

137. VDLUFA KONGRESS

L E I P Z I G

22. – 25.09.2026



Abbildung: KI-generiert

Stoffkreisläufe im Wandel – Strategien für eine zirkuläre Agrar- und Umweltwirtschaft

Kurzfassungen

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.



© 2026 by VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung vorbehalten.

Veranstalter:

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.
c/o LUFA Speyer, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer
Tel.: +49 (0) 6232 - 136 121, E-Mail: info@vdlufa.de
Geschäftsführerin: Monika Stumpf

Verlag:

VDLUFA-Verlag, c/o LUFA Speyer, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer
Tel.: +49 (0) 6232 - 136 121, E-Mail: info@vdlufa.de

Herstellerische Betreuung:

rdz GmbH, Pützchens Chaussee 60, 53227 Bonn ;
VDLUFA, Claudia Heck, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer

Druck:

Druckerei Kröner GmbH, Andreas Muth, Hauptstraße 199, 67067 Ludwigshafen

Schirmherrschaft:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat

Der Kongress wird durchgeführt in Zusammenarbeit
mit der Universität Leipzig und der BfUL



UNIVERSITÄT
LEIPZIG



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsübersicht

Plenartagung	5
Gemeinsamer Workshop	8
Öffentliche Sitzung N-Auswaschung	12
Öffentliche Sitzung Nmin	15
Öffentliche Sitzung Bodenmonitoring	18
Öffentliche Sitzung Boden und Treibhausgase	20
Öffentliche Sitzung N-Düngung und Umwelt	25
Öffentliche Sitzung Nährstoffe	30
Öffentliche Sitzung N-Düngung	35
Öffentliche Sitzung Grünland	39
Posterpräsentation Pflanzliche Produktion	43
Öffentliche Sitzung Tierische Produktion I	65
Öffentliche Sitzung Tierische Produktion II	72
Öffentliche Sitzung Tierische Produktion III	77
Öffentliche Sitzung Tierische Produktion IV	86
Posterpräsentation Tierische Produktion	92
Öffentliche Sitzung Düngemittelanalytik	114
Öffentliche Sitzung Bodenanalytik	116
Öffentliche Sitzung LIMS	118
Öffentliche Sitzung Futtermittelanalytik	119
Posterpräsentation Sektion Analytik	124
Öffentliche Sitzung Saatgut I	133
Öffentliche Sitzung Saatgut II	138
Verzeichnis der Beiträge	141
Referentinnen und Referenten	148
Unsere Aussteller und Sponsoren	152

Stoffliches Recycling in der Landwirtschaft – Beiträge für Humus, Klimaschutz und Bodengesundheit

Don, A. (Braunschweig)

Landwirtschaftliche Systeme sind geprägt durch große Stoffflüsse, die betriebsintern oder darüber hinaus das Ziel haben, Nährstoffe gezielt ackerbaulich einzusetzen. Mit dem Nährstoffmanagement werden auch große Mengen organisch gebundener Kohlenstoff bewegt. Allein in Deutschland fallen jährlich 26 Mio. t erntebares Getreidestroh an, in dem 13 Mio. t Kohlenstoff gebunden sind, sowie Stickstoff im Wert von rund 270 Mio. €. Neben Ernteresten wie Stroh sind es organische Dünger, die in der Landwirtschaft anfallen und einen wesentlichen Beitrag leisten, Nährstoffe zu recyceln und Humus in Böden aufzubauen und zu erhalten.

Humus ist der zentrale, messbare Indikator für die Bodengesundheit und gleichzeitig eine relevante Stellschraube für den Klimaschutz in der Landwirtschaft. Zusätzlich in Humus gebundener Kohlenstoff könnte einen Beitrag dazu leisten, landwirtschaftliche Systeme klimafreundlicher zu gestalten, wie es mit Carbon Farming umgesetzt wird. Gleichzeitig stehen die Humusvorräte in Deutschland unter Druck durch die Klimaveränderungen, und bereits kleine Humusverluste von Ackerflächen in Deutschland würden hohe zusätzliche Kohlendioxidemissionen verursachen. Zielgerichtetes stoffliches Management in der Landwirtschaft kann dem entgegenwirken.

In diesem Beitrag zeige ich, wie sich Stoffflüsse in Deutschland verändern durch Maßnahmen wie Zwischenfruchtanbau, Fruchtfolgen, organische Düngung und das Management von Ernteresten und welche Folgen das für Humus, Treibhausgasemissionen und Bodengesundheit hat.

Nährstoffsaldierung auf Nutztier-, Stall- und Betriebsebene gezielt nutzen

Spiekers, H. und Schneider, S.

In der Nutztierhaltung werden mit Kot und Harn die nicht im Körper angesetzten bzw. in Milch oder Eiern eingelagerten Nährstoffe wie N, P, K und S ausgeschieden. Diese können als Dünger über die Ausbringung von Gülle, Mist und Jauche oder Weidegang genutzt werden. Eine Abschätzung der Mengen erfolgt über die Saldierung der von den Nutztieren mit dem Futter aufgenommenen Mengen abzüglich der in den Produkten Zuwachs, Milch, Eier enthaltenen Mengen. Die so für Standardverfahren ermittelten Nährstoffausscheidungen werden von den Fachgremien der DLG (2014) erarbeitet und im Düngerecht als Anlage der Düngeverordnung (DüV) übernommen.

Ein besonderer Punkt ist hierbei die N- und P-reduzierte Fütterung zur Minderung der Nährstoffausscheidung je Tier bzw. Tierplatz sowie je Einheit Produkt. Über die Nährstoffsaldierung ist diese mess- bzw. plausibilisierbar. Dies hat auch große Auswirkungen auf die mögliche Emission in der Nutztierhaltung. Dies betrifft insbesondere das Ammoniak. Vom VDI (2025) wurde die N- und P-reduzierte Fütterung entsprechend in die VDI Richtlinie 3894, Blatt 3 aufgenommen.

Aktuell steht eine Neufassung der DLG (2014) auf der Agenda. Neben der Aktualisierung der Verfahren soll soweit möglich der Schwefel miterfasst werden. Bei Schwein und Geflügel sind weitere Verfahren zur N- und P-reduzierten Fütterung zu integrieren. Bei der Milchkuh ist eine Abschätzung der N-Ausscheidung auf Betriebsebene auf Basis vom Gehalt an Milchharnstoff nach Honig et al. (2024), wie bei der Emissionsinventarisierung bereits umgesetzt, zu etablieren.

Eine Nährstoffsaldierung auf Stall- bzw. Anlagenebene ist für Schweine- und Geflügelhalter, die der Emissionsschutzrichtlinie unterliegen (IED-Betriebe) bindend. Dies erfolgt zur Plausibilisierung der für die Betriebe vorgeschriebenen maximal zulässigen N- und P-Ausscheidungen. Das zugehörige Saldierungsprogramm steht zur Nutzung auf der Webseite der DLG zur Verfügung.

Zum betrieblichen Controlling empfiehlt sich insbesondere für Nutztierhalter die Nährstoffsaldierung auf Betriebsebene nach dem Hoftorprinzip. Belegt ist dies unter anderem durch die Untersuchungen von Schneider et al. (2021) in bayerischen Ferkelerzeuger- und -mastbetrieben. Pflanzenbau, Futterwirtschaft und Fütterung sind integral zu betrachten. In der Beratung ist die Anwendung zu empfehlen.

Fazit und Ausblick

Die Nährstoffsaldierung auf Nutztier-, Stall- und Betriebsebene hat sich in Forschung, Beratung und Verwaltung bewährt. Kontinuierlich fortzuentwickeln und zu verbessern

sind die Methodik und die digitale Umsetzung. Dies betrifft insbesondere Daten zum Nährstoffansatz und zu den Verfahren. Die Analytik ist hier von großer Relevanz.

Literatur

DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199, DLG-Verlag Frankfurt a.M.

DÜV- Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305), die zuletzt durch Artikel 32 der Verordnung vom 11. Dezember 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 411) geändert worden ist.

Honig, A.C., Spiekers, H., Baltissen, I., Bosch, A., Ettle, T. (2024): Modellierung der Stickstoffausscheidungen melkender Kühe. in: VDLUFA-Schriftenreihe **81**, Kongressband 2024, 472 - 479.

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

VDI (2025): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Futter und Fütterung und Emissionen. VDI-Richtlinie 3894 Blatt 3. VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss. VDI-Handbuch Nutztierhaltung: Emissionen/Immissionen.

Forschung für die Praxis am Beispiel des EU-Projekts NUTRIFEEDS

Zentek, J. (Berlin)

Die europäische Nutztierhaltung ist in erheblichem Umfang auf importierte Proteinträger, insbesondere Sojaprodukte, angewiesen. Gleichzeitig erfordern Probleme wie Klimawandel, Ressourcenknappheit und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit die Entwicklung neuer Fütterungskonzepte. Das Horizon-Europe-Projekt NUTRIFEEDS verfolgt das Ziel, regenerative Tierernährungssystemansätze zu entwickeln. Im Mittelpunkt stehen die Nutzung bisher unzureichend genutzter Nebenströme der Lebensmittelwirtschaft, klimaresistenter Pflanzen sowie deren Aufwertung durch zielgerichtete mikrobielle Fermentation und die Biokonversion mittels Larven der Schwarzen Soldatenfliege.

Die entwickelten Futtermittel werden umfassend charakterisiert. Besonderes Augenmerk gilt den Auswirkungen auf Darmgesundheit, Mikrobiom, Stoffwechsel, Tierwohl und Leistungsfähigkeit verschiedener Nutztierarten. Hierzu werden *In-vitro*-, *Ex-vivo*- und *In-vivo*-Methoden kombiniert, darunter Verdauungsmodelle, Ussing-Kammer-Untersuchungen, Stoffwechselstudien sowie Fütterungsversuche bei Geflügel, Schweinen, Wiederkäuern und weiteren Nutztieren. Ergänzend kommen KI-gestützte Sensorsysteme zur kontinuierlichen Erfassung von Verhalten, Gesundheit und Umweltbedingungen zum Einsatz.

Ein Schwerpunkt des Projektes liegt auf der Bewertung der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit der entwickelten Futtermittel einschließlich Lebenszyklusanalysen sowie der Entwicklung regional angepasster Fütterungsstrategien. Durch die Kombination innovativer Biokonversionsverfahren mit einer tierphysiologisch fundierten Bewertung soll NUTRIFEEDS einen Beitrag zur Erhöhung der europäischen Proteinautarkie leisten und gleichzeitig Tiergesundheit, Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft verbessern. Die Ergebnisse bilden eine wissenschaftliche Grundlage für zukünftige Futtermittelbewertungen sowie für die praktische Umsetzung nachhaltiger Fütterungskonzepte in der europäischen Nutztierhaltung.

Systemrelevante Wildnis: Wie Auen und Moore unsere Stoffkreisläufe steuern

Trepel, M. (Kiel)

Die Oberflächengewässer Deutschlands werden durch Nähr- und Schadstoffeinträge aus punktuellen und landwirtschaftlichen Quellen so stark belastet, dass sie die Ziele europäischer Richtlinien (WRRL, MSRL) unter anderem deshalb nicht erfüllen. Flankierend zur Emissionsminderung ist es daher erforderlich, den Stoffrückhalt in den Einzugsgebieten zu verbessern. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen hängt maßgeblich von den hydrologischen Bedingungen und Anströmverhältnissen ab. Durch den Rückbau von Entwässerungs- oder Hochwasserschutzanlagen wird die Verweilzeit des Wassers in Feuchtgebieten verlängert, was den Stoffabbau und die Stoffakkumulation fördert. Die Kernprozesse sind hierbei die Denitrifikation (Stickstoffkreislauf) und die Sedimentation (Phosphorkreislauf). Diese Prozesse funktionieren am effektivsten, wenn sie weitgehend ungestört von menschlichen Einflüssen – wild – ablaufen. Wiedervernässte Moore und funktionsfähige Auen können jährlich um die 100 kg Stickstoff und 1 kg Phosphor pro Hektar wiederhergestellter Fläche zurückhalten.

Bei Auenprojekten wird vorrangig das Überflutungsregime mit dem angrenzenden Talraum verbessert. Die Wirkung von Mooren im Landschaftsstoffhaushalt ist differenzierter zu betrachten und hängt stark vom hydrogenetischen Moortyp ab. Je nach Moortyp variieren die Rückhalteprozesse und -raten erheblich.

Im Vergleich zu technischen Maßnahmen im Abwasserbereich ist die Verbesserung des natürlichen Stoffrückhalts kosteneffizient. Zudem entstehen Synergien mit dem Biodiversitäts-, Klima- und Hochwasserschutz; gleichzeitig werden die EU-Wiederherstellungsverordnung sowie die Natura-2000-Richtlinie unterstützt. Da die Maßnahmen den Wasser- und Stofftransport verlangsamen, stabilisieren sie den Landschaftswasserhaushalt und dienen der Klimaanpassung. Die Bereitstellung von Flächen für die Renaturierung von Auen und Mooren ist somit eine gesellschaftlich relevante Investition, um die globalen Ziel der Nachhaltigkeit zu erreichen.

Wirtschaftsdüngeraufbereitung zur Umsetzung regionaler Nährstoffkreisläufe

Höcherl, S. (Freising)

Die strengeren Anforderungen der novellierten Düngeverordnung wie begrenzte Ausbringungsmengen und Änderungen in der erforderlichen Lagerkapazität flüssiger Wirtschaftsdünger, erfordern einen Nährstoffexport aus viehhaltenden Regionen in Ackerbauregionen. Für die abgebenden Betriebe bedeutet eine überbetriebliche oder überregionale Abgabe flüssiger Wirtschaftsdünger jedoch zumeist eine enorme wirtschaftliche Belastung. So sind flüssige Wirtschaftsdünger aufgrund ihres hohen Wasseranteils nur gering transportwürdig. Hersteller bieten seit Jahren Verfahren zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern an, um die Transportwürdigkeit flüssiger Wirtschaftsdüngern zu erhöhen. So gibt es Verfahren zur einfachen Aufbereitung (z.B. Pressschneckenseparatorn), Teilaufbereitungsverfahren (z.B. Trocknung) und Vollaufbereitungsverfahren, aus welchen mineraldüngerähnliche Produkte hervorgehen. Dadurch werden die Eigenschaften des Wirtschaftsdüngers wie z.B. die Nährstoffzusammensetzung, Lagerfähigkeit sowie das Infiltrationsvermögen verändert. Oftmals sind jedoch die genauen Eigenschaften der aufbereiteten Produkte nicht bekannt. Zudem liegen nur begrenzt Erkenntnisse über die Massenabtrenngrade, den Energiebedarf und die Nährstoffverteilung von Aufbereitungsverfahren vor, die jedoch für eine Beurteilung der Sinnhaftigkeit dieser Aufbereitungsverfahren erforderlich sind.

Ziel des Modell- und Demonstrationsvorhabens (MuD) *SlurryUpgrade* ist es, diese Parameter bei verschiedenen Aufbereitungsverfahren (Separierung, Trocknung, Vakuumverdampfung) zu ermitteln und die Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Dabei soll insbesondere auch das Leistungspotenzial von Separatoren durch unterschiedliche Einstellungen (Siebgrößen, Druckeinstellungen) und eine Zugabe von Additiven erhöht werden. Die Untersuchungen aus fünf Modellregionen mit insgesamt 30 Praxisbetrieben sollen vorgestellt und diskutiert werden.

Das MuD *SlurryUpgrade* wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat aufgrund eines Beschlusses im Deutschen Bundestages gefördert. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Förderkennzeichen: 2820 ABS300.

Wenn der Wasserkreislauf zum Stoffkreislauf wird

Reemtsma, T. (Leipzig)

Als Reaktion auf zurückgehende Niederschläge und abnehmende Wasservorräte erscheint eine intensivierete Nutzung von Wasser in regionalen und lokalen Kreisläufen unausweichlich. Dazu gehört etwa die Nutzung von Niederschlagswasser in Städten oder auch die Verwendung behandelten Kommunalabwassers für Bewässerungszwecke in der Landwirtschaft.

Für solche stärker und enger geschlossenen Wasserkreisläufe steigt das Risiko, dass mit dem Wasser auch Kontaminanten im Kreislauf geführt werden. Für die Landwirtschaft kann es damit einerseits zu neuen Belastungen der genutzten Flächen und der erzeugten Produkte kommen, andererseits können bisher akzeptierte landwirtschaftlich verursachte (Grund-) Wasserbelastungen zukünftige (Nach-) Nutzungen in kritischer Weise einschränken.

Aus umwelt- und wasserchemischer Perspektive sind langlebige und gut wasserlösliche Stoffe diesbezüglich besonders kritisch. Solche persistenten und mobilen Stoffe (PM-Stoffe) werden seit einigen Jahren von uns intensiv untersucht, sowohl hinsichtlich ihres Auftretens in verschiedenen Teilen des Wasserkreislaufs als auch ihrer Quellen, ihres Umweltverhaltens und der Möglichkeiten ihrer Minimierung.

Einige PM-Stoffe finden sich bei Pflanzenschutzmitteln, Bioziden, Pharmawirkstoffen, Industriechemikalien usw.; sie können anhand der in den Zulassungsverfahren erhobenen Stoffdaten grundsätzlich gut erfasst werden. Sehr viel herausfordernder ist der Umgang mit persistenten und mobilen Metaboliten und Transformationsprodukten von Wirkstoffen, die nach der Anwendung, in der Abwasserbehandlung oder in der Umwelt gebildet werden. Diese sind häufig unbekannt und oft noch unentdeckt.

Der Vortrag vertieft einige dieser Aspekte beispielhaft.

Mehr Nachhaltigkeit in der Wassernutzung erfordert zukünftig auch mehr Nachhaltigkeit hinsichtlich des Umgangs mit den Chemikalien, die wir in Kontakt mit dem Wasserkreislauf bringen.

Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Einfluss von Bodenbearbeitung und Bewirtschaftungssystem

Tauchnitz, N. (Bernburg); Rupp, H. (Falkenberg); Grunert, M. (Nossen); Schrödter, M. (Bernburg)

Der Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die N-Auswaschung wurde in Lysimetern am Standort Nossen auf unterschiedlichen Böden untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Bodenbearbeitungsintensität bei allen geprüften Böden signifikant auf die Sickerwassermenge auswirkte. Direktsaat wies im Vergleich zur Grubber- und Pflugbearbeitung höhere Sickerwassermengen auf. Hingegen wurde der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Nitrat- (NO_3^-) Konzentration im Sickerwasser nur beim sandigen Lehm festgestellt. Hier wurden signifikant höhere NO_3^- -Gehalte und höhere N-Frachten bei der Pflug- und Grubbervariante im Vergleich zur Direktsaat ermittelt (Abb. 1).

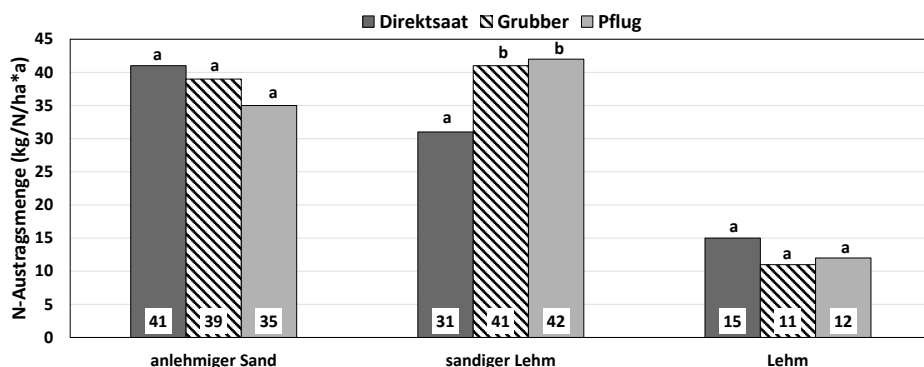


Abb. 1: N-Auswaschung in 1 m Tiefe in der Lysimeteranlage in Nossen (Mittel 2014 bis 2022); unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten ($p < 0,05$, t-Test, $n=6$)

Der Vergleich zwischen ökologischer und integrierter Bewirtschaftung anhand langjähriger Lysimeteruntersuchungen auf einem lehmigen Sand am Standort Falkenberg ergab signifikant höhere NO_3^- -Konzentrationen im Sickerwasser und höhere N-Frachten bei der ökologischen Variante. Die Ursache hierfür ist vermutlich in der schwer kalkulierbaren N-Freisetzung bei Anwendung organischer Dünger und einen hohen Anteil von Leguminosen in der Fruchtfolge der ökologischen Variante zu sehen. In einem weiteren Lysimeterversuch am Standort Falkenberg wurde nachgewiesen, dass Grünlandnutzung im Vergleich zum Ackerbau eine deutlich reduzierte NO_3^- -Auswaschung bei allen berücksichtigten Bodenarten aufwies. Dennoch führte eine N-Düngung weit über dem Optimum zu einem erhöhten Risiko von NO_3^- -Auswaschungen unter Grünland.

Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Zusammenhang zwischen N-Saldo und N-Austrag

Werisch, S. (Brandis); Bull, I. (Gülzow)

Um eine Verminderung der Nitratausträge aus landwirtschaftlichen Systemen zu erreichen wird der Einsatz von Düngemitteln über die Düngeverordnung reguliert. Ziel ist eine pflanzenbedarfsgerechtere Düngung mit dem gleichzeitigen Ziel reduzierter Stickstoffüberschüsse und Nitratausträge. Es wird folglich davon ausgegangen, dass ein relativ direkter Zusammenhang zwischen bilanzierten N-Überschüssen und Nitratausträgen besteht.

Auswertungen langjähriger Messreihen der Lysimeterstation Brandis, sowie von Saugkerzenuntersuchungen in Gülzow zeigen, dass N-Salden und N-Auswaschung in einer wesentlich komplexeren Beziehung zueinanderstehen. Auf Basis einer Kreuzkorrelationsanalyse zwischen beiden Größen kann keine klare Beziehung zwischen mehrjährigen N-Salden und N-Frachten identifiziert werden (Abb. 1).

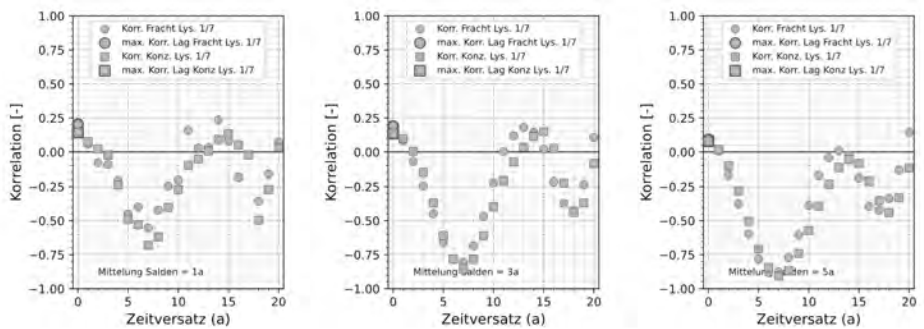


Abb. 1: Ergebnisse der Kreuzkorrelationsanalysen zwischen N-Saldo und N-Fracht (Kreis) und N-Saldo und Nitratkonzentration (Rechteck) einen lehmigen Sandboden (Lysimeter 1/7) für 3 verschiedene Mittelungszeiträume (1 Jahr-links; 3Jahre-mitte; 5Jahre-rechts).

Vielmehr sind die Nitratausträge aus landwirtschaftlichen Böden von komplexen biogeochemischen Prozessen innerhalb des bodenorganischen Pools gesteuert, welcher direkt, aber langfristig, durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung beeinflusst wird. Das Niveau der N-Austräge ist daher vor allem vom aktuellen Zustand des bodenorganischen Pools, der Fruchtfolge, den Mineralisationsbedingungen im Herbst und den bodenhydrologischen Bedingungen im Herbst und Winter abhängig. Ebenso spielen Standortfaktoren wie Sickerwasserrate und Bodenart eine Rolle.

Berechnungsmethoden die auf eine Abschätzung von Änderungen im Nitrataustragsverhalten auf Basis von kurzfristigen N-Salden und Schätzungen der Sickerwassermenge abzielen, führen daher zwangsläufig zu fehlerhaften Ergebnissen.

Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Bestimmung der unvermeidbaren N-Auswaschung

Knoblauch, S. (Buttelstedt); Bull, I. (Gülzow)

Als unvermeidbar wird eine N-Auswaschung bezeichnet, die trotz Ausnutzung aller im Sinne einer guten fachlichen Praxis verfügbaren pflanzenbaulichen Maßnahmen zustande kommt. Im Mittelpunkt dafür stehen eine bedarfsgerechte Ernährung der Pflanzenbestände und eine auf hohe Nährstoffeffizienz und ausgeglichene Humusreproduktion ausgerichtete organische Düngung. In Abhängigkeit von den Standortverhältnissen und dem Betriebstyp ist eine große Schwankungsbreite zu erwarten. Da die Höhe der unvermeidbaren N-Auswaschung langfristig durch Nährstoffzufuhr ersetzt werden muss, wenn es nicht zu einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit kommen soll, entspricht dieser Wert gleichzeitig dem unvermeidbaren N-Überschuss-Saldo. Da nicht alle den Ertrag beeinflussenden Faktoren, wie Witterung, technische Grenzen etc. kontrollierbar sind, kann dieser als Optimalwert zu bezeichnende N-Überschuss-Saldo nur in einem Toleranzbereich eingehalten werden. Mit solchen standort- und bewirtschaftungsabhängigen Schwellenwerten für N-Salden können Landwirte prüfen, ob ausreichend Maßnahmen zur Minimierung der N-Auswaschung ergriffen worden sind.

Für eine Pararendzina aus unterem Keuper im Thüringer Becken wurde mittels Lysimeterversuch ein Wert von rund 5 kg N/ha*a ermittelt (Tab. 1). Zuzüglich eines Toleranzbereiches von etwa 20 kg N/ha*a würde sich daraus ein zu tolerierender Schwellenwert von +25 kg N/ha*a ergeben. Für eine Parabraunerde aus Geschiebedecksand in MV weisen erste Untersuchungen mittels Saugsonden auf eine unvermeidbare N-Auswaschung von rund 20 kg N/ha*a hin und es würde sich zuzüglich eines Toleranzbereiches von etwa 20 kg N/ha*a ein Schwellenwert von + 40 kg N/ha*a ableiten.

Tab. 1: Höhe der unvermeidbaren N-Auswaschung zwei verschiedener Standorte in Thüringen (TH) und Mecklenburg-Vorpommern (MV) unter ackerbaulicher Nutzung

Standort	Unvermeidbare N Auswaschung	Sickerwasser- menge	N-Saldo	NO ₃ - Konzentration
	kg N/ha*a	mm/a	kg N/ha*a	mg/l
Pararendzina aus unt. Keuper in TH	3,7	31	+8	53
Parabraunerde aus Geschiebedecksand in MV	23	106	+17	93

Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil I – Wassermodell

Kalmbach, S., Offenberger, K., Deimel, R., Karrer, J. (Freising)

Der für Pflanzen verfügbare mineralisierte Stickstoff im Boden deckt einen wesentlichen Anteil des pflanzlichen Stickstoffbedarfs ab. Um die Düngemengen bedarfsgerecht auszubringen, ist es notwendig vor der ersten Düngung im Frühjahr den N_{min} -Wert zu ermitteln, wie es auch in der Düngeverordnung vorgeschrieben ist. In Bayern gibt es von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) zusätzlich zur gezogenen N_{min} -Bodenprobe im Ackerbau die aussagekräftige und unbürokratische Alternative der schlagspezifischen Simulation des N_{min} -Werts im Frühjahr. Die N_{min} -Simulation wird von der LfL über eine Schnittstelle angeboten, die direkt bei der Berechnung der Düngedarfsermittlung integriert werden kann.

Das für die N_{min} -Simulation zugrunde liegende Modell besteht aus einem Wasser- und ein daran gekoppeltes Stickstoffmodell. Das Wassermodell stellt die zentrale Grundlage für die Stickstoffbewegung und -umwandlungsprozesse im Boden dar. Meteorologische Eingangsdaten des Deutschen Wetterdienstes wie Temperatur, Niederschlag und relative Luftfeuchte steuern die Wasserbewegung im Boden und ermöglichen eine schlagspezifische Betrachtung. Außerdem sind für eine schlagbezogene Modellierung Angaben zum Feldstück, zum Anbau, sowie standortbezogene Bodendaten notwendig. Anhand dieser Eingangsdaten werden täglich die Bodenfeuchte sowie die Wasserverlagerung über die gesamte Durchwurzelungstiefe berechnet, die durch verschiedene Prozesse wie Oberflächenabfluss, Evapotranspiration und Sickerwasser beeinflusst werden. Für die Berechnung werden Bodenschichten von jeweils 10 cm zusammengefasst.

Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil II – Stickstoffmodell

Offenberger, K., Kalmbach, S., Deimel, R., Sperger, C., Fischer, K. (Freising)

Die schlagspezifische Stickstoff ($N_{\min}$)-Simulation der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ermöglicht eine schnelle und fundierte Berechnung des pflanzenverfügbaren mineralisierten Stickstoffs im Boden – der $N_{\min}$ -Wert im Frühjahr. Das Modell der $N_{\min}$ -Simulation basiert auf dem im Teil I bereits beschriebenen Wassermmodell und einem darauf aufbauenden Stickstoffmodell.

Im Zentrum des Stickstoffmodells steht die tägliche Berechnung des $N_{\min}$ -Gehalts. Hierbei werden Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, wie Temperatur, Globalstrahlung, Niederschlag und relative Luftfeuchte mit einbezogen sowie die daraus im Wassermmodell berechnete Wasserverlagerung und Bodenfeuchte. Außerdem fließen flächenspezifische Informationen zum Humusgehalt, zur langjährigen organischen Düngung, sowie zur Fruchtfolge inklusive Zwischenfrucht ein. Da diese Angaben in der Düngebedarfs-ermittlung bereits erfasst werden, können diese für die $N_{\min}$ -Simulation übernommen werden.

Die Eingangsdaten sind die Grundlage zur Ermittlung der N-Fixierung der Leguminosen, der Mineralisation organischer Substanz im Boden und der N-Freisetzung bzw. N-Festlegung aus der Vorfrucht mit oder ohne Stroh-/Blattbergung. Beeinflusst werden die Umwandlungsprozesse von Stickstoffverbindungen insbesondere durch die Temperatur sowie die Bodenfeuchte. Durch die Gegenüberstellung des Stickstoffaustrages im Boden durch Auswaschung, Denitrifikation oder N-Entzug durch Pflanzen und des Stickstoff-inputs durch Mineralisation, N-Deposition oder Düngung wird in der $N_{\min}$ -Simulation die Veränderung des $N_{\min}$ -Werts täglich berechnet.

Die tagesaktuelle Berechnung des $N_{\min}$ -Werts im Frühjahr bildet eine Alternative zur klassischen $N_{\min}$ -Bodenprobe und unterstützt sowohl bei der Einhaltung der Düngeverordnung als auch bei einer nachhaltigen und umweltgerechten Düngung.

Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil III – Evaluierung der Nmin-Simulation

Deimel, R., Offenberger, K., Mießl, J., Kalmbach, S., Sperger, C. (Freising)

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) testet und entwickelt das Modell der in Teil I und Teil II beschriebenen N_{min} -Simulation kontinuierlich. Anhand von eigenen bayernweiten ackerbaulichen Stickstoffsteigerungsversuchen wird die N_{min} -Simulation systematisch validiert und weiterentwickelt.

Dabei steht nicht nur der Vergleich gemessener und simulierter N_{min} -Werte im Fokus. Eine weitere Möglichkeit zur Validierung des N_{min} -Werts ist die Bewertung der Qualität auf Basis von Ertragskurven. Dazu werden für alle ackerbaulichen Düngeversuche der LfL, die mindestens vier mineralische Stickstoffsteigerungsstufen enthalten, die jeweiligen Ertragskurven berechnet. Zusätzlich werden für jeden Versuch zwei Düngebedarfs-ermittlungen nach aktuellem Düngerecht erstellt, die zum einen auf dem gemessenen N_{min} -Wert beruht und zum anderen auf dem simulierten N_{min} -Wert. Anhand der Ertragskurve kann aus den jeweils ermittelten Düngemengen der Ertrag abgelesen werden. Anschließend werden die entsprechend benötigte Düngemenge und der daraus abgeleitete Ertrag gegenübergestellt und bewertet.

Die Validierung orientiert sich damit nicht ausschließlich an analytischen Bodenmesswerten, sondern bezieht die pflanzenbauliche Wirkung der Stickstoffbereitstellung unmittelbar in die Bewertung ein. Diese Methode bietet somit eine robustere Validierung hinsichtlich Schwankungen der Bodenanalytik und präferiert den Ansatz einer geringeren Umweltbelastung bei hoher Wirtschaftlichkeit.

