfuttermittel" und "Trinkwasserzusätze". Insgesamt wurden 33 kommerzielle Tränkezusätze aus Deutschland herangezogen, um deren Zusammensetzung genauer zu betrachten.

Die Inhaltsstoffe der Tränkezusätze wurden hierfür in chemische Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften eingeteilt. Zum Beispiel gab es die Kategorien „Vitamine“, „Spurenelemente“, „organische Säuren“, „andere Antioxidantien“ etc.

Nach der systematischen Zusammenstellung der Inhaltsstoffe und Gruppierung der Eigenschaften wurden die Kombinationen von Stoffen mittels einer Literaturrecherche auf bereits bekannte

Wechselwirkungen überprüft. Stichwörter für die allgemeine Suche waren etwa „absorption“, „interaction“, „vitamins“, „trace elements“, „water supplements“ und „poultry“. Darüber hinaus wurde spezifisch nach Wechselwirkungen zwischen Stoffen gesucht, zum Beispiel „propylgalate AND iron AND water“. Da dabei nur wenige Studien speziell zur Geflügeltränke auffindbar waren, wurden bei der Literaturrecherche auch Quellen aus dem allgemein chemischen, humanmedizinischen und tierwissenschaftlichen Bereich herangezogen.

## Ergebnisse und Diskussion

### Ergebnisse der Marktrecherche

Während der Recherche konnten alle Vitamine oder Spurenelemente enthaltende Mittel in vier Gruppen eingeordnet werden: Mittel mit 1. nur Vitaminen, 2. Vitaminen und Spurenelementen, 3. mit Zusatz sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe 4. mit zusätzlich Zusätzen von Aminosäuren und 5. Mikroorganismen. Insgesamt gab es eine Vielzahl verschiedener enthaltener Substanzen, die als Wirkstoffe oder auch als Konservierungs- oder Antioxidationsmittel dienten. Einen Überblick über diese Inhaltsstoffe bietet Tabelle 1.

Tabelle 1: In den Tränkezusätzen vorkommende Stoffgruppen mit den am häufigsten verwendeten Substanzen beginnend

<b>Deklarierte Stoffe mit Wirkung</b>	<b>Nähere Charakterisierung der drei am häufigsten vorkommenden Stoffen der jeweiligen Hauptgruppen mit beabsichtigter Wirkung</b>
Vitamine (n=17)	Wasserlöslich (n=8), z.B. C (n=8), B12 (n=7), Fettlöslich (n=4), z.B. D3 (n=15) A (n=13), Vitaminähnliche Substanzen (n=5), z.B. Cholinchlorid (n=5)
Spurenelemente (n=13)	Zink (n=7), Mangan (n=5), Eisen als Eisen-(II)-Sulfat Monohydrat (n=3), Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat (n=3), Selen (n=3)
Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (n=4)	Capsicum oleoresin (n=1), Carvacrol (n=1), Holunderbeerensaft (n=1), Zimtaldehyd (n=1)
Aminosäuren (n=2)	Methionin (n=5), Lysin (n=2)
Mikroorganismen (n=1)	Bacillus subtilis (n=1)
<b>Hilfsstoffe gemäß Deklaration</b>	
organische Säuren (n=5)	Zitronensäure (n=6), Ameisensäure (n=4), Sorbinsäure (n=2)
Salze organischer Säuren (n=12)	Kaliumsorbat (n=8), Natriumascorbat (n=4), Calciumacetat (n=2), Natriumformiat (n=2)
anorganische Säuren (n=1)	Orthophosphorsäure (n=1)
anorganische Salze (n=10)	Natriumchlorid (n=15), Calciumchlorid (n=8), Magnesiumchlorid (n=4), Natriumbicarbonat (n=4)
Kohlenhydrate (n=6)	Dextrose (n=7), karamellisierter Glucose (n=1), Maltodextrin (n=1)
Alkohole (n=3)	1,2-Propanediol (n=5), Sorbitol (n=3), Glycerin (n=1)
Antioxidationsmittel (n=2)	Butylhydroxytoluol (n=3), Propylgallat (n=2)
sonstiges (n=2)	Molkenpulver (n=2), Kollagenhydrolysat vom Schwein (n=1)

Aufgrund ungenauer Angaben über die Form und Art der Inhaltsstoffe war es teilweise schwer, Verträglichkeiten zwischen Tränkezusätzen zu untersuchen. So war teilweise die Form des

Spurenelements oder Vitamins angegeben (z.B. Kupfer als Kupfer-(II)-acetat Monohydrat), teilweise aber nur die Reinform (z.B. Kupfer), obwohl es als sehr wahrscheinlich erachtet werden kann, dass diese ebenfalls als Verbindung vorliegen.

Außerdem kamen die Vitamine und Spurenelemente in verschiedenen chemischen Formen vor. Beispielsweise waren Spurenelemente als Na-Salze oder Phosphate beigefügt.

### **Wechselwirkungen innerhalb einer Stoffgruppe**

Spurenelemente können sich gegenseitig bei der Aufnahme und Verstoffwechslung beeinträchtigen oder fördern. In Pappas et al. (2011) wurden beispielsweise negative Korrelationen von Selen mit Cadmium, oder von Cadmium mit Zink und Kupfer, sowie eine positive Korrelation von Selen und Zink oder Kupfer und Eisen beobachtet. Vieira (2008) zeigte, dass ein Überschuss an Zink die Eisenabsorption beeinträchtigt. Auch in welcher Form Spurenelemente vorliegen, wirkt sich auf die Verfügbarkeit aus. So werden metallische Salzquellen von anderen mit ähnlicher Ladung gestört.

Vitamine können ebenso die gegenseitige Aufnahme und Verstoffwechslung beeinflussen. So konnte in der Untersuchung von Sklan (1982) beobachtet werden, dass Tocopherol (Vitamin E) die Leber-Vitamin-A-Speicher erhöhte. Die Absorption von Vitaminen kann nach Maurya und Aggarwal (2017) von der Form des Vitamins und den weiteren Komponenten bei gleichzeitiger Aufnahme abhängen.