Einordnung der Bodengesundheit in Bayern anhand der Indikatoren des EU Soil Monitoring Law

Ebertseder, F. (Freising); Wiesmeier, M. (Freising); Mack, M. (Freising); Walter R. (Freising); Ebert, T. (Freising); Treisch, M. (Freising)

Die Europäische Kommission hat im Juli 2023 einen Gesetzesentwurf zur Bodenüberwachung („Soil Monitoring Law“, SML) vorgeschlagen. Das SML zielt auf ein einheitliches Vorgehen zur Bodenüberwachung in den EU-Mitgliedsstaaten ab und umfasst eine Reihe bodenchemischer, -physikalischer und -biologischer Indikatoren zur Bewertung der Bodengesundheit. In diesem Vortrag wird die Bodengesundheit landwirtschaftlich genutzter Böden Bayerns anhand Daten des 40jährigen bayerischen Bodendauerbeobachtungsprogramms (BDF) unter Verwendung der Kriterien des SML beurteilt sowie die von der EU vorgeschlagenen Methoden und in Hinblick auf mögliche Schwellenwerte für gesunde Böden diskutiert. Zu den problematischen Indikatoren gehören dabei insbesondere Erosion, der Verlust an organischem Kohlenstoff und die Belastung mit Schadstoffen. Die Eignung der vorgeschlagenen Indikatoren bzw. der Methodiken ist allerdings diskussionswürdig. Beispielsweise ist die grundsätzliche Eignung des Corg/Ton-Verhältnisses als Indikator für den Verlust organischen Kohlenstoffs fraglich. Des Weiteren steht die methodische Erfassung der Bodenverdichtung sowie der Schwellenwert für Erosion von 2 Tonnen pro Hektar und Jahr in der fachlichen Diskussion. Darüber hinaus ist die Einstufung der Böden in einen „ungesunden“ Zustand bei Überschreitung eines einzelnen Schwellenwerts diskussionswürdig. Das Fehlen geeigneter bodenbiologischer Indikatoren sowie konkreter Schwellenwerte für mehrere bodenchemische Indikatoren schmälert zudem die unmittelbare Wirksamkeit des SML. Dennoch könnte ein überarbeitetes SML ein entscheidender Schritt zu einer systematischen Bewertung des Bodenzustands in der EU sein.



Abb. 1: Verteilung der landwirtschaftlichen BDF-Standorte in Bayern (40 Jahre)

Anforderungen der EU-Bodenüberwachungsrichtlinie an das Bodenmonitoring

Steinhoff-Knopp, B. (Braunschweig)

Die EU-Bodenüberwachungsrichtlinie (2025/2360; „Soil Monitoring Law“) ist der erste EU-weite Rechtsrahmen mit Regelungen zum Monitoring des Bodenzustandes. Das Soil Monitoring Law trat im Dezember 2025 in Kraft und muss durch die Mitgliedstaaten bis Ende 2028 umgesetzt werden. Das langfristige Ziel des Soil Monitoring Laws ist, bis 2050 alle Böden in der EU in einen gesunden Zustand zu bringen. Hierzu sind die Mitgliedstaaten aufgefordert, Bodenmonitoringsysteme zu installieren, mit denen insgesamt 13 Deskriptoren zum Zustand der Böden berichtet werden können.

Das Soil Monitoring Law definiert mehrere Anforderungen an das zukünftige Monitoring: Es soll auf repräsentativen Beprobungen für durch die Mitgliedstaaten zu definierende Bodeneinheiten beruhen und in einem Zyklus von sechs Jahren alle Landnutzungen (u.a. Ackerland, Grünland, Wald, urbane Böden) erfassen. Die Probenahmestellen sollen das Wertespektrum ausgewählter Bodeneigenschaften innerhalb der Bodeneinheiten mit einem Fehler von unter 5 % wiedergeben können. Zur Bewertung sollen aktuell verfügbare Informationen zur räumlichen Variabilität der Bodendeskriptoren verwendet werden. Die räumliche Abgrenzung der Bodeneinheiten steuert maßgeblich die Anzahl der benötigten Probenahmestellen.

Die festgelegten Deskriptoren decken verschiedene bodenphysikalische, -chemische und -biologische Aspekte ab: Versalzung, organischer Bodenkohlenstoff, Unter- und Oberbodenverdichtung, Nährstoffgehalte, Bodenerosion, Schadstoffe, Wasserrückhalt, Infiltrationskapazität, pH-Wert und Bodenbiodiversität. Hinzu kommt ein Indikator zur Bodenversiegelung und Bodenentnahme. Acht Deskriptoren werden durch die Mitgliedstaaten bewertet; zu allen weiteren besteht eine Berichtspflicht. Zur Bewertung sind zwei Grenzwerte vorgesehen: „unverbindliche nachhaltige Zielwerte“ und „operative Auslösewerte“. Die Zielwerte legen die langfristigen Ziele für einen gesunden Bodenzustand fest, während die Auslösewerte Maßnahmen auslösen. In der Richtlinie sind diesbezüglich Informations- und Beratungsangebote vorgesehen. Drei Zielwerte sind bereits in der Richtlinie fixiert, der größere Teil der Ziel- und Auslösewerte wird durch die Mitgliedstaaten festgelegt.

Der Beitrag stellt die Anforderungen des Soil Monitoring Laws an das Bodenmonitoring dar. Diskutiert werden die zu erhebenden Deskriptoren, die Anforderungen an die Repräsentativität des zu etablierenden Monitoringsystems und wie bestehende Bodenmonitoringsysteme dazu beitragen können.

Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten auf biologische Bodenindikatoren im Feldversuch

Fey, R.; Wiermann, C. (Kiel)

Biologische Bodenindikatoren reagieren sensibel auf Veränderungen der Bewirtschaftung und können wichtige Hinweise auf die Funktionalität des Bodens liefern. Ziel dieser Studie war es, die Reaktion ausgewählter biologischer Bodenparameter entlang eines Gradienten unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten zu analysieren und mögliche Zusammenhänge mit bodenfunktionellen Eigenschaften zu identifizieren.

Die Untersuchung wurde auf dem Versuchsbetrieb Lindenhof der HAW Kiel durchgeführt. Dafür wurden 5 bestehende Versuche herangezogen, die einen Gradienten der Bewirtschaftungsintensität von u.a. einer engen Fruchtfolge und intensiver Bodenbearbeitung bis zu einem eher extensiven System mit weiter Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau und reduzierter Bodenbearbeitung abdecken. Anfang November 2025 wurde die Beprobung durchgeführt. Erfasst wurden unter anderem die Regenwurmdichte, die Besiedelungsdichte der Enchytraeiden sowie die mikrobielle Biomasse und Aktivität. Ergänzend wurden bodenchemische und bodenphysikalische Parameter bestimmt.

Die Regenwurmdichten zeigten einen deutlichen Anstieg entlang des Bewirtschaftungsgradienten von intensiv zu eher extensiver Bewirtschaftung. Es zeigte sich außerdem eine besondere Sensitivität gegenüber der Bodenbearbeitung. Die Dichte der Enchytraeiden zeigte dagegen keinen eindeutigen Zusammenhang mit der Bewirtschaftungsintensität. Allerdings verschob sich ihre vertikale Verteilung zugunsten der oberflächennahen Bodenschichten in den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung.

Zwischen Regenwurmdichte und mikrobieller Aktivität bestanden positive Zusammenhänge. Die Basalatmung reagierte insgesamt stärker auf die Bewirtschaftungsunterschiede als die mikrobielle Biomasse. Zudem deuteten erste Ergebnisse auf Veränderungen der Porenstruktur und damit potenziell verbesserte Bedingungen für den Wasserhaushalt hin.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Regenwürmer und die mikrobielle Aktivität empfindlich auf Unterschiede der Bewirtschaftungsintensität reagieren. Die untersuchten extensiven Verfahren fördern biologische Bodenprozesse bereits wenige Jahre nach ihrer Etablierung.

Mikrobielle Bodenbiodiversität in einem Dauerfeldversuch bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf einem Lössboden

Tauchnitz, N. (Bernburg); Breitenstein, A. (Halle/S.); Koth, I. (Halle/S.); Moriniere, J. (Leipzig); Schrödter, M. (Bernburg)

Die mikrobielle Aktivität und Biodiversität von landwirtschaftlich genutzten Böden ist ein zentraler Indikator für die Bodengesundheit und die Bodenfruchtbarkeit und hat entscheidenden Einfluss auf deren Ertragsstabilität. Bisher gibt es nur unzureichende Kenntnisse darüber, welche standorttypischen bzw. nutzungstypischen Werte der Bodenbiodiversität für einen gesunden Zustand der Böden anzustreben sind.

In vorliegendem Projekt wurden Untersuchungen zur mikrobiellen Bodenbiodiversität und mikrobiologischen Aktivität in einem Dauerfeldversuch mit einer ökologischen und konventionellen Bewirtschaftungsvariante auf einem Lössboden am Standort Bernburg (Sachsen-Anhalt) durchgeführt. Die mikrobielle Aktivität wurde in der Vegetationsperiode (2024 und 2025) monatlich durch Bestimmung funktioneller Summenparameter (mikrobielle Biomasse, Basalatmung, metabolischer Quotient, Katalaseaktivität) erfasst. Die taxonomische Zusammensetzung des Bodenmikrobioms wurde mittels DNA-Metabarcoding für Bakterien (16S rDNA) und Pilze (ITS2) bestimmt.

Die funktionellen Summenparameter unterschieden sich signifikant zwischen den Bewirtschaftungsvarianten. Bei der ökologischen Variante wurde eine vergleichsweise höhere mikrobielle Aktivität nachgewiesen. Bei beiden Varianten traten starke zeitliche Schwankungen auf, die insbesondere mit Trockenheit und Bewirtschaftungsmaßnahmen korrelierten. Die anhand des DNA-Metabarcodings ermittelten mikrobiellen Diversitätsparameter wiesen nur sehr geringe Unterschiede zwischen beiden Varianten auf. Eine differenziertere Netzwerkstruktur der dominanten Bakteriengruppen untereinander mit einer höheren funktionellen Redundanz, die darauf hinweist, dass mehrere Arten identische Funktionen übernehmen können und eine stärkere funktionelle Einbindung von Pilzen (symbiotrophe und mykorrhizale) in Pflanzen-Boden-Interaktionen bei der ökologischen Variante deuten auf eine bessere Anpassungsfähigkeit dieser Bewirtschaftungsvariante gegenüber Störungen und Umweltveränderungen hin.

Organische Reststoffe für klimaresiliente Böden: Langzeitwirkungen zirkulärer Düngung im Humusdauerversuch Rinkenbergerhof

Weinmann, M., (Speyer), Armbruster, M. (Speyer)

Die Rückführung organischer Reststoffe kann Nährstoffkreisläufe schließen, organische Bodensubstanz aufbauen und die Widerstandsfähigkeit von Anbausystemen gegenüber klimabedingtem Stress erhöhen. Im Humusdauerversuch auf der Versuchsstation „Rinkenbergerhof“ der LUFA Speyer werden seit 1959 Stallmist, Erdmist, Klärschlamm, Komposte, Torf, Strohdüngung und Zwischenfruchtanbau mit einer rein mineralisch gedüngten Kontrolle verglichen.

Der Standort liegt im Oberrheingraben nördlich von Speyer auf 99 m ü. NN. Der Boden ist eine Braunerde bis Pseudogley-Braunerde aus Rheinterrassensanden mit einer Ackerzahl von etwa 25. Zu Versuchsbeginn 1958 betrug der Humusgehalt rund 1,2 %, die nutzbare Feldkapazität liegt bei etwa 10 %. Mit ca. 600 mm Jahresniederschlag und 11,5 °C mittlerer Jahrestemperatur ist der Standort stark trockenheitsgefährdet.

Nach mehr als 60 Versuchsjahren zeigen sich deutliche Unterschiede in organischer Bodensubstanz und Ertragsleistung. Aktuelle Ergebnisse zeigen, dass Stallmist- und Strohdüngung insbesondere unter Trockenstress höhere Erträge ermöglichen als die rein mineralische Düngung. Diese Vorteile korrelieren mit höheren Gehalten an organischer Bodensubstanz und dürften mit verbesserten bodenphysikalischen und biologischen Funktionen zusammenhängen.

Neben dem Ertrag werden physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften, mikrobiologische Parameter, Nährstoffversorgung, pflanzliche Stressresilienz und Qualitätsmerkmale der Ernteprodukte untersucht. Ziel ist eine ganzheitliche Bewertung der Wirkungen organischer Stoffrückführung auf Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaltevermögen, Nährstoffnutzung und Produktqualität unter Trockenstress.

Der Dauerversuch zeigt, dass zirkuläre Düngungsstrategien über die Nährstoffrückführung hinaus zentrale Bodenfunktionen und die Klimaresilienz landwirtschaftlicher Produktionssysteme langfristig stabilisieren können.

Untersuchungen der Auswirkungen langjährig organischer Düngung auf Ackerstandorte: Düngewirkung und Kohlenstoffspeicherung

Wiermann, C. (Kiel)

Vor dem Hintergrund der Ertragssicherheit und Kohlenstoffspeicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden, wird zunehmend die organische Düngung auch auf bisher nicht mit Wirtschaftsdüngern beaufschlagten Flächen diskutiert. Ziel des Vorhabens ist es deshalb im Rahmen eines Exaktversuches die Auswirkungen verschiedener organischer Düngemittel auf die Fruchtbarkeit und das Ertragspotenzial zu untersuchen.

Die Untersuchung wurde von 2020 bis 2025 auf dem Versuchsbetrieb Lindenhof der HAW Kiel durchgeführt. In einer fünfgliedrigen Fruchtfolge (Winterraps – Winterweizen – (Zwischenfrucht) – Silomais – Winterroggen – Wintergerste) wurden drei verschiedene Wirtschaftsdünger (Rinder-, Schweine- und Biogasgülle) in jeweils drei unterschiedlichen Mengen ausgebracht. Neben den jährlichen Ertragserhebungen wurden verschiedene Bodenparameter (u.a. C_{org} , N_t , pH, Porengrößenverteilung und Wasserleitfähigkeit) zur Quantifizierung der Bodenfruchtbarkeitsänderungen erhoben.

Die Ertragsergebnisse zeigen, dass organische Düngemittel durchaus in ihrer Wirkung mit mineralischen Düngemitteln konkurrieren können, qualitätsbestimmende Merkmale, wie der Rohproteingehalt bei Winterweizen allerdings negativ beeinflusst werden. Die Bodenuntersuchungen zeigen einerseits eine zunehmende Kohlenstoffsequestrierung bei der Anwendung der organischen Düngemittel, andererseits aber auch eine Tendenz zur Weitung des C/N Verhältnisses an.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirkung von Wirtschaftsdüngern, auf bisher nicht organisch gedüngten Flächen einen Beitrag zur Ertragsstabilisierung leisten können. Dies aber unter Umständen mit Qualitätseinbußen verbunden sein kann, die es gilt durch eine gezielte Terminierung der organischen Düngemittel zukünftig zu vermeiden. Besonders Biogasgülle ist geeignet, um eine zusätzliche Kohlenstoffspeicherung auf Ackerstandorten zu initiieren. Das C/N Verhältnis sollte allerdings beobachtet werden, um Engpässe in der Nährstoffversorgung besonders im Herbst zu vermeiden.

Empfehlungen zur Limitierung von Treibhausgas-Emissionen aus Kompostmieten

Matlach, J.; Cuhls, C.; Daniel-Gromke, J.; Knoll, L.; Reinhold, J. (Leipzig)

Die Nutzung von Bioabfällen für die Versorgung der Landwirtschaft mit organischen Düngern verlangt deren ordnungsgemäße Behandlung. Bei der aeroben Bioabfallhandlung (Kompostierung) können erhebliche THG-Emissionen auftreten. Daher hat der Projektträger PtBLE ein Verbundvorhaben zur klimaschutzorientierten Bioabfallverwertung für die Landwirtschaft mit dem Ziel der Limitierung von THG-Emissionen durch Prozessoptimierung gefördert.

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurden an 12 Kompostierungsanlagen über 100 THG-Emissionsmessungen an Rottegutmieten durchgeführt. Zusätzlich erfolgten bei 42 Anlagen mehr als 700 Porengasmessungen am Mietenprofil, ergänzt durch Feuchtrohdichtemessungen und Mietendatenerfassungen. Dieser große Datenpool wird derzeit für umfangreiche biostatistische Modellentwicklungen genutzt.

Hinsichtlich der THG-Emissionen wurden für die Kompostierung folgende Kenntnisgewinne erzielt:

- Die Kompostmieten weisen prozessbedingt stark variable Emissionen auf (0,004 bis 19,807 kg CO₂/d•MgFM)
- Diese Emissionen werden durch Einhausungen und Abluftbehandlung kaum vermindert
- Inputstoffe, Mietenhöhen und Jahreszeiten haben erheblichen Einfluss auf die Emissionen
- Aktiv belüftete Mieten zeigen gegenüber unbelüfteten Mieten deutlich geringere Emissionen
- Die Lachgasemissionen sind wesentlich stärker an den gesamten Emissionen beteiligt als bisher angenommen (etwa 1/3)
- Die Limitierung von Emissionen kann durch die Erfassung und Steuerung von Rotteprozessen erreicht werden, so durch
 - Aerobie-Richtwerte für Durchlüftungsempfehlungen
 - Empfehlungen zur Mietenhöhe aus Messungen der Feuchtrohdichte von Rottegut
 - Empfehlungen von Wassergaben zu Kompostmieten bzw. von Strukturmaten bei passiv belüfteten Mieten

Die vorliegenden Forschungsergebnisse sind geeignet, ein Klimaschutzsicherungssystem für Kompostierungsprozesse zu entwickeln.

Agrarwirtschaft und Grundstoffchemie als tragende Pfeiler einer Zirkelökonomie auf Basis von Biomethan und grünem Harnstoff

T. Kreuter¹⁾, S. Barthe²⁾, W. Stinner²⁾, P. Kornatz²⁾, W. Zeug³⁾, K. Bienert⁴⁾, F.L. Haupt¹⁾

1. SKW Stickstoffwerke Piesteritz; ²⁾ Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ);
2. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig-Halle (UFZ); ⁴⁾ VNG/BALANCE

Die SKW Stickstoffwerke Piesteritz sind als größter Ammoniak- und Harnstoff-Produzent Deutschlands ein essentieller Baustein unserer Grundstoffchemie, aber auch einer der größten Erdgas-Verbraucher und CO₂-Emittenten. Während die alternative Nutzung von grünem Wasserstoff in absehbarer Zeit weder ökonomisch noch technisch umsetzbar ist, bietet die Substitution von Erdgas durch Biomethan eine quasi sofort verfügbare, vergleichsweise preiswerte und ausbaufähige Option.

Anhand wissenschaftlicher Analysen und Modelle wird geprüft, inwieweit ein Kreislauf aus nachhaltiger landwirtschaftlicher Biomethan-Erzeugung und klimafreundlicher Ammoniak- und Harnstoff-Produktion als Katalysator für die grüne Transformation des für Mitteldeutschland essentiellen Netzwerkes aus Agrar- und Ernährungswirtschaft, Energiewirtschaft und Grundstoffchemie fungieren kann. Neben Machbarkeits- und Potenzialstudien erfolgen – sowohl im Hinblick auf den anvisierten Kreislauf (Biomethan → Harnstoff → harnstoffbasierte stabilisierte Dünger → Biomasse → Biomethan) als auch entlang der abzweigenden Wertschöpfung – unter anderem Berechnungen von Treibhausgasbilanzen und Opportunitätskosten, ganzheitliche Ökoeffizienz- und Lebenszyklus-Analysen sowie Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit.

Der Einsatz von grün erzeugten ammoniumstabilisierten Düngern auf Harnstoff-Basis in nachhaltigen Fruchtfolgen minimiert den Carbon Footprint sowohl der so erzeugten Produkte (Nahrung, Futter und Rohstoffe, darunter Biomethan für die erneute Produktion von Dünger-Harnstoff) als auch der abzweigenden Wertschöpfung im Non-Agro-Sektor (z.B. Ammoniak, Salpetersäure, Melamin, technischer Harnstoff, AdBlue). Die skizzierte Zirkelökonomie kann schneller, preiswerter und in größeren Dimensionen verwirklicht werden als andere grüne Technologien. Für die beteiligten Wirtschaftspartner wird eine langfristige Standortsicherung erreicht. Entsprechend groß sind die Effekte auf die nationale Treibhausgas-Bilanz.

Es ist geplant, die ersten vorliegenden Modellbetrachtungen im Rahmen eines Verbundprojektes zu vertiefen und die Ergebnisse zeitnah in die politische Entscheidungsfindung im Hinblick auf eine gezielte Förderung geeigneter Technologien zur grünen Transformation der deutschen Wirtschaft einzubringen.

Bedeutung der Stickstoffdüngerverteilung (Menge, Termin) auf Ertragsaufbau und N-Effizienz von Winterweizen unter aktuellen Bedingungen

Ebertseder, T., Dellekönig, V., Karmann, M., Hartung, J. (Freising)

N-Düngesysteme zu Winterweizen wurden in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts entwickelt, wobei 3 oder 4 Teilgaben mit unterschiedlicher Terminierung und Düngermenge appliziert werden, um die Bestände situationsangepasst zuführen. Vereinfachte Systeme mit weniger Teilgaben werden i.d.R. nur mit nitrifikationsgehemmten Düngern empfohlen. In den vergangenen Jahren haben sich sowohl Weizensorten (Standfestigkeit, Ertragsaufbau, -sicherheit) als auch das Klima deutlich verändert. Der Beitrag hat zum Ziel, die Notwendigkeit aufwändiger N-Verteilungssysteme unter aktuellen Anbaubedingungen zu prüfen.

Präsentiert werden Ergebnisse aus einjährigen Düngeversuchen im Zeitraum 2007 bis 2025. Die Versuche wurden am Standort Freising-Zornhausen der Hochschule Weihenstephan auf für große Teile der Region Tertiär-Hügelland typischen Flächen (Böden: L – Ls, Ackerzahl ca. 55, Jahresniederschlag ca. 800 mm) durchgeführt. Sie umfassen Varianten mit 3 Teilgaben (Vegetationsbeginn, Beginn Schossen, Ende Schossen), 2 Teilgaben oder nur einer N-Gabe (mit/ohne Nitrifikationsinhibitor) zu unterschiedlichen Terminen. Bei der dreigeteilten Düngung wurde sowohl die Mengenverteilung (Betonung der ersten oder zweiten Gabe) als auch der Termin der zweiten Gabe (BBCH 29/30 oder 32) variiert. Die Gesamt-N-Menge orientierte sich jahresspezifisch am N-Bedarf. Angebaut wurden praxisübliche A-Weizensorten.

Die Ergebnisse bestätigen, dass durch unterschiedliche N-Düngesysteme der Ertragsaufbau gezielt beeinflusst werden kann. Im Mittel der Jahre hatte jedoch weder die N-Verteilung in den Varianten mit 3 Teilgaben noch die Anzahl der Teilgaben signifikante Effekte auf den Kornertrag und die N-Ausnutzung. Ein signifikanter Einfluss der Jahreswitterung in einzelnen Entwicklungsabschnitten des Weizens auf Ertragsunterschiede in Einzeljahren konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Die aktuellen Weizensorten kompensierten niedrige Bestandesdichten mit erhöhten Kornzahlen pro Ähre bzw. Tausendkornmassen. Im Gegensatz zu den Systemen mit 3 Teilgaben zeigte sich jedoch in den Varianten mit nur einer Düngergabe ein deutlicher Einfluss der Herbst- und Winterentwicklung des Weizens (Bestockungsintensität) auf die Wirkung unterschiedlicher Applikationstermine im Einzeljahr.

Einfluss mehrjähriger DMPP-Applikation auf N-Verluste und Boden-N-Dynamik in einem Bodensäulenversuch

Ohmann, F., Olf, H.-W. (Osnabrück)

Die Reduktion von N-Verlusten aus landwirtschaftlich genutzten Böden ist ein zentrales Ziel einer nachhaltigen und effizienten Stickstoffdüngung. Nitrifikationsinhibitoren wie 3,4-Dimethylpyrazolphosphat (DMPP) können die mikrobielle Oxidation von NH_4^+ zu NO_3^- verzögern und dadurch potenziell Nitratauswaschung und Lachgasemissionen beeinflussen. Während die kurzfristige Wirkung von DMPP als Düngezusatz vielfach untersucht wurde, ist bislang weniger bekannt, ob eine mehrjährige Anwendung DMPP-haltiger Düngemittel die N-Umsetzung im Boden nachhaltig verändert.

Zur Untersuchung möglicher Langzeiteffekte einer wiederholten DMPP-Applikation wurde ein Bodensäulenversuch mit zwei landwirtschaftlich genutzten Böden unterschiedlicher Textur durchgeführt. Verwendet wurden ein sandiger Boden aus Osnabrück (OS) sowie ein schluffig-toniger Boden aus Göttingen (GO). Beide Böden liegen jeweils mit und ohne mehrjährige DMPP-Applikationshistorie vor. Die Bodensäulen wurden mit drei Düngungsvarianten behandelt: ungedüngte Kontrolle (N0), Ammoniumsulfatsalpeter (ASS) sowie ASS mit DMPP. Jede Kombination aus Bodenherkunft, DMPP-Historie und Düngungsvariante wurde fünffach in einem randomisierten vollständigen Blockdesign wiederholt.

Zur Simulation von Starkniederschlagsereignissen wurden die Bodensäulen regelmäßig beregnet und das austretende Perkolat über einen Zeitraum von 8 Wochen wöchentlich aufgefangen. Anhand der Perkolatanalyse konnte die Nitratauswaschung bestimmt werden. Parallel dazu wurden wöchentlich N_2O -Emissionen mittels eines MIRA-Gasanalyzers in einer geschlossenen Kammer gemessen. Angebaut wurde Deutsches Weidelgras, dessen Biomassebildung und N-Aufnahme erfasst wurden. Zum Versuchsende wurden zusätzlich die Gehalte an Ammonium und Nitrat ($= \text{N}_{\min}$) untersucht, um die verbleibende N-Verteilung im Boden zu bewerten.

Die Auswertung fokussiert auf die Frage, ob sich Böden mit mehrjähriger DMPP-Historie in ihrer N-Dynamik von Böden ohne DMPP-Vorbehandlung unterscheiden und ob der erneute DMPP-Zusatz zu ASS die Umwandlungsprozesse im Boden beeinflusst. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere die Lachgasemissionen teilweise signifikant durch die langjährige DMPP-Applikation beeinflusst werden. Damit kann der Versuch einen Beitrag dazu leisten, kurzfristige und potenzielle langfristige Effekte von Nitrifikationsinhibitoren auf Nitratauswaschung, N_2O -Emissionen, pflanzliche N-Aufnahme und Boden- $\text{N}_{\min}$ -Gehalte differenziert zu bewerten.

Standortangepasste Stickstoffdüngung im Ackerbau – Erfahrungen aus einem Schweizer Nitratprojekt

Argento, F, Tanner, E., Schwarz, A., Bischoff, W. A., Hug, R., Liebisch, F. (Schweiz)

Die Region Niederbipp-Gäu-Olten zählt zu den wichtigsten Trinkwasserressourcen des Kantons Solothurn und zu den intensivsten Acker- und Gemüsebaugebieten der Schweiz. Trotz mehrjähriger anbauorientierter Maßnahmen sind die Nitratgehalte im Grundwasser weiterhin zu hoch. Das Forschungsprojekt CriticalN untersucht die Umsetzung zusätzlicher standortangepasster Düngestrategien mit dem Ziel, die N-Verluste ins Grundwasser auf unter $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zu begrenzen und die Nitratgehalte signifikant zu senken.

Im Betriebsnetzwerk wurden über 4 Jahre auf bis zu 122 ha (22 Betriebe, 57 Parzellen, 9 Kulturen) zwei standortangepasste Düngemethoden – die $N_{\min}$ -Methode und die Methode der korrigierten Norm – mit der Betriebsdüngung verglichen. Die Versuche umfassten Einzelfelder und Streifenversuche mit Nullparzellen zur Quantifizierung der N-Nachlieferung. Erfasst wurden Ertrag, N-Entzug, Erntequalität, Nitratauswaschung sowie Herbst-Nmin und verschiedene N-Bilanz- und Effizienzparameter.

Die Ergebnisse zeigen den starken Einfluss von Witterung, Vorfrucht und Düngestrategie auf Ertrag, Stickstoffeffizienz und Verluste. Für Winterweizen lag etwa der Median der $N_{\min}$ -basierten Empfehlungen nahe der Durchschnittsabfuhr der Schweiz (137 kg N ha^{-1}), bei einer scheinbaren Ausnutzungs-Effizienz von ca. 85 %. Bei Silomais war die Düngung etwa 20 % über der Abfuhr. Die projektspezifische Begrenzung der Düngung auf Durchschnittserträge ermöglichte eine konsequente Reduktion der ausgebrachten N-Mengen auch in schwierigen Jahren. Die Nitratauswaschung blieb unter Silomais und Winterraps nach Winterweizen vernachlässigbar ($< 30 \text{ kg N ha}^{-1}$), während unter Winterweizen nach spät geernteten Vorkulturen (Silomais, Zuckerrüben) deutlich erhöhte Auswaschungsraten von $50\text{--}120 \text{ kg N ha}^{-1}$ auftraten. Eine erhöhte Anrechnung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs aus Hofdüngern (+10 % auf die mittelfristige N-Verfügbarkeit) wurde eingeführt und führt im Mittel zu einer Mehranrechnung von rund 6 kg N ha^{-1} pro Gülleausbringung.

Die Erkenntnisse betonen die Bedeutung standortspezifischer, witterungsadaptiver Düngung sowie einer grundwasserschutzorientierten Fruchtfolgeplanung. Die Kombination aus analytisch gestützter Düngebemessung, verbesserter Hofdünger-anrechnung und Fruchtfolgesteuerung bietet ein wirksames Instrumentarium, um die N-Effizienz zu steigern und die Nitratbelastung des Grundwassers nachhaltig zu reduzieren.

Organisation und Qualitätssicherung umfangreicher Bodenprobenahmen und Nitratuntersuchungen in Baden-Württemberg

Finck, M.; Käsmarker, R.; Heckelmann, A. (Karlsruhe)

In Baden-Württemberg werden seit Ende der 1980er Jahre sehr umfangreich Bodenproben gezogen und auf den Nitratgehalt nach SchALVO-Methode untersucht. Die Beprobung im Herbst in Wasserschutzgebieten ist eine amtliche Kontrollaktion, die der Überprüfung der Einhaltung von Auflagen der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) zur Reduzierung der Nitratauswaschung dient. Hierfür wurden in den 1990er Jahren jährlich bis zu 90.000 Standorte (landwirtschaftliche Flächen) beprobt. Mit der Novellierung der SchALVO im Jahr 2001 wurde die Beprobung auf Wasserschutzgebiete mit erhöhter oder hoher Nitratbelastung im Grundwasser (Problem- bzw. Sanierungsgebiete) fokussiert und die Anzahl beprobter Standorte hat sich auf nunmehr jährlich 10.000 Standorte verringert. Die Anforderungen an die Qualitätssicherung bei der Probenahme und Untersuchung sind hoch, denn die Ergebnisse müssen justitiabel sein. Vorgestellt wird die Durchführung der SchALVO-Herbstkontrollaktion von der Planung, den Ausschreibungen für die Probenahme, Nitratuntersuchung und die erforderlichen Mietfahrzeuge über die Qualitätssicherung der Probenahme und Untersuchung vor und während der Aktion, das Datenmanagement zwischen Labor, LTZ Augustenberg und der Wasserschutzberatung an den Unteren Landwirtschaftsbehörden bis hin zum Vollzug.

Eine der Auflagen in den Wasserschutzgebieten ist die Düngebedarfsermittlung nach Messmethode, weshalb auch bereits seit den 1990er Jahren im Frühjahr ca. 20.000 Standorte beprobt wurden. Während der Förderung im Agrarumweltprogramm MEKA II (2000-2006) stieg die Zahl auf bis zu 65.000 Standorte an, aktuell liegt sie wieder bei 20.000 wovon der überwiegende Teil Pflichtproben in Wasserschutzgebieten (SchALVO) und Nitratgebieten nach DüV sind. Die Proben werden vom Landwirt oder einem durch ihn beauftragten Probenehmer gezogen und von für den NID (Nitratinformationsdienst) zugelassenen Laboren untersucht. Neben den Nitratwerten erhalten die Landwirte auch den N-Düngebedarf nach landeseigener Empfehlung und nach Obergrenze der DüV.

Webbasiertes Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau – Software Web-Man

Donauer, J.¹; Ostermaier-Welz, A.¹; Albrecht, M.²; Görl, J.¹; Leßke, F.^{2,3}; Luthardt, M.²; Stieber, J.⁴; Weckesser, F.^{1,3}; Hülsbergen, K.-J.¹ (¹Technische Universität München; ²Sustainio GmbH, Freising; ³Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising; ⁴Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen)

Gesetzliche Vorgaben zur Dokumentation der Düngung sowie von betrieblichen Stoffflüssen haben in den letzten Jahrzehnten in Deutschland stark an Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig wird der Wert dieser Daten für das betriebliche Nährstoffmanagement aufgrund fehlender digitaler Lösungen und Auswertungsroutinen nicht vollständig genutzt. Die Anwendung wissenschaftlich abgeleiteter Methoden zur Optimierung des betrieblichen Nährstoffmanagements sind häufig mit einem hohen Aufwand für den Nutzer verbunden.

Vor diesem Hintergrund wird das betriebliche Nährstoffmanagementsystem Web-Man entwickelt, um in ökologisch wirtschaftenden Betrieben

- den Nährstoff- und Düngebedarf der angebauten Kulturpflanzen zu ermitteln,
- den Nährstoffanfall in der Tierhaltung und in Biogasanlagen zu berechnen,
- Nährstoffkreisläufe zu analysieren und zu optimieren,
- Handlungsempfehlungen zur Düngung und Fruchtfolgegestaltung zu geben.

Web-Man soll damit dazu beitragen

- hohe Erträge und Produktqualitäten zu erzielen,
- die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten,
- umwelt- und klimarelevante Nährstoffverluste zu senken und
- betriebliche und überbetriebliche Nährstoffkreisläufe zu optimieren.

Web-Man wird als Webanwendung umgesetzt und ist modular aufgebaut. Alle betrieblichen Managementdaten werden zentral im sogenannten Farm-Modell erfasst und gespeichert, um Mehrfacheingaben zu vermeiden. Datenschnittstellen und die Nutzung von Geoservern erleichtern die Datenerfassung. Die Fachmodule zur Ermittlung des Düngebedarfs, zur Humus- und Nährstoffbilanzierung, zur Abbildung betrieblicher Nährstoffkreisläufe sowie zur Entscheidungsunterstützung greifen auf die Daten im Farm-Modell zu. Die modulare Softwarearchitektur ermöglicht die Erweiterung des Systems für weitere Anwendungsfälle und Module. Gleichzeitig können die Funktionen der Fachmodule über maschinenlesbare API-Schnittstellen anderen digitalen Managementsystemen bereitgestellt werden. Das Rechte- und Rollenkonzept regelt den Datenzugriff. Die Datenhoheit liegt beim landwirtschaftlichen Betrieb. Mitarbeitern, Beratern oder Laboren kann ein lesender, schreibender oder ausführender Zugriff erteilt werden. Erste Web-Man-Module können über die Beratungssoftware webBESyD in den Ländern SN, BE, BB, HE, RLP, SL und ST genutzt werden.

Vergleich zweier bodengestützte Düngeempfehlungsansätze nach GRUD und Kinsey auf der Dauerbeobachtungsfläche Oberacker

Wittwer, R., Chervet A., Liebisch F. (Schweiz)

Eine gezielte, ausgewogene Ernährung landwirtschaftlicher Kulturen ist Grundlage für hohe Erträge und Qualität. Nährstoffe werden dem Boden entzogen und müssen durch Düngung zurückgeführt werden, um Nährstoffkreisläufe zu schliessen und Bodenfruchtbarkeit zu erhalten sowie die Umwelt zu schonen.

In der Schweiz basieren die Düngeempfehlungen für die Praxis auf den seit den 90er Jahren weiterentwickelten Grundlagen für die Düngung (GRUD). Diese nutzt den Kulturbedarf und Bodenanalysen, welche Nährstoffverfügbarkeit, Vorrat und Pufferkapazität erfassen. Für P, K und Mg existieren verschiedene Messmethoden, Kalkgaben werden u. a. über pH und Austauschkapazität bestimmt. Neben diesem Pflanzenbaulichen Ansatz verfolgt die Kinsey-Albrecht-Methode das Ziel eines „idealen Bodens“ mit optimalen Kationenverhältnissen am Bodenaustauscher. Düngeempfehlungen ergeben sich aus Abweichungen von diesen Zielwerten inklusiv Düngeempfehlungen für Spurenelemente.

Obwohl die Kinsey-Albrecht-Bodenanalysemethode in der Praxis herangezogen wird, mangelt es in der Fachliteratur an direkten Vergleichsstudien zwischen Kinsey-Albrecht und den gängigen wissenschaftlichen Ansätzen. Die vorliegende Studie hat zum Ziel, ein vertieftes Verständnis der praktischen Umsetzung beider Düngungsstrategien sowie deren Auswirkungen auf den Bodenzustand, die Erträge und den Nährstoffstatus von Ackerkulturen zu erlangen.

Zu diesem Zweck wurden Daten des 12-jähriges Düngungs-Vergleichs auf der Dauerbeobachtungsfläche 'Oberacker' (Rütti, Schweiz) analysiert und Effekte der Düngung nach GRUD und Kinsey hinsichtlich Erträge, der zeitlichen Veränderungen der Bodennährstoffgehalte und der Ableitbarkeit belastbarer Düngeempfehlungen in Abhängigkeit von der Bodentiefe und dem Anbausystem (Plug und Direktsaat) untersucht.

Die Analysen zeigen keine oder geringe signifikante Unterschiede bezüglich Ertragsbildung und Pflanzenernährungsstatus der Kulturen durch Bodenbearbeitungs- oder Düngungsstrategien. Beide Düngungsansätze erreichen jedoch grundsätzlich ihre spezifischen Ziele bezüglich Entwicklung der Bodennährstoffgehalte. Der Nährstoffaufwand war deutlich grösser nach Kinsey aber die GRUD-Verfahren erhielten nur Düngung nach Empfehlungen für P, K und Mg.

Reaktion von Zuckerrübe auf Kaliumdünger mit variablem Na-Gehalt

Gerendás, J. (Kassel), Thiel, H. (Kassel), Witczak, R. (Poznań), Pellerin, S. (Reims), Monprofit, C. (Reims)

Kaliumdüngemittel werden durch Aufbereitung natürlicher K-Rohsalze gewonnen, welche auch Na-Salze enthalten. Die Umstellung auf umweltschonende Aufbereitungsverfahren lässt den Na-Gehalt in Korn-KALI® geringfügig ansteigen. Zuckerrübe (ZR) gilt als Na-verträglich und kann einen hohen Anteil an K durch Na substituieren. In 2024 und 2025 wurde in einem mehrortigen Feldversuch (D, PL, F) der Einfluss mäßig erhöhter Na-Gehalte [38 % K₂O, 6 % MgO und 7,5 % Na der Testware (=TW) vs. 40 % K₂O, 6 % MgO und 4 % Na in Korn-KALI (= KK)] auf Nährstoffversorgung, Ertrag und Qualität von ZR auf Praxisschlägen geprüft. Sonstige Bewirtschaftungsmaßnahmen erfolgten betriebsüblich optimal. In allen Teilversuchen zeigten vegetationsbegleitende Blattanalysen eine dosisabhängige Na-Aufnahme ins Blatt, insbesondere auf leichten Standorten. Auffällig war die hohe Na-Substitution am deutschen Standort. Dies belegt, dass die alleinige Bestimmung von K (ohne Na) im Blatt zur Beurteilung der K-Versorgung nicht ausreicht. Zur Ernte zeigte die Untersuchung der Melassebildner in allen geprüften Jahren an allen Standorten keine Beeinträchtigung der technologischen Qualität durch den erhöhten Na-Gehalt. Die ZR verlagert Na bevorzugt ins Blatt, K akkumuliert im Rübenkörper. Lediglich auf Sandstandorten stieg der Standardmelasseverlust durch die K-Düngung signifikant, was jedoch durch die positive Ertragsreaktion mehr als kompensiert wurde. Die höhere Na-Zufuhr durch Korn-KALI ist für ZR vorteilhaft, deckt ihren Na-Bedarf und beeinträchtigt die Qualität nicht.

Tab. 1: Einfluss steigender K-Gaben (in kg K₂O ha⁻¹) mit unterschiedlichem Na-Gehalt (KK vs. TW) auf K- und Na-Versorgung, Zucker-Ertrag und Standardmelasseverlust (2024)

K ₂ O + Na (kg ha ⁻¹)	K; Na (%o d. Blatt-TM)			Zuckerertrag (t ha ⁻¹)			SMV (%)		
	D ¹	PL ²	F ³	D	PL	F	D	PL	F
0 + 0 als KK	38.0; 11.2	40.8; 1.4	40.9; 7.2	17.1	12.8	17.9	1.14	1.36	1.22
0 + 0 als TW	38.6; 9.5	40.4; 1.5	41.6; 7.9	17.2	12.5	18.2	1.15	1.34	1.32
120 + 12 KK	36.5; 11.7	40.4; 3.0	40.4; 8.3	17.7	13.1	20.8	1.16	1.45	1.07
120 + 24 TW	37.8; 10.7	39.0; 3.6	43.1; 8.9	17.1	13.2	19.5	1.14	1.37	1.08
240 + 24 KK	39.5; 10.9	45.5; 5.1	43.6; 7.4	17.3	14.4	19.5	1.15	1.53	1.22
240 + 47 TW	38.3; 13.4	45.3; 10.3	43.4; 7.8	16.9	13.6	20.2	1.13	1.58	1.27
360 + 36 KK	41.5; 10.0	46.2; 7.2	43.4; 6.6	17.6	14.6	20.9	1.13	1.58	1.21
360 + 71 TW	40.9; 11.4	47.1; 12.5	42.9; 7.5	17.8	14.8	20.2	1.14	1.69	1.26
240 + 4 60er	38.3; 10.8	43.9; 1.8	41.3; 7.3	18.1	13.6	19.5	1.14	1.52	1.14
GD _{SNK} α=0.05	0.37; 0.36	0.61; 0.14*	0.33; 0.24	1.56	2.90	2.36	0.08	0.16	0.35

Probenahme ¹11.07.2025, ²02.07.2024, ³04.07.2024; SNK-Test (α=_{0.05}) *LOG(10)-Werte

Selenverteilung in Apfelbäumen in Abhängigkeit von Applikationstechnik und Düngerform

Schulz, E.; Brüntjen, K.; Daum, D. (Osnabrück)

Die agronomische Biofortifikation von Nahrungspflanzen durch Blattdüngung stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Verbesserung der Selenversorgung des Menschen dar. Über die Aufnahme und Verlagerung von blattappliziertem Selen in Obstgehölzen liegen bislang jedoch nur wenige Erkenntnisse vor. Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluss von Applikationstechnik und Düngerform auf die Selenaufnahme und -verteilung in Apfelbäumen zu untersuchen.

Der Versuch wurde im Folientunnel mit der Apfelsorte ‚Topaz‘ durchgeführt. Dreijährige, in Containern kultivierte Bäume erhielten im Juni und Juli 2024 jeweils eine Blattdüngung mit 0,3 kg Selen je Hektar und Meter Kronenhöhe. Als Dünger kamen Lösungen mit Natriumselenat und Natriumselenit zur Anwendung, die entweder auf den gesamten Baum oder gezielt auf die Blätter bzw. distale Zweigbereiche appliziert wurden. Ende August wurden Blatt- und Fruchtproben entnommen, gewaschen und nach Mikrowellendruckaufschluss mittels ICP-MS auf ihren Selengehalt analysiert.

Sowohl Blätter als auch Früchte nahmen Selen aus den applizierten Lösungen auf. In Früchten, die während der Applikation mit Kunststoffbeuteln vor einer direkten Benetzung geschützt waren, wurden vergleichbare Selengehalte gemessen wie in direkt behandelten Früchten. Dies weist auf eine effiziente Verlagerung des blattapplizierten Selen in die Früchte. Dagegen wurde Selen aus ausschließlich in distalen Zweigbereichen behandelten Blättern nur in geringem Umfang in basale Blätter und Früchte transportiert. Unabhängig von der verwendeten Düngerform lagen die Selengehalte in den Blättern deutlich über denen der Früchte.

Während die Früchte der Kontrollvariante lediglich 3 µg Selen je Frucht enthielten, stieg der Selengehalt durch die Blattdüngung auf bis zu 63 µg je Frucht. Damit könnte bereits der Verzehr eines einzelnen Apfels die empfohlene tägliche Selenzufuhr eines Erwachsenen decken.

Evaluierung der Düngeempfehlung für Zink und Bor zu Mais auf einem Standort der Münchner Schotterebene

von Tucher, S., Hauck, D., Unrath, T., Kimmelman, St., Bienert, G.P. (Freising)

Aufgrund von visuellen Mangelsymptomen an Mais wurden 2024 am Standort Roggenstein (Forschungsstation der TUM, Münchner Schotterebene) Bodenproben entnommen, die nach VDLUFA auf die Parameter Bodenart, pH-Wert, CAL-lösliches P und K, CaCl_2 -lösliches Mg sowie CAT-lösliches Zn, B, Mn und Cu untersucht wurden. Im Ergebnis war der einzige für die Symptome an Mais möglicherweise verantwortliche Parameter ein Zn-Gehalt in der Gehaltsklasse A mit $< 1 \text{ mg Zn/kg Boden}$. Die Zn-Düngeempfehlung für Bayern beträgt auf diesem Boden 7 kg Zn/ha . Zudem wurde eine Bodenuntersuchung nach der Albrecht/Kinsey-Methode durchgeführt, die eine Düngeempfehlung für Zn in der Höhe von 12 kg Zn/ha und zusätzlich eine für B mit $2,2 \text{ kg B/ha}$ ergab.

Um auf diesem Standort die Höhe der Düngeempfehlungen für Zn und B zu untersuchen, wurde ein Steigerungsversuch für Zn (0 bis 22 kg Zn/ha) und B (0 bis $6,6 \text{ kg B/ha}$) zu Mais angelegt. Als Parameter wurden erhoben: Kornertag, Zn- und B-Gehalte des Blattes unterhalb des Kolbens zu Blühbeginn sowie zeitgleich die Gehalte an CAT-löslichem Zn und B im pflanzennahen Boden.

An den Maispflanzen traten zu keinem Zeitpunkt visuelle Mangelsymptome auf. Trotz der sehr niedrigen Zn-Gehalte im ungedüngten Boden konnte keine Minderung im Kornertag im Vergleich zu den mit Zn gedüngten Parzellen festgestellt werden. Durch die empfohlene Menge von 7 kg Zn/ha wurde mit $> 2,0 \text{ mg Zn/kg Boden}$ die Gehaltsklasse C erreicht und der Zn-Gehalt der Blätter vom kritischen Mangelbereich ($15 \text{ mg Zn/kg Blatt-Trockenmasse (TM)}$) auf einen adäquaten Zn-Gehalt von $> 22\text{--}25 \text{ mg Zn/kg Blatt-TM}$ angehoben. Weiter steigende Zn-Gaben erhöhten sowohl die Zn-Gehalte des Bodens als auch die der Blätter. Es trat ein positiver Zusammenhang zwischen der B-Düngemenge und den B-Gehalten der Blätter auf, die jedoch auch ohne B-Düngung ausreichend hoch waren.

Die in Bayern auf der Basis der mit CAT durchgeführten Bodenuntersuchung ermittelten Düngeempfehlungen zu Zn und B erwiesen sich somit als ausreichend.

Vergleich der Effizienz verschiedener N-Dünger und N-Düngesysteme zu Winterweizen

Frank, T. (Karlsruhe)

Wiederkehrende Trockenperioden und Starkregenereignisse erschweren eine bedarfsgerechte Stickstoffversorgung der Pflanzen. Trockenheit hemmt nicht nur die Nährstoffaufnahme, sondern zugleich auch die Ertragsbildung und damit die Effizienz der N-Ausnutzung. Dies betrifft insbesondere die N-Spätdüngung. Gleichzeitig erhöhen hohe Düngerpreise, geopolitische Unsicherheiten und gesetzliche Vorgaben den Druck, Stickstoff effizienter und umweltschonender einzusetzen. Daher ist eine höhere Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs entscheidend, um Verluste im landwirtschaftlichen Betrieb zu reduzieren. Ansätze zur Erhöhung der N-Effizienz sind die platzierte N-Applikation und die Verwendung stabilisierter N-Düngemittel.

Zur Überprüfung der Effizienz verschiedener N-Dünger bzw. Düngesysteme zu Winterweizen wurde zwischen 2023 und 2025 auf zwei Standorten (Rheinebene und Kraichgau) ein vierfach wiederholter Feldversuch mit folgenden Varianten durchgeführt:

1. Kontrolle: 0 kg N/ha
2. KAS gestreut (30/50/20): 180 kg N/ha (100 % DüV-Obergrenze)
3. KAS gestreut (25/40/15): 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
4. CULTAN (ASL) Depot flüssig: 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
5. KAS Depot: 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
6. ALZON-neo-N Depot EC 29: 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
7. ALZON-neo-N Depot EC 21: 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
8. SSA Depot: 144 kg N/ha (80 % DüV-Obergrenze)
9. ALZON-neo-N Depot EC 29: 180 kg N/ha (100 % DüV-Obergrenze)

Die Kornerträge der Varianten 2-9 lagen zwischen 74,9 und 80,5 dt/ha. Es wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Rohproteingehalte lagen zwischen 11,8 und 12,9 % und die N-Effizienzen lagen im Bereich von 70,2 bis 78,4 %. Signifikante Unterschiede wurden nur in Abhängigkeit von der Düngemenge festgestellt, nicht jedoch zwischen den Düngesystemen und den N-Düngern. Ein vergleichbares Ergebnis ergab sich für die Restnitratgehalte nach der Ernte im Boden. Auch hier wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngesystemen und den N-Düngern festgestellt, signifikante Effekte waren ausschließlich auf die Düngemenge und den Düngungszeitpunkt zurückzuführen.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die platzierte Düngung mit mineralischen N-Düngern eine praxisrelevante Alternative in der Winterweizenproduktion darstellt.

Winterweizenerträge und Stickstoffdynamik nach vier verschiedenen Vorfrüchten

Grunwald, D., Koch, H.-J., Jacobs, A. (Göttingen)

Winterweizenerträge variieren nach verschiedenen Vorfrüchten, wie für Raps und Weizen als Vorfrucht vielfach gezeigt. Für die Wirkung anderer, ökonomisch bedeutsamer Vorfrüchte, wie Zuckerrübe oder Silomais, gibt es allerdings deutlich weniger publizierte Ergebnisse. Unklar ist weiter, welche Ursachen die Ertragsunterschiede haben. Zwar wird ein unterschiedlicher Krankheitsdruck oft vermutet, allerdings finden sich Unterschiede auch ohne Krankheitsauftreten.

In dieser Studie wurde der Langzeitversuch „Systemversuch Fruchtfolge“ bei Göttingen genutzt, um die Dynamik von Bodenstickstoff und Weizenwachstum nach den vier Vorfrüchten Raps, Weizen, Zuckerrübe und Silomais in zwei Versuchsjahren (2023/24 und 2024/25) unter optimaler ($200\text{--}240\text{ kg N ha}^{-1}$) sowie bei Verzicht auf eine Stickstoff(N)-Düngung zu untersuchen. Hierzu wurden zu verschiedenen Zeitpunkten der Gehalt an mineralischem Stickstoff (Nmin) im Boden sowie die Weizenbiomasse beprobt und schließlich der Kornerntrag bestimmt.

Zur Aussaat des Weizens wurden deutliche Unterschiede im Nmin-Gehalt des Bodens nach den verschiedenen Vorfrüchten gefunden. Dabei waren die Werte nach Raps am höchsten ($109\text{--}117\text{ kg Nmin ha}^{-1}$) und nach Zuckerrübe und Silomais am niedrigsten ($35\text{--}65\text{ kg Nmin ha}^{-1}$). Diese Unterschiede waren im folgenden Dezember noch präsent, gleichen sich aber im weiteren Jahresverlauf an. Die Weizenbiomasse im April, Mai und Juni zeigte insbesondere bei ausgelassener N-Düngung ein ähnliches Muster mit höchsten Werten nach Raps und niedrigsten nach Rübe und Mais.

Die Kornernträge der Variante ohne N-Düngung waren nach Raps deutlich am höchsten ($4,6\text{--}6,3\text{ t ha}^{-1}$) und nach Mais am niedrigsten ($2,9\text{ t ha}^{-1}$), mit N-Düngung waren die Erträge erheblich ausgeglichener, dennoch nach wie vor am höchsten nach Raps. Zusammenfassend scheint es einen deutlichen Zusammenhang zwischen Nmin-Gehalten im Herbst/Winter und den finalen Weizenerträgen zu geben.

Vergleich der Effizienz verschiedener Gärrestapplikationstechniken zu Durchwachsener Silphie (*Silphium perfoliatum*)

Möller, K., Stolzenburg, K. (Forchheim)

Die Durchwachsene Silphie wird als mehrjährige Kulturpflanze über viele Jahre auf derselben Fläche angebaut. Da keine regelmäßige Bodenbearbeitung erfolgt, bleiben Bodenstruktur und Wurzelsystem weitgehend ungestört. Organische Dünger wie Gärreste werden deshalb meist oberflächlich ausgebracht, wodurch jedoch erhebliche Stickstoffverluste durch Ammoniakemissionen entstehen können. Ziel der Untersuchung war es, verschiedene Gärrest-Applikationstechniken hinsichtlich ihrer technischen Umsetzbarkeit, Stickstoffeffizienz, Pflanzenaufnahme sowie möglicher Umweltwirkungen zu vergleichen.

Untersucht wurden das Schleppschlauch-, Schleppschuh-, Schlitz- und Depot- bzw. Strip-Till-Verfahren. Ergänzend dienten eine ungedüngte Kontrolle sowie eine rein mineralisch gedüngte Variante als Vergleich. Die Versuche wurden auf einem lehmigen Sandstandort in der Oberrheinebene bei Rheinstetten-Forchheim durchgeführt.

Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Applikationsvarianten hinsichtlich Trockenmasseertrag, Stickstoffaufnahme, Pflanzenzusammensetzung oder mineralischem Stickstoffgehalt im Boden. Dennoch zeigten die Mittelwerte deutliche Tendenzen. Die höchsten Erträge und die größte Stickstoffaufnahme wurden beim Depot- bzw. Strip-Till-Verfahren erreicht. Die Werte lagen sogar leicht über denen der mineralisch gedüngten Variante. Schleppschuh- und Schlitztechnik erzielten mittlere Ergebnisse, während das Schleppschlauchverfahren die geringste Stickstoffeffizienz unter den organischen Düngungsverfahren aufwies.

Die Auswirkungen des Depotverfahrens werden vor allem auf die konzentrierte Ablage der Gärreste unter der Bodenoberfläche zurückgeführt. Dadurch werden Ammoniakverluste reduziert und die Stickstoffverfügbarkeit für die Pflanzen erhöht. Gleichzeitig wird die Kontaktfläche zwischen Gärrest und Boden verringert, wodurch weniger Stickstoff durch mikrobielle Prozesse immobilisiert wird. Zusätzlich könnten positive Effekte auf die Bodenstruktur, die Wasserinfiltration und die Wasserspeicherung zur besseren Nährstoffversorgung beitragen.

Die Untersuchungen der Nmin-Gehalte im Boden ergaben keine Hinweise auf eine erhöhte Verlagerung von Stickstoff in tiefere Bodenschichten, die Ergebnisse waren nicht signifikant. Daher wird ein erhöhtes Risiko der Nitratauswaschung in das Grundwasser ausgeschlossen.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass insbesondere das Depot- bzw. Strip-Till-Verfahren das größte Potenzial für eine effiziente und umweltschonende Gärrestdüngung in Durchwachsener Silphie besitzt. Es erhöht die Stickstoffausnutzung, kann den Bedarf an zusätzlicher Mineraldüngung senken und verursacht nach den vorliegenden Ergebnissen keine erhöhten Risiken für das Grundwasser.

Untersuchungen zum Einfluss differenzierter Applikationszeitpunkte von Gärresten in Durchwachsener Silphie mit und ohne Grünroggen- bzw. Gras-Untersaaten auf Erträge und Stickstoffaufnahme

Möller, K., Stolzenburg, K. (Forchheim)

Ziel der Versuche war zu untersuchen, wie sich unterschiedliche Düngungszeitpunkte, der Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen sowie der Anbau von Untersaaten auf Ertrag, Nährstoffeffizienz und Nitratauswaschungsrisiken in Beständen der Durchwachsenen Silphie auswirken. Hintergrund der Untersuchungen war die Frage, ob durch eine Zweischnittnutzung und die Integration von Winterzwischenfrüchten zusätzliche Gärrestausbringungsfenster geschaffen, die Flächenproduktivität erhöht und Nährstoffverluste reduziert werden können. Ziel war es, den Stickstoffbedarf der Silphie unter unterschiedlichen Nutzungssystemen zu bestimmen und fundierte Düngeempfehlungen abzuleiten.

Es wurde festgestellt, dass der Ausbringungszeitpunkt der Gärreste nur die Stickstoffkonzentration im Silphieaufwuchs signifikant beeinflusste. Auf Trockenmasseertrag, Stickstoffaufnahme und Futterqualität hatte der Düngungstermin dagegen keinen statistisch gesicherten Einfluss. Ebenso ergab der Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen keine messbaren Auswirkungen auf Ertrag, Nährstoffaufnahme oder Nitratgehalte im Boden. Die Erträge der gedüngten Varianten lagen deutlich über denen der ungedüngten Kontrolle. Die höchsten N-Konzentrationen im Erntegut wurden bei einer Herbstdüngung sowie einer Düngung unmittelbar vor Vegetationsbeginn festgestellt.

Die Untersuchungen der Nitratgehalte im Boden ergaben insgesamt sehr niedrige Werte und keine Hinweise auf eine erhöhte Nitratauswaschung durch Herbstdüngungen. Dies deutet darauf hin, dass die Durchwachsene Silphie aufgrund ihrer tiefen Durchwurzelung, ihres hohen Wasserverbrauchs und der langanhaltenden Nährstoffaufnahme im Herbst Stickstoff sehr effizient nutzt und auch in tieferen Bodenschichten verfügbares Nitrat aufnehmen kann.

Der Versuch mit Roggenuntersaaten ergab, dass eine Zweischnittnutzung mit Winterroggen den Gesamttrockenmasseertrag gegenüber der herkömmlichen Silphienutzung um etwa 50 % steigern kann. Weder der Düngungszeitpunkt noch die Nutzung des Roggens beeinflussten jedoch die Erträge der Silphie selbst. Die zusätzliche Biomasse stammt überwiegend aus der Winterzwischenfrucht.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse das geringe Risiko der Nitratauswaschung in Silphiebeständen. Die Verwendung von Nitrifikationshemmstoffen bietet unter diesen Bedingungen keinen erkennbaren Vorteil. Der Anbau von Winterroggen als Untersaat kann die Flächenleistung deutlich steigern und zusätzliche Zeitfenster für die Ausbringung organischer Dünger schaffen. Voraussetzung für den Erfolg dieses Systems sind jedoch ausreichende Niederschläge und eine gute Wasserversorgung während der gesamten Vegetationsperiode.

Optimierung der Grünland-Düngebedarfsermittlung für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel

Diepolder, M. (Freising) und Kosch, R. (Oldenburg), Lorenz, F. (Oldenburg)

Die Ermittlung der benötigten organisch/mineralischen Nährstoffmengen ist nicht nur eine wichtige Voraussetzung für eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanze, sondern trägt auch dazu bei, Nährstoffüberhänge und daraus resultierende ökonomische und ökologische Nachteile zu minimieren. Dies sowohl für den Einzelbetrieb als auch für Regionen.

Der Ausgangspunkt für die Düngebedarfsermittlung (DBE) für Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Schwefel (S) von Grünland und mehrschnittigem Futterbau ist der sogenannte Nährstoff-Bedarfswert. Dieser entspricht dem Netto-Nährstoff-Ertrag (Nährstoff-Abfuhr), d.h. dem Produkt aus dem geernteten Ertrag und dem jeweiligen Nährstoffgehalt.

Für Stickstoff und Phosphor (P) gibt die aktuelle Düngeverordnung (DüV) konkrete Werte vor. Nach 10-jähriger Düngepraxis auf Grundlage der Düngeverordnung (DüV 2017/2020 Anlage 4, Tabelle 9 und Tabelle 10 für N sowie Anlage 7, Tabelle 1 und 3 für P bzw. P_2O_5) gilt es zu hinterfragen, ob insbesondere hinsichtlich der Ableitung der N- und P-Bedarfswerte bei Grünland Optimierungsbedarf besteht. Ebenfalls werden die Ermittlung und Höhe des Bedarfs weiterer Nährstoffe (K, Mg, S) kritisch beleuchtet.

Ausgangsbasis bilden Vorschriften der Düngeverordnung (DüV), zur N- und P-Düngebedarfsermittlung einschließlich der dazugehörigen Tabellen. Für die Diskussion werden darüber hinaus Erhebungen von Daten aus Parzellenversuchen, auf Praxisflächen, auf Betriebsebene, mehrjährige Untersuchungen von Grassilagen sowie aktuelle Beratungsempfehlungen einbezogen. Aus den Erkenntnissen wird ein Vorschlag zu Erträgen und Nährstoff-Bedarfswerten für eine künftige Optimierung der N-, P-, K, Mg- und S-Düngung zu Grünland erarbeitet.

Mit diesem Vorschlag ist neben einer fachlichen Diskussionsgrundlage auch das Ziel verbunden, einen Beitrag für die vom Verband der Landwirtschaftskammern (VLK) angestrebte Vereinfachung und Vereinheitlichung der Düngung zu Grünland zu leisten.

Nährstoffversorgung niedersächsischer Grünlandbetriebe: Eine Auswertung von Boden-, Gülle- und Grassilageuntersuchungen

F. Lorenz (Oldenburg)

Im Grünland- und Futterbaubetrieb herrscht ein enger Nährstoffkreislauf, den es möglichst verlustarm zu gestalten gilt. Die Nährstoffgehalte in Boden, Gülle und Grassilage geben dafür eine Orientierung. Für die wichtigsten niedersächsischen Grünlandgebiete (nördliches Weser-Ems-Gebiet und Elbe-Weser-Dreieck) auf Sand-, Marsch- und Moorböden wurden 7.000 Milchviehgüllen, 63.000 Grassilageproben und 428.000 Bodenproben vom Grünland aus den Jahren 2014-2025 ausgewertet. Unter anderen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Auf Sandböden weisen ca. 30 % der Proben und auf Moorböden unter 20 % der Proben einen pH-Wert in den Gehaltsklassen A und B auf, auf den schweren Marschböden hingegen 60 %.
- Die Phosphorgehalte in den Grassilagen sind überwiegend ausreichend und haben sich über den Betrachtungszeitraum kaum verändert. Auch die P-Gehalte der Güllen sind – trotz großer Schwankungsbreiten – gleichbleibend. Die mittleren Phosphorgehalte auf Sand-, Marsch- und Moorböden gehen jedoch im Zeitraum von 2018 bis 2025 mit 1,5 mg P/100 g Boden drastisch zurück.
- Die Kaliumgehalte der Grassilagen liegen gleichbleibend hoch. Annähernd 40 % der Grassilagen weisen tierphysiologisch ungünstige Werte von über 3 % K i. d. TM auf. Dabei änderten sich die K-Gehalte der Gülle im Laufe der Zeit nicht, und über 40 % der Bodenproben von Sand-, über 30 % der Moor- und fast 40 % der Marschböden weisen die K-Gehaltsklassen A und B auf. Durch den engen Nährstoffkreislauf (meistens zweimalige Gülleausbringung pro Jahr) und die hohe Mobilität des Kaliums scheint die Dynamik dieses Nährstoffs auf dem Grünland über die Bodenuntersuchung allein nicht immer dargestellt werden zu können.
- Die Magnesiumversorgung der Böden ist auf allen Standorten hoch, jedoch zeigen sich gerade beim 1. Schnitt niedrige Gehalte in der Grassilage bei einem gleichzeitig weiten K:Mg-Verhältnis.
- Die Rohproteingehalte gehen bei den Schnitten 1 bis 4 von 2019 bis 2025 gleichermaßen stark zurück (im Mittel zwischen 2 und 4 %), bei aktuellen mittleren Werten unterhalb von 15 % beim 1. und 2. Schnitt. Es wurde weiterhin beobachtet, dass der Ammonium-N-Anteil am Gesamt-N in Milchviehgüllen in den letzten 10 Jahren nur noch 40 % statt wie früher angenommen 50 % beträgt.

Strukturwandel, schärfere Düngeregeln, hohe Düngemittelpreise und das betriebliche Management haben die Nährstoffgehalte und deren Dynamik deutlich beeinflusst.

Einfluss der Weidereste bei der Ackerbeweidung mit Schafen auf den organischen Bodenkohlenstoff (SOC)

Bischoff, J. (Bernburg)

Welchen Nutzen hat die Ackerbeweidung mit Schafen für eine nachhaltige, ökologische, klimaangepasste und ressourcenschonende Landwirtschaft? Mit dieser Fragestellung beteiligt sich die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) zusammen mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) am Bundesprogramm Ökologischer Landbau (ABS-Schaf - FKZ: 2821OE033). Untersuchungsschwerpunkte sind die Energie und Rohproteinversorgung bei der Ackerbeweidung, die Bewertung der Weidereste in Bezug auf leicht und schwer zersetzbares Pflanzenmaterial und den organischen Bodenkohlenstoff (SOC).

Die Ackerbeweidung erfolgte im Versuchszeitraum (2023-2026) in regelmäßigen Zeitabständen mit 450 Mutterschafen und ihren Jungtieren der Rasse Merinofleischschafe (MFS). Auf jeweils 0,5 bis 1,0 Hektar großen Weidekoppeln mit Elektrozaun wurden ein Getreide-Luzerne-Mischanbau (Einsaat in Luzernestoppel) sowie Sommer- und Winterzwischenfruchtgemenge vier bis acht Stunden am Tag beweidet. Vor und nach der Beweidung sind die Versuchsflächen beprobt worden. Die Analyse der Parameter Säure-Detergenzien-Faser (ADF), Enzymlösliche organische Substanz (ELOS), Rohasche (XA), Rohfaser (XF), Rohfett (XL), Rohprotein (XP) erfolgte nach standardisierten VDLUFA-Methoden.

Bei der Tierernährung, aber auch bei der Zersetzung, beim Abbau und Umbau organischer Substanz im Boden unterscheidet man zwischen dem leicht verdaulichen beziehungsweise zersetzbaren Pflanzenmaterial und dem schwer verdaulichen bzw. zersetzbaren Pflanzenmaterial. Leicht verdaulich sind Proteine, Peptide und Aminosäuren sowie Fette, Triglyceride, Wachse und ätherische Öle. Schwer verdaulich sind Gerüstsubstanzen und Zellwandbestandteile wie Hemizellulose, Pektine, Zellulose und Lignin. Lignin wird im Pansen der Wiederkäuer nicht verdaut. Im Boden erfolgt zuerst der Abbau von wasserlöslichen und leicht abbaubaren Bestandteilen durch Bodenbakterien und Bodenpilze, dann der Zelluloseabbau und zuletzt der Ligninabbau über Zwischenstufen und schließlich zu stabilen Huminstoffen. Durch die Ackerbeweidung mit Schafen entsteht auf der Fläche ein Weiderest mit einem relativ hohen Rohfaseranteil, der dem Boden zugeführt wird und für die langfristige Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden wichtig ist. Die Analysen des Weiderestes im Vergleich zu den Aufwüchsen vor der Beweidung zeigen, dass sich der Anteil an leicht zersetzbaren Pflanzenbestandteilen halbiert und der Anteil an schwer zersetzbaren Pflanzenbestandteilen um 50 %-Anteil in der Trockenmasse zunimmt.