### **Wechselwirkungen zwischen Stoffgruppen**

Auch zwischen den einzelnen, definierten Stoffgruppen konnten Wechselwirkungen anhand der Literatur identifiziert werden. Zunächst ist zu nennen, dass Spurenelemente Komplexe bilden können, in dessen Form sie dem Tier oft organisch zugefügt werden. Als Chelatoren können dabei Aminosäuren (Goff, 2021), Vitamine (Aaseth et al., 2023), Säuren (Takatera et al., 2012) oder andere organische Bestandteile (Vieira, 2008) dienen. In dieser Form kann die Aufnahme von Spurenelementen verbessert werden, wie beispielsweise Teucher et al. (2004) bei einer verbesserten Aufnahme von Vitamin C in Form von Ascorbinsäure eine zeigen konnte. Allerdings ist durch Chelatbildung nicht immer ein positiver Effekt für die Verfügbarkeit von Spurenelementen gegeben. Phytinsäure bildet als Beispiel schwer lösliche Komplexe, die die Aufnahme von Cu, Fe, Zn und Mn hemmen (Takatera et al., 2012). In diesem Fall ist aber zu beachten, dass Phytinsäure nicht in Tränkezusätzen, sondern eher im Futter vorkommt. Darüber hinaus beschreibt Shah (1981), dass die Wirkung von Chelatbildnern auf die Spurenelementaufnahme je nach Art und Konzentration des Mineralstoffes und des Chelators, ihrer Löslichkeit im Wasser und Darm, sowie zwischen verschiedenen Spezies variiert.

Neben diesen genannten Wechselwirkungen innerhalb der Stoffgruppe der organisch gebundenen Spurenelemente gibt es auch solche zwischen den zuvor definierten Stoffgruppen (siehe Tab.1). So können sich Vitamine und Spurenelemente gegenseitig beeinflussen. Sallis und Holdsworth (1962) zeigten, dass Vitamin D3 eine fördernde Wirkung auf die Calciumadsorption im Dünndarm von Hühnern hat. Auch konnte bei Wasserman und Taylor (1973) eine positive Wirkung von Vitamin D3 auf die Phosphataufnahme beobachtet werden. Insgesamt ist die Literatur bezüglich von Wechselwirkungen jedoch sehr begrenzt. Grundsätzlich gilt jedoch bei dieser Stoffgruppe, dass fettlösliche Vitamine eher Ölen besser aufgenommen werden. Demzufolge ist ein relevanter Diskussionspunkt, wie sinnvoll eine Verabreichung von fettlöslichen Substanzen über das Tränkesystem ist. Neben der erschwerten Löslichkeit der Stoffe im Wasser, bzw. der Notwendigkeit weiterer emulgierender Stoffe im Tränkezusatzstoff, besteht immer die Gefahr, dass sich das Öl in den Tränkeleitungen absetzt und so einen Nährboden für etwaige Mikroorganismen darstellt, sowie die Bildung eines Biofilms fördert, was u.U. weiter untersucht werden sollte.

Bei der Betrachtung von Spurenelementen sind dagegen in Bezug auf Wechselwirkungen bzw. die Beeinträchtigung anderer Stoffe auf die Verfügbarkeit für das Tier bereits in einiges bekannt. Öle beispielsweise beeinträchtigen die Aufnahme von Spurenelementen, wie Margata et al. (2018) feststellte. Calcium und Magnesium können demzufolge mit Fettsäuren unlösliche Salze bilden, die nicht absorbiert werden können. Vorhandene Fettsäuren senkten auch in der Untersuchung von Atteh und Leeson (1983) die Aufnahme von Calcium. Daher sollten Mittel mit Spurenelementen nicht mit Mitteln mit Pflanzenöl-Zusatz verwendet werden. Diese Kombinationen konnten jedoch in der durchgeführten Marktrecherche identifiziert werden.

Manche Antioxidantien können ebenfalls die Verfügbarkeit von Spurenelementen hemmen. Bei Nicar et al. (1987) wurde gezeigt, dass die Calciumaufnahme durch Oxalat gehemmt werden kann. Die resultierenden Calciumoxalate können aber mit Zitronensäure wieder gelöst werden. Polyphenole können die Aufnahme von Hämeisen beeinträchtigen. Bei niedrigen Polyphenolkonzentrationen lässt sich die hemmende Wirkung durch Ascorbinsäure wieder ausgleichen (Ma et al., 2011). Es ist anzumerken, dass in den untersuchten Mitteln künstlich hergestellte Antioxidantien (Butylhydroxyanisol oder Propylgallat) verwendet wurden. Auch diese können die Aufnahme von Spurenelementen hemmen. So kann Propylgallat schwer lösliche Chelate mit Eisen bilden und somit die Aufnahme von Eisen hemmen (Jovanovic et al., 1998). Wegen der enthaltenen Antioxidantien sollte man Mittel mit Vitaminen nicht mit Spurenelementen enthaltenden Mittel kombinieren. Allerdings sind solche Kombinationen innerhalb von Mitteln vorzufinden. Eventuell wird hier keine Reaktion zeigende Form des Spurenelementes verwendet.

Im Gegensatz dazu können auch Spurenelemente, beispielsweise durch ihre Art oder Form, die Verfügbarkeit der genannten Hilfsstoffe beeinflussen. Zum Beispiel wird in Anwesenheit von  $\text{Fe}^{3+}$  oder  $\text{Cu}^{2+}$  der Abbau der als Konservierungsmittel eingesetzten Sorbinsäure beschleunigt (Scotter und Castle, 2004).

Zuletzt sind noch Wechselwirkungen der Stoffe, welche zunächst als Hilfsstoffe zusammengefasst wurden, zu nennen. Einige basische Salze, welche als Konservierungsmittel oder pH-Stabilisatoren eingesetzt werden, können durch Säuren wieder neutralisiert werden. Beispielsweise kann das in Präbiotika enthaltene Natriumhydrogencarbonat durch Zitronensäure neutralisiert werden (Seilnacht, 2014). Dadurch könnte ein negativer Einfluss auf die Eigenschaften oder andere Bestandteile des Mittels, welches das basische Salz enthält, entstehen.

Gekko und Koga (1984) weisen außerdem darauf hin, dass Aminosäuren durch Alkohole wie Propylenglykol oder Glycerin, welche in Mitteln mit sekundären Pflanzeninhaltsstoffen als Lösungsmittel für die enthaltenden Öle eingesetzt werden (Baghdad, 2024), an Stabilität in der Proteinstruktur verlieren können. Auch für Bakterien sind Alkohole schädigend. So zeigte sich in Nalawade et al. (2015), dass Propylenglykol eine bakterizide Wirkung gegen *Streptococcus mutans American*, *Enterococcus faecalis* und *Escherichia coli*, sodass diese nach einer Behandlung eine Aktivität von lediglich jeweils 50 %, 25 % und 50 % aufwiesen. Auch kann die Proteinstruktur von Aminosäuren und Bakterien durch Säuren denaturiert werden (Institute of Food Science & Technology, 2017). Tränkekwasser sollte nach BMEL (2019) einen pH-Wert zwischen 5 und 9 haben. Allerdings kann es beim direkten Kontakt mit anderen Mitteln beim Anmischen des Tränkekwassers zur weiteren Senkung des pH-Wertes kommen. Nazzaro et al. (2013) zeigten, dass gram-negative Bakterien dabei säureresistenter sind als gram-positive. Des Weiteren wurde in dieser Untersuchung gezeigt, dass Aromastoffe, welche oft auch Bestandteil von ätherischen Ölen, wie Zimtaldehyd oder Phenole aus Thymian, Salbei oder Rosmarin, eine antibakterielle Wirkung haben und den Bakterien schaden können. In der Studie von Duda-Chodak (2012) hemmten auch Antioxidantien in Form von Polyphenolen das Wachstum von Bakterien. Mittel, welche Aminosäuren und Bakterien enthalten, beinhalten daher in der Regel keine Alkohole, Antioxidantien und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Als Säure wird nur die schwache Zitronensäure eingesetzt. Mittel ohne Aminosäuren oder Bakterien können dagegen die genannten Substanzen und auch andere Arten von Säuren beinhalten und sind daher nicht mit Aminosäuren oder Bakterien