Klimaresiliente Stoffkreisläufe durch Relay Cropping und Zwischenfrüchte im Projekt KlimaCrops

Weinmann, M.; Anicker, F.; Sauer W.; Lemanski, M.; Armbruster M. (LUFA Speyer)

Hitze, Trockenheit und Starkregen erhöhen den Bedarf an Anbausystemen, die Erträge stabilisieren, Nährstoffverluste begrenzen und Bodenfunktionen erhalten. Im INTERREG-Projekt KlimaCrops wurden am sandigen, trockenheitsgefährdeten Standort Rinkenbergerhof der LUFA Speyer Relay Cropping von Getreide und Sojabohne sowie Zwischenfrüchte vor Körnermais untersucht.

Die Versuche zeigten, dass Wahl der Kulturpflanzenarten, räumlich-zeitliche Anordnung, Pflanzenschutz und Erntetechnik entscheidend sind. Relay Cropping von Sommergerste-Soja erwies sich 2024 als wenig praxistauglich. Roggen-Soja erzielte 2025 trotz verringerter Einzelerträge einen tendenziell höheren wirtschaftlichen Gesamtertrag als Roggenreinsaat und übertraf die Flächenproduktivität der Sojareinsaat. Erhöhte P-, Mg- und Fe-Konzentrationen in Sojablättern weisen auf Interaktionen bei der Nährstoffmobilisierung hin.

In den Zwischenfruchtversuchen wurden Brache, Wintererbse, Roggen, Wickroggen und Ackerbohne bei 0 bzw. 60 kg mineralischem N ha⁻¹ im Mais verglichen. Im Versuch 2023/2024 wurde die N-Wirkung eines erfolgreichen Leguminosenbestandes durch Erbsenschrotgaben von 50 bzw. 100 kg N ha⁻¹ simuliert. Nach drei Wochen stiegen die Nmin-Vorräte; 100 kg N ha⁻¹ als Erbsenschrot führten bei Pflanzenentwicklung und Korn-ertrag zu Ergebnissen auf dem Niveau von 60 kg mineralischem N ha⁻¹.

Im Versuch 2024/2025 überlagerte Trockenstress die Wirkung der N-Düngung. Wickroggen förderte jedoch Regenwurmakktivität und Wasserinfiltration. Verbesserungen von Bodenstruktur und Wasseraufnahme können den Wasserverbrauch der Zwischenfrucht teilweise kompensieren.

Relay Cropping und Zwischenfrüchte können Nährstoffkreisläufe effizienter machen, mineralische N-Düngung teilweise ersetzen und durch Bodenbedeckung, Nährstoffkonservierung und bessere Bodenstruktur die Klimaresilienz stärken. Voraussetzung sind standortangepasste Bestandesführung, geeignete Technik und kulturenübergreifender Pflanzenschutz.

Gärresteinsatz und N-Salden

Buglowski, D. (Gülzow-Prüzen)

Höhere N-Salden bei Wirtschaftsdüngern entstehen durch nicht angerechneten, organisch gebundenen Stickstoff sowie durch Ammoniakverluste, die je nach Ausbringungsmethode variieren. Beide Faktoren verringern die Stickstoffnutzungseffizienz, weshalb eine Reduktion organischer N-Anteile und Emissionen entscheidend ist, um den N-Saldo in M-V um die nötigen 30-40 kg/ha*a zu senken. Dabei sind es nicht die jährlichen, sondern langfristig hohe N-Salden, die das Risiko für N-Austräge steigern. Mit typischen Kulturen für Mecklenburg-Vorpommern in viehhaltenden Betrieben Winterraps, Winterweizen, Silomais und Wintertriticale werden in Gülzow-Prüzen die Auswirkungen emissionsmindernder Ausbringungsverfahren sowie Düngungsstrategien mit angepassten Gärrestmengen im statischen Versuch untersucht. Die emissionsmindernde Ausbringung ist hier die Ansäuerung von Gärresten zu Winterraps, Winterweizen und Wintertriticale sowie die Depotdüngung zu Silomais. Die Reduzierung der Gärrestmenge betrug 10 m³/ha (N_t = 43 kg/ha) im Vergleich zur höheren Aufwandmenge von 30 m³/ha zu Winterraps, 25 m³/ha zu Winterweizen, 40 m³/ha zu Silomais und 25 m³/ha zu Wintertriticale.

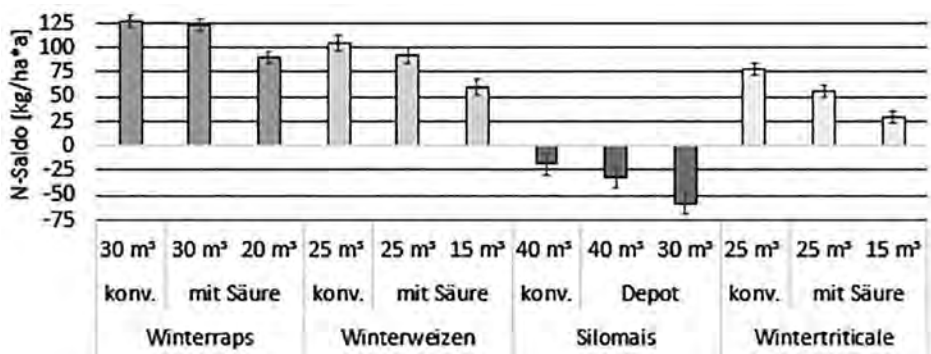


Abbildung 1: N-Saldo nach Düngungsvarianten und Kultur, Gülzow 2016-2024, Mittelwerte und Intervalle für den paarweisen Vergleich (t-Test, α 0,05)

Die emissionsmindernde Ausbringung von Gärresten hat den Stellenwert einer ergänzenden Maßnahme mit einem Minderungspotenzial bis zu 20 kg/ha*a. Die Reduzierung der Gärrestmenge und somit des organisch gebundenen Stickstoffs mindert den N-Saldo zuverlässig mit einem Minderungspotenzial bis zu 30 kg/ha*a.

Einfluss der Aufbereitung und Lagerung von Holzfasern auf die Stickstoffdynamik und Pflanzenentwicklung in holzfaserhaltigen Kultursubstraten

Busch, J., Frerichs, C., Daum, D. (Osnabrück)

Torf stellt derzeit die wichtigste Komponente in gärtnerischen Kultursubstraten dar. Die Nutzung ist jedoch mit erheblichen Treibhausgasemissionen sowie der Beeinträchtigung von Moorökosystemen verbunden. Holzfasern (HF) gelten hingegen als vielversprechender Torfersatzstoff. Ihr Einsatz wird jedoch häufig durch eine hohe Immobilisierung von Stickstoff (N) eingeschränkt.

In vorangegangenen Untersuchungen wurde eine abnehmende N-Immobilisierung mit zunehmender Lagerdauer der HF beobachtet. Vor diesem Hintergrund wurde der Einfluss der Lagerungsdauer sowie unterschiedlicher Vorbehandlungsverfahren der HF auf die N-Dynamik und Pflanzenentwicklung in holzfaserhaltigen Kultursubstraten untersucht. Dabei wurden grobe und feine Holzfaserchargen aus den Produktionsjahren 2023 bis 2025 sowie durch Trocknung oder Silierung vorbehandelte HF einbezogen.

Zur Beurteilung der N-Dynamik wurde ein Brutversuch durchgeführt. Ergänzend dazu erfolgte ein Keimpflanzentest mit Chinakohl, um das Keimverhalten und die frühe Pflanzenentwicklung in den untersuchten Substraten zu bewerten.

Erste Ergebnisse des Keimpflanzentests zeigen, dass Substrate mit frischen Holzfasern im Vergleich zu älteren Holzfasern um 5–16 % geringere Sprossfrischmasseerträge aufwiesen. Im Brutversuch wurde bei frischen Holzfasern zudem eine erhöhte mikrobielle CO₂-Produktion festgestellt. Bei feinen Holzfasern traten darüber hinaus leichte bis mittlere Chlorosen an den Keimblättern auf, während bei groben Holzfasern nur geringe lagerungsbedingte Effekte beobachtet wurden. Trocknung und Silierung führten lediglich zu geringfügigen Veränderungen der untersuchten Parameter.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, den Einfluss von Lagerungsdauer und Vorbehandlungsverfahren auf die N-Dynamik von Holzfasern besser zu verstehen. Sie können Ansatzpunkte liefern, um die Herstellung von Holzfasern für den Einsatz in torfreduzierten Kultursubstraten zu optimieren und ihre pflanzenbauliche Eignung weiter zu verbessern.

Einfluss von elementarem Schwefel auf den pH-Wert während der Grüngutkompostierung

Culemann, E.; Brügger, I.; Frerichs, C.; Budke, C.; Daum, D. (Osnabrück)

Grüngutkomposte stellen einen kreislauforientierten Ausgangsstoff für die Herstellung gärtnerischer Kultursubstrate dar. Ihre Verwendung wird jedoch durch den oftmals hohen pH-Wert (7,0–8,5) eingeschränkt, der zudem gasförmige Stickstoffverluste (z. B. NH_3) während der Kompostierung begünstigt. Daher wurde untersucht, ob die Applikation von elementarem Schwefel (S^0) zu Beginn der Kompostierung zur Absenkung des pH-Werts beitragen kann.

Für die Versuche wurde ein Inkubationssystem im Klimaschrank entwickelt, mit dem der Kompostierungsprozess während der Heiß- und Hauptrotte in 2-L-Gefäßen durch gezielte Temperaturführung simuliert wurde. In der Kontrollvariante ohne Schwefelzusatz stieg der pH-Wert auf $\geq 8,3$ an. Die Applikation von $1,5 - 4,5 \text{ g S L}^{-1}$ Rottegut führte hingegen zu einer pH-Absenkung, die mit Schwefelpulver deutlich stärker ausfiel als mit Schwefellinsen. Durch die Applikation von $4,5 \text{ g S L}^{-1}$ Rottegut als Pulver sank der pH-Wert auf 3,9, verbunden mit einer Ammoniumakkumulation zum Versuchsende (84 Tage), was auf eine Hemmung der Nitrifikation hindeutet. Außerdem verringerte sich gegenüber der Kontrollvariante der Abbau der organischen Substanz um 1,4 Prozentpunkte, während das C/N-Verhältnis leicht anstieg. Ein pH-Wert im neutralen Bereich, wie er durch die Applikation der langsam wirkenden Schwefellinsen erzielt wurde, führte hingegen zu einem entgegengesetzten Trend.

Der pH-reduzierende Effekt der S^0 -Applikation war nach 50 Tagen weitgehend abgeklungen, ließ sich jedoch durch eine erneute Behandlung reaktivieren. Mit der Behandlung ging jedoch auch ein Anstieg des Salzgehalts auf Werte oberhalb der für gütegesicherte Substratkomposte vorgegebenen Grenzen ($\geq 2,5$ bzw. $5,0 \text{ g KCl L}^{-1}$) einher. Inwieweit die S^0 -Applikation gasförmige Stickstoffemissionen beeinflusst, soll in weiteren Versuchen mit thermoisolierten Kompostreaktoren (60 L) untersucht werden.

Wirtschaftsdünger optimal nutzen – eine Potentialanalyse zum Transfer tierischer Wirtschaftsdünger

Dreisbach, N.; Katte, A.-S.; Dühr, N.; Ehlers, K. (Dessau)

In den letzten Jahren schwankten die Mineraldüngerpreise aufgrund globaler Krisen stark. Wirtschaftsdünger tierischen Ursprungs aus Regionen mit hohem Viehbesatz in Regionen mit hohem Mineraldüngerbedarf zu transferieren wäre eine Möglichkeit darauf zu reagieren und die Resilienz der landwirtschaftlichen Produktion zu steigern. Hierdurch würden die Abhängigkeiten von Mineraldünger reduziert und zugleich die regional hohen Stickstoffüberschüsse, samt ihren negativen Umweltwirkungen (z.B. Nitrat im Trinkwasser), gesenkt. Ziel der Arbeit ist es abzuschätzen, welche Mengen an Mineraldüngern dadurch zukünftig eingespart werden könnten und zu diskutieren, welche Hürden diesem Ansatz entgegenstehen

Die durchgeführte Potentialanalyse zeigt, wie viel Mineraldünger eingespart werden kann, wenn der Stickstoff aus tierischen Wirtschaftsdüngern oberhalb eines N-Flächenbilanzüberschusses von 70, 50 bzw. 30 kg N ha⁻¹ aus den Kreisen exportiert würde (Tab. 1). Je nach Höhe der Düngungswirkung können bis zu 27,6 % der Mineraldünger eingespart werden. Für das maximale Einsparpotential wird angenommen, dass die Düngewirkung tierischer Wirtschaftsdünger durch Aufbereitung erhöht wird und anschließend der von Mineraldünger entspricht. Beim minimalen Einsparpotential wird hingegen die geringere Düngewirkung tierischer Wirtschaftsdünger (ohne Aufbereitung) berücksichtigt.

Tab. 1: Ermitteltes Mineraldüngereinsparpotential durch Transfer tierischen Wirtschaftsdüngers

Variante	Minimum Absolut [t N]	Minimum relativ	Maximum Absolut [t N]	Maximum relativ
70 kg N ha ⁻¹	26.189	2,2 %	47.847	3,9 %
50 kg N ha ⁻¹	83.274	6,8 %	152.141	12,5 %
30 kg N ha ⁻¹	184.341	15,1 %	336.790	27,6 %

Auch das Importpotential der Kreise wurde ermittelt. Hierfür wurde in Kreisen, die selbst kein Exportpotential aufweisen, die Menge an Mineraldünger berechnet, die maximal durch tierischen Wirtschaftsdünger ersetzt werden kann, ohne dass auf Kreisebene die Grenze von 170 kg N organische Düngemittel je Hektar überschritten wird. Etwa 700.000 t N könnten in Kreisen theoretisch aufgenommen werden, das tatsächlich mobilisierbare Exportpotential liegt dagegen nur bei maximal 330.000 t N.

N-Einsatz unter dem ermittelten Düngebedarf – Auswertung von Dünge­daten landwirtschaftlicher Betriebe in Sachsen-Anhalt

Eggert, M. (Bernburg), Martin, C. (Bernburg), Schrödter, M. (Bernburg)

Neben rückläufigen Trends beim Mineraldüngerabsatz, bei den Tierbeständen und bei den Stickstoff- bzw. N-Bilanzen auf nationaler Ebene deuten auch landesbezogene Auswertungen auf einen verminderten N-Einsatz in Sachsen-Anhalt hin. Geringere N-Einträge aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung können langfristig zur Minderung diffuser Nährstoffeinträge beitragen und sich günstig auf die Gewässerqualität auswirken.

Gemäß § 10 der Düngeverordnung sind landwirtschaftliche Betriebe verpflichtet, die Ermittlung des Düngebedarfs und die durchgeführten Dünge­maßnahmen schlagbezogen zu dokumentieren. In Sachsen-Anhalt besteht seit 2021 darüber hinaus auf Grundlage der DüngeMitteilungsVO die Pflicht, Angaben zu N-Einsätzen an die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt zu übermitteln.

Die Mitteilungsdaten bilden eine wichtige Grundlage, um den N-Einsatz auf landwirtschaftlichen Flächen abzubilden und mit statistischen Daten sowie Modellergebnissen zu vergleichen. Zudem ermöglichen sie eine Gegenüberstellung des ermittelten N-Düngebedarfs mit der tatsächlich eingesetzten N-Menge auf Betriebs- und Schlagebene, indem das N-Düngesaldo (Arbeitsbegriff) ermittelt wird. Es beschreibt die Differenz zwischen tatsächlichem N-Einsatz und vorab ermitteltem N-Düngebedarf. Der nach Düngeverordnung berechnete Bedarf wird dabei als betriebs- bzw. schlagbezogene Obergrenze der zulässigen N-Zufuhr verstanden.

Für die Jahre 2021 bis 2024 zeigte sich, dass 72 bis 78 % der mitteilenden Betriebe (zwischen 1.400 und 1.600 jährlich) weniger N ausbrachten, als nach dem ermittelten Düngebedarf möglich gewesen wäre. Im Mittel aller einbezogenen Betriebe und Jahre lag der tatsächliche N-Einsatz um etwa 30 kg N/ha unter dem berechneten Bedarf. Dies entspricht einer durchschnittlichen Unterschreitung um rund 20 %.

Aus Sicht des Gewässer- und Umweltschutzes ist ein reduzierter N-Einsatz in der Landwirtschaft grundsätzlich positiv zu bewerten. Eine dauerhaft deutliche Unterschreitung des Düngebedarfs ist aus agronomischer Perspektive jedoch differenziert zu betrachten. Wird das mit der EU-Nitrat-Richtlinie angestrebte Gleichgewicht zwischen N-Versorgung der Pflanzen aus Boden und Düngung langfristig nicht erreicht, kann dies zum Abbau organisch gebundener N-Vorräte beitragen und Auswirkungen auf Humusvorräte, Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherheit haben.

Bewertung von Anbaumaßnahmen zur Verringerung der Hohlstrunkigkeit bei Brokkoli

Ehlert, P. (Osnabrück), Frieman, A. (Osnabrück), Vorsatz, C. (Cappeln), Daum, D. (Osnabrück)

Hohlstrunkigkeit stellt ein bedeutendes Problem im Brokkolianbau dar. Stark betroffene Partien können im Lebensmitteleinzelhandel nicht vermarktet werden. Ziel des Forschungsprojektes BroHoKo⁺ war es daher, eine Anbaustrategie zur Verringerung dieser physiologischen Störung zu entwickeln. Obwohl verschiedene Anbaufaktoren mit der Bildung hohler Strünke in Zusammenhang gebracht werden, fehlte bislang ein systematischer Vergleich ihrer Wirksamkeit.

Im Rahmen eines Feldversuches wurde der Einfluss der Bestandsdichte, der Stickstoff (N)-Düngemenge, des Zeitpunkts der N-Kopfdüngung und der N-Düngerform auf die Hohlstrunkigkeit untersucht, sowohl als Einzelmaßnahme als auch in Kombination. Für den Versuch wurde die weit verbreitete und als hohlstrunkanfällig geltende Sorte ‚Parthenon‘ verwendet. Die Pflanzung erfolgte Anfang Juli, die Ernte Ende September 2025. Erfasst wurden der Anteil hohlstrunkiger Köpfe, die Ausprägungsintensität der Hohlstrunkigkeit, das Kopfgewicht, der Strunkdurchmesser sowie der $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens zum Kulturende.

Bei praxisüblichem Anbau mit einem Pflanzabstand von 60 cm x 38 cm, einem $N_{\min}$ -Angebot von 300 kg ha⁻¹ und einer N-Kopfdüngung in der fünften Kulturwoche mit Kalkammonsalpeter wiesen 86 % der Brokkoliköpfe einen hohlen Strunk auf. Auf einer Skala von 1 (ohne Hohlstrunk) bis 9 (sehr starker Hohlstrunk) lag die mittlere Boniturnote bei 4,3. Durch die kombinierte Anpassung auf eine engere Pflanzung (60 cm x 32 cm), ein niedrigeres $N_{\min}$ -Angebot (225 kg ha⁻¹) sowie eine ammoniumbasierte N-Kopfdüngung im CULTAN-Verfahren in der siebten Kulturwoche sank der Anteil hohlstrunkiger Brokkoliköpfe um rund 30 Prozentpunkte und die mittlere Boniturnote auf 2,8. Als Einzelmaßnahme hatte die engere Pflanzung den stärksten Effekt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Hohlstrunkigkeit durch eine gezielte Anpassung von Bestandsdichte und N-Düngungsstrategie ohne Ertragseinbußen deutlich verringern lässt.

Stickstoff-Nutzungseffizienz, Produktivität und N-Hoftorbilanz – Bewertung landwirtschaftlicher Betriebe anhand dreier N-Indikatoren

Faust, S., Frank, T., Möller, K. (Karlsruhe)

Hoftorbilanzen für Stickstoff (N) ermöglichen einen schnellen Überblick über die Nährstoffströme eines Betriebes. Allerdings gewinnt man einen besseren Einblick in das N-Management eines landwirtschaftlichen Betriebs, wenn man zusätzlich zur N-Bilanz auch die N-Effizienz im Kontext des Gesamt-N-Outputs betrachtet (EU Nitrogen Expert Panel 2015). Deshalb werden in dieser Studie die Betriebe anhand der drei N-Indikatoren N-Effizienz (NUE, %), N-Output und N-Saldo eingeordnet.

Die Kriterien für ein gutes N-Management auf Betriebsebene wurden in dieser Studie folgendermaßen definiert: eine N-Nutzungseffizienz von 50 % bis 90 %, einen Mindest-N-Output > 80 kg N/ha*a und eine maximale N-Hoftorbilanz von 80 kg N/ha*a.

Von den 42 Betrieben erfüllten 16 Betriebe (38 %) alle drei N-Kriterien (Gruppe 1), 26 Betriebe konnten mindestens einen Indikator nicht einhalten (Gruppe 2). Die Betriebe, die alle Kriterien einhielten (Gruppe 1), hatten im Mittel verglichen mit der anderen Betriebsgruppe

- eine höhere N-Nutzungseffizienz, nämlich 78 % vs. 66 %,
- einen höheren N-Output in Form von Agrargütern (145 vs. 122 kg N/ha*a) und
- 30 % niedrigere N-Hoftorbilanzsalden (42 vs. 60 kg N/ha*a).

Betriebe der Gruppe 1 haben nur halb so viele Großvieheinheiten (GV) (0,5 GV vs. 1 GV), somit einen geringeren N-Input durch Futtermittel (29 vs. 75 kg N/ha*a) und bringen folglich weniger Wirtschaftsdünger auf als die 2. Gruppe (53 vs. 73 kg N/ha*a als Wirtschaftsdünger aufgebracht). Aber Betriebe der Gruppe 1 nehmen im Schnitt gut 30 % mehr mineralische N-Düngemittel auf. Sieben Betriebe der Gruppe 1 sind Ackerbaubetriebe, vier Gemischt-, zwei Milchvieh- und drei Veredelungsbetriebe.

Es gibt Betriebe, die eine niedrige N-Bilanz oder eine hohe N-Effizienz haben, aber auch nur eine geringe Produktivität (N-Output < 80 kg N/ha*a). Deshalb ist es geboten alle drei N-Indikatoren zur Beurteilung des N-Nährstoffmanagements heranzuziehen.

Stickstoff- und Schwefeldynamik unter verschiedenen Düngungsstrategien

Ghiasi, S.; Liebisch, F. (Zürich)

Stickstoff (N) und Schwefel (S) gehören zu den wichtigsten Makronährstoffen für das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen, und in Bezug auf die Pflanzenernährung besteht eine starke Wechselwirkung zwischen ihnen.

Beide Nährstoffe kommen im Boden und in Düngern als wasserlösliche Verbindungen, als Nitrat (NO_3^-) und Sulfat (SO_4^{2-}), vor. Folglich besteht ein erhebliches Risiko von Verlusten durch Auswaschung nach der Ausbringung oder Mineralisierung. Das Ausmass dieser Verluste wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, darunter die Art und Menge des ausgebrachten Düngers (zum Beispiel mineralisch oder organisch). Ausserdem kann der Einsatz bestimmter Düngemittelzusätze, darunter Nitrifikationshemmer, die Stickstoffverluste potenziell verringern, indem sie den Mineralisierungsprozess verlangsamen und die Bildung von NO_3^- hemmen. Die Auswirkungen solcher Zusatzstoffe auf die Schwefelmineralisierung und damit auf die Aufnahme und den Verlust sind jedoch weitgehend unbekannt.

Um die möglichen Verluste an Nitrat und Sulfat bei verschiedenen Düngemitteln in Kombination mit unterschiedlichen Ackerkulturen zu untersuchen, haben wir in den Lysimeter Anlagen von Agroscope-Reckenholz einen Versuch angelegt, um den Verbleib dieser Nährstoffe aus verschiedenen Düngerquellen in den Pflanzen und im Sickerwasser zu verfolgen.

Das Experiment wurde zwischen 2022 und 2025 durchgeführt. Die Stickstoff- (N) und Schwefel- (S) Einträge aus Gülle, Mineraldüngern, einem Mineraldünger mit Nitrifikationshemmung (Entec) sowie einem Nitrifikationshemmer-Zusatz (Piadin) für organische Dünger wurden erfasst. Ausserdem wurden die Stickstoffaufnahme der Pflanzen sowie die NO_3^- und SO_4^{2-} Konzentrationen im Lysimeter-Sickerwasser über die gesamte Versuchsdauer hinweg untersucht.

Einfluss verschiedener N-Langzeitdünger auf die Lachgasemission aus einem lehmigen Sandboden unter Weidelgras

Heringhaus, L. (Osnabrück), Hunsche, M. (Münster), Daum, D. (Osnabrück)

Die Freisetzung von Lachgas (N_2O) nach der Ausbringung von Stickstoff (N)-Düngern trägt wesentlich zur Klimawirkung des Pflanzenbaus bei. Während die emissions-mindernde Wirkung von Nitrifikationsinhibitoren bei ammoniumbasierten N-Düngern gut belegt ist, liegen zur Wirkung von N-Langzeitdüngern bislang nur wenige vergleichende Untersuchungen vor. Ziel der Untersuchung war es daher, die N_2O -Emission verschiedener N-Langzeitdünger im Vergleich zu konventionellen und mit einem Nitrifikations-inhibitor stabilisierten Stickstoffdüngern unter Weidelgras zu untersuchen.

Hierzu wurde ein Gewächshausversuch mit Weidelgras (*Lolium perenne*) und acht Düngungsvarianten durchgeführt. Verglichen wurden Harnstoff, Calciumnitrat, Methylenharnstoff (MU), Isobutylidendiarnstoff (IBDU), Crotonylidendiarnstoff (CDU), Harnstoff mit DMPA, umhüllter Harnstoff sowie eine ungedüngte Kontrolle. Die N_2O -Emission wurde über vier Monate zweimal wöchentlich gemessen. Ergänzend erfolgten regelmäßige Schnitte des Weidelgrases zur Erfassung des N-Entzugs der Pflanzen sowie N_{min} -Analysen.

Die höchste mittlere N_2O -Emission wurde nach Düngung mit Calciumnitrat gemessen ($476 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Alle übrigen Düngervarianten verursachten wesentlich geringere Emissionen. Die niedrigste Emission der gedüngten Varianten trat bei MU auf ($65 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) und lag damit um den Faktor 7 unter der von Calciumnitrat. Auch CDU ($81 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), Harnstoff mit DMPA ($91 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) und umhüllter Harnstoff ($115 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) reduzierten die Emission deutlich, während IBDU innerhalb der N-Langzeitdünger vergleichsweise hohe Werte aufwies ($155 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich N-Langzeitdünger hinsichtlich ihrer Lachgasemission deutlich unterscheiden. Insbesondere Methylenharnstoff zeigte das größte Potenzial zur Verringerung klimarelevanter N-Verluste und verursachte eine geringere N_2O -Emission als Harnstoff mit DMPA.

Verbesserung der Effizienz recycelter Phosphordüngemittel durch diverse Anbausysteme

Herrmann, M., Lee, D., Regel, M., Dengler, A., Silva, A., Müller, T. (Stuttgart-Hohenheim)

Recycelte P-Düngemittel zeichnen sich meist durch eine verringerte P-Düngeeffizienz aus. Technische Aufbereitungen zur Erhöhung der P-Verfügbarkeit sind allerdings teuer. Eine Anwendung in Kombination mit diversen Anbausystemen könnte natürliche Prozesse nutzen, um die Nährstoffe verfügbar zu machen.

In Topfversuchen unter P-Mangel wurden Mais-Mischkultursysteme hinsichtlich ihrer P-Aufnahmeeffizienz aus dem Boden und recycelten P-Düngern untersucht. In einem ersten Versuch wurde die Effizienz der Nutzung von P-Ressourcen von 10 Mischkulturen und deren Einfluss auf den P-Kreislauf im Boden verglichen, wobei die Phosphataseaktivität und die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft als Indikatoren gemessen wurden. Im nächsten Schritt wurden drei Mais-Mischkultursysteme (Buchweizen, Luzerne, blaue Lupine) mit drei recycelten P-Düngern (AshDec, Fleisch- und Knochenmehl, Hühnermist) gedüngt und mit einer konventionell gedüngten Mais-Monokultur verglichen. In Kombination mit unmykorrhizierten Pflanzen wurde die Phosphataseaktivität im Boden am stärksten angeregt und die mikrobielle Gemeinschaft durch die Stimulierung nützlicher Bakterien verändert. Der unmykorrhizierte Partner dominierte in diesem System und hemmte das Maiswachstum, während die gesamte P-Aufnahme des Systems deutlich anstieg. Leguminosen hatten hingegen nicht denselben Einfluss auf die P-Prozesse im Boden; tendenziell wurden jedoch das Wachstum von Mais und die P-Aufnahme stimuliert. In Kombination mit recycelten Düngemitteln konnte Buchweizen jede recycelte P-Quelle effizient verwerten, ohne das Wachstum des Maises zu beeinträchtigen. Mit Fleisch- und Knochenmehl gedüngte Luzerne konnte das Maiswachstum minimal anregen. Die P-Verfügbarkeit konnte durch Mischkulturen also lediglich tendenziell verbessert werden. Weitere Forschung ist erforderlich, um das Potenzial unter Feldbedingungen zu bewerten. Die Versuche sind ein erster Schritt für die künftige Gestaltung P-effizienter Mischkultursysteme.

Die Schließung des P Kreislaufs – Verluste in Deutschland und Wege zu einer zirkulären P-Wirtschaft

Herrmann, M., Kurcsics, L., Müller, T. (Stuttgart-Hohenheim)

Der Phosphor (P) Kreislauf ist nicht geschlossen, und die limitierte Ressource P geht konstant vom Feld und entlang der Nahrungskette verloren. Im Hinblick auf die verpflichtende P-Rückgewinnung aus Kläranlagen ab 2029 in Deutschland sollten deren Auswirkungen auf den P-Kreislauf in Deutschland untersucht werden. Unklar ist, ob weitere Maßnahmen notwendig sind, wie diese aussehen könnten und welchen Einfluss sie auf die P-Zirkularität haben könnten.

In einer deutschlandweiten Modellierung der P-Ströme werden die wichtigsten P-Flüsse, P-Nutzungseffizienzen der einzelnen Sektoren entlang der Nahrungsmittelkette, sowie Verlustquellen identifiziert und quantifiziert. Die Modellierung erfolgt auf Basis einer Massenbilanzierung auf NUTS-1-Ebene (Bundesländer). Mit Hilfe von ExpertInneninterviews, Umfragen und Workshops sollen zukünftige Szenarien entwickelt werden und die Einflüsse auf den P-Kreislauf innerhalb des Modells getestet werden. Die Szenarien werden interdisziplinär erstellt und sollen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Sektoren untersuchen.

Mögliche Szenarien sind:

1. P-Düngemittel aus Kläranlagen werden in der Landwirtschaft genutzt. Durch ihre geringere Düngeneffizienz verringert sich die Biomasseproduktion. Dadurch wird der P-Entzug verringert und mehr P bleibt im Boden pflanzenunverfügbar gebunden.
2. Züchtung fördert geringere P-Gehalte im Korn, dadurch wird weniger P vom Feld abtransportiert und es muss weniger gedüngt werden. Dadurch reduzieren sich P-Überschüsse in der Tierfütterung und recycelte P-Düngemittel aus der Viehhaltung werden P ärmer.

Wirksamkeit eines Nitrifikationsinhibitors zur Verringerung der Lachgasemission nach Einarbeitung von Gemüseernterückständen in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens

Kellershoff, M., Daum, D. (Osnabrück)

Die Einarbeitung von Gemüseernterückständen in den Boden führt zur Freisetzung erhöhter Mengen an Lachgas (N_2O). Frühere Untersuchungen zeigten, dass die Applikation von Nitrifikationsinhibitoren in der Nacherntephase diese Emissionen signifikant reduzieren können. Bislang war jedoch unklar, inwieweit der pH-Wert des Bodens die Effizienz dieser Maßnahme beeinflusst. Dieser Zusammenhang wurde daher in einem Laborversuch untersucht.

Der verwendete lehmige Sandboden stammte aus einem Dauerfeldversuch mit drei pH-Stufen zwischen 4,5 und 6,5. Zu Versuchsbeginn wurden Brokkoli-Ernterückstände in 15 cm hohe Bodensäulen eingearbeitet und zuvor mit dem Nitrifikationsinhibitor 3,4-Dimethylpyrazolphosphat (DMPP) behandelt; die entsprechenden Vergleichsvarianten blieben unbehandelt. Die Inkubation erfolgte über sieben Tage bei 15 °C im Klimaschrank. Die Emissionen von Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2) wurden gaschromatographisch analysiert, wobei CO_2 als Maß für die mikrobielle Aktivität diente. Die Erfassung der gesamten Denitrifikationsverluste in Form von N_2O und molekularem Stickstoff (N_2) fand mittels der Acetylen-Inhibierungsmethode statt.

Die Einarbeitung der Ernterückstände erhöhte die Denitrifikationsverluste um den Faktor 5,4 und die mikrobielle Aktivität um den Faktor 13,2. Der pH-Wert des Bodens beeinflusste die Höhe der Denitrifikationsverluste und mikrobiellen Aktivität nur gering, wirkte sich jedoch deutlich auf die Zusammensetzung der freigesetzten Stickstoffgase aus. Im sauren Bereich war N_2O mit 62 % das dominierende Emissionsprodukt, während sein Anteil bei pH 6,5 auf 28 % sank. Die Applikation von DMPP reduzierte die Emissionen von N_2O und N_2 im Mittel um jeweils rund ein Fünftel. Für N_2O lag die Hemmwirkung je nach pH-Wert zwischen 18 % bei pH 4,5 und 23 % bei pH 6,5. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der Inhibitor DMPP die N_2O -Emission nach Einarbeitung von Gemüseernterückständen über ein breites pH-Spektrum wirksam verringert.

Rapsanbau – kann die Saatzeit Probleme lösen?

Peters, J. (Gülzow)

Der Raps galt in der Vergangenheit als eine lukrative und beliebte Kulturart zur Aufweitung der getreidelastigen Fruchtfolgen in Mecklenburg-Vorpommern. Mit dem Wegfall der Neonicotinoiden Beize, den zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels und der Restriktionen durch die Düngeverordnung wird der Rapsanbau jedoch immer häufiger in Frage gestellt. Das im Landesmittel sinkende Ertragsniveau der letzten Jahre verdeutlichen die Schwierigkeiten, vor dem die Rapsanbauer stehen. Einzig das Wissen um die Wertigkeit des Rapses in der Fruchtfolge und das Fehlen echter Alternativen hält viele Landwirte davon ab, den Rapsanbau komplett einzustellen. Könnte eine Verschiebung der Saatzeiten ein Lösungsansatz darstellen, um die Rapsenerträge zu stabilisieren?

Verschiedene Saatzeiten wurden in Mecklenburg-Vorpommern seit 2010 hinsichtlich der Ertragsleistung und einer Anbauoptimierung geprüft und miteinander verglichen. Folgende Erkenntnisse können aus den Ergebnissen und Untersuchungen zusammenfassend formuliert werden. Frühsaatbestände haben ein hohes Kompensationsvermögen hinsichtlich vieler Widrigkeiten während der Aussaat und des weiteren Vegetationsverlaufs. Der geringerer Erdflöhbefall der Frühsaaten macht die Saatzeit für Regionen mit hohen Erdflöhaufkommen interessant. Weiterhin zeigte die Frühsaat im direkten Vergleich der Saatzeiten einen signifikanten Ertragsvorteil gegenüber der Normalsaaten bei einem Stickstoffdüngungsniveau von $< 140 \text{ kg/ha N}$ (Abb. 1) und ist damit prädestiniert für Standorte mit einer hohen Nitratbelastungen.

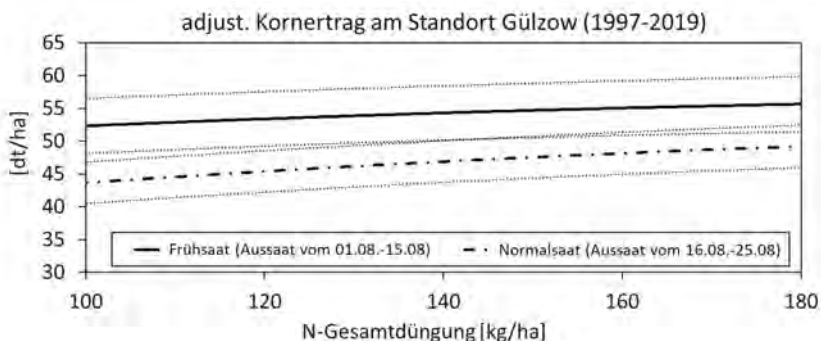


Abb. 1: Kornertrag unterschiedlicher Saatzeiten in Abhängigkeit von der N-Düngungshöhe, ... kennzeichnen den Konfidenzintervall der einzelnen Variante

Prädiktive Modelle zur Abschätzung der Mykotoxinbelastung in Getreide: Anwendungsbeispiele Mais & Weizen

Reiter, E.; Kuchling, S.; Alber, O.; Flamm, C.; Shala-Mayrhofer, V. (Wien)

Die zunehmende Belastung von Getreide mit Mykotoxinen stellt eine wachsende Herausforderung für die landwirtschaftliche Produktion dar, die sich im Zuge des Klimawandels weiter verschärfen kann. Ziel der vorliegenden Arbeiten ist die Entwicklung wetterdatenbasierter Prognosemodelle zur Abschätzung der Deoxynivalenol (DON) Gehalte zum Erntezeitpunkt. Dabei werden zwei Projekte verfolgt: ein Modell für Körnermais auf Basis einer langjährigen Monitoringdatenbank sowie der Aufbau eines eigenständigen Prognoseansatzes für Weizen.

Für Mais wurden Daten aus dem österreichischen Mykotoxin und Vorerntemonitoring (2016–2025) mit historischen Wetterdaten verknüpft. Wöchentliche Aggregate von Temperatur, Niederschlag und rel. Luftfeuchte dienten als Prädiktoren. Zur Modellierung kamen Random Forest und Extreme Gradient Boosting zum Einsatz. Beide Methoden ermöglichen eine belastbare Vorhersage der DONGehalte, wobei XGB eine höhere Genauigkeit erzielt. Einschränkungen bestehen bei sehr hohen Belastungen aufgrund geringer Fallzahlen. Insgesamt wird die Eignung wetterbasierter Modelle bestätigt.

Für Weizen erfolgt derzeit die Harmonisierung heterogener Datensätze mehrerer Partner zur Entwicklung eines kulturartspezifischen Modells. Aufgrund biologischer Unterschiede ist eine direkte Übertragung der Maismodelle nicht möglich. Der Fokus auf ausschließlich meteorologische Variablen begünstigt jedoch die praktische Umsetzbarkeit und eine zukünftige Integration in Entscheidungshilfesysteme.

Das Projekt WESMYG „Wetterdatenbasiertes System zur Prädiktion der Mykotoxinbelastung in Getreide“ wird gefördert im Rahmen des Sicherheitsforschungs-Förderprogramms KIRAS/K-Pass durch das Bundesministerium für Finanzen und von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG Nr. 926265) abgewickelt. Die Monitoringergebnisse des Mykotoxin-Vorerntemonitorings bei Mais wurden im Rahmen des Projekts „Pflanzenschutz-Warndienst“ erzielt und durch das BMLUK: LE 14-20; Kooperation 77-02 gefördert.

Veränderte Sickerwassermengen durch den Klimawandel beeinflussen die N-Auswaschung unter Acker

Riebe, K. (Gülzow-Prüzen)

Auf einer drainierten Ackerfläche am Standort Gülzow werden bereits seit dem Jahr 2017 die NO₃-Konzentrationen in 60 cm Tiefe untersucht und die wöchentlichen Sickerwassermengen in 1 m Tiefe erfasst. Ein bedeutender Einflussfaktor auf die N-Auswaschung ist die Höhe der Sickerwassermenge. In Gülzow führen Frühsommertrockenheit und fehlende Winterniederschläge regelmäßig zu sehr geringen Austauschraten des Bodenwassers in 1 m Tiefe. In der Regel beginnt die Sickerwasserbildung am Standort Gülzow im Dezember. Gut etablierte Zwischenfrucht- und Rapsbestände haben zu diesem Zeitpunkt bereits hohe Mengen N aufgenommen, so dass die jährliche N-Fracht im Mittel zwischen 10 und 20 kg/ha liegt. Unter Winterweizen konnten in Jahren mit hohen Sickerwasserraten, wie zuletzt im Winter 2023/2024, N-Frachten von über 50 kg/ha erfasst werden. Ist jedoch der Austausch des Bodenwassers wie im darauffolgenden Jahr gering, sinkt die jährliche N-Fracht auf 30 kg/ha. Entscheidend für den N-Austrag ist weiterhin die zeitliche Verteilung der Sickerwasserbildung. Ob nach Trockenjahren mit erhöhten NO₃-Konzentrationen im Bodenwasser zu rechnen ist, und ob dies insgesamt zu höheren mittleren N-Austrägen führt, ist Gegenstand der aktuellen Untersuchungen. Derzeit wird davon ausgegangen, dass im Zuge des Klimawandels im Nordosten Deutschlands in der Vegetationsperiode Trockenheit und Verdunstung zunehmen. Dadurch trocknet der Boden stärker aus und die Wassersickerung verzögert sich oder bleibt aus. Gegenläufig dazu verstärken höhere Winterniederschläge das N-Auswaschungsrisiko.

Tab. 1: Sickerwassermengen in l/m² unter Ackernutzung von November bis Oktober, Standort Gülzow, modelliert nach METVER in 1 m Tiefe

Jahr	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Summe
2017/18	33	40	67	-	28	13	-	-	-	-	-	-	181
2018/19	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	11	13
2019/20	44	16	17	76	11	-	-	-	-	-	-	-	164
2020/21	-	7	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-	52
2021/22	3	42	29	79	-	-	-	-	-	-	-	-	149
2022/23	-	-	10	26	6	1	-	-	-	-	-	-	43
2023/24	-	76	51	50	-	7	-	-	-	-	-	-	177
2024/25	-	17	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54
2025/26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Einsatz von elementarem Schwefel zur Schwefeldüngung in Wintergerste

Riedemann, J.-E., Pralle, H., Olf, H.-W. (Osnabrück)

Der Aufgrund stark gesunkener atmosphärischer Schwefeleinträge hat die Schwefeldüngung in den vergangenen Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen. Während Sulfat-Schwefel unmittelbar pflanzenverfügbar ist, muss elementarer Schwefel (eS) zunächst mikrobiell zu Sulfat oxidiert werden. Ziel dieser Untersuchung war es, die Eignung von eS zur Schwefelversorgung von Wintergerste im Vergleich zu unterschiedlichen Sulfat-Düngungsstrategien zu bewerten.

Der Feldversuch wurde 2024 auf einem Sandstandort im Osnabrücker Land (Bodenart lehmiger Sand [IS4D], Ackerzahl 40) zu Wintergerste als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen durchgeführt. Geprüft wurden fünf Varianten: 40 kg S ha⁻¹ als elementarer Schwefel, 40 kg S ha⁻¹ als frühe Sulfatdüngung, 40 kg S ha⁻¹ als späte Sulfatdüngung, eine geteilte Sulfatdüngung (20 + 20 kg S ha⁻¹) sowie eine ungedüngte Kontrolle. Die Schwefelkonzentration der Pflanzen wurde zu vier Terminen während der Vegetation bestimmt. Zusätzlich wurden Kornertrag, Rohproteingehalt sowie Schwefelgehalt und Schwefelabfuhr im Erntegut erfasst.

Die frühe Sulfatdüngung zu Vegetationsbeginn führte zu deutlich höheren Schwefelkonzentrationen als die Düngung mit elementarem Schwefel. Bei der zweiten Beprobung zu Beginn des Schossens erreichte die frühe Sulfatdüngung mit 0,50 % die höchste Schwefelkonzentration im Spross, während für die Variante mit elementarem Schwefel 0,31 % und für die Kontrolle 0,24 % gemessen wurden. Die Schwefelaufnahme betrug zu diesem Zeitpunkt 8,6 kg S ha⁻¹ in der frühen Sulfatvariante, 4,9 kg S ha⁻¹ bei elementarem Schwefel und 3,0 kg S ha⁻¹ in der Kontrolle. Im weiteren Vegetationsverlauf verringerte sich die Schwefelkonzentration in allen Varianten (Ausnahme: späte Sulfatdüngung), während die Schwefelaufnahme weiter anstieg. Trotz der deutlich höheren Schwefelaufnahme in den Sulfatvarianten ergaben sich keine entsprechenden Ertragsvorteile zur Düngung mit elementarem Schwefel. Die Kornerträge aller mit Schwefel gedüngten Varianten lagen im Bereich von 9,16 bis 9,29 t/ha und unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Lediglich der Kornertrag der nicht mit Schwefel gedüngten Kontrolle lag mit 8,23 t/ha signifikant darunter. Die Rohproteingehalte in den S-gedüngten Varianten lagen zwischen 8,4 und 8,8 %. Der höchste Rohproteingehalt wurde in der ungedüngten Kontrolle mit 10,2 % festgestellt. Damit führte die verbesserte Schwefelversorgung nicht zu höheren Rohproteingehalten. Vielmehr deutet das Ergebnis auf einen Verdünnungseffekt infolge höherer Kornerträge hin.

Evaluierung des Einsatzes von NMR-Sensoren zur Erfassung der Nährstoffkonzentration in Wirtschaftsdüngern – NMR Slurry Detec

Riesinger, J. (Freising), Höcherl, S. (Freising)

Mit der Verschärfung der Düngeverordnung (DüV) gewinnt die exakte Erfassung der Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern, insbesondere von Stickstoff und Phosphor, zunehmend an Bedeutung. Bisher werden überwiegend Basiswerte, Berechnungen oder Laboranalysen genutzt, die jedoch jahreszeitliche Schwankungen und Schichtbildungen in Güllelagern nur eingeschränkt berücksichtigen.

Ziel des Projekts ist die Untersuchung und Validierung der NMR-Technologie zur Bestimmung von Nährstoffgehalten in Rinder-, Schweinegülle und Gärprodukten. Dazu wurde mithilfe eines entwickelten Prüfstandes die Messgenauigkeit des Sensors für Wirtschaftsdünger unterschiedlicher Herkunft ermittelt. Als Referenzwert diente die Laboranalyse. Untersucht wurde hierbei die Messwiederholbarkeit im Vergleich mit baugleichen Sensoren sowie die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse eines Sensors bei mehreren Messwiederholungen. Anhand dieser Ergebnisse soll eine praktikable Messzeit für die Erfassung der Nährstoffkonzentrationen, während der Wirtschaftsdüngerausbringung definiert werden (Tabelle 1). Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass bei einer Messdauer von 15 Minuten die durchschnittliche Abweichung zwischen Sensor- und Laborwerten über alle betrachteten Wirtschaftsdünger hinweg 11 % für den Gesamtstickstoff und 8,6 % für den Phosphorgehalt beträgt.

Tabelle 1 Betrachtete Wirtschaftsdünger, Nährstoffe und Laufzeiten der Messungen im Projekt NMR SlurryDetec

Betrachteter Wirtschaftsdünger	Laufzeiten der Messung in min	Betrachtete Nährstoffe		
Rindergülle	3	N _{Ges}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅
	6			
	15			
	30			
Schweinegülle	3	N _{Ges}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅
	6			
	15			
	30			

P 017		Posterpräsentation Pflanzliche Produktion		
Gärprodukte	3			
	6			
	15	N _{Ges}	NH ₄ -N	P ₂ O ₅
	30			

Das Projekt NMR Slurry Detec wird finanziert vom Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (FKZ: A/23/24).

FeldManager – Eine webbasierte Plattform für digitale Bodenkartierung und teilflächenspezifische Düngung

Ingmar Schröter¹, Sandra Post¹, Eric Bönecke², Jörg Rühlmann² & Eckart Kramer¹

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE);

²Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ)

Hochaufgelöste Bodeneigenschaftskarten gewinnen in der Präzisionslandwirtschaft zunehmend an Bedeutung, da sie die kleinräumige Variabilität innerhalb von Schlägen erfassen und eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung unterstützen. Um die dafür erforderlichen Auswertungsprozesse aus Sensordaten, laboranalytischen Referenzdaten sowie statistischen und geostatistischen Verfahren für Forschung und Praxis zugänglich zu machen, wurde der webbasierte FeldManager entwickelt.

Nach dem Import der Schlaggrenzen stehen Werkzeuge zur Verarbeitung und Analyse von Sensordaten, zur Erstellung digitaler Bodenparameterkarten sowie zur Generierung teilflächenspezifischer Applikationskarten für die Kalk- und Stickstoffdüngung zur Verfügung. Zudem integriert der FeldManager Sentinel-2-Daten aus dem Copernicus Data Space zur Ableitung von Ertragspotenzialkarten.

Ergänzend wurde das SoilSuite-Modul integriert, das hochaufgelöste Karten der Bodentextur und des Humusgehalts auf Grundlage vegetationsfreier Satellitendaten erstellt. Mithilfe multispektraler Fernerkundungsdaten und einer begrenzten Anzahl georeferenzierter, laboranalytisch untersuchter Referenzproben können Bodeneigenschaften flächendeckend, hochauflösend und kosteneffizient abgeschätzt werden. Dadurch steht insbesondere Betrieben ohne bodengestützte Sensorsysteme eine praxisnahe Möglichkeit zur kleinräumigen Charakterisierung der Bodenvariabilität zur Verfügung.

Im Modul Applikationskartenerstellung werden Bodenparameterkarten mit agronomischen Entscheidungsregeln verknüpft. Der Kalkbedarf wird wahlweise nach dem VDLUFA-Rahmenschema oder dem stufenlosen pH-BB-Algorithmus berechnet. Zusätzlich ermöglicht ein Modul zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung eine düngerechtlich konforme Umverteilung der Stickstoffmenge innerhalb eines Schlags. Die berechneten Düngebedarfe werden in maschinenlesbare Applikationskarten überführt.

Der modulare Aufbau der Plattform unterstützt einen durchgängigen Workflow für eine datenbasierte, ressourceneffiziente und präzise Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen.

Einfluss der Eisenkonzentration in der Nährlösung auf Spurenelementgehalte von hydroponisch kultivierter Paprika

Schulz, E.; Friebe, A.; Daum, D. (Osnabrück)

Die Biofortifikation von Vitamin C-reichem Gemüse mit Eisen (Fe) wird als Ansatz diskutiert, um die Fe-Aufnahme aus pflanzlichen Lebensmitteln zu erhöhen. In hydroponischen Kultursystemen kann das Fe-Angebot von Paprika gezielt variiert werden. Unklar ist jedoch, in welchem Umfang erhöhte Fe-Konzentrationen zu einer Anreicherung in essbaren Pflanzenteilen führen und inwieweit andere Mikronährstoffe beeinflusst werden. Ziel war es daher, den Effekt unterschiedlicher Fe-Konzentrationen in der Nährlösung auf die Frischsubstanz und die Gehalte von Eisen, Zink (Zn), Mangan (Mn) und Kupfer (Cu) in Früchten und Wurzeln von Paprika zu untersuchen. Hierzu wurden Paprikapflanzen im Gewächshaus in Nährlösung herangezogen und mit sechs Fe-Stufen zwischen 2,5 und 50 mg Fe L⁻¹ versorgt. Zur Ernte wurden die Früchte und Wurzeln entnommen gewaschen, getrocknet und analysiert.

Eine Erhöhung der Fe-Konzentration führte nicht zu einer Fe-Biofortifikation der Früchte. Vielmehr sank der Fe-Gehalt von 82 mg kg⁻¹ TS bei 2,5 mg Fe L⁻¹ auf 46 mg kg⁻¹ TS bei 50 mg Fe L⁻¹ und damit um 44 %. Auch die Gehalte weiterer Spurenelemente gingen zurück: Zn verringerte sich von 49 auf 14 mg kg⁻¹ TS, Cu von 11 auf 5 mg kg⁻¹ TS und Mn von 19 auf 13 mg kg⁻¹ TS. Demgegenüber kam es in den Wurzeln zu einer ausgeprägten Fe-Akkumulation. Der Fe-Gehalt stieg von knapp 3.300 mg kg⁻¹ TS bei 2,5 mg Fe L⁻¹ bis auf maximal 14.600 mg kg⁻¹ TS bei 30 mg Fe L⁻¹. Außerdem sanken die Zn- und Mn-Gehalte der Wurzeln deutlich; Zn von 849 auf 102 mg kg⁻¹ TS und Mn von 1.178 auf 171 mg kg⁻¹ TS. Gleichzeitig nahm die Wurzelfrischmasse um 93 % ab: von 53,1 auf 3,9 g je Pflanze. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass hohe Fe-Konzentrationen in der Nährlösung die Verlagerung von Fe in die Früchte nicht fördern, sondern eine Fe-Akkumulation in den Wurzeln bewirken und mit Antagonismen gegenüber anderen Mikronährstoffen sowie einer Schädigung des Wurzelsystems einhergehen.

Verbesserung der N-Effizienz im Winterrapsanbau durch Reihen- und Spot-Düngung

Sterk, J., Pralle, H., Olfs, H.-W. (Osnabrück)

Winterraps weist im Vergleich zu vielen anderen Ackerbaukulturen eine hohe Stickstoffaufnahme, jedoch eine vergleichsweise geringe Stickstoffnutzungseffizienz auf. Vor dem Hintergrund verschärfter Anforderungen der Düngeverordnung gewinnen Verfahren zur Verbesserung der N-Effizienz zunehmend an Bedeutung. Ein vielversprechender Ansatz ist die platzierte Ausbringung von granulierten Stickstoffdüngern in Wurzelnähe. Im Vergleich zur breitflächigen Düngung wird dadurch ein verbesserter Zugang der Pflanzenwurzeln zum applizierten Stickstoff erwartet. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Wirkung unterschiedlicher Reihen- und Spot-Düngungsverfahren auf die Bestandesentwicklung und die Stickstoffeffizienz von Winterraps unter Feldbedingungen zu prüfen.

Im Herbst 2025 wurde auf einer Praxisfläche nahe Osnabrück ein Exaktversuch in Winterraps angelegt (Aussaat 20. August 2025; Winterrapssorte Detlef; randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen). Untersucht wurden 12 Varianten mit unterschiedlichen Verfahren der Stickstoffdüngung. Neben einer ungedüngten Kontrolle, einer Variante ohne Herbstdüngung und einer betriebsüblichen Düngung (Herbstdüngung Nachsaat mit 35 kg N ha^{-1} ; 2 Gaben im Frühjahr mit 90 bzw. mit 50 kg N ha^{-1}) wurden verschiedene Verfahren der Düngerapplikation zur Saat geprüft. Dazu gehörten eine flächige Ausbringung auf die Bodenoberfläche sowie Band- und Spot-Düngungsverfahren auf bzw. platziert 10 – 12 cm in den Boden. Die Varianten erhielten entweder die betriebsübliche Gesamt-N-Menge von 175 kg N ha^{-1} oder eine um 35 kg N ha^{-1} reduzierte N-Düngung (140 kg N ha^{-1}). Ziel war die Bewertung des Potenzials platzierter Düngungsverfahren zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz bei Winterraps. Ergänzend erfolgte eine einheitliche Versorgung mit Schwefel und Kalium.

Zur Charakterisierung der Bestandesentwicklung im Herbst erfolgte zum Ende der Vegetationsperiode die Erfassung der Wurzel- und Sprossmasse mit nachfolgender Analyse der N-Konzentration zur Berechnung der N-Aufnahme. Während der Vegetationsperiode wurden optische Bonituren, GreenSeeker-Messungen sowie Drohnenbefliegungen durchgeführt. Darüber hinaus erfolgte im Frühjahr 2026 zusätzlich eine Beprobung der oberirdischen Biomasse zur Ermittlung der N-Aufnahme. Nach der Ernte im Sommer 2026 werden Kornertrag und Kenngrößen der Stickstoffeffizienz ausgewertet.

Besonderes Interesse gilt der Frage, ob durch die räumlich gezielte Platzierung von Stickstoffdüngern eine höhere N-Ausnutzung im Vergleich zur praxisüblichen Flächendüngung erreicht werden kann und in welchem Umfang sich hierdurch die N-Düngermenge reduzieren lässt.

Biofortifikation von Hafer (*Avena sativa* L.) mit Jod und Selen

Vrochte, A., Budke, C., Daum, D. (Hochschule Osnabrück)

Jod und Selen zählen für den Menschen zu den essenziellen Mineralstoffen, deren Aufnahme über die Nahrung häufig unzureichend ist. Die agronomische Biofortifikation stellt einen Ansatz zur Verbesserung der Versorgung mit diesen Spurenelementen dar. Bislang liegen jedoch nur wenige Erkenntnisse zur Effizienz dieser Strategie bei Hafer vor. Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluss einer Blattdüngung mit Kaliumjodat (KIO_3) bzw. Natriumselenat (Na_2SeO_4) auf die Jod- und Selenanreicherung in Hafer zu ermitteln.

Hierzu wurde ein Feldversuch mit der Hafersorte ‚Delfin‘ in vierfacher Wiederholung durchgeführt. Die Aufwandmengen betrugen 0,9 – 2,1 kg Jod/ha bzw. 30 – 90 g Selen/ha. Die Applikation erfolgte einmalig zum Schossen, Rispenstadien oder zur Kornfüllung oder verteilt auf diese drei Termine. Die Jod- und Selengehalte in Korn, Spelzen, Blättern und Halmen wurden mittels ICP-MS analysiert.

In der ungedüngten Kontrolle lagen die Jod- und Selengehalte im Haferkorn bei 20 $\mu\text{g/kg TM}$ bzw. 71 $\mu\text{g/kg TM}$. Durch eine einmalige Blattdüngung mit KIO_3 zur Kornfüllung erhöhte sich der Jodgehalt im Korn um den Faktor 4 (auf 80 $\mu\text{g/kg TM}$). Applikationen zu früheren Terminen und die aufgeteilte Gabe erwiesen sich als weniger effizient. Bei Selen führte die geteilte Düngung hingegen zu den höchsten Gehalten in Korn (1.502 $\mu\text{g/kg TM}$) und Spelzen (782 $\mu\text{g/kg TM}$), was einer Steigerung um den Faktor 21 bzw. 14 gegenüber der Kontrolle entsprach.

Während die Selengehalte in Blättern und Halmen in einer ähnlichen Größenordnung wie in den generativen Pflanzenteilen lagen, wurde Jod vor allem in den Blättern angereichert (bis zu 28.434 $\mu\text{g/kg TM}$). Die Befunde deuten darauf hin, dass Jod überwiegend mit dem Transpirationsstrom im Xylem transportiert wird, während Selen in höherem Umfang über das Phloem verlagert werden kann. Auf den Stickstoffgehalt in Korn und den Kornertrag von Hafer hatte die Biofortifikation mit Jod und Selen keinen signifikanten Einfluss.

Zirkuläre Futtermittelproduktion von Wasserlinsen und Mehlkäferlarven für die Aquakultur

Reiter, E., Strnad, I. (Wien), Doubek, S., Pichler, G., Fuchs, C. (Oberwaltersreith)

Das Projekt **LeTe-Protein** untersuchte die Entwicklung nachhaltiger, regional verfügbarer Proteinquellen für die Fischfütterung im Sinne einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft. Im Fokus standen die Kultivierung der kleinen Wasserlinse (*Lemna minor*) unter Nutzung nährstoffreichen Restwassers aus der Aquakultur des afrikanischen Raubwelses sowie die Zucht von Mehlkäferlarven (*Tenebrio molitor*) mit landwirtschaftlichen Nebenprodukten. Ziel war es, diese Rohstoffe als alternative Proteinquellen zu Fischmehl aufzubereiten und ihre Eignung in der Fischfütterung zu evaluieren.

Die Wasserlinsenproduktion erfolgte in zwei Versuchsanlagen unterschiedlicher Größe. Die Proteingehalte bewegten sich hier zwischen 33 % und 43 %. Parallel dazu wurde die Zucht von Mehlkäferlarven optimiert. Durch Anpassungen der Haltungsbedingungen und Fütterungssubstrate aus Nebenprodukten konnte die Produktion deutlich gesteigert werden. Roggengrünmehlpellets erwiesen sich als geeignete Alternative zum Vergleichsfutter. Zudem konnte durch gezielte Fütterung, insbesondere mit Öllein-Nebenprodukten, die Fettsäurezusammensetzung signifikant beeinflusst werden (Steigerung des Omega 3 Fettsäuregehaltes).

In Fütterungsversuchen mit Bachsaiblingen (*Salvelinus fontinalis*) wurde die Praxistauglichkeit des entwickelten Futters getestet. Es zeigten sich keine Unterschiede im Wachstum im Vergleich zu konventionellem Fischfutter. Allerdings trat bei den Versuchsfischen eine gelb-grünliche Färbung auf.

Insgesamt belegen die Ergebnisse das große Potenzial von Wasserlinsen und Mehlkäferlarven als nachhaltige, regionale Futtermittelkomponenten. Gleichzeitig wurden Herausforderungen wie z.B. die mögliche Schwermetallakkumulation identifiziert. Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten und der Reduktion von Importabhängigkeiten und schafft somit eine Grundlage für die praktische Umsetzung kreislaforientierter Fütterungssysteme in Österreich.

Wasserlinsen als Futtermittel – ein Praxisversuch

Krone, B. (Oldenburg/Göttingen); Gregersen, E.; Lodder, C.; Mörlein, D.; Niemann, A.; Rosenau, S.; Sünder, A.; Tetens, J.; Hummel, J. (Göttingen)

Wasserlinsen stellen als schnellwachsende sowie proteinreiche Pflanze eine mögliche Alternative als heimisches proteinreiches Futtermittel dar. In einem Pilotprojekt an der Universität Göttingen wurden in einem Gewächshaus angeschlossen an die Aquakulturanlage auf einer Gesamtfläche von 14 m² Wasserlinsen (*Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*) angebaut. Über den Jahresverlauf wurden je nach Wachstum 1- bis 3-mal die Woche 1/3 eines jeden Beckens geerntet. Die Erntemengen schwankten dabei über das Jahr gesehen pro Monat von 16 g TM/m² bis zu 130 g TM/m² bei einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt der Wasserlinsen von 5,8% (±0,6%). Die Nährstoffanalysen stellten sich wie folgt dar:

Tabelle 1 Nährstoffzusammensetzung Wasserlinsen Erntezeitraum 2024 (Mai bis November)

	Ertrag	XA	XP	XF	XL	Stärke	Zucker	Ca	P
Monat	g TM/m² / Mon	g/kg TM							
Mai	16	175	353	99	35	11	23	21	13
Juni	124	174	379	94	39	10	<20	23	12
Juli	130	164	362	86	37	9	27	22	10
August	122	169	366	85	31	7	21	24	10
September	99	185	368	92	38	9	<20	25	12
Oktober	35	160	328	75	45	116	<20	21	11
November	36	166	319	75	40	112	<20	20	12
Mittelwert	563	170	354	87	38	39	24	22	11

Ebenfalls untersucht wurden die Aminosäuren- sowie Fettsäurezusammensetzung.

Herausforderungen sind der saisonale Anbau, die Trocknung und Haltbarkeit der Wasserlinsen. Jahreszeitlich gibt es insbesondere bei den Erntemengen starke Schwankungen. Um die Wasserlinsen haltbar zu machen, müssen sie in der Regel getrocknet werden, was außer in warmen Sommermonaten energieaufwändig ist. Neben der Trocknung könnte die Silierung für eine ganzjährige Nutzung hilfreich sein. Erste Silierversuche zeigen, dass Wasserlinsen aufgrund des geringen Trockenmassegehaltes, den hohen Rohproteingehalten (35%) und den geringen Zuckergehalten (2%) ein schwer zu silierendes Material sind. Mögliche Maßnahmen wären die Zugabe von Trockenschnitzeln, gequetschtem Hafer oder Melasse.

Feed-no-food – eine Potentialanalyse einer reststoffbasierten Nutztierfütterung

Katte, A.-S.; Dreisbach, N.; Sorg, D.; Dühr, N.; Ehlers, K. (Dessau)

Die gesellschaftlichen Ansprüche an die Nutztierhaltung beinhalten u.a. einen möglichst geringen Flächenbedarf für den Futtermittelanbau, um die Konkurrenz zum Anbau anderer Lebensmittel zu verringern, sowie eine Verminderung von Futtermittelimporten, die außerhalb Deutschlands hohe Treibhausgasemissionen und Umweltprobleme verursachen. Das Schließen landwirtschaftlicher Kreisläufe trägt dazu bei, Umweltbelastungen zu minimieren, Ressourcen effizienter zu nutzen und die Resilienz des landwirtschaftlichen Systems zu stärken.

Das Szenario dient der Potentialabschätzung und bildet einen vollständigen Wegfall des Futtermittelanbaus und eine ausschließlich reststoffbasierte Fütterung ab. Es soll untersucht werden, wie viele Nutztiere unter diesen Annahmen gehalten werden können und mit welchen Umweltwirkungen dies einhergeht. Angenommen wird ein fast vollständiger Wegfall des Futtermittelanbaus. Die Futtergrundlage umfasst Grünlandaufwuchs, landwirtschaftliche Nebenernteprodukte, Nebenstoffe der Lebensmittelindustrie sowie umgewidmetes Lebensmittelgetreide (Tab. 1).

Methodisch werden die ursprünglich für den Futtermittelanbau genutzten Flächen mit Kulturen für die Lebensmittelerzeugung neu belegt, die Reststoffmengen quantifiziert und daraus Rationen für Rinder, Geflügel und Schweine einschließlich Subkategorien, wie z.B. Kälber oder Milchfärsen, abgeleitet. Ein limitierender Faktor ist die verfügbare Reststoffmenge, sodass in einem ersten Schritt anhand der Rationen berechnet wird, für wie viele Tiere die Reststoffmenge als Futtergrundlage reicht. Anschließend werden mithilfe des Modells Py-GAS-EM die Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen berechnet. Die Ergebnisse liegen zum Zeitpunkt der Konferenz vor.