enthaltenden Mitteln kompatibel. Es könnte jedoch sein, dass sich einzelne Mittel anderer Gruppen finden lassen, welche nur schwache Säuren und keine der genannten Substanzen enthalten. Diese könnten dann gemeinsam verwendet werden. Die Konzentration des Mittels und der endgültige pH-Wert des Tränkewassers sind schlussendlich entscheidend.

### **Weitere unerwünschte oder biologische Wechselwirkungen im Tränkewasser**

Energieliefernde Bestandteile der Tränkezusatzstoffe, vor allem leicht lösliche und verdauliche Substanzen wie Traubenzucker oder Molkepulver, können das Wachstum von pathogenen Bakterien fördern. In erster Linie sind dabei Biofilme in der Wasserleitung gefährlich, denn sie können pathogene Bakterien enthalten und nach Homan (2017) nur schwer mit Reinigungsmitteln gelöst und entfernt werden.

Es ist ebenso wichtig, die empfohlenen Gebrauchsmengen an Tränkezusätzen nicht zu überschreiten. Zu hohe Mengen an bestimmten Substanzen könnten eine schädliche Wirkung aufweisen. Ein weiteres Beispiel ist die in Goff (2018) erläuterte Wirkung von Spurenelementen, welche als Cofaktoren von Antioxidantien fungieren und dazu beitragen, oxidativen Stress zu mildern. Wenn sie jedoch im Übermaß zugeführt werden, können dieselben Spurenelemente zur Bildung von freien Radikalen beitragen, die oxidativen Stress fördern.

Die Konzentration von osmotischen Substanzen kann bei Trinkwasser mit mehreren Zusatzstoffen höher liegen. So kann etwa die Natriumchloridaufnahme erhöht sein. Die empfohlene tägliche Natriumaufnahme für Masthähnchen sollte laut Jankowski et al. (2011) 1-1,2 g/kg betragen. Erhöhte Gehalte an Natrium und Chlor im Tränkewasser führen zu einer geringeren Futteraufnahme und folglich gesenkten Leistungen. Dies konnte auch bei der Studie von Watkins et al. (2005) bestätigt werden, wobei Natrium und Chlor im Futter und Wasser das Körpergewicht und die Futterverwertung am 21. Lebenstag signifikant beeinflussten. Bei häufiger Zugabe von Mengenelementen als Hilfsstoff über die Tränke sollten daher Anpassungen in der Ration vorgenommen werden. Ebenfalls sollte nicht vergessen werden, dass das Trinkwasser primär zur Hydrierung der Tiere und nicht als Nährstoffquelle dienen und deswegen nicht zu sehr mit Zusätzen angereichert werden sollte.

Die Qualität des verwendeten Trinkwassers hat ebenso eine hohe Bedeutung für die Aufnahme von Nährstoffen. Nach Hattersley (2000) befanden sich im Jahr 2000 über 2100 Chemikalien im Trinkwasser. In Vodela et al. (1997) wurde ein verschmutztes Wasser mit Hilfe von Arsen, Benzol, Cadmium, Blei und Trichloorethen nachgestellt. Die Verschmutzung führte zu einer verminderten Wasser- und Futteraufnahme, verringerter Gewichtszunahme sowie einer Unterdrückung der natürlichen, humoralen und zellulären Immunantwort. Ein Mangel an Vitaminen und Spurenelementen erhöhte diese Effekte.

Durch Kombination der Erkenntnisse aus der Literaturrecherche konnten Verträglichkeiten zwischen den Tränkezusätzen nur angedeutet werden. Diese sind über die Kategorien hinweg in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Verträglichkeit von Mittelgruppen untereinander. Dunkel: Tränkezusätze sind unverträglich, hell: Tränkezusätze können potenziell kombiniert werden

Mittel mit	Vitaminen	Spurenelementen	Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe	Aminosäuren
Vitaminen				
Spurenelementen				
Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe				
Aminosäuren				

Zuletzt lässt sich anmerken, dass sich auch zwischen verträglichen Mittelgruppen bei Betrachtung einzelner, spezifischer Stoffe eventuell solche Beispiele finden lassen, welche negative Wechselwirkungen eingehen. Umgekehrt kann dies auch bedeuten, dass sich, bei genauer Betrachtung der Inhaltsstoffe, Mittel finden lassen können, welche ihre Wirkung nicht gegenseitig beeinflussen.

## Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auf dem Markt befindliche Tränkezusatzstoffe überwiegend in Kombinationen vorliegen, die optimiert wurden. Für die Anwendung ist zu beachten, dass die empfohlenen Gebrauchsmengen nicht überschritten werden. Die wichtigste Maßnahme, welche man gegen negative Auswirkungen bei Benutzung verschiedener Mittel machen kann, ist es, möglichst keine Zusätze gleichzeitig anzuwenden und auf eine möglichst lange Auswaschphase zu achten. Fett- und Kohlenhydrathaltige Tränkezusätze sind nicht zu empfehlen, da diese die Biofilmbildung in der Leitung fördern. Zukünftig sollten genauere Untersuchungen zu den Wechselwirkungen angestellt werden. Außerdem würde eine genaue Deklaration von allen Inhaltsstoffen der Tränkezusätze es erleichtern, die Wechselwirkungen abzuschätzen.

Das Projekt MiniAbeR ist Teil der Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) Tierschutz im Bundesprogramm Nutztierhaltung. Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2820MDT220.