Tab. 1: Im Szenario berücksichtigte Kulturen und Nebenstoffe

Kulturen für Nebenernteprodukte	Industriezweige der Nebenprodukte	Grünlandaufwuchs
Winterweizen	Mehl- und Schälmmüllerei	Klee-Mischungen
Körnermais	Stärke- und Zuckerindustrie	Zwischenfrüchte
Klee-Mischungen	Brau- und Brennerei	Weideaufwuchs
Kartoffel	Bioethanolherstellung	Wiesen (frisch,
Körnerleguminosen	Ölgewinnung	Silage, Heu)
Gemüse/Kräuter	Obst – und Gemüseverarbeitung	

Multimetabolitenprofile von Futtermitteln für Hunde als Marker der Rationszusammensetzung

Dänicke, S. (Braunschweig); Saltzmann, J. (Braunschweig); Billenkamp, F. (Braunschweig); Sulyok, M. (Tulln); Schatzmayr, D. (Tulln); Doupovec, B. (Tulln); Paßlack, N. (München)

Die Zusammensetzung von Hundefutter hat sich in den vergangenen Jahren deutlich diversifiziert. Neben klassischen Trocken- und Feuchtfuttern gewinnen getreidefreie Produkte, BARF-Konzepte sowie Rationen mit speziellen pflanzlichen Komponenten zunehmend an Bedeutung. Gleichzeitig stehen für die analytische Charakterisierung von Futtermitteln heute LC-MS/MS-basierte Multimetabolitenmethoden zur Verfügung, mit denen mehrere hundert pilzliche, pflanzliche und weitere Metaboliten simultan erfasst werden können.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, ob sich aus Metabolitenprofilen Rückschlüsse auf die Zusammensetzung von Hundefutter ableiten lassen. Hierzu wurden 80 Hundefutterproben mittels einer etablierten LC-MS/MS-Multimetabolitenmethode analysiert. Insgesamt wurden 286 Metaboliten für die statistische Auswertung berücksichtigt. Die Futtermittel wurden anhand ihrer Deklarationen verschiedenen Kategorien, insbesondere Getreide-, Kartoffel- und Zuckerrübenprodukten, zugeordnet. Zusätzlich erfolgte eine Klassifizierung nach Futtertyp (Trocken-, Feucht- und sonstige Futtermittel).

Zur Auswertung wurden multivariate Verfahren (PLS-DA, Random Forest) eingesetzt. Beide Ansätze zeigten, dass sich bestimmte Futtermittelgruppen mit charakteristischen Metabolitenprofilen verknüpfen lassen. Besonders deutlich waren Zusammenhänge zwischen Kartoffelprodukten und den Glykoalkaloiden Solanin und Chaconin. Darüber hinaus konnten zahlreiche weitere Marker identifiziert werden, die zur Trennung einzelner Futtermittelkategorien beitrugen. Die Analyse auffälliger Einzelproben zeigte zudem charakteristische Metaboliten-Fingerprints, die mit spezifischen Komponentenkombinationen assoziiert waren.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass breit angelegte Metabolitenprofile nicht nur für die Untersuchung unerwünschter Stoffe geeignet sind, sondern auch wertvolle Informationen zur Charakterisierung von Futtermitteln und deren Zusammensetzung liefern können. Der vorgestellte Ansatz eröffnet neue Möglichkeiten zur analytischen Beschreibung komplexer Rationen sowie zur Identifikation charakteristischer futtermittelbezogener Marker.

Wildtierfleisch in Heimtierfuttermitteln: Molekularer Nachweis von Cerviden mittels Tetraplex-Real-Time-PCR

Machurig, L., Winkel, M., Durkalec, M., Kowalczyk, J., Potkura, J., Broll, H., Pieper, R. (Berlin)

Mit der steigenden Nachfrage nach Wildtierfleisch in Heimtierfuttermitteln und dem wachsenden Markt für hochpreisige, als hochwertig beworbene Produkte gewinnen Methoden zur Überprüfung der deklarierten Wildtierarten zunehmend an Bedeutung.

Im Rahmen einer Masterarbeit wurde am BfR eine von Kaltenbrunner et al. (2018) publizierte Tetraplex-Real-Time-PCR auf 16 Katzen- und Hundefuttermittel verschiedener Hersteller mit deklarierten Anteilen an „Hirsch“, „Rotwild“ bzw. „Reh“ angewendet. Die Methode ermöglicht den simultanen qualitativen Nachweis von Reh (*Capreolus capreolus*), Rothirsch (*Cervus elaphus*), Damhirsch (*Dama dama*) und Sikahirsch (*Cervus nippon*) auf molekularer Ebene. Für drei der vier Zielarten konnte sie erfolgreich verifiziert werden. In allen DNA-Extrakten der Wildtier-deklarierten Proben konnten eine oder mehrere der untersuchten Hirscharten nachgewiesen werden.

Zusätzlich wurde eine Real-Time-PCR nach Druml et al. (2016) zur relativen Quantifizierung von Wildtierarten auf die extrahierte Futtermittel-DNA angewendet. In allen Fällen, in denen eine Abschätzung deklarerter Gehalte möglich war, lagen die ermittelten Werte deutlich unter den Herstellerangaben. Die Ergebnisse sind im Kontext methodischer Limitationen zu interpretieren, da die Methode nicht auf Massengehalten, sondern auf DNA-Kopien basiert und somit lediglich eine relative Abschätzung der Hirsch-DNA-Gehalte ermöglicht. Zudem werden sie durch Faktoren wie die verwendete Standardreihe, die Amplifikationseffizienz der Einzelsysteme und die Gewebeart des Ausgangsmaterials beeinflusst. Ein nächster Schritt wäre die Validierung an Modellfuttermitteln mit bekannten Hirschanteilen.

Eine ergänzende ICP-MS-Analyse zeigte in vier Proben Bleigehalte, die teilweise deutlich über dem in der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung festgelegten Höchstgehalt von 5 mg/kg für Alleinfuttermittel lagen.

Bestimmung des Fettgehaltes in Fleisch mittels Kernspinresonanz

Muuß, M. (Göttingen); Bodor, Z. (Göttingen); Sünder, A. (Göttingen); Mörlein, D. (Göttingen)

Der Fettgehalt ist maßgeblich für den Genuss- und Nährwert von Fleisch. Daher wird er in vielen Laboren routinemäßig in Fleisch und Fleischprodukten gemessen. Das gängigste Verfahren ist die gravimetrische Fettextraktion nach Weibull-Stoldt. Nasschemische Verfahren sind jedoch zeitaufwändig und haben einen hohen Chemikalienbedarf. Eine ökonomisch und ökologisch nachhaltigere Alternative ist die Messung des Fettgehaltes mittels Niedrigfeld-Kernspinresonanz (*nuclear magnetic resonance*, NMR). Obwohl die technischen Möglichkeiten dazu seit einigen Jahren bekannt sind, wird diese Methode aktuell nur vereinzelt in der Routineanalytik verwendet. Ziel dieser Arbeit war die Validierung einer Referenzmethode als Grundlage für die Implementierung einer modernen und nachhaltigen NMR-Methode zur Fettbestimmung.

Um die NMR-Methode für Fleisch zu validieren, wurde zunächst ein automatisiertes Referenzverfahren nach Weibull-Stoldt basierend auf der klassischen Methode L 06.00-6 (LMBG) eingeführt. Dieses zeigte eine gute Robustheit gegenüber unterschiedlichen Parametern. Eine Verlängerung der Hydrolyse- und Extraktionsdauer führte bei 10 Schweinefleisch-Proben (*M. longissimus*) mit einem intramuskulären Fettgehalt von 1,2 % bis 3,4 % zu einer durchschnittlichen Abweichung von 0,001% absolutem Fett. Eine Gefrier-trocknung beeinflusste den bestimmten Fettgehalt nur geringfügig. Bei 18 Proben lag die Abweichung des absoluten Fettgehalts gegenüber frischem Fleisch bei unter 0,1 %.

Für die Validierung der NMR-Methode zur Fettbestimmung wurde gefriergetrocknetes Schweinefleisch mit Fettgehalten von 5,1 % bis 29,2 % mit der automatisierten Referenzmethode bestimmt. Mit einer Korrelation von $R^2 \geq 0,99$ und einer systematischen Abweichung (*bias*) von weniger als 0,1 % absolutem Fettgehalt zeigten die beiden Methoden eine sehr hohe Übereinstimmung.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Niedrigfeld-NMR eine leistungsfähige Alternative zur nasschemischen Fettbestimmung darstellt. Der Verzicht auf Chemikalien, die deutlich verkürzte Analysendauer und der daher höhere Probendurchsatz leisten zugleich einen Beitrag zu Green Chemistry und nachhaltiger Laboranalytik.

Vorhersage ausgewählter Qualitätsmerkmale von Schweinefleisch mittels Nahinfrarot-Hyperspektralbildgebung

Chen, Y., Bodor, Z., Mörlein, D. (Göttingen)

Die Beurteilung der Fleischqualität basiert bislang überwiegend auf physikalischen und nasschemischen Untersuchungsverfahren, die mit Probenzerstörung und hohem Analyseaufwand verbunden sind. Vor diesem Hintergrund wurde das Potenzial der Nahinfrarot-Hyperspektralbildgebung (NIR-HSI) als schnelles, zerstörungsfreies und multivariates Verfahren zur Bewertung der Fleischqualität untersucht.

Untersucht wurden Schweinekoteletts (*M. longissimus*) von insgesamt 526 Schweinen aus ökologischer und konventioneller Haltung. Erfasst wurden der pH-Wert 45 min und 24 h post mortem (p.m.), die elektrische Leitfähigkeit 24 h p.m., der Tropfsaftverlust, Farbparameter vor und nach Lagerung (L^* , a^* , b^*), der Kochverlust sowie die Scherkraft. Die hyperspektralen Bilddaten wurden 32 h p.m. im Spektralbereich von 936–1720 nm erfasst. Nach U-Net-basierter Segmentierung wurden Spektren aus dem Zentrum der Kotelettscheiben extrahiert und gemittelt. Die Datensätze wurden in einen Kalibrierungsdatensatz (80 %) und einen Vorhersagedatensatz (20 %) aufgeteilt. Zur Modellentwicklung wurden Partial-Least-Squares-Regressionen (PLSR) mit verschiedenen Spektralvorbehandlungen erstellt.

Die Vorhersagegüte unterschied sich deutlich zwischen den untersuchten Merkmalen. Die besten Ergebnisse wurden für die Farbparameter erzielt. Für die Farbparameter L^* vor und nach Lagerung sowie a^* vor und nach Lagerung wurden R^2_p -Werte von 0,81, 0,73, 0,75 bzw. 0,80 erreicht. Die entsprechenden RPD-Werte lagen zwischen 1,9 und 2,2. Für die übrigen Qualitätsmerkmale wurden überwiegend mittlere bis geringe Vorhersageleistungen festgestellt. So ergab sich für den pH-Wert 24 h p.m. ein R^2_p von 0,68, während für Tropfsaftverlust, Kochverlust und b^* vor Lagerung lediglich Werte von 0,45, 0,44 beziehungsweise 0,51 erzielt wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass mittels NIR-HSI Farbmerkmale mit guter Genauigkeit geschätzt werden können, während die Vorhersage komplexerer Qualitätsmerkmale weiterhin herausfordernd bleibt. Weitere Untersuchungen konzentrieren sich auf die Quantifizierung von Inhaltsstoffen, insbesondere des intramuskulären Fettgehalts.

Die Arbeiten erfolgen im Rahmen des Projektes „GlasSchwein“ (BLE; Förderkennzeichen 28DI107B23).

DLG Grobfutter-Controlling

Martens, S.D. (Köllitsch), Maack, G.-C. (Bonn), Resch, R. (Irdning-Donnersbachtal)

Die Silagebewertung spielt eine wichtige Rolle für die Beurteilung des Gärverlaufs, des Futterwerts und des Gebrauchswertes von Silage. Sie hilft, Ursachen für vorliegende Mängel zu verstehen.

Seit ca 100 Jahren werden Silagen im deutschsprachigen Raum anhand eines Gärfutter-schlüssels bewertet. Die letzte Version wurde in der DLG-Information 2004 und 2006, Grobfutterbewertung Teil A (Sinnenprüfung) und B (chemische Untersuchung), veröffentlicht.

Mit Zunahme der ganzjährigen Verfütterung, der Silogröße, weiteren Nutzungsformen (Biogas) und Siliergütern, des Einsatzes von Siliermitteln sind weitere Faktoren in den Fokus gerückt, um Futterkonserven ganzheitlich bewerten zu können. Daher wird die DLG-Grobfutterbewertung aktuell durch den Bundesarbeitskreis Futterkonservierung neu gestaltet.

Dies wird in den folgenden Beiträgen skizziert (Teil I-IV). Um Grobfutterkonserven unter anaeroben als auch aeroben Bedingungen zu stabilisieren, spielen physikalische Aspekte wie die Verdichtung u.a. eine wesentliche Rolle (Teil I). Unter den sensorisch wahrnehmbaren Merkmalen gehen einige über den bisherigen Schlüssel hinaus und geben wichtige Hinweise auf Verderbprozesse (Teil II). Aerobe Umsetzung ist in der Praxis zu einem Hauptverlustfaktor geworden. Daher werden der Erkennung und den Risikofaktoren ein eigener Teil gewidmet (Teil III). Die chemische Analyse soll künftig nicht allein die Güte der anaeroben Gärung charakterisieren, sondern auch weitere Merkmale der Gärverluste, eine Risikoabschätzung zur aeroben Stabilität, Proteinabbau und ggf. Mykotoxine berücksichtigen (Teil IV). Teil V (hier nicht präsentiert) widmet sich der hygienischen Beurteilung nach VDLUFA-Methodenbuch III, Kapitel 28.

Das neue 5-teilige Bewertungssystem bildet künftig graphisch die jeweiligen Schwächen ab (s. Resch et al., Teil IV), um Ursachen in der Folge gezielter bekämpfen zu können und damit den tatsächlichen Gebrauchswert für die Nutztierfütterung zu erhöhen.

Silierung von Hirsekörnern aus nachbestockten Beständen mit heterogener Kornabreife

Schneider, M. (Grub)

Hirse zeichnet sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit an Trockenstress aus und gewinnt daher als Kulturpflanze in Regionen mit zunehmender Wasserknappheit an Bedeutung. Unter günstigen Wachstumsbedingungen kann Hirse jedoch eine ausgeprägte Nachbestockung mit zeitversetzt gebildeten Trieben zeigen. Dies führt zu einer heterogenen Kornabreife, die die sichere Lagerung des Ernteguts erschwert. Ziel des vorliegenden Versuchs war es daher, die Eignung der Körnersilierung zur Konservierung von Hirsekörnern aus nachbestockten Beständen zu untersuchen.

Im Rahmen eines Laborsiloversuchs gemäß den Vorgaben der DLG (2018) wurden die Körner von zwei von Nachbestockung betroffenen Hirsesorten (Arsky und Emese) zu zwei Erntezeitpunkten einsiliert. Untersucht wurden sowohl unzerkleinerte Körner (Ganzkorn) als auch geschrotetes Material. Zusätzlich zu einer unbehandelten Kontrollvariante wurde bei allen Varianten die Wirkung eines DLG-geprüften biologischen Siliermittels zur Verbesserung des Gärverlaufs und der Verbesserung der aeroben Stabilität untersucht.

Die Gärqualität der Hirsesilagen war insgesamt als gut bis sehr gut zu bewerten. Der Erntetermin beeinflusste die Gärintensität am stärksten. Die Körner des ersten Erntetermins (67 bzw. 69 % TM) zeigten eine intensivere Fermentation mit niedrigeren pH-Werten und höheren Säuregehalten. Demgegenüber wiesen die Körner des zweiten Erntetermins mit rund 76 % TM eine geringere Säurebildung und höhere pH-Werte auf, was für das trockenere Erntegut typisch ist. Die Ethanol- und NH_3 -Gehalte lagen in allen Varianten auf einem niedrigen Niveau. Buttersäure wurde überwiegend nicht oder nur in sehr geringen Mengen nachgewiesen; lediglich in einer Variante traten erhöhte Gehalte auf. Schrotvarianten fermentierten tendenziell etwas intensiver als Ganzkornvarianten, zeigten jedoch eine geringere aerobe Stabilität. Die eingesetzten biologischen Siliermittel förderten die Ansäuerung und verbesserten bei den Schrotvarianten die aerobe Stabilität. Insgesamt wurden unabhängig von Sorte, Aufbereitung und Siliermittelanwendung überwiegend stabile und hygienisch einwandfreie Silagen erzeugt.

Untersuchung zum Einfluss der Sojasorte auf den Siliererfolg und den Abbau der Trypsininhibitor-Aktivität im Rahmen der Silierung der Bohnen mit Körnermais

Braumiller, G. (Grub), Schneider, M. (Grub), Amslinger, S. (Grub), Steinhoff-Wagner, J. (Freising)

Für die Lagerfähigkeit heimisch erzeugter Sojabohnen ist meist eine Trocknung notwendig. Zudem müssen zur Verwendung als Futtermittel für Monogaster durch eine Hitzebehandlung (Toasten) antinutritive Faktoren (Trypsininhibitor-Aktivität, TIA) reduziert werden. Schneider et al. (2024) zeigten, dass die Silierung von Sojabohnen mit Körnermais zu einer deutlichen Reduktion der TIA führte. Besonders vielversprechend im Vergleich verschiedener Mischungsverhältnisse erwies sich eine Beimischung von 15 % Sojabohnen (Sorte Abaca), bei der die TIA auf unter 50 % reduziert wurde. Die vorliegende Untersuchung sollte weiterführend den Einfluss der Sojasorte auf den Abbau der TIA und den Siliererfolg prüfen.

Im Versuch wurden Mischungen von Körnermais (LG 30258, 85 %) und Sojabohnen (15 %) der Sorten ES Compositor, Pula, SU Ademira, Vineta PZO und Adelfia in einem Laborsilierungsversuch nach den Vorgaben der DLG-Prüfrichtlinien (2018) mit zusätzlicher Erhebung der Gärqualität nach 14 Tagen Lagerdauer geprüft. Nach 14 sowie 90 Tagen (jeweils n=3) wurden die Silagen auf Gärqualität und ihre TIA untersucht (EN ISO 14902:2001).

Die TIA der erntefrischen Bohnen lag bei allen Sorten auf mittlerem Niveau zwischen 15 und 23 mg/g TM. Über den 90tägigen Silierprozess wurde die TIA in allen Mischungen deutlich reduziert (relative Gesamtreduktion zum Ausgangsmaterial: ES Compositor -30 %, Pula -14 %, SU Ademira -41 %, Vineta PZO -30 %, Adelfia -23 %). Auch der zeitliche Verlauf des Abbaus war sortenspezifisch: Nach 14 Tagen Silierung war bei ES Compositor (+ 1 %) und Pula (-1 %) noch keine Verringerung der TIA festzustellen. Dagegen zeigten SU Ademira (-12 %), Vineta PZO (-12%) und Adelfia (-14%) bereits in der frühen Silierphase eine deutliche reduzierte TIA und erreichten damit einen wesentlichen Anteil ihrer späteren Gesamtreduktion. Zugleich zeigten sich zu beiden Zeitpunkten (nach 14 und 90 Tagen) zwischen den Sorten keine signifikanten Unterschiede in den Gärparametern. Mit allen Sorten konnten bei diesem Mischungsverhältnis hochwertige Silagen erzeugt werden, die sich auch hinsichtlich TIA für Nutztiere eignen.

Effekt der Silierung von mit Stechapfel (*Datura stramonium* L.) kontaminiertem Mais auf die Konzentration von Tropanalkaloiden

Bachmann, M., Wagner, B., These, A., Kowalczyk, J., Numata, J., Pieper, R., Berlin

Stechapfel (*Datura stramonium* L.) ist ein unter hiesigen klimatischen Bedingungen hoch kompetitives Unkraut, dass sich vornehmlich auf Ruderalflächen und in der Peripherie von Ackerkulturen wie Mais ausbreitet. Es existieren nur vereinzelte Berichte über eine Kontamination von Futtermitteln mit Stechapfel, aber einige dokumentierte Fälle von Vergiftung bei Schweinen, Pferden und Rindern. Für Rinder ist vor allem Maissilage eine relevante Kontaminationsquelle. Vergiftungen durch Stechapfel im Futter äußern sich bei Rindern durch reduzierte Futteraufnahme und Tympanie und lassen sich auf die Tropanalkaloide (TA) (-)-Hyoscyamin und (-)-Scopolamin, gemessen als Atropin und Scopolamin, zurückführen, welche in allen Teilen des Stechapfels enthalten sind. Basierend auf den verfügbaren Berichten hat die EFSA für Rinder eine Dosis ohne beobachtete schädliche Wirkung (NOAEL) von 300 µg/kg Körpergewicht (KG) bezogen auf die Summe von Atropin und Scopolamin vorgeschlagen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, ob die Silierung von kontaminiertem Mais zu einer Reduktion der TA im Futter führt. Zu diesem Zweck wurden Maispflanzen mit einem Anteil von 10 % gemahlenen Stechapfelpflanzen siliert und nach 0, 30 und 90 Tagen mittels LC-MS/MS analysiert. Die Silagen waren gekennzeichnet durch einen rasch abgesunkenen pH-Wert (bis 3,9), hohe Laktat- (bis 57 g/kg Trockenmasse) und niedrige Acetat- (maximal 8,5 g/kg Trockenmasse) und Ethanolgehalte (maximal 15 g/kg Trockenmasse). Der Anteil an $\text{NH}_3\text{-N}$ am Gesamtstickstoff betrug maximal 3,9 %. Der Gehalt an Atropin sank in 90 Tagen um 21 %, wobei der Gehalt an Scopolamin um 17 % anstieg. Dies führte zu einer nicht signifikanten Reduktion dieser TA in der Silage, weshalb Silierung nicht als Verfahren zur Dekontamination empfohlen werden kann. Vergiftungen sind trotzdem nur bei einzelnen Tieren zu erwarten und infolge der rasch sinkenden Futteraufnahme selbstlimitierend.

Zur Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken beim Menschen durch die Aufnahme von TA über die Milch von Kühen, die kontaminierte Futtermittel gefressen haben, liegen bislang nur wenige Daten vor. Diese Untersuchungen zeigten bisher keine Evidenz für eine relevante Exposition gegenüber TA durch den Verzehr von Milch. Vor dem Hintergrund der klimatischen Veränderungen, d. h. zunehmend wärmere und trockenere Bedingungen, ist davon auszugehen, dass Stechapfel zukünftig eine größere Bedeutung im Ackerbau zukommt.

Einordnung des Futteraufnahmeniveaus von Schafen als Grundlage für neue Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung

Wolfrum, S. (Göttingen), Südekum, K.-H. (Bonn), Rodehutschord, M. (Hohenheim), Hummel, J. (Göttingen)

Für die Neufassung der Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schafen ist die Kenntnis der Futteraufnahme von zentraler Bedeutung. Sie bestimmt maßgeblich die Menge an Energie und Nährstoffen, die dem Tier zur Verfügung stehen. Das Ziel dieser Studie war die systematische Einordnung der Futteraufnahme von Schafen sowie die Ableitung eines Futteraufnahmeniveaus (FAN) als Grundlage für neue Versorgungsempfehlungen.

Hierzu wurden nationale und internationale Literaturdaten zur Futteraufnahme von Schafen ausgewertet. Berücksichtigt wurden ausschließlich Studien mit Angaben zur Körpermasse und ad-libitum-Futteraufnahme. Die bisherige Datengrundlage umfasste 154 Studien mit 735 Datenzeilen und schloss verschiedene Schafrassen, Kategorien (Hammel, Mastlämmer, Milch- und Mutterschafe) sowie ein breites Spektrum an Rationszusammensetzungen und Nährstoffkonzentrationen ein. Milchschafe und laktierende Mutterschafe wurden aufgrund ähnlicher Futteraufnahmen als „laktierende Schafe“ zusammengefasst. Die Differenzierung nach Trächtigkeitsstadium ergab für Mutterschafe keine wesentlichen Unterschiede in der Futteraufnahme, daher wurden sie den „nicht-laktierenden Schafen“ zugeordnet. Die Futteraufnahme wurde als tägliche Aufnahme an Trockenmasse (TM) erfasst und auf die metabolische Körpergröße ($\text{kg}^{0,75}$) bezogen. Analog zu den Empfehlungen der GfE (2023) für Milchkühe wurde FAN1 als eine Aufnahme von $50 \text{ g TM/kg}^{0,75}$ definiert. Aus jeder erfassten Futteraufnahme wurde das entsprechende FAN abgeleitet.

Die Futteraufnahme variierte zwischen 31 und 145 (Mittelwert (MW) 67), 12 und 135 (MW 88), 64 und 146 (MW 94) sowie 28 und 124 (MW 66) $\text{g TM/kg}^{0,75}$ bei Hammeln, Mastlämmern sowie laktierenden und nicht-laktierenden Schafen. Die daraus abgeleiteten FAN-Werte lagen insgesamt im Bereich von <1 bis 3. Innerhalb der Kategorien waren sowohl kleine als auch große Schafrassen über den gesamten Bereich der Futteraufnahme verteilt.

Die Ergebnisse liefern eine erste systematische Einordnung des Futteraufnahmeniveaus bei Schafen und bilden eine wesentliche Basis für die Entwicklung neuer Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schafen.

GfE (2023): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Evaluierung einer Fütterungsempfehlung zur ökologischen Schweinemast: Effekt auf Mast- und Schlachtleistungen sowie Umweltparameter

Puntigam, R. (Soest), Kriebelder, K. (Schwarzenau), Preissinger, W. (Schwarzenau), Spiekers, H. (Grub)

Mit der Initiative „BioRegio 2030“ verfolgt das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF) das Ziel, die bewirtschaftete Öko-Fläche in Bayern bis zum Jahr 2030 auf 30 % zu steigen. Damit ist auch eine Ausweitung in der ökologischen Schweinemast zu erwarten. Zusätzlich müssen nach der EU-Öko-Verordnung (2018/848) Schweine im ökologischen Landbau seit dem 01. 01. 2022 zu 100 % mit ökologisch erzeugten Futtermitteln versorgt werden. Für Ferkel bzw. Jungschweine bis 35 kg Körpermasse (KM) gilt derzeit noch eine befristete Ausnahmeregelung (max. 5 % konventionelle Futtermittel), diese soll ab 1. Januar 2027 entfallen. Um den genannten Anforderungen im Bereich Futter und Fütterung gerecht zu werden, wurde durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) im Zuge eines Projektes der „Praxisleitfaden Ökologische Schweinefütterung“ als praktisches Nachschlagewerk für Schule, Beratung und Praxis erarbeitet. Neben einer Vielzahl an wichtigen Informationen wurden ebenfalls Empfehlungen und Rationsbeispiele nach aktuellem Kenntnisstand aus der Literatur erarbeitet. Diese zu evaluieren stellt einen wichtigen Teilbereich der Forschung dar. Hierzu wurde am Staatsgut Schwarzenau eine Fütterungsstudie mit 192 Mastschweinen (30,3 kg KM; $\text{Pi} \times (\text{DL} \times \text{DE})$) durchgeführt. Die 3-phasige Rationsgestaltung der Vergleichsgruppe (30-60, 60-90 und 90-120 kg KM) basierte auf Sojaextraktionsschrot, Weizen und Gerste (143, 129 und 108 g CP/kg TF) während die Tiere der Öko-Gruppe 2-phasig (30- 85 kg und 85- 120 kg KM) nach Vorgaben der EU-Öko-Verordnung (keine Supplementierung freier Aminosäuren sowie mikrobieller Phytase) unter Einsatz weiterer Eiweißalternativen (Ackerbohnen und Sojakuchen) versorgt wurden (160 g CP/kg TF). Die täglichen Körpermassenzunahmen lagen mit durchschnittlich 852 g in der konventionell und 834 g in der ökologisch gefütterten Gruppe auf einem vergleichbaren mittleren Leistungsniveau ($p > 0,05$). Auch im Futter- und Energieverbrauch je Tier konnten über die Mast keine Unterschiede festgestellt werden (2,34 vs. 2,43 kg und 31,0 vs. 31,1 MJ ME/Tag). Beim Futteraufwand lagen die Tiere der Öko-Gruppe tendenziell schlechter ($p < 0,10$; 2,75 vs. 2,92 kg/kg Zuwachs) während der Energieaufwand keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen erkennen ließ (36,4 vs. 37,3 MJ ME/kg). Bezüglich der Schlachtleistung erzielten die Tiere der Vergleichsgruppe ein höheres Schlachtgewicht (99,6 vs. 97,5 kg) sowie eine höhere Ausschachtung (81,2 vs. 79,7 %) während sich die Fütterungsgruppen im Muskelfleischanteil nicht unterschieden (59,0 vs. 59,3 %). Bezüglich der Umweltparameter wiesen die Tiere der Öko-Gruppe eine höhere Stickstoff- (2.956 vs. 4.314 g) sowie Phosphor-Ausscheidung (553 vs. 721 g) je Tier auf. Demgegenüber reduzierten sich die Treibhausgasemissionen von 3,44 auf 2,56 kg CO₂-Äqui-

valente je kg Schlachtkörpermasse (-25,5 %) durch den Einsatz regionaler ökologischer Futtermittel. Die Praktikabilität des Leitfadens und die Empfehlung zur Anwendung in der Beratung hat sich bestätigt.

Weizenkleie in Rationen für Mastschweine – Auswirkungen auf zootecnische Parameter und Schlachtkörpermerkmale

Preißinger, W., Heubach, P., Scherb, S. (Schwarzenau)

Mehl aus heimischem Getreide und die daraus erzeugten Nahrungsmittel, vor allem Brot und Backwaren, leisten einen wertvollen Beitrag zur Grundversorgung der Bevölkerung. Dabei fallen große Mengen an Weizenkleie an, deren Potenzial als Futtermittel oft verkannt wird. In vorliegender Studie wurde deshalb untersucht, welche Auswirkungen gesteigerte Anteile an Weizenkleie in Schweinemaststationen auf Leistung und Schlachtkörpermerkmale haben. Im Rahmen der Studie wurden zwei Fütterungsversuche am Staatsgut Schwarzenau durchgeführt.

In Versuch 1 wurden folgenden Rationsanteile bei Trockenfütterung an Abrufstationen mit Einzeltierfütterung getestet:

- A: Kontrolle ohne Weizenkleie
- B: 5 %, 7,5 % und 10 % Weizenkleie in der Anfangs-, Mittel- und Endmast
- C: 5 %, 7,5 % und 10 % Weizenkleiepellets in der Anfangs-, Mittel- und Endmast
- D: 7,5 %, 10 % und 13 % Weizenkleie in der Anfangs-, Mittel- und Endmast

In Versuch 2 wurden die Rationen der Gruppen A und B unter praxisnahen Bedingungen bei Flüssigfütterung (Gruppenfütterung) geprüft.

Für die Versuche wurden 96 (Versuch 1) bzw. 192 Tiere (Versuch 2) nach Geschlecht, Körpermasse (KM) und Abstammung ausgewählt und gleichmäßig auf vier bzw. zwei Gruppen verteilt. Sämtliche Tiere wurden wöchentlich gewogen. Beim Erreichen von ca. 120 kg KM wurden die Schweine geschlachtet und die Schlachtkörper nach den Richtlinien für die Stationsprüfung bewertet.

Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Zootecnische Parameter und Schlachtkörpermerkmale (LS-Means)

		Versuch 1					Versuch 2		
		A	B	C	D	p ¹⁾	A	B	p ¹⁾
Tägliche Zunahmen	g	830	815	806	806	0,572	899	907	0,523
Futtermittelverbrauch	kg/Tag	2,19	2,14	2,23	2,15	0,290	2,45	2,56	0,158
Futtermittelaufwand	kg/kg	2,63	2,67	2,76	2,69	0,177	2,72	2,84	0,357
Muskelfleisch	%	59,7	59,9	60,2	60,5	0,522	59,0	59,1	0,425
Fleischanteil i. Bauch	%	57,0	57,8	59,1	58,2	0,411	55,2	56,0	0,087
Rückenmuskelfläche	cm ²	59,9	59,6	59,4	58,4	0,700	58,1	58,1	0,928
Fettfläche	cm ²	17,5	16,5	16,0	16,4	0,451	19,3 ^a	18,3 ^b	0,005

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

Eckpunkte der Körpermasse-Entwicklung von Kälbern und Jungrindern der Rasse Fleckvieh, Holstein und Jersey während der Aufzuchtphase

L. Gruber (Irdning, Wien), A. Schuldt (Neubrandenburg), B. Losand (Sanitz), Th. Ettle (Grub), S. Rehberg (Dummerstorf)

Die ordnungsgemäße Aufzucht der Kälber und Jungrinder stellt den Grundstein für eine erfolgreiche Milchviehhaltung dar. Ziel der Aufzucht ist eine gut entwickelte, gesunde und leistungsbereite Milchkuh mit hoher Nutzungsdauer. So können die durch die Aufzucht bedingten Kosten und negativen Umweltwirkungen der Milchproduktion relativ verringert werden. Die optimale Intensität, d. h. Wachstumsgeschwindigkeit, spielt dabei eine wichtige Rolle. Im vorliegenden Beitrag werden entscheidende Eckpunkte der Körpermasse (KM)-Entwicklung von Kälbern und Jungrindern in ihrer Aufzuchtphase von der Geburt bis zur ersten Abkalbung unter besonderer Berücksichtigung der Rasse Jersey auf Basis aktueller, umfangreicher und repräsentativer Daten diskutiert. In der nachfolgenden Tabelle sind für fünf Zeitpunkte (Geburt, Absetzen, 6 Monate, Besamung, erste Abkalbung) die entsprechenden Zeiträume, die KM (absolut und relativ zum Geburtsgewicht bzw. zum Endgewicht) sowie die Tageszunahmen bei mittlerer Aufzuchtintensität angeführt. Es zeigt sich, dass die relative KM in den Entwicklungsstadien bei den verschiedenen Rassen sehr ähnlich ist.

	Zeit	Körpermasse	Körpermasse	Körpermasse	KM-Zunahme
HOLSTEIN	(Tage)	(kg)	(%Endgew.)	(Vielf. Geb. Gew.)	(g/Tag)
Geburt	0	40,6	6,0	1,0	945
Absetzen 12 Wochen	84	120	17,9	3,0	1 015
6 Monate	183	220	32,7	5,4	655
Besamungeffektiv	496	425	63,3	10,5	882
1. Abkalbung (25.5 Mo)	776	672	100,0	16,5	814
					Mittelwert
FLECKMIEH					
Geburt	0	42,8	5,6	1,0	1 012
Absetzen 12 Wochen	84	128	16,8	3,0	1 099
6 Monate	183	236	31,0	5,5	633
Besamungeffektiv	556	473	62,2	11,0	1 028
1. Abkalbung (27.5 Mo)	836	760	100,0	17,8	858
					Mittelwert
JERSEY					
Geburt	0	26,0	6,2	1,0	605
Absetzen 12 Wochen	84	77	18,3	3,0	616
6 Monate	183	138	32,7	5,3	479
Besamungeffektiv	450	266	63,3	10,2	551
1. Abkalbung (24.0 Mo)	730	420	100,0	16,2	540
					Mittelwert

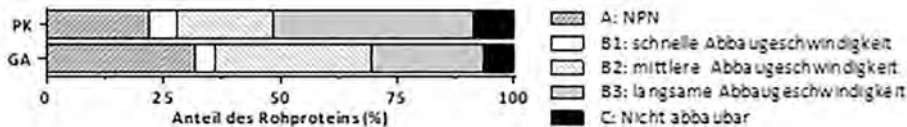
Ruminaler Rohproteinabbau in situ von Grünlandaufwüchsen und daraus hergestellten Presskuchen

Wild, K. J., Hanauska, A., Kaml, K., Rodehutschord, M. (Stuttgart-Hohenheim)

Proteinextrakte aus Grünlandaufwüchsen (GA) werden als Proteinquelle für die Ernährung von Nichtwiederkäuern diskutiert. Als Nebenprodukt fällt Presskuchen (PK) an. Dessen Futterwert für Wiederkäuer ist bislang kaum untersucht. Ziel dieser Studie war die Untersuchung des ruminalen Abbaus von Rohprotein (CP) bei vier verschiedenen GA und den daraus hergestellten PK.

Zur Messung des CP-Abbaus wurden Proben von GA (zwei Grünlandmischaufwüchse, Rotklee, Weißklee) und daraus hergestellte PK im Pansen von drei fistulierten Kühen für 0 bis 96 h gemäß den Empfehlungen der GfE (2022) inkubiert. Die Parameter des CP-Abbaus wurden mittels einer exponentiellen Funktion geschätzt. Die analytische Differenzierung der CP-Fractionen erfolgte nach dem CNCPS-System.

Abb. 1: Rohproteinfraktionen nach CNCPS



Die CP-Fractionen A und B2 waren niedriger und die Fractionen B1, B3 und C höher in den PK als im Ausgangsmaterial (Abb. 1). Übereinstimmend damit waren die auswaschbare Fraktion a und die Abbaurrate c der PK geringer als die der GA (Tab. 1). Der effektive Abbau der GA war signifikant höher als der der PK, wobei die Differenz mit steigendem Futteraufnahmeniveau (FAN) stieg. Der Pressvorgang führte zu einer Reduktion der ruminal schnell abbaubaren CP-Fractionen, wobei die kalkulierte Konzentration an nicht abgebautem Futter-CP mit 20 und 23 g/kg TM (FAN1) sowie 31 und 35 g/kg TM (FAN4) in GA und PK nicht verschieden war.

Tab. 1: Rohprotein (CP), Abbauparameter¹ und effektiver CP-Abbau (ED, in %) bei Futteraufnahmeniveau (FAN²) 1 und 4 (n = 12; 3 Tiere × 4 Proben)

	CP (g/kg TM)	Lag (h)	a (%)	b (%)	c (%/h)	ED FAN1	ED FAN4
Grünlandaufwüchse	139	0,90	32,1	63,5	16,7	86	78
Presskuchen	126	0,55	20,7	74,3	13,1	82	72

V 047		Öffentliche Sitzung Tierische Produktion III					
SEM	7,06	0,12	1,39	1,41	1,20	0,52	0,82
P-Wert	0,19	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹auswaschbare Fraktion (a), potenziell abbaubare Fraktion (b) Abbaurate (c), lag-Phase (Verzögerungszeit); ²FAN1 und FAN4 $\triangleq$ einer ruminalen Passagerate von 2,6 und 5,3 %/h.

Einfluss von Konzentratfutterergänzung und reduziertem Milchentzug 2 Wochen post partum auf Leistung und Stoffwechsel von Milchkühen

Terler, G., Berger, T., Starz, W., Guggenberger, T., Ofner-Schröck, E., Schoiswohl, J., Rohrer, H., Huber, G., Gallnböck, M., Podstatzky, L., Steinwider, A. (Irdning)

Auch in der biologischen Milchkuhfütterung kann der langsame Anstieg der Futteraufnahme im Vergleich zur Milchleistung post partum (p.p.) zu einem deutlichen Energiedefizit führen, da der Konzentratfutter (KF)-Einsatz begrenzt ist. In einem Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde daher der Effekt eines reduzierten Milchentzugs in den ersten zwei Wochen p.p. (Mr) im Vergleich zu vollständigem Ausmelken (Mn) bei Fütterung von BIO-Milchkühen mit (C+, max. 6 kg/Tag) und ohne KF-Ergänzung (C0) untersucht. Von Kühen der Gruppe Mr wurden in den ersten 3 Tagen p.p. max. 8 Liter, in den Tagen 4 bis 7 p.p. max. 14 l, und in den Tagen 8 bis 14 p.p. max. 18 l Milch pro Tag ermolken. Für den dreijährigen Versuch wurden gesamt 60 Milchkühe der Rassen Fleckvieh und Holstein Friesian (speziell auf Lebensleistung gezüchtete Tiere) verwendet und gleichmäßig auf vier Versuchsgruppen aufgeteilt: C+Mn, C+Mr, COMn und COMr. Als Grobfutter erhielten alle Kühe eine Mischung aus 65 % Grassilage, 20 % Kleeegrassilage und 15 % Heu. Das KF bestand aus 55 % Gerste, 20 % Körnermais, 10 % Hafer und 15 % Erbse. In den ersten 10 Laktationswochen wurden Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung und -inhaltsstoffe, Körpermasse, BCS und wichtige Blutparameter erfasst.

Der reduzierte Milchentzug hatte keinen Effekt auf die Futter- und Nährstoffaufnahme sowie die Körpermasse und den BCS. Kühe mit KF-Ergänzung wiesen jedoch eine signifikant höhere Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Körpermasse auf. Die Energie-korrigierte Milchleistung ging sowohl durch den KF-Verzicht als auch durch den reduzierten Milchentzug deutlich zurück (jeweils rund 5 kg/Tag niedrigere ECM-Leistung in Gruppen C+Mr und COMn im Vergleich zu C+Mn). Der Milcheiweißgehalt und der Somatic Cell Score stiegen durch den reduzierten Milchentzug signifikant an, die Zellzahl lag jedoch in allen 4 Versuchsgruppen im Mittel deutlich unter 200.000 pro ml. Die Futter- und Körpermasseeffizienz gingen durch den reduzierten Milchentzug signifikant zurück. Die Energiebilanz wurde jedoch sowohl durch Kraftfuttereinsatz als auch durch reduzierten Milchentzug signifikant verbessert. Der reduzierte Milchentzug führte in den ersten Laktationswochen zu signifikant niedrigeren Konzentrationen an nicht- veresterten Fettsäuren und tendenziell niedrigeren Konzentrationen an β -Hydroxybutyrat im Blut. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein reduzierter Milchentzug in den ersten 2 Wochen p.p. die Energiebilanz und die Stoffwechsellaage von Bio-Milchkühen verbessert, jedoch mit Leistungs- und Effizienzeinbußen gerechnet werden muss.

Vergleich der vorhergesagten Milchleistung zwischen dem Nettoenergie-Laktation und Umsetzbare Energie Bewertungssystem für Milchkühe

Peschel, M., von Soosten, D., Meyer, U., Dänicke, S. (Braunschweig)

Da die Werte des Energiebedarfs für Erhaltung und Milchleistung von Kühen nicht mehr dem heutigen Kenntnisstand entsprechen, wurden von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie neue Versorgungsempfehlungen veröffentlicht (GfE 2023). Für einen Vergleich der vorhergesagten Milchleistung zwischen dem Nettoenergie-Laktation (NEL, GfE 2001) und Umsetzbare Energie (ME) Bewertungssystem (GfE 2023) wurden Daten aus einem Fütterungsversuch mit laktierenden Milchkühen ausgewertet.

48 Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein wurden in 9 Durchgängen insgesamt 32 Rationen vorgelegt, welche sich hinsichtlich der Einzelkomponenten und Konzentranteile unterschieden. Für die Ableitung der vorhergesagten Milchleistung wurde die Differenz aus Energieaufnahme und leistungsunabhängigem Bedarf (inkl. Bedarf für die Trächtigkeit) durch den Energiegehalt der Milch dividiert. Diese wurde der täglich gemessenen Milchleistung gegenübergestellt und in einer linearen Regression mit einem zufälligen Effekt für das Tier ausgewertet.

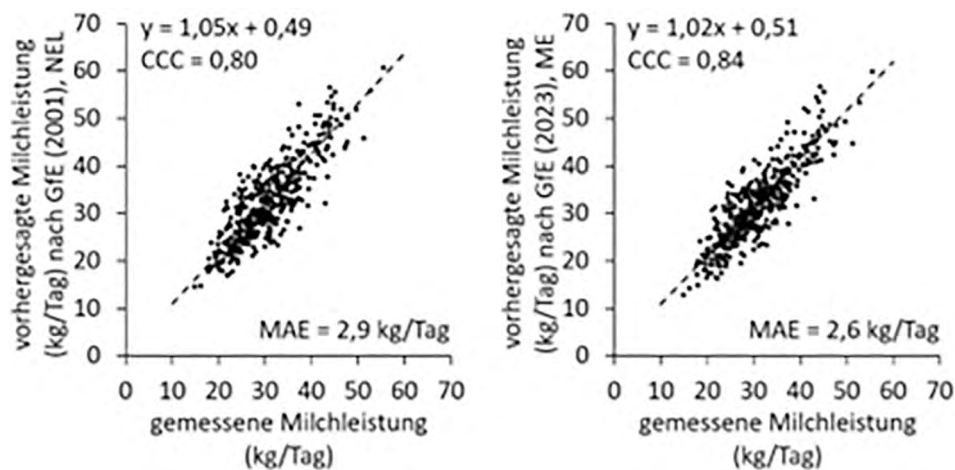


Abbildung 1: Gegenüberstellung der gemessenen und vorhergesagten Milchleistung nach dem NEL- (GfE 2001) und ME-Bewertungssystem (GfE 2023)

Beide Bewertungssysteme zeigten eine hohe Übereinstimmung zwischen den gemessenen und vorhergesagten Milchleistungen der Tiere. Der geringere mittlere absolute Vorhersagefehler (MAE) von 2,6 kg Milch/Tag, ein höherer CCC von 0,84 und eine näher bei 1 liegende Steigung der Regression beim neuen ME-System deuten auf eine bessere Vorhersagegenauigkeit gegenüber dem vorherigen NEL-System hin.

Verdaulichkeit der OMD Wiederkäuer von Rohstoffen für die Mischfutterherstellung – Vergleich in vivo und Gasbildung

Losand, B. (Sanitz), Priepke, A. (Dummerstorf)

Die Bewertung des Energiebeitrages von Futtermitteln für die Wiederkäuerfütterung erfolgt mit GfE (2023) auf Basis ihrer Bruttoenergiegehalte (GE), der jeweiligen Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) und der Rohproteingehalte (CP). Die OMD wird primär mit einer standardisierten Methodik im Verdauungsversuch an Schafen ermittelt. Auf Basis dieser in vivo ermittelten OMD werden mathematische Modelle für die Schätzung der OMD entwickelt, die die Ergebnisse des in vivo-Versuches bei relativ hoher Genauigkeit anhand der Nährstoffgehalte und eines in vitro-Parameters der Verdaulichkeit (Gasbildung, ELOS) abbilden können. Für den Bereich der Konzentratfutter werden solche Schätzmöglichkeiten empfohlen, die ausschließlich für Mischfutter gelten und nicht für die sie bildenden Einzelfutterkomponenten (GfE 2025). Für die Optimierung von Mischfutter-Rezepten kann für die konkret zur Verfügung stehenden Einzelkomponenten nur auf existierende OMD-Werte aus anerkannten Futtermitteltabellen zurückgegriffen oder eine von Menke und Steingass (1987, 1988) erarbeitete Schätzmöglichkeit auf Basis der Gasbildung angewendet werden.

Der vorgelegte Beitrag wertet Verdaulichkeitsuntersuchungen am Hammel aus und vergleicht die in vivo-Ergebnisse mit Ergebnissen aus den OMD-Schätzungen differenziert nach Futtermittelgruppen bzw. klassifiziert nach den futterwertbestimmenden Rohnährstoffkonzentrationen. Zur Verfügung standen 143 Verdaulichkeitsuntersuchungen an Konzentratfuttermitteln und Saftfuttermitteln. Im Mittel dieses Datensatzes weisen die Futtermittel eine OMD von 85,1 % bei einer mittleren Gasbildung (HFT) von 61,4 mL/200 mg TM auf. Sowohl durch die Anwendung der Schätzgleichung für Mischfutter nach GfE (2025) als auch nach Steingass und Menke (1987, 1988) wird die OMD im Mittel um 1,5 bzw. 4,6 Prozentpunkte unterschätzt. Ein Vergleich der Korrelationen der in vivo-OMD mit den Rohnährstoffgehalten vs. Korrelationen von Gasbildung mit den Rohnährstoffgehalten zeigt, dass die Gasbildung stärkereichere Futtermittel überschätzt und fett- bzw. proteinreichere Futtermittel unterschätzt. Dies kann bei der Ableitung der OMD aus der Gasbildung, insbesondere bei Co-Produkten als Mischfutterkomponente, denen im Verarbeitungsprozess aus den Rohstoffen nur bestimmte Nährstoffe entzogen werden, zu Fehleinschätzungen führen.

Anwendung der ME-Schätzung beim Mischfutter für Wiederkäuer

Grünewald, K.-H. (Bad Sassendorf), Böttger, C. (Bad Sassendorf), Losand, B. (Sanitz), Richardt, W. (Niederwiesa), Riewenherm, G. (Düsseldorf), Spiekers, H. (Wörth)

Ein zentrales Qualitätsmerkmal der Futtermittel ist die Energiekonzentration. Bei den Mischfuttern hat sich seit Jahrzehnten die Einteilung in Energiestufen (En-St.) etabliert.

Mit der anstehenden Änderung der Energiebewertung (GfE 2023) – Neufassung der ME nach dem dreistufigen Verfahren und bei Milchkühen der Wechsel von NEL zu ME – ergeben sich für Komponenten und Mischfutter nun andere Energiegehalte als bisher.

Auswertungen des VFT zeigen, dass die am Markt gehandelten Mischfutter für Wiederkäuer sich überwiegend an den für die En-St. genannten Energiegehalten orientieren.

Bei Milchleistungsfutter (MLF) haben insbesondere Futter der En-St. 3 und >3 große Bedeutung, beim Futter für wachsende Rinder und Schafe werden je nach Einsatzbereich unterschiedliche En-St. präferiert, bei Schaffutter hat auch die En-St. 2 noch Bedeutung.

Tabelle 1: prozentuale Zuordnung der Futter zu Energiestufen (VFT-Warentest 2023-25)

Energiestufe	Anzahl	(1)	2	3	> 3	4
NEL, MJ/kg	n	<6,0	6,0-6,4	6,5-6,9	7,0/7,1	7,2-7,4
Milchleistungsfutter	660	0,2	1,3	19,5	64,0	11,6
ME, MJ/kg	n	<9,9	10,0-10,4	10,5-11,1	11,2-11,4	11,5-12,0
Rindermastfutter	69	-	13	83	4	-
Kälberfutter	165	3	11	47	35	4
Schaffutter	55	-	45	51	2	2

Für 96 Futter (VFT, DVT) wurde der ME-Gehalt nach der neuen Schätzgleichung (GfE 2025) ermittelt, für alle Futter auf Basis der ermittelten Nährstoffgehalte und der daraus berechneten GE (GfE 2023), teils zusätzlich auf Basis der bombenkalorimetrisch ermittelten GE (n=66). Die daraus resultierenden Energiegehalte weichen von den bisherigen Gehalten im Mittel um -0,15 MJ/kg ab, in Einzelfällen ist die Abweichung deutlich größer (-1,14 bis +1,65). Die Aktualisierung der En-St. soll einen gleitenden Übergang ermöglichen, den Gegebenheiten am Markt entsprechen und Innovationen den Weg bereiten. Tabelle 2 zeigt die vom DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung festgelegte Neufassung.

Tabelle 2: Energiestufen für Wiederkäuermischfutter auf Basis der ME (GfE 2023) (FAN1)

Energiestufen		2	3	4	5
ME - Mittelwert	MJ/kg	10,3	10,7	11,1	11,5
ME - Spanne	MJ/kg	10,0-10,49	10,5-10,89	10,9-11,29	11,3-11,69
OMD-Mittelwert	%	79	82	84	86

Einfluss der Verbesserung der Futtereffizienz durch pansenspezifische Lebendhefe unter Hitzestress auf die Umweltwirkung der Milchproduktion – Ergebnisse einer Life Cycle Assessment (LCA) Analyse

P. Philipps-Wiemann, A. Piron, F. Chaucheyras-Durand, (Schwarzenbach a.d. Saale / Blagnac (F))

Die Verbesserung der Futtereffizienz stellt einen wesentlichen Hebel zur Reduktion der Umweltwirkungen in der Milchproduktion dar. Neben klassischen Managementmaßnahmen rückt dabei zunehmend die Rolle des Pansenmikrobioms in den Fokus. Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss einer Verbesserung der Pansenfermentation durch Supplementierung einer pansenspezifischen Lebendhefe (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I1077) bei laktierenden Kühen auf die Umweltwirkung der Milchproduktion mittels Life Cycle Assessment (LCA) unter Hitzestress zu bewerten.

Die Analyse basierte auf Leistungsdaten eines kontrollierten Fütterungsversuchs unter Hitzestressbedingungen (THI $\approx$ 80) (Perdomo et al. et al. 2020) sowie auf modellierten Effekten auf Futtereffizienz und Milchleistung. Die Umweltbewertung erfolgte „cradle-to-farm gate“ gemäß ISO 14040/14044 unter Anwendung der Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) für Futtermittel und Milchproduktion.

Die Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der Futtereffizienz um 7,6 % sowie der energie-korrigierten Milchleistung (+130 g Milch/kg TMA), was zu einer Reduktion der Emissionsintensität führte. Der CO₂-Fußabdruck pro kg FPCM (fett- und eiweiß-korrigierter Milch) wurde um **6,1 %** reduziert. Auch in weiteren Umweltkategorien wie Eutrophierung, Versauerung und Wasserverbrauch wurden Reduktionen im Bereich von **4,9 % bis 8,3 %** beobachtet.

Die dargestellten Effekte sind primär auf eine verbesserte ruminale Fermentation und eine effizientere Nutzung der Nährstoffe zurückzuführen, wodurch weniger Ressourcen je Einheit Milch benötigt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Maßnahmen zur Stabilisierung des Pansenmikrobioms und zur Verbesserung der Futtereffizienz auch ökologische Vorteile bieten können und einen Beitrag zur Reduktion der Emissionsintensität der Milchproduktion leisten.

Vorläufige Ergebnisse zur Prüfung der Eignung von nahinfrarotspektroskopischen Untersuchungen von Milchviehrationen zur Vorhersage der Methanemissionen von Milchkühen

Jansen, L. (Braunschweig/Osnabrück), Peschel, M. (Göttingen), Meyer, U. (Braunschweig), von Soosten, D. (Braunschweig), Dänicke, S. (Braunschweig), Westendarp, H. (Osnabrück), Tillmann, P. (Kassel)

Für die Inventarisierung von Methanemissionen aus der Milchviehhaltung werden praxistaugliche Verfahren zur Erfassung bzw. Vorhersage der Emissionen benötigt. Während sich direkte Messungen meist auf die Forschung beschränken, sind für den Einsatz von Schätzformeln in der Praxis nicht immer alle Daten verfügbar. Da das NIRS-Verfahren in der Futtermittelanalytik bereits flächendeckend etabliert ist, liegen für viele Futtermittel NIR-Spektren vor. Im Zuge des Verbundprojektes NEMUR wurden über einen Zeitraum von drei Jahren 32 unterschiedliche Rationen verfüttert, um durch die Variabilität der chemischen Zusammensetzung gezielt Unterschiede in den Methanemissionen zu induzieren. Die Erfassung der Methanemissionen erfolgte über das GreenFeed-System. Die verfütterten Rationen wurden mathematisch nachgebildet, indem die NIR-Spektren der Rohkomponenten anhand ihres TM-Anteils in der aufgenommenen Gesamtration zu einem Mischspektrum zusammengeführt wurden. Diese Berechnung erfolgte auf Gruppenebene. Auf Basis der nachgebildeten Spektren wurde mittels PLS (Partiell kleinste Quadrat Methode) eine einfache Kalibrierung erstellt.

Die Vorhersagegüte der entwickelten PLS-Modelle war für Methanertrag und Methanintensität moderat ($R^2 \approx 0,6$), für die Trockenmasseaufnahme etwas höher ($R^2 = 0,82$), während die tägliche Methanproduktion praktisch nicht vorhergesagt werden konnte ($R^2 = 0,02$). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass NIR-Spektren von Milchviehrationen grundsätzlich Informationen zur Abschätzung methanrelevanter Kenngrößen enthalten, eine weitergehende Validierung jedoch erforderlich ist

Untersuchung des Einflusses von Calciumcyanamid als Flüssigmistadditiv in der Unterflurlagerung auf Methanemissionen im Milchviehstall

Nett, D. (Bonn); Ebertz, P. (Bonn); Ebertz, V. (Bonn); Trimborn, M. (Bonn); Otten, M. (Kleve); Büscher, W. (Bonn)

In Laboruntersuchungen konnte eine Minderung der Methan-(CH₄)-Emissionen in der Flüssigmistlagerung durch die Nutzung eines Additivs auf Basis von Calciumcyanamid (Eminex, Alzchem Trostberg GmbH, Trostberg) nachgewiesen werden. Diese lag bei 99 % während einer Lagerungsdauer von 26 Wochen. Die Eindosierung führte zu einer Anreicherung flüchtiger Fettsäuren und somit zu einem Absinken des pH-Wertes. Zusätzlich wurde die Bildung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) gemindert.

Im Winter 2024/25 wurde erstmals der Einfluss des Flüssigmistadditivs auf die CH₄-Emissionen unter Praxisbedingungen untersucht. Die Messungen fanden in einem Milchviehstall mit Spaltenboden und interner Flüssigmistlagerung des Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick der Landwirtschaftskammer NRW in Kleve statt.

Unterteilt wurde der Versuch in die Zeiträume vor und nach der Eindosierung. Für eine ganzheitliche Bewertung wurden Tierdaten, Klimadaten und Gaskonzentrationen in- und außerhalb des Stalls über den Versuchszeitraum festgehalten. Anhand der Gaskonzentrationen wurden die Emissionen des Stalls entsprechend des VERA Prüfprotokolls (2018) berechnet.

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der berechneten Methan-(CH₄) und Ammoniak-(NH₃)-Emissionen pro Tierplatz und Jahr (Tierplatz⁻¹ Jahr⁻¹) für die Zeiträume vor und nach der Eindosierung des Flüssigmistadditivs auf Basis von Calciumcyanamid.

Zeitraum	Methan	Ammoniak
	[kg CH ₄ Tierplatz ⁻¹ Jahr ⁻¹]	[kg NH ₃ Tierplatz ⁻¹ Jahr ⁻¹]
21 Tage vor der Eindosierung	244,0 ± 33,3	9,6 ± 4.0
37 Tage nach der Eindosierung	203,5 ± 32,7 *	11,0 ± 3.4 n.s.

n.s. – nicht signifikant, * - p < 0,01

Der Vergleich der untersuchten Zeiträume zeigte eine signifikante Minderung der CH₄-Emissionen um 17 % auf Stallebene. Dies entspricht einer Minderung von 1,1 t CO₂-eq pro Tierplatz und Jahr. Berücksichtigt man, dass bis zu 80 % des CH₄ aus der enterischen Fermentation stammt, dann konnte mit dem Additiv der größte Teil der CH₄-Emissionen aus dem Flüssigmistlager reduziert werden. Der Einfluss auf die NH₃-Emissionen war nicht signifikant.

Ergebnisse einer Praxiserhebung zu N- und P-reduzierter Fütterung von Milchkühen in Nordrhein-Westfalen

Hoffmann, L. (Bad Sassendorf), Böttger, C. (Bad Sassendorf)

Im Rahmen des Projektes „Einfluss einer Stickstoff- und Phosphor-reduzierten Fütterung in der Spätlaktation bei Milchkühen auf Tiergesundheit, tierische Leistungen, Nährstoffausscheidungen und den Ausstoß klima- und umweltrelevanter Gase (NPassend)“ wurde eine Praxiserhebung auf rund 50 milchviehhaltenden Betrieben in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Dabei wurden die Rationsgestaltung und der Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Versorgungsstatus von Milchkühen erfasst und die N-Effizienz berechnet. Mittels Fragebogen wurden Chancen und Hemmnisse bei der Umsetzung von Fütterungsstrategien zur Reduktion der Ausscheidungen dieser Nährstoffe erhoben.

Die Befragten hatten überwiegend Interesse an N- und P-reduzierter Fütterung, wobei der Kenntnisstand zu der Thematik eher als gering eingeschätzt wurde. Dies spiegelte sich auch in dem Verständnis des Begriffes „N- und P-reduzierte Fütterung“ wider. Einzelne Befragte verstanden unter „N- und P-reduzierter Fütterung“ eine Nährstoffunterversorgung mit negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit. Trotzdem wurden auf den Betrieben bereits viele Fütterungsstrategien zur Reduzierung der N- und P-Ausscheidungen durchgeführt: Anpassung der Fütterung nach aktuellem Milchharnstoffgehalt, leicht negative Einstellung der Ruminale N-Bilanz und tierindividuelle Konzentratfütterzuteilung. Fütterungsgruppen zur Nährstoffreduktion im Laktationsverlauf über die Mischration wurden bei den befragten Betrieben weniger häufig umgesetzt. Gründe dafür waren insbesondere eine zu geringe Herdengröße, unpassende bauliche Voraussetzungen, eine erhöhte Arbeitsbelastung sowie eine stärkere Stressbelastung für die Tiere.

Die Ergebnisse geben Hinweise auf zukünftige Herangehensweisen zu angepasster N- und P-Versorgung unter aktuellen Produktionsbedingungen. Das Proteinbewertungssystem nach GfE 2023 kann zu einer präziseren Bewertung der Proteinversorgung und dementsprechend zu reduzierten Nährstoffausscheidungen führen. Bei der Entwicklung neuer Fütterungsstrategien ist das System zu integrieren.

Das Verbundprojekt ist Teil des Bundesprogramms Nutztierhaltung. Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 28N201201.

Ammoniak-Emissionspotenzial von stabilisiertem Schweineurin aus vollständiger Kot-Harn-Trennung

Döhler, H., Döhler, S., Engler, I. (Untermerzbach)

Hintergrund des Vorhabens ist die Entwicklung eines Schweinestallsystems, das einerseits zu einer signifikanten Verringerung der umwelt- und klimawirksamen Emissionen führt und andererseits den sozialpolitischen Forderungen nach mehr Tierwohl gerecht wird. Grundlage der Neuentwicklung ist die Trennung von Urin und Fäzes im Stall. Die sehr stark emissionsmindernde Wirkung für Ammoniak und Geruch (ca. 75 %) wurde durch ein EIP-Vorhaben in Österreich in der Praxis nachgewiesen. Wir berichten hier über Untersuchungen zum Ammoniak-Emissionspotenzial von stabilisiertem und nicht stabilisiertem Schweineurin aus diesem Stallsystem.

Die Ammoniakfreisetzungsversuche wurden in einer Klimakammer mit Mikrowindkanälen nach dem Prinzip einer dynamischen Kammer unter kontrollierten Bedingungen bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt (Döhler 2025).

Bei den Untersuchungen nach der Ausbringung von den Mineraldüngern Harnstoff und KAS zeigte sich ein relativ hohes Emissionspotenzial bei Harnstoff in Höhe von 28 % des applizierten Gesamt-N über eine Experimentphase von 6 Tagen, während die Emissionen von KAS weniger als 2 % betrugen. Der nicht hydrolysierte Urin ist durch eine ähnliche Emissionskinetik wie bei Harnstoffdünger gekennzeichnet und erreichte Emissionen von 27 %. Ein weiterer Frischurin zeigt Emissionen von 20 % des applizierten N.

Die Ermittlung der Wirkung von Stabilisierungssubstanzen auf die Emissionen von Frischurin ergab hohe Emissionsminderungen bei Nutzung des synthetischen Ureasehemmstoffes und zeigt die besten Wirkungen auf die Unterdrückung der Ureaseaktivität und nachfolgender Reduktion der Emissionen auf 3 %. Mit den Ureasehemmern Kalkhydrat und Schwefelsäure werden die Emissionen auf 14 und auf 8 % gemindert.

Der getrennt erfasste Schweinekot stellt ebenfalls eine Emissionsquelle für Ammoniak dar, es wurden aber nur geringe Emissionsraten (11 % des $\text{NH}_4\text{-N}$, 2 % des Gesamt-N) festgestellt.

Im Vergleich der verschiedenen Wirtschaftsdünger weist der Referenzdünger Gärrest ein sehr hohes Emissionspotenzial des reaktiven N auf (mehr als 40 %), die Gülle eher ein geringes Niveau mit weniger als 20 %. Frischurin, der erst nach der Ausbringung hydrolysiert, ist im Vergleich hierzu nicht im Vorteil, dazu bedarf es einer Stabilisierung. Bereits hydrolysierte Urine weisen deutlich geringere Emissionen auf als nicht hydrolysierte Urine.

Messung und Bewertung physikalischer Parameter an der Anschnittfläche geöffneter Silagen – DLG Grobfutter-Controlling Teil I

Maack, G.-C. (Bonn), Martens, S.D. (Köllitsch), Schmid, S. (Aulendorf), Hünting, K. (Kleve), Resch, R. (Gumpenstein)

Neben der Gäreignung des Siliergutes hat die technische Behandlung des Pflanzenmaterials und vor allem die Herstellung eines luftdicht verschlossenen Siloraums großen Einfluss auf das Gelingen der Silage und die spätere aerobe Stabilität am offenen Siloanschnitt. Das Erzielen einer ausreichenden Lagerungsdichte während der Silobefüllung ist notwendig, um ein tiefes, intensives Eindringen von Luftsauerstoff während der Entnahmephase zu verhindern und damit beschleunigter Nacherwärmung vorzubeugen.

Bei offenem Anschnitt können verschiedene Parameter bestimmt und bewertet werden, wodurch vor allem Optimierungen für die kommende Silierung möglich sind.

Leckagen in der Abdeckung zeigen sich oft durch sichtbaren Schimmel und Eindringen von Regenwasser. Es ist zu ergründen, warum die Abdeckung undicht war (schlechte Anschlüsse der Beschuerung oder Löcher in der Folie durch Vogelpicken....), und ob noch Maßnahmen zur Abdichtung möglich sind.

Lufteinfluss führt auch oft zu steigenden **Silagetemperaturen**, die über Wärmebild oder Einstechthermometer sichtbar werden.

Die **Lagerungsdichte** an verschiedenen Silopositionen kann über die Entnahme von definierten Bohrkernen oder mit Hilfe eines Penetrometers bestimmt werden. Der Vergleich mit Sollwertkurven für vergleichbare Silagen ermöglicht die Bewertung. Die Siliergutverdichtung wird neben der Walzarbeit stark von Abreife, TM-Gehalt und den effektiven Partikellängen beeinflusst.

Die Messung, verteilt über die Anschnittfläche (z.B. 3x3 Messstellen) zeigt, wo Verbesserungen notwendig sind.

Die Bestimmung der Massenanteile der Größenfraktionen gibt Aufschluss über die **Siliergutzerkleinerung** und, im Fall der Maiskörner, auch über den Kornaufschluss.

Die zusätzliche Bewertung in Teil I des in der Überarbeitung befindlichen DLG Bewertungsschlüssels ist eng mit der Bewertung der aeroben Stabilität in Teil III verbunden.

Neugestaltung der Bewertung von Grobfutterkonserven mittels Sinnenprüfung – DLG Grobfutter-Controlling Teil II

Resch, R. (Irdning-Donnersbachtal), Martens, S.D. (Köllitsch), Misthilger, B. (Grub-Poing), Alvers, S. (Dummerstorf)

In der Grobfutterbewertung können qualitative Aspekte nicht allein durch chemische Kenngrößen beschrieben werden. Die ergänzende Sinnenprüfung verschiedener Merkmale von Silage, Heulage und Heu ist ein anerkanntes, praxisbezogenes Verfahren. Aktuell wird der DLG-Schlüssel (2004) durch die Arbeitsgruppe Sensorik des deutschen "Bundesarbeitskreises Futterkonservierung" neugestaltet und im künftig mehrteiligen DLG Grobfutter-Controlling als Teil II berücksichtigt werden.

Relevante Merkmale der DLG-Sinnenprüfung

- Pflanzenbestand: Bestandstyp, Entwicklungsstadium, Giftpflanzen u.a.
- Einschätzung von TM-Gehalt und Partikellängen
- Spezifische Defizite hinsichtlich **Geruch** (z.B. Buttersäuregeruch als Indikator für anaerobe Fehlgärung u.a.), **Farbe** (z.B. Bräunung als Zeichen für Erhitzung; Schimmelbildung; Fäulnis u.a.), **Gefüge** (negative Veränderung der Futterstruktur wie z.B. Schmierigkeit) und **Verschmutzung** mit unerwünschten Bestandteilen und Stoffen (Erde, Wirtschaftsdünger, Kadaver etc.)
- Staubentwicklung bei trockenem Grobfutter
- Sonstige Merkmale

In der Neugestaltung des DLG-Schlüssels werden Rahmenbedingungen und Anleitungen für die korrekte Bewertung definiert (Einsatzbereich, Voraussetzungen und Vorgehensweise). Die Defizitbewertungen der Merkmale erfolgen jeweils in einer fünfstufigen Skala: 0 = Idealzustand (exzellente Qualität) bis 4 = sehr starkes bis extremes Defizit (sehr schlechte Qualität). Für die Skalenstufen liegen zu jedem Merkmal Beschreibungen vor.