## Literaturverzeichnis

- Atteh, J. O., & Leeson, S. (1983). Effects of Dietary Fatty Acids and Calcium Levels on Performance and Mineral Metabolism of Broiler Chickens. *Poultry Science*, 62 (12), 2412–2419. <https://doi.org/10.3382/ps.0622412>
- BMEL. (2019, July). Hygienische Qualität von Tränkwasser. Retrieved June 25, 2024, from <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/futtermittel/orientierungsrahmen-traenkwasser.html>
- Baghdad, Hicham. "Propylenglykol: Herstellung, Reaktionen Und Verwendungen," April 8, 2024. <https://chemcess.com/de/propylenglykol-herstellung-reaktionen-und-verwendungen/>.
- Damron, B. L., & Goodson-williams, R. (1987). Liquid Methionine as a Drinking Water Supplement for Broiler Chicks<sup>1</sup>. *Poultry Science*, 66 (6), 1001–1006. <https://doi.org/10.3382/ps.0661001>

- Duda-Chodak, A. "THE INHIBITORY EFFECT OF POLYPHENOLS ON HUMAN GUT MICROBIOTA". *JOURNAL OF PHYSIOLOGY AND PHARMACOLOGY*, 63, no. 5 (2012): 497–503.
- El Hadri, L., Garlich, J. D., Qureshi, M. A., Ferket, P. R., & Odetallah, N. H. (2004). Glucose and electrolyte supplementation of drinking water improve the immune responses of poult with inanition. *Poultry Science*, 83 (5), 803–809. <https://doi.org/10.1093/ps/83.5.803>
- Gekko, K., & Koga, S. (1984). The stability of protein structure in aqueous propylene glycol: Amino acid solubility and preferential solvation of protein. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, 786 (3), 151–160. [https://doi.org/10.1016/0167-4838\(84\)90084-0](https://doi.org/10.1016/0167-4838(84)90084-0)
- Goff, J. P. (2018). Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal of Dairy Science*, 101 (4), 2763–2813. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13112>
- Goff, J. (2021). 10 Mechanisms by Which Amino Acids May Enhance Mineral Absorption in Animals. *Journal of Animal Science*, 99 (Supplement\_1), 13–14. <https://doi.org/10.1093/jas/skab054.023>
- Homan R.M., "Überblick: Biofilm und wirksame Entfernung." Watter B.V., October 27, 2017. <https://www.watter.nl/de/blog/posts/2017/october/uberblick-biofilm-und-wirksame-entfernung/>.
- Horváth, M., & Babinszky, L. (2018). Impact of selected antioxidant vitamins (Vitamin A, E and C) and micro minerals (Zn, Se) on the antioxidant status and performance under high environmental temperature in poultry. A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 68 (3), 152–160. <https://doi.org/10.1080/09064702.2019.1611913>
- Institute of Food Science & Technology. "Protein: Acid Denaturation." Institute of Food Science and Technology, May 15, 2017. <https://www.ifst.org/lovefoodlovescience/resources/protein-acid-denaturation>.
- Aaseth Jan O., Urban Alehagen, Trine Baur Opstad, and Jan Alexander. "Vitamin K and Calcium Chelation in Vascular Health," *Biomedicines*, November 27, 2023. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11123154>.
- Jankowski, J., Zduńczyk, Z., Juśkiewicz, J., & Kwieciński, P. (2011). The effect of different dietary sodium levels on the growth performance of broiler chickens, gastrointestinal function, excreta moisture and tibia mineralization. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20 (1), 93–106. <https://doi.org/10.22358/jafs/66161/2011>
- Jovanovic, S. V., Simic, M. G., Steenken, S., & Hara, Y. (1998). Iron complexes of gallo- catechins. Antioxidant action or iron regulation? [Publisher: Royal Society of Chemistry]. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2*, 0 (11), 2365–2370. <https://doi.org/10.1039/A805894F>
- Ma, Q., Kim, E.-Y., Lindsay, E. A., & Han, O. (2011). Bioactive Dietary Polyphenols Inhibit Heme Iron Absorption in a Dose-Dependent Manner in Human Intestinal Caco-2 Cells [eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1750-3841.2011.02184.x>]. *Journal of Food Science*, 76 (5), H143–H150. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02184.x>
- Maurya, V. K., & Aggarwal, M. (2017). Factors influencing the absorption of vitamin d in GIT: An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (12), 3753–3765. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2840-0>
- Margata, L., Silalahi, J., Harahap, U., & Satria, D. (2018). THE EFFECT OF DIETARY OILS AND HYDROLYZED COCONUT OIL ON MINERALS ABSORPTION IN RATS. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11, 185. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v11i1.20687> [meinevitalitaet.de](https://www.meine-vitalitaet.de). (2013, March). Der Unterschied von wasserlöslichen und fettlöslichen Vitaminen | Meine Vitalität. Retrieved June 6, 2024, from <https://www.meine-vitalitaet.de/ernaehrung/basisinformationen/naehrstoffe/wasserloesliche-und-fettloesliche-vitamine/>
- Nalawade, T. M., Bhat, K., & Sogi, S. H. P. (2015). Bactericidal activity of propylene glycol, glycerine, polyethylene glycol 400, and polyethylene glycol 1000 against selected microorganisms. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 5 (2), 114–119. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.155736>
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria [Number: 12 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Pharmaceuticals*, 6 (12), 1451–1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- Nicar, M. J., Hill, K., & Pak, C. Y. (1987). Inhibition by citrate of spontaneous precipitation of calcium oxalate in vitro. *Journal of Bone and Mineral Research*, 2 (3), 215–220. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650020308>
- Pappas, A. C., Zoidis, E., Georgiou, C. A., Demiris, N., Surai, P. F., & Fegeros, K. (2011). Influence of organic selenium supplementation on the accumulation of toxic and essential trace elements involved in the antioxidant system of chicken [Publisher: Taylor & Francis eprint: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.549152>]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28 (4), 446–454. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.549152>
- Sallis, J. D., und E. S. Holdsworth. „Influence of vitamin D on calcium absorption in the chick". *American Journal of Physiology-Legacy Content* 203, Nr. 3 (September 1962): 497–505. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1962.203.3.497>

- Scotter, M. J., & Castle, L. (2004). Chemical interactions between additives in foodstuffs: A review [Publisher: Taylor & Francis]. *Food Additives & Contaminants*, 21 (2), 93–124. <https://doi.org/10.1080/02652030310001636912>
- Shah, B. G. (1981). Chelating agents and bioavailability of minerals. *Nutrition Research*, 1 (6), 617–622. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(81\)80092-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(81)80092-9)
- Seilnacht. "Natriumhydrogencarbonat (Natron)." [seilnacht.com](https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_nahco.htm), June 28, 2014. [https://www.seilnacht.com/Chemie/ch\\_nahco.htm](https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_nahco.htm).
- Sklan, David. "Vitamin A Absorption and Metabolism in the Chick: Response to High Dietary Intake and to Tocopherol." *British Journal of Nutrition* 50, no. 2 (September 1983): 401–7. <https://doi.org/10.1079/BJN19830107>.
- Takatera, K., Miyake, Y., Hiramitsu, M., Inoue, T., & Katagiri, T. (2012). Effects of Citric Acid and Lemon Juice on Iron Absorption and Improvement of Anemia in Iron- Deficient Rats. *Food Science and Technology Research*, 18 (1), 127–130. <https://doi.org/10.3136/fstr.18.127>
- Teucher, Olivares, & Cori. (2004). Enhancers of iron absorption: Ascorbic acid and other organic acids [Publisher: Hogrefe AG]. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74 (6), 403–419. <https://doi.org/10.1024/0300-9831.74.6.403>
- Timmerman, H. M., Veldman, A., van den Elsen, E., Rombouts, F. M., & Beynen, A. C. (2006). Mortality and Growth Performance of Broilers Given Drinking Water Supplemented with Chicken-Specific Probiotics. *Poultry Science*, 85 (8), 1383–1388. <https://doi.org/10.1093/ps/85.8.1383>
- Vieira, S. L. (2008). Chelated minerals for poultry [Publisher: Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia Avícolas]. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 73–79. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000200001>
- Vodela, J., Renden, J., Lenz, S., McElhenney, W., & Kemppainen, B. (1997). Drinking water contaminants (arsenic, cadmium, lead, benzene, and trichloroethylene). 1. interaction of contaminants with nutritional status on general performance and immune function in broiler chickens. *Poultry Science*, 76 (11), 1474–1492. <https://doi.org/10.1093/ps/76.11.1474>
- Wasserman, R. H., & Taylor, A. N. (1973). Intestinal absorption of phosphate in the chick: Effect of vitamin d3 and other parameters. *The Journal of Nutrition*, 103 (4), 586–599. <https://doi.org/10.1093/jn/103.4.586>
- Watkins, S. E., Fritts, C. A., Yan, F., Wilson, M. L., & Waldroup, P. W. (2005). The Interaction of Sodium Chloride Levels in Poultry Drinking Water and the Diet of Broiler Chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 14 (1), 55–59. <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.55>

#### **Autorenanschrift/ Author Address**

Theresa Liegsalz, M.Sc. (TUM)  
Professur für Tierernährung und Metabolismus  
TUM School of Life Sciences  
Technische Universität München  
Liesel-Beckmann-Straße 2  
85354 Freising-Weihenstephan  
Mail: [theresa.liegsalz@tum.de](mailto:theresa.liegsalz@tum.de)

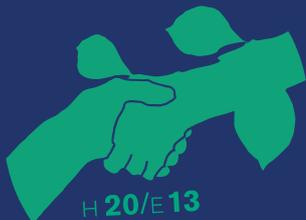
# Unerwartet. Findig.

Durchdenken, weiterdenken –  
um vorzudenken.

## Natürlich.



Verantwortlich.  
Nachhaltig.  
Natürlich.



H 20/E 13

Besuchen Sie uns!



12. - 15. November 2024  
in Hannover

# PULTE

Futtermittel  
einzeln | zusätzlich | ergänzend



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

## **Entwicklung einer Zählmethode und einer mobilen Anwendung zur schnellen und wirksamen Bekämpfung des Befalls der roten Vogelmilbe in Geflügelbetrieben**

**Amélie Roques <sup>1</sup>, Marie-Sophie Schneegans <sup>1</sup>, Anne Oberdorf <sup>2</sup>, Hoa Bui <sup>1</sup>**

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

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

### **Einleitung**

Laut zahlreicher Studien und wirtschaftlicher Analysen kann der Befall der roten Vogelmilbe zu einem erheblichen wirtschaftlichen Verlust führen, der auf mehrere Euro pro Legehennen und Jahr geschätzt wird. Darin enthalten sind sowohl Produktionsverluste als auch Kosten für Bekämpfungsstrategien. Bei unkontrolliertem oder wiederkehrendem Befall können die Verluste sogar noch höher sein. Im Jahr 2005 schätzte Van Emous (VAN EMOUS R. et al., 2005) die wirtschaftlichen Verluste durch die rote Vogelmilbe in Europa auf 31 Millionen Euro pro Jahr.

Mit verschiedenen Bekämpfungsmethoden lassen sich die Dichte der Populationen und damit die negativen Auswirkungen auf die Leistung der Hennen deutlich reduzieren. Das Friedrich-Löffler-Institut empfiehlt einen integrierten Schädlingsbekämpfungsansatz, der verschiedene Bekämpfungsmethoden (präventiv, chemisch, physikalisch, biologisch) kombiniert, um die Wirksamkeit zu maximieren und die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen zu minimieren. Durch regelmäßige Überwachung kann das Bekämpfungsprotokoll angepasst werden, um den Befall mit der roten Vogelmilbe besser zu kontrollieren, die Gesundheit und das Wohlbefinden des Geflügels zu verbessern, die Produktivität der Betriebe zu steigern und den Einsatz chemischer Produkte zu verringern.

Verschiedene Forschungsgruppen und technische Institute haben sehr zuverlässige, aber zeitaufwändige Zählmethoden für die rote Vogelmilbe entwickelt (z. B. das MiteControl-Projekt, ein europäisches Forschungsprojekt), was es für Landwirte erschwert, diese im Alltag anzuwenden. Ziel des in diesem Bericht beschriebenen Projekts war es daher, ein Instrument zu entwickeln, das die Überwachung der roten Vogelmilbe in den landwirtschaftlichen Betrieben erleichtert, um das Interventionsprotokoll zur Bekämpfung der roten Vogelmilbenpopulation so schnell wie möglich anpassen zu können.

### **Material und Methoden**

#### Entwicklung eines Kits zum Monitoring der roten Vogelmilbe und Installation in Gebäuden

Die Fallen zum Monitoring der roten Vogelmilbe wurden in Zusammenarbeit mit Tierärzten der Firma Geosane entwickelt mit dem Ziel, schnelle und einfach zu verwendende Kits zur Verfügung zu stellen. Bei der Entwicklung der Kits wurden auch die Empfehlungen des europäischen Projekts MiteControl berücksichtigt. Die Spezifikationen für diese Kits und die Anleitungen für die Verwendung lauteten wie folgt: einfache und schnelle Anwendung, kein Werkzeug zum Aufstellen erforderlich, mit einer Empfehlung für die Anzahl der aufzustellenden Fallen, die in Abhängigkeit der Stallgröße variiert, Empfehlungen für die genauen strategischen Standorte zum Aufstellen der Fallen in den Gebäuden,

Vorgaben zur Dauer des Fallen-Einsatzes und zur Sammlung und Quantifizierung der darin gesammelten Vogelmilben.