Die Einzelbewertungen werden in eine Infografik (Radar Plot) übertragen, um den Anwendern die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern. Die neue DLG-Sinnenprüfung ist damit ein kompatibler und wichtiger Systemteil des in Entwicklung befindlichen neuen DLG-Grobfutter-Controllings.

Erkennen von aerobem Verderb und Risiken für aerobe Instabilität an geöffneter Silage – DLG Grobfutter-Controlling Teil III

Martens, S.D. (Köllitsch), Maack, G.-C. (Bonn)

Neben der Erkennung des Gärerfolgs anhand sensorischer und analytischer Parameter (DLG 2004 & 2006) spielt in der Praxis die aerobe Instabilität von Silage mit den daraus folgenden Verlusten an Masse und Qualität eine wesentliche Rolle. Dazu tragen Managementfaktoren sowie physikalische, chemische und biologische Eigenschaften der Silage bei. Regelmäßiges Silocontrolling sollte sowohl die Risiken zu aerobem Verderb abschätzen als auch seine Anzeichen erkennen. Die bisherige DLG Grobfutterbewertung (Teil A + B) soll daher um den Bereich „Aerobe Instabilität“ erweitert werden. Der Bundesarbeitskreis Futterkonservierung stellt den aktuellen wissenschaftlichen Fortschritt der Bewertungsvorschläge dazu hier vor.

1. Risikofaktoren

Aerobe mikrobielle Prozesse verstärken sich mit der Verfügbarkeit von Sauerstoff und Zeit unter Lufteinfluss. Daher spielt eine entscheidende Rolle, wie lange die jeweilige Anschnittfläche eines Silos der sauerstoffreichen Luft ausgesetzt ist und wie weit und intensiv diese in den Silostock eindringen kann. Kenngrößen dafür sind Vorschub und Lagerungsdichte (Teil I, Maack et al.), die im neuen System entsprechend bewertet werden. Ein weiteres potentiell Risiko kann das Fehlen der fungistatisch wirkenden Essig- und Propionsäuren sein (Teil IV, Resch et al.).

2. Indikatoren

Anzeichen für aeroben Verderb am geöffneten Silo sind vielfältig und treten nicht unbedingt zeitgleich auf. Optische Anzeichen sind sichtbare Hefekolonien und Schimmelpilze. Auch Gerüche, Temperatur- und pH-Wertunterschiede, die zonal detektiert und im Gesamtbild betrachtet werden müssen, können auf mikrobielle Abbauaktivität hinweisen und werden künftig in die Bewertung einfließen.

Teil III des neuen Bewertungsschlüssels trägt damit der fachlichen Komplexität der praktischen Silierung und Silageverwendung Rechnung.

Neugestaltung der Bewertung von Grobfutterkonserven anhand chemischer Merkmale – DLG Grobfutter-Controlling Teil IV

Resch, R. (Irdning-Donnersbachtal), Kalzendorf, C. (Oldenburg), Martens, S.D. (Köllitsch), Schneider, M. (Grub), Weiß, K. (Berlin)

Die Beurteilung von Grobfutterkonserven durch die chemische Analyse verschiedener Kenngrößen ist ein etabliertes Verfahren, so auch der DLG-Bewertungsschlüssel (2006). Der deutsche „Bundesarbeitskreis Futterkonservierung“ verfolgt aktuell das Ziel, das Grobfutter hinsichtlich seiner chemischen Qualität umfassender in puncto Verlustgeschehen und Fütterungsrelevanz zu bewerten, um die Methode 18.2 aus dem VDLUFA-Methodenbuch III und den DLG-Schlüssel (2006) fortzuschreiben. Damit wird der Weiterentwicklung chemischer Analyseverfahren durch eine nützliche Einbindung in die Futtermittelbewertung in ein künftig fünfteiliges DLG Grobfutter-Controlling als Teil IV Rechnung getragen. Wie sich chemische Kenngrößen in Bewertungsbereiche einordnen lassen, wird nachfolgend dargestellt.

Zuordnung chemischer Merkmale in Bewertungsbereiche

1. Anaerobe Gärung: *Buttersäure, Essigsäure, pH-Wert vs. TM-Gehalt*
2. Weitere Gärverluste: *Ethanol, Ester (Ethylacetat, Ethyllactat) u.a.*
3. Aerobe Stabilität (ASTA): Risikoabschätzung anhand von *Essigsäure, Propionsäure, (Buttersäure), TM- und Zuckergehalt*
4. Proteinabbau: *Ammoniak (NH₃-N), Proteinfraktionen nach CNCPS, biogene Amine*
5. Mykotoxine: optionale Abklärung *DON, ZEA* u.a. bei sichtbarer Schimmelbildung

Die Kenngrößen für die anaerobe Gärung werden aus dem DLG-Gärfutterschlüssel (2006) übernommen. Neu hinzu kommen die chemischen Merkmale der Bewertungsbereiche 2 bis 5. Für alle Merkmale wird eine neue 5-stufig skalierte Defizitbewertung angewendet: 0 = Idealzustand (exzellente Qualität) bis 4 = sehr starkes bis extremes Defizit (sehr schlechte Qualität). Die Einzelbewertungen werden in eine Infografik (Radar Plot) übertragen, um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern. Der neue chemische DLG-Schlüssel ist damit ein kompatibler und wichtiger Systemteil des in Entwicklung befindlichen neuen DLG-Grobfutter-Controllings.

Einfluss der Vorbehandlung auf die analytisch ermittelten Rohaschegehalte von Knochen

Sünder, A. (Göttingen), Tietke, J. (Leipzig), Wilkens, M.R. (Leipzig)

Wenn in der Literatur Rohaschegehalte (Ra) von Knochen angegeben werden, fallen starke Unterschiede zwischen einzelnen Studien auf, die sich nicht allein durch die Entnahme unterschiedlicher Knochen erklären lassen. Als Beispiel für die Spezies Schwein seien hier 45 %, 54 % und 67 % Ra in der Trockenmasse (TM) genannt, ermittelt in Humerus, Tibia und Metakarpalknochen sowie publiziert im Rahmen einer Leistungsprüfung, als Dissertation und als Artikel in einer internationalen Fachzeitschrift mit *peer review* System. Die Angaben zur Vorbehandlung sind dabei häufig vage oder fehlen ganz.

In der vorliegenden Studie wurden der Metakarpalknochen III und IV von sechs Mast Schweinen entweder mechanisch oder mit Hilfe einer Mazerationslösung vom umgebenden Gewebe befreit. Im Anschluss wurden die Knochen geteilt und jeweils eine Hälfte entfettet, bevor in allen vier Teilstücken die Trockenmasse und der Rohaschegehalt bestimmt wurden.

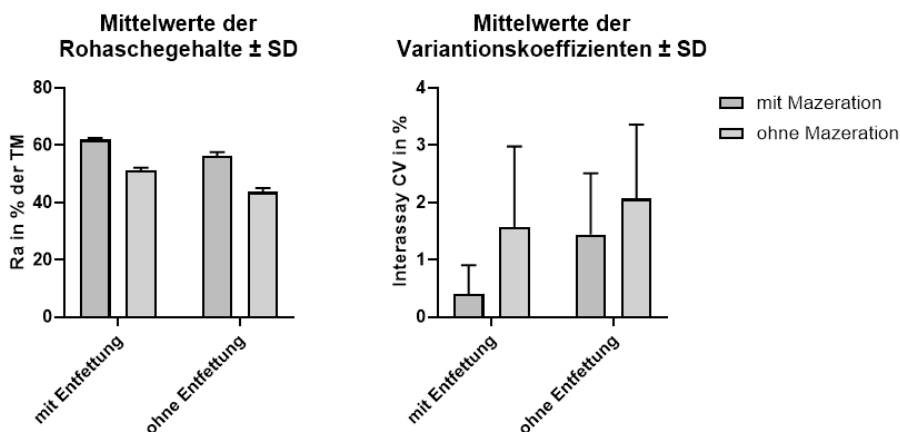


Abb. 1: Rohaschegehalte (Ra) in % der Trockenmasse (TM) sowie der Vergleich der Variationskoeffizienten, dargestellt sind Mittelwerte und SD

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse der Rohaschegehalte ergab, dass 74 % der Varianz durch den Einsatz der Mazerationslösung, 24 % durch eine Entfettung vor der Veraschung erklärt wurden. Auch der Variationskoeffizient war signifikant durch die beiden Verfahren beeinflusst.

Im Unterschied zur mechanischen Entfleischung wurde durch die Mazeration das anhängende Gewebe vollständig entfernt. Dieses Vorgehen führte zu deutlich höheren

Rohaschegehalten und einer geringeren Varianz. Der Effekt der Entfettung zeigte sich ähnlich, aber deutlich schwächer ausgeprägt. In Publikationen sollte die Vorbehandlung daher unbedingt detailliert beschrieben werden.

Potenzial der Brix-Messung zur Bestimmung der Verdünnung von Speichel am Beispiel eines Fütterungsversuches bei Mastbullen

Liegsalz, T. (Freising-Weihenstephan), Ettle, T. (Grub), Beckmann, S. (Grub), Ostendorf, C. (Freising-Weihenstephan), Kurek, J. (Freising-Weihenstephan), Steinhoff-Wagner, J. (Freising-Weihenstephan)

Die Beprobung und Untersuchung von Speichel dient als nicht-invasive, einfache Möglichkeit zur Beurteilung wichtiger regulatorischer oder metabolischer Indikatoren wie bspw. des Cortisol-Levels von Tieren. Da der Speichelfluss jedes Tieres von verschiedenen Faktoren, wie bspw. der letzten Futter- und Wasseraufnahme oder allgemein tierindividuellen Unterschieden in der Sekretion abhängt, ist eine standardisierte Beurteilung oft schwer und die Varianzen hoch. Vor allem hinsichtlich des 3R-Prinzips sollten jedoch solche nicht-invasiven Beprobungskonzepte weiter vorangebracht und dementsprechend mögliche Fehlerquellen eliminiert werden. Aufgrund dessen war das Ziel dieser Untersuchung, den Grad der Verdünnung des Speichels mittels einer Brix-Messung abzuleiten.

Die Probenahme des Speichels erfolgte im Rahmen eines Fütterungsversuches von Mastbullen ($n = 70$), bei welchem die Ration in der Mastperiode von 250 bis 850 kg nur hinsichtlich der CP-Quellen variiert wurde (Rapsextraktionsschrot (RES1 bzw. RES2), oder RES1+Futterharnstoff). Der Speichel wurde entsprechend bei der letzten Wiegung vor der Schlachtung mittels Salivette® gesammelt, gekühlt und abzentrifugiert eingefroren. In jedem tierindividuellen Speichel wurde der entsprechende Brix-Wert sowie die Konzentration an Harnstoff ermittelt. Aufgrund des geringen Probenvolumen pro Tier wurden die Proben für die Bestimmung der TM und CA (Rohasche) gepoolt. Hierzu wurden auf Basis der Brix-Werte 5 Gruppen á 14 Tierproben zur weiteren Untersuchung gebildet.

Die Brix-Werte zwischen den jeweiligen Fütterungsgruppen waren vergleichbar ($p > 0.05$; mit $1.27 \pm 0.02 \text{ }^\circ\text{Bx}$). In kombinierter Betrachtung der TM bzw. CA zum gemessenen Brix-Wert der gepoolten Proben zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang ($R^2_{\text{TM}} = 0.95$ und $R^2_{\text{CA}} = 0.96$), sodass die entsprechende Regressionsgleichung ($\text{TM} = 0,7152 \cdot \text{Bx} + 0,1278$) für die Berechnung der TM jeder einzelnen Speichelprobe genutzt werden konnte. Hinsichtlich des Harnstoffes im Speichel zeigte sich dann eine signifikant höhere Konzentration im Speichel RES1 + Futterharnstoff-gefütterter Bullen – bezogen auf FM und TM, wobei die Gruppenunterschiede durch die Bezugsgröße TM statistisch klarer abgegrenzt werden konnten. Insgesamt ist es also möglich, den Grad der Verdünnung von Speichel mittels des Brix-Wertes zu relativieren, wenngleich die Hypothese mit einer größeren Stichprobenzahl verifiziert werden sollte.

Mikrobiologische Untersuchung von Stroh für Fütterung und Einstreu

Dunkel, S. (Jena), Rischer, M. (Jena), Trauboth, K. (Jena), Schönlebe, J. (Jena)

Stroh hat in der Fütterung von Milchkühen vielseitige ernährungsphysiologische Funktionen. Es besitzt einen hohen Fasergehalt, der das Wiederkauen und die Speichelbildung stimuliert. Dies hilft, den pH-Wert im Pansen zu stabilisieren und das Risiko der Pansenübersäuerung (Azidose) zu verringern. Zudem wird Stroh als Einstreu für Rinder aller Altersstufen verwendet.

Die mikrobiologische Qualität von Stroh bestimmt den hygienischen Status und Gebrauchswert als Futtermittel und Einstreu. Stroh enthält natürlicherweise Bakterien, Hefen und Schimmelpilze, darunter pflanzentypische Mikroorganismen wie Feldpilze der Gattungen *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium* oder *Cladosporium*. Während der Lagerung können sich verderbanzeigende Mikroorganismen wie *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucorales*, Hefen und bestimmte Bakterien vermehren. Diese sind häufig mit Nährstoffverlusten, Zersetzung und Mykotoxinbildung verbunden. Hefen deuten auf Nacherwärmung und beginnenden Verderb hin; Pilzsporen können zudem die Atemwege belasten.

VDLUFA-Orientierungswerte ermöglichen eine Einordnung der mikrobiologischen Belastung in vier Keimzahlstufen (KZS I bis IV). Die höchste Stufe einer Gruppe bestimmt die Qualitätsbewertung (QS) (QS 1 bis 4 entsprechend den KZS). Proben der KZS IV weisen auf erhebliche mikrobiologische Qualitätsmängel hin. Ihr Einsatz als Futtermittel wird daher nicht empfohlen.

Die ersten Untersuchungsergebnisse zeigen eine heterogene Verteilung der Keimzahlstufen bei Futter- und Einstreustroh (Tab. 1). Die Auswertung der Mikroorganismengruppen liefert Hinweise auf mögliche Einflussfaktoren wie Lager- oder Erntebedingungen. Die Ergebnisse unterstreichen die Relevanz regelmäßiger mikrobiologischer Bewertungen sowie gezielter Maßnahmen zur Senkung der mikrobiologischen Belastung von Stroh für Fütterung und Einstreu, z.B. durch Kontrolle der Ernte- und Lagerungsbedingungen und Hygienemaßnahmen.

Tab 1.: Relative Häufigkeit der Keimzahlstufen nach VDLUFA in den Einzelproben (%)

	N	KZS I	KZS II	KZS III	KZS IV
Futterstroh	97	27,8	26,8	20,6	24,7
Einstreustroh	129	17,1	44,2	14,7	24,0

Schätzformeln für OMD und ME von Dauergrünland-Futter abgeleitet aus spezifischen Verdauungsversuchen in vivo auf Basis von Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und den in vitro-Methoden ELOS und HFT

L. Gruber (Irdning, Wien), T. Guggenberger, S. Gappmaier, G. Terler, A. Schauer (Irdning), G. Stögmüller (St. Pölten)

Die Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) entscheidet in einem hohen Ausmaß über die Energiekonzentration (ME) eines Futtermittels und ist daher Ausgangspunkt für deren Berechnung (GfE 2023). Gruber et al. (2022) haben in einer Meta-Analyse die Daten aus vier umfangreichen, mehrfaktoriellen Projekten an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (A) herangezogen und Einflussfaktoren auf den Futterwert untersucht. Neben Konservierungsform (Grünfutter, Silage, Heu) und Aufwuchs (erster Aufwuchs vs. Folgeaufwuchs) stellte sich wie erwartet das Vegetationsstadium als die wichtigste Bestimmungsgröße von OMD und ME heraus.

In der statistischen Analyse wurden neben Konservierung und Aufwuchs die Weender Rohnährstoffe, die van Soest-Gerüstsubstanzen sowie die in *vitro*-Verdaulichkeitsmethoden ELOS und HFT auf ihren Einfluss hinsichtlich *in vivo*-Verdaulichkeit und Energiekonzentration (ME nach GfE 2001) untersucht. In Ergänzung und Fortführung dazu werden in der vorliegenden Veröffentlichung Schätzgleichungen zur Ermittlung von OMD und ME (nach GfE 2023) erarbeitet sowie die von der GfE (1998, 2008, 2024) publizierten Schätzgleichungen zur Bestimmung von Verdaulichkeit und Energiekonzentration validiert.

Die statistischen Parameter ‚Bestimmtheitsmaß‘ (R^2) und ‚Root mean square error‘ (RMSE%) liegen im Mittel aller 12 angeführten Schätzgleichungen mit $R^2 = 83.9 \%$ sowie $RMSE = 4.7 \%$ auf einem sehr zufriedenstellenden Niveau. Der RMSE beträgt im Durchschnitt für OMD, ME.2001 und ME.2023 4.4, 4.2 bzw. 5.3 % und R^2 beläuft sich 82.9, 86.3 bzw. 82.4 %. Die durchschnittlichen Ergebnisse zur Validierung zeigen, dass – gemessen am vorliegenden Datenmaterial – die GfE-Schätzformeln mittlere Qualitäten (ME-Gehalte um ca. 10 MJ ME) richtig voraussagen, es jedoch an den Randbereichen der Energiekonzentration zu Über- bzw. Unterschätzungen kommt. Die Formel der GfE (2024) stellt gegenüber den früheren Gleichungen (GfE 1998, 2008) eine wesentliche Verbesserung dar. Mit den in dieser Untersuchung zur Verfügung stehenden Parametern (Rohnährstoffe, van Soest-Gerüstsubstanzen sowie in *vitro*-Verdaulichkeitsmethoden ELOS und HFT) ließ sich ME.2001 genauer schätzen als ME.2023.

Vergleich verschiedener Indikatoren der Knochengesundheit bei Junghennen

A. Schröder (Rostock); J. Slama (Rostock); H. Louton (München)

Die Beurteilung der Knochengesundheit bei Junghennen ist von zentraler Bedeutung, da sie sowohl für die Tiergesundheit der Junghennen als auch für die spätere Leistungsfähigkeit und das Tierwohl der Legehennen relevant ist. Zur Charakterisierung der Knochengesundheit stehen verschiedene mechanische, chemische und bildgebende Verfahren zur Verfügung. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es die Zusammenhänge zwischen mechanischen, chemischen und röntgenologischen Parametern der Knochengesundheit bei Junghennen zu analysieren und einen möglichen Zusammenhang zwischen den Knochendichten verschiedener Knochen zu überprüfen.

Im Rahmen eines größeren Versuchsvorhabens wurden 160 Junghennen geschlachtet. Die rechten Tibiotarsi wurden entnommen, präpariert und hinsichtlich ihrer aluminiumäquivalenten Knochendichte (17-stufiger Aluminiumkeil mit 0,25 mm Steigung; Röntgengerät meX+ 20BT Lite, meiVet, Deutschland), ihrer Knochenbruchfestigkeit (FMT-310BUK1 Force Tester, ALLURIS GmbH & Co. KG, Freiburg, DE) und ihres Rohaschegehaltes untersucht. Vor der Veraschung wurden die Knochen für 48 Stunden in Petroläther entfettet. Die Knochenbruchfestigkeit wurde als absoluter Wert sowie relativ zur Körpermasse der Junghennen bestimmt. Das Rohaschegewicht wurde sowohl absolut als auch relativ zum entfetteten Knochengewicht erfasst. Zusätzlich wurde die aluminiumäquivalente Knochendichte von 160 Brustbeinen mittels Röntgenuntersuchung analog zu den Tibiotarsi bestimmt.

Die absolute Knochenbruchfestigkeit der Tibiotarsi korrelierte positiv mit der Knochendichte ($R = 0,544$; $P < 0,001$) und dem absoluten Rohaschegewicht ($R = 0,582$; $P < 0,001$). Ebenso bestand ein enger Zusammenhang zwischen Knochendichte und absolutem Rohaschegewicht ($R = 0,566$; $P < 0,001$). Demgegenüber zeigten die relativen Rohaschegehalte des Knochens nur schwache bzw. keine Korrelation zur Knochenbruchfestigkeit und Knochendichte. Zwischen den röntgenologisch bestimmten Knochendichten der Tibiotarsi und Brustbeine konnte kein Zusammenhang festgestellt werden ($R = 0,148$; $P = 0,063$).

Die Ergebnisse zeigen, dass die röntgenologisch ermittelten Knochendichten der Tibiotarsi mit der mechanischen Stabilität sowie den Rohaschegehalten gut korrelieren und damit als Indikator der Knochengesundheit geeignet erscheinen. Gleichzeitig deuten die Befunde darauf hin, dass die Knochengesundheit verschiedener Skelettregionen nicht ohne Weiters voneinander abgeleitet werden kann. Für die Beurteilung des Brustbeins sind daher direkte Untersuchungen dieses Knochens erforderlich.

Konzeption von Putenfutter – Ergebnisse der VFT-Prüfung 2024+2025

K.-H. Grünewald (Bad Sassendorf), J. Krieg (Bad Sassendorf)

Nach einem ersten Testlauf im Jahr 2017 wurden ab 2024 Putenfutter vom VFT beprobt und untersucht. Ab 2026 ist eine regelmäßige Prüfung im Warentest vorgesehen.

Schwerpunkt der Prüfung sollten Alleinfutter (AF) für die Mast (P4) sein.

In 2024/2025 wurden insgesamt 52 Putenfutter untersucht. Es handelte sich v.a. um Alleinfutter (AF) für verschiedene Aufzucht- und Mast-Phasen (P1-P6) sowie einzelne Ergänzungsfutter.

Die Untersuchung umfasste die Weender-Rohnährstoffe, die Konzentration an Energie, Aminosäuren (Met, Cys, Lys, Thr) und Mineralstoffen (Ca, P, Na). Daneben wurden auch Informationen zu den verwendeten Futtermittelzusatzstoffen und angegebenen Einsatzbereichen erfasst.

Des Weiteren erfolgte eine Deklarationsprüfung bzgl. der Energie- und Nährstoffkonzentration. Neben den verpflichtenden Angaben ist es in Deutschland üblich, auch die Konzentration an umsetzbarer Energie (ME) sowie Ca und P anzugeben.

Tabelle 1: Umfang der Prüfung nach Futtertypen und Fütterungsphasen

Typ	P1	P2	P3	P4	P5	P6	GM	PZ	EF P5/6
Anzahl	4	5	10	8	6	7	2	1	6
(Zwischenphasen)		2	1						

GM = Geflügelmastfutter, PZ = Futter für Zuchtputen, EF = Ergänzungsfutter

Tabelle 2: Deklarationsprüfung bei Putenfutter aus 2024 + 2025

Proben	Einzelwerte			Abweichungen		
			gesamt	Energie	Rohfett	VFT ges. (2024)
n	n	n	%	n	n	%
52	456	7	1,5	3	4 (3x↓ 1x↑)	2,3

Es zeigte sich eine sehr gute Einhaltung der deklarierten Nährstoffkonzentration, bei nur 1,5 % Beanstandungsquote bzgl. der Einzelparameter. Die analysierte Nährstoffkonzentration der Putenfutter variierte stark, zeigte aber eine deutliche Abstufung bei Zuordnung nach Einsatzphasen. Mehrere Futter werden aktuell auch phasenübergreifend konzipiert. Teilweise wurden Futter ohne Angabe zur Energiekonzentration ausgeliefert.

Die Nährstoffkonzentration der Futter wich stärker als im Vorfeld angenommen von den häufig angewandten Empfehlungen des Moorgut Kartzfehn ab. Insgesamt ergibt sich ein guter Einblick in die am Markt verfügbaren Putenfutter, deren Inhaltsstoffe und Zusätze.

Vergleichende Untersuchungen zur Verdaulichkeit der Organischen Masse von Rationen bei Pferd und Schaf

Zeyner A., Steinhöfel O. (Halle a.d. Saale)

Die Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD) ist die Basis der energetischen Futterbewertung. Für Pferde liegen dazu relativ wenig Daten vor. Zudem interessiert für weitere Ableitungen die Schätzbarkeit der OMD beim Pferd (OMD_h) über die beim Schaf (OMD_s). Diese ist v. a. für Rationen unzureichend mit experimentellen Daten hinterlegt.

Die OMD von 14 Rationen wurde in standardisierten Verdauungsversuchen an Warmblutpferden und adulten Hammeln bestimmt, letztere nach dem Differenzverfahren. In Art und Menge wechselnde Rationsbestandteile waren Wiesenheu, Maissilage, Trockengrün, Stroh, Haferkörner, Sojaextraktionsschrot, Ergänzungsfuttermittel und Stroh-Konzentrat-Gemisch. Die Rationen wiesen die folgenden Gehalte an Gerüstsubstanzen auf (in g/kg Trockenmasse, DM): Neutrale Detergenzienfaser (aNDFom), $542 \pm 67,4$ (444 – 670); Saure Detergenzienfaser (ADFom), $284 \pm 53,9$ (215 – 411); Saures Detergenzienlignin, 48 ± 17 (37 – 92); Rohfaser (CF), $219 \pm 29,5$ (172 – 273).

Die mittleren OMD_h ($68,3 \pm 4,92\%$; $61,7 - 80,2\%$; $SD = 7,2\%$) und OMD_s ($69,1 \pm 2,52\%$; $65,6 - 73,8\%$; $SD = 3,6\%$) waren nicht voneinander verschieden ($P > 0,05$). Die lineare Regression zwischen beiden war nicht signifikant ($R^2 = 0,153$; $P > 0,05$). Die Differenz zwischen OMD_h und OMD_s (y, in %-Punkten) betrug im Mittel $-0,84 \pm 4,57$ ($-6,2 - 7,8$) %-Punkte und konnte sowohl über den Gehalt der Ration (x; in % der DM) an CF ($y = 28,5 - 0,133 x$, $R^2 = 0,818$, $P < 0,05$) als auch ADFom ($y = 18,1 - 0,067 x$, $R^2 = 0,626$, $P < 0,05$) geschätzt werden.

Im Mittel der geprüften Rationen war die OMD beider Spezies vergleichbar. Nach regressiver Ableitung verdaute das Pferd die Organische Masse bis zu einem Gehalt von 21,4 % CF bzw. 27,0 % ADFom in der DM besser als das Schaf. Die Ergebnisse können genutzt werden um die Schätzung der OMD_h über die OMD_s für Einzelfuttermittel hinsichtlich ihrer Eignung auf Rationsebene zu prüfen, Additivität vorausgesetzt.

Vergleichende Untersuchungen des Effekts von β -Glucanen und Mannan oligosacchariden auf in vitro-Fermentationscharakteristika in einem Batch-Kultur-System mit equiner Faeces

Lange, I. (Halle a.d. Saale), Richardt, W. (Lichtenwalde), Zeyner, A. (Halle a.d. Saale)

In dieser Studie mit dem Ziel der Untersuchung zweier unterschiedlich zusammengesetzter Hefezellwandpräparate in einer Batch-Kultur-Simulation des equinen Dickdarms, wurden zwei verschiedene Grundrationen bestehend aus 0,5325 g Heu (H) oder 0,3975 g H und 0,135 g Weizenstärke (HS) eingesetzt, die ergänzt durch 0,0675 g Lignin (LIGN) als Kontrollrationen verwendet wurden (HLIGN, HSLIGN). Zusätzlich wurden beide Grundrationen mit einer Zulage von je 0,0675 g eines von zwei Hefezellwandpräparaten verwendet (BEMO: 25% β -Glucane, 20 - 25% Mannan oligosaccharide (MOS); BETA: > 80% β -Glucane, < 2% MOS). Daraus resultierten vier Versuchsrationen (HBEMO, HSBEMO, HBETA, HSBETA), die zusammen mit den Kontrollrationen für 48 h im ANKOM RF Gasbildungssystem mit Pferdefaeces und einem speziell an den Pferdedarm angepassten Puffer inkubiert wurden. Nach Abschluss der Inkubation erfolgte die Messung des pH-Werts in der Fermenterflüssigkeit sowie die Erfassung der Gehalte an Ammoniak (Conway Methode) und kurzkettigen Fettsäuren (SCFA; HPLC).

Die geschätzte Gesamtgasproduktion (GGP) der inkubierten Rationen zeigte die folgende Abstufung: HSBETA = HSBEMO > HBETA = HBEMO = HSLIGN > HLIGN ($P < 0,05$). Zusätzlich wiesen HBEMO und HBETA im Vergleich zu HLIGN eine kürzere Zeitdauer auf ($P < 0,05$), um 1/3 der GGP zu erreichen. Der Gesamtgehalt an SCFA und die Acetatgehalte lagen bei HBEMO ($P < 0,01$) und HBETA ($P < 0,05$) höher als bei HLIGN, während numerisch die höchsten Werte bei HSBETA auftraten. Diese Ergebnisse zeigen, dass beide Präparate die mikrobielle Fermentation fördern, wobei ein höherer Anteil an β -Glucanen zu tendenziell stärkeren Effekten führt.

Abbaubarkeit und Wiederfindung von Tanninen aus Schwarzpappel- und Weidenlaub im Kot von Hammeln

Helffenstein, K. (Göttingen), Równicki, M. (Warschau), Hünenberg, M. (Göttingen), Hummel, J. (Göttingen), Kuhla, B. (Dummerstorf)

Schafe nehmen bei Wahlmöglichkeit neben Gräsern und Kräutern auch ca. 20 % Laub auf. Laub besitzt in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium und dem Standort einen hohen Futterwert, enthält aber auch substantielle Mengen an hydrolysierbaren und kondensierten Tanninen. Hydrolysierbare Tannine bestehen vorwiegend aus Phenolsäuren und Zucker, deren gemeinsame Bindung im Verdauungsprozess durch Enzyme oder pH-Änderungen gespalten werden kann. Kondensierte Tannine sind Polymere von Flavonoiden (z.B. Procyanidine), die gegen Hydrolyse weitgehend resistent und weniger leicht spalt- und oxidierbar sind. Beide Substanzgruppen, von denen es auch Mischformen gibt, können an Futterproteine oder Trypsin binden und so die Fermentation und Nährstoffverdaulichkeit verringern, in einigen Fällen aber auch erhöhen. Eine frühere Studie zeigte, dass die Zulage von 36 % Schwarzpappel- im Vergleich zu Weidenlaub die Verdaulichkeit des Rohproteins von Heu bei Ziegen und Hammeln erhöhte. Um den molekularen Mechanismus besser zu verstehen, wurde in der vorliegenden Arbeit der Abbau und die Wiederfindung der Tannine in den beiden Laubarten und im Kot der mit den Laubarten gefütterten Hammel qualitativ mittels HPLC-MS untersucht. Im Schwarzpappellaub (*Poplar nigra* × *deltoides*) fanden wir 4 Substanzen aus der Gruppe der Flavone, 4 Substanzen aus der Gruppe der Cumarinsäuren, 7 Substanzen aus der Gruppe der Salicylate sowie 1 Proanthocyanidin-Oligomer. Im Kot schwarzpappelsupplementierter Hammel wurden - außer Tremulacin - keine der in den Blättern gefundenen Substanzen detektiert. Stattdessen ließen sich 2 hydrolysierbare Tannine aus der Gruppe der Flavone, 2 kondensierte Tannine aus der Gruppe der Catechine sowie 5 niedermolekulare Phenolsäuren nachweisen. Die Blätter von Weiden (*Salix triandra* × *viminialis*) enthielten 9 Substanzen aus der Gruppe der Flavone, 4 Substanzen aus der Gruppe der Catechine, 3 Substanzen aus der Gruppe der Cumarinsäuren und 4 Substanzen aus der Gruppe der Salicylate. Im Kot der mit Weidenblättern supplementierten Hammel fanden sich - wie auch in den Blättern - Luteolin-7-O-glucuronid (hydrolysierbares Tannin), Catechin, Salicylsäure und die kondensierten Tannine Procyanidin A und C. Ferner enthielt der Kot von mit Weidenlaub supplementierten Hammeln 2 hydrolysierbare Tannine aus der Gruppe der Flavone, 4 Phenolsäuren und 1 phenolische Verbindung. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die im Schwarzpappellaub enthaltenen Tannine im Verdauungstrakt in einem größeren Umfang modifiziert bzw. abgebaut werden als im Weidenlaub, was den unterschiedlichen Einfluss auf die Rohproteinverdaulichkeit erklären könnte.

Einfluss unterschiedlicher Tränkeintensitäten auf Verhaltens- und Leistungsparameter in der Fresseraufzucht

Schultz, B. (Leipzig), Hünenberg, M. (Göttingen), Tietke, J. (Leipzig), Wilkens, M.R. (Leipzig)

Die im Vergleich zu früher höhere Zuteilung von Milchaustauscher (MAT) gewinnt in der Aufzucht von Milchkuhkälbern zunehmend an Bedeutung und gilt als wichtiger Einflussfaktor für Leistung, Tierwohl und Wirtschaftlichkeit. Für die Fresseraufzucht liegen diesbezüglich bislang kaum Daten vor.

Im Rahmen einer laufenden Dissertation wurden 30 weibliche Kälber (XFM, BV, FL) im Alter von vier Wochen in zwei Gruppen eingeteilt