Entwicklung eines Zählziels, um die Anzahl der gefangenen Vogelmilben mit dem Befallsgrad des Gebäudes zu verknüpfen.

Bei der Entwicklung des Zählziels wurden auch die Schlussfolgerungen des MiteControl-Projekts berücksichtigt, in dem die durchschnittliche Anzahl der Vogelmilben pro Falle in Abhängigkeit vom Befallsgrad gemäß dieser Klassifizierung definiert wurde:

- Geringer Druck: durchschnittlich zwischen 0 und 250 Vogelmilben pro Falle
- Mäßiger Druck: durchschnittlich zwischen 251 und 500 Vogelmilben pro Falle
- Hoher Druck: durchschnittlich mehr als 500 Vogelmilben pro Falle

Um das Zählziel an diese Befallsstärken anzupassen, wurde die Oberflächengröße einer roten Vogelmilbe im Labor mikroskopisch gemessen. Anhand dieser Daten wurden die Befallsstärken des MiteControl-Projekts in cm<sup>2</sup> und dann in Kreisflächen umgerechnet. So wurde eine Zielvorgabe erstellt.

Um dessen Genauigkeit zu überprüfen, wurden Labortests durchgeführt. In 8 Betrieben wurden rote Vogelmilben nach dem oben beschriebenen Zählprotokoll gesammelt und anschließend gewogen, um den Befallsgrad zu bestätigen. Im Rahmen des MiteControl-Projekts wurde ein mittleres Gewicht einer Vogelmilbe von 0,35 mg bestimmt, was die Berechnung des Befallsgrades anhand des durchschnittlichen Vogelmilbengewichtes pro Falle ermöglicht (Tabelle 1).

Tabelle 1: Gewicht der Vogelmilbe entsprechend der jeweiligen Befallsstärke (Adaptiert nach Angaben von MiteControl).

Infestationslevel	Anzahl der Vogelmilben	Gewicht
Gering	0 bis 50 Vogelmilben	< 17,5 mg
Mäßig	51 bis 200 Vogelmilben	17,51 mg bis 70 mg
Hoch	201 bis 500 Vogelmilben	70,01 mg bis 175 mg
Stark	> 500 Vogelmilben	> 175 mg

Anschließend wurde die Korrelation zwischen der von Vogelmilben bedeckten Fläche der Zählscheibe (siehe Abb.2) und dem Gewicht der Vogelmilben für jeden der 4 Befallsgrade ermittelt, um die Zuverlässigkeit der Zählscheibe zu überprüfen.

Zusammensetzung des Zählkits:

Das Zählkit besteht aus 12 zylindrischen Röhren mit 24 Wellpappkartons, 30 Klammern sowie einem Erklärungsblatt und einer Zählscheibe. Die Fallen sind sehr einfach und ohne Werkzeug zu installieren. Die Röhren können mit Nachfüllkartons wiederverwendet werden, die ihrerseits 5-mal wiederverwendet werden können. Ein Satz kann für 10 Zählungen (mit je 12 Fallen) verwendet werden.

Empfehlungen für die Aufstellung von Fallen im Gebäude und die Entnahme von Vogelmilbenproben:

Es wird empfohlen, 12 zylindrische Röhren pro Gebäude für 48 Stunden aufzustellen. Die Fallen werden mit Klemmen und ohne Werkzeug befestigt. Die Fallen sollten an verschiedenen Stellen des Gebäudes, an den Nestern/Ruhestangen und Futterstellen aufgestellt werden (Abb. 1). Nach 48 Stunden ist es ratsam, die gesammelten Fallen für ein paar Stunden einzufrieren. Das Einfrieren ist nicht obligatorisch; die Zählung kann direkt erfolgen, ist aber bei lebenden Vogelmilben weniger einfach. Anschließend werden die Vogelmilben eingesammelt, um den Befallsgrad zu ermitteln.

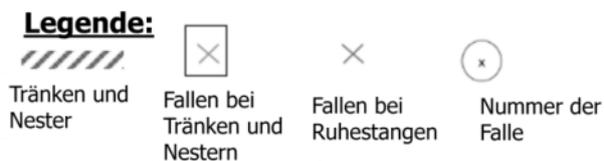
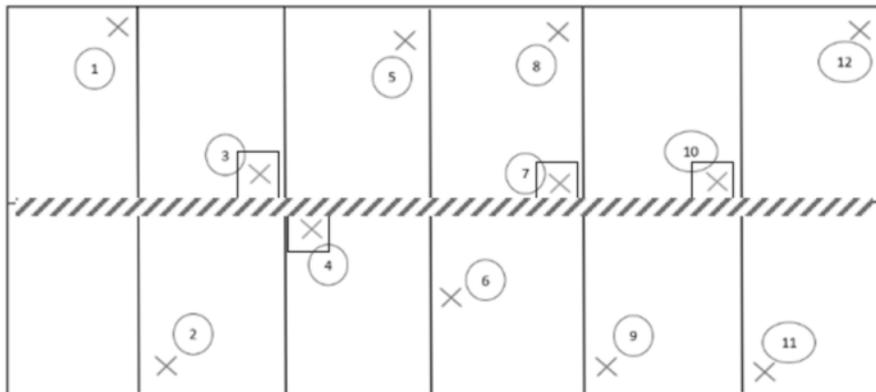


Abbildung 12: Beispiel der Fallenordnung in einem Gebäude.

### Entwicklung einer mobilen Anwendung zur Festlegung des Interventionsprotokolls in Abhängigkeit vom Befallsgrad

Es wurde eine mobile Anwendung (App) entwickelt, die es direkt im Stall ermöglicht, schnell herauszufinden, welches Interventionsprotokoll in Abhängigkeit vom Befallsgrad in ihrem Gebäude umgesetzt werden sollte. Zu diesem Zweck wurde ein Software-Entwicklungsunternehmen hinzugezogen. Die Spezifikationen für die App-Entwicklung lauteten wie folgt: Sie sollte kostenlos heruntergeladen werden können und intuitiv zu bedienen sein mit der Möglichkeit, durch die Eingabe von Eigenschaften des Betriebes, des Gebäudes sowie historischer Daten, und anhand des ermittelten Befallsgrades, sofort die durchzuführende Bekämpfungsmaßnahme inkl. erforderlicher Menge des genutzten Produktes und der damit verbundenen Kosten angezeigt zu bekommen.

Entwicklung eines Zählziels, um die Anzahl der gefangenen Vogelmilben mit dem Befallsgrad im Gebäude zu verknüpfen:

Um die Bekämpfungsstrategien besser anpassen zu können, wurde ein niedriges Befallsniveau festgelegt. Es wurden vier Stufen und Flächen berechnet:

- Geringer Druck: Weiß (0 bis 50 Vogelmilben)
- Mäßiger Befallsdruck: Grün (50 bis 200 Vogelmilben)
- Hoher Druck: Gelb (200 bis 500 Vogelmilben)
- Starker Druck: Rot (> 500 Vogelmilben)

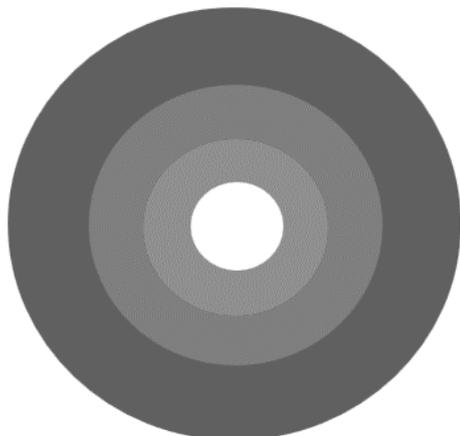


Abbildung 2: Zählscheibe.

## Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 3 finden sich die Ergebnisse der Korrelation zwischen den Durchmessern bzw. der Fläche, die von der Anzahl der Milben eingenommen wird, und dem Gewicht der auf der Zählscheibe platzierten Vogelmilben:

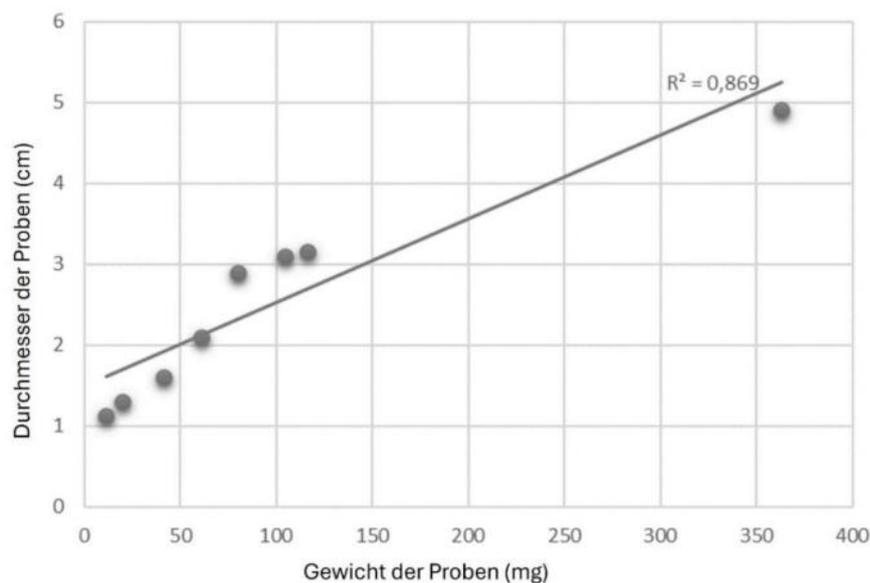


Abbildung 3: Korrelation zwischen der Fläche bzw. den Durchmessern, die von der Anzahl der Milben erreicht wird und Gewichten der auf der Zählfläche platzierten Vogelmilben.

Der Korrelationskoeffizient ( $R^2 = 0,869$ ) zeigt, dass die auf der Zählscheibe bestimmten Flächen mit dem Gewicht der Vogelmilben bzw. den von MiteControl veranschlagten Befallsstärken übereinstimmen. Die Zählscheibe ist daher ein zuverlässiges Mittel, um den Befallsgrad der roten Vogelmilbe in einem Betrieb schnell zu bestimmen.

#### Mobile Anwendung zur Überwachung des Vogelmilbendrucks:

Auf der Grundlage der Zählung der Vogelmilben kann die App „Mite Control Calculator“ sofort ein vom landwirtschaftlichen Betrieb definiertes Interventionsprotokoll anpassen, das verschiedene Kontrollinstrumente kombiniert. Mite Control Calculator ist eine kostenlose mobile Anwendung, die offline genutzt werden kann, um die Reaktionsfähigkeit der Betriebe zu verbessern.

Die Anwendung berücksichtigt die folgenden Informationen, um das Protokoll für jedes Gebäude zu erstellen:

- Anzahl der Hennen
- Datum der Einstallung der Hühner
- Einstellung der Dosierpumpe und Vorhandensein oder Fehlen eines Rührwerks
- Zählergebnis für jedes Zylinderrohr

Die App berechnet zunächst den durchschnittlichen Befallsdruck im Gebäude anhand der 12 durchgeführten Zählungen. Der Befallsgrad ist entweder: gering / mäßig / stark / hoch.

Je nach Befallsstärke passt die App dann ein Interventionsprotokoll an. Bei geringem Befall wird eine vorbeugende Lösung auf der Grundlage standardisierter Pflanzenextrakte (z.B. Nor-Myth Liquid) empfohlen. Bei mäßigem Befall wird die Häufigkeit der Anwendung der Lösung auf Basis von Pflanzenextrakten erhöht. Bei starkem Befallsdruck sieht das Protokoll auch die Anwendung eines Kontaktmittels vor. Bei starkem Befall empfiehlt die Mite Control Calculator-App eine Rücksprache mit dem betreuenden Tierarzt zur Verschreibung einer geeigneten kurativen Behandlung. Je nach Intensität des Befalls schlägt die App auch ein Zählprogramm für die nächsten Wochen vor. Bei jeder neuen Zählung wird das Interventions- und Zählprotokoll angepasst, um eine wirksame und langfristige Kontrolle der Milbenpopulationen zu gewährleisten. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Funktionsweise der Anwendung:

## MITE CONTROL CALCULATOR



### Program Implementation:

Example of scenario : hens already in the building and traps in place

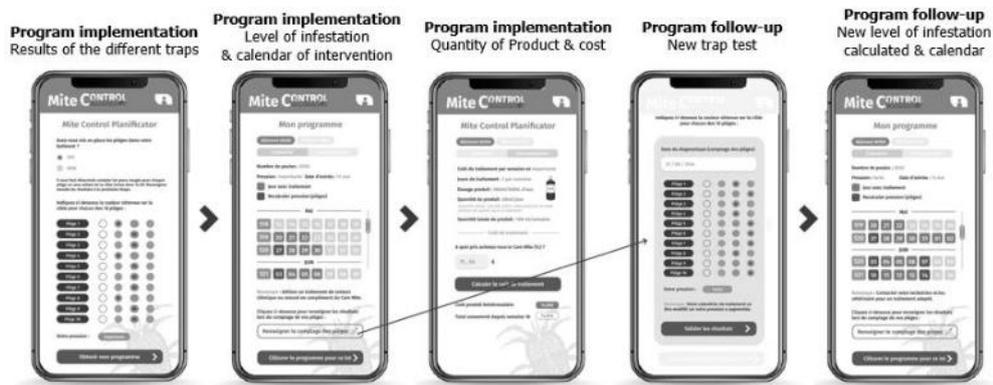


Abbildung 4: Beispielsicht der Mobile-App „Mite Control Calculator“.

Mite Control Calculator ist die erste kostenlose mobile Anwendung, die offline für eine bessere Kontrolle der roten Vogelmilbe genutzt werden kann, da sie eine bessere Reaktionsfähigkeit im Betrieb ermöglicht. Der Verlauf aller durchgeführten Zählungen und Protokolle wird in der Anwendung gespeichert.

## Fazit

Eine zuverlässige und regelmäßige Überwachung des Befalls mit der roten Vogelmilbe ist unerlässlich, um diesen externen Parasiten wirksam zu bekämpfen. Nor-Feed hat ein einfach zu bedienendes Instrument entwickelt, das aus einem Zählkit und einer mobilen Anwendung (App) besteht. Die vom Mite Control Calculator verwendete Methodik basiert auf zahlreichen wissenschaftlichen Studien, darunter das MiteControl-Projekt. Die durchgeführten Messungen haben die Zuverlässigkeit des Zählkits bestätigt, welches eine schnelle, halbquantitative Bewertung des Befalls mit der roten Vogelmilbe ermöglicht. Die Anwendung der Mite Control Calculator-App auf dem Betrieb liefert ein auf den Grad des Vogelmilbenbefalls zugeschnittenes Protokoll für eine effektive Bekämpfung.

## Literatur:

NIJS H. et SLEECKX N. « IPM Report: Implementation of IPM Programmes to Control PRM on Farms », 2020.

VAN EMOUS R., RA, VAN NIEKERK TGCM., MUL M. ; 2005. E 11 miljoen schade voor de sector : enquête vogelmijten op leghennenbedrijven. De Pluimveehouderij. 358–9.

### Autor:

Marie-Sophie Schneegans  
Nor-Feed SAS  
3 rue Amedeo Avogadro  
49070 Beaucoz , Frankreich  
marie-sophie.schneegans@norfeed.net

natuphos® E

 **BASF**

We create chemistry

# Natuphos® E

## Der Phytase-Pionier setzt neue Maßstäbe



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

The science of sustainable feed that succeeds

BASF -  
Seit mehr als

★ **30** ★  
**Jahren**

Pionier bei  
Futterenzymen

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

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

## Autorenverzeichnis

Aguayo .....	206	Lichtenstein .....	113
Ahrens .....	155, 190	Lieboldt .....	59
Amslinger .....	94	Liegsalz .....	211
Andersson .....	66	Lima .....	119
Avi .....	206	Lorenzini .....	20
Beckmann .....	1, 20	Lückstädt .....	162
Blümel .....	98, 143	Mader .....	131
Brake .....	126	Marques .....	119
Braun .....	54	Mashelkar .....	44
Briche .....	83	Masiero .....	179
Bui .....	220	Mayer .....	83
Burkhardt .....	44	Meyer .....	30
Calvo .....	179	Misthilger .....	143
Dörr .....	44	Mochkina .....	211
Dubey .....	119	Möddel .....	185
Duclos .....	83	Möhrle .....	44
Eckel .....	185	Mukunda .....	44
Engelen .....	83	Müller .....	143
Ettle .....	98, 105	Neto .....	89
Faivre .....	83	Neufeld .....	196
Gattinger .....	89	Nies .....	94
Girmay .....	44	Niewind .....	190
Götz .....	105	Oberdorf .....	220
Gruber .....	71	Obermaier .....	98, 105
Hammerl .....	143	Paiva .....	83
Harms .....	136	Petrovic .....	162
Hartinger .....	38	Pfeil .....	119
Hautzinger .....	136	Piron .....	79
Hoffmann .....	98	Preißinger .....	155
Hofmann .....	190	Rauch .....	94
Horta .....	206	Ribeiro .....	119
Hovenjürgen .....	131	Richardt .....	15
Huber .....	98	Roques .....	220
Hübner .....	30	Rosa .....	89
Hutter .....	162	Rothstein .....	113
Ingmanns .....	126	Salah .....	83
Jagadale .....	44	Sassenberg .....	201
Jason .....	44	Schäffler .....	1, 94
Knob .....	89	Scheidemann .....	79
Kratz .....	196	Scherb .....	155
Krieg .....	190	Schneegans .....	220
Kurek .....	136	Schneider .....	143
Lambertz .....	89	Siegert .....	201
Landwehr .....	113	Snoeck .....	172
Lange .....	201	Sol .....	206
Leão .....	119	Spiekers .....	1, 143
Lehner .....	143	Steinhoff-Wagner .....	44, 54, 136, 211
Lekhal .....	79	Sun .....	119

Tobisch.....	136	Wiemann.....	179
Toppel.....	66	Wiltafsky-Martin.....	10
Umar.....	185	Winkler.....	167
van der Aa.....	172	Wirges.....	179
Vanderhaeghe.....	155	Wu.....	172
Walsh.....	179	Zeiler.....	136
Wein.....	71	Zißler.....	79
Westra.....	30		

## 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

---

**BTC**  
Chemical Distribution

**BTC Europe GmbH**

Industriestraße 20  
D-91593 Burgbernheim

---

 **DR. ECKEL**  
creative solutions

**Dr. Eckel Animal Nutrition  
GmbH & Co. KG**

Im Stiefelfeld 10  
56651 Niederzissen

---



---

**DSM Nutritional Products GmbH**

Emil-Barell-Straße 3  
79639 Grenzach-Wyhlen  
Deutschland

---

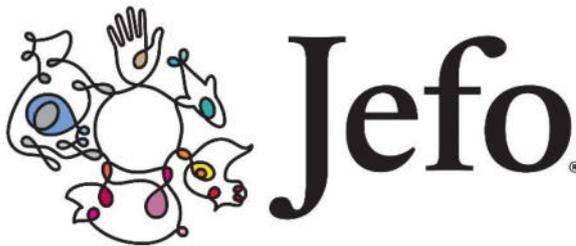


---

**ForFarmers GmbH**

Industriestraße 7  
49377 Vechta-Langförden  
Deutschland

---



---

**JEFO**

2 Rue Claude Chappe  
44480 Carquefou  
Frankreich

---



**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.)

---



**MiXscience**

2 Avenue de Ker Lann  
35170 Bruz  
Frankreich

---



**Phileo by Lesaffre**

Nibelungenstr. 19  
77694 Kehl

---



**Pulte GmbH & Co. KG**

Hirtenweg 2  
82031 Grünwald

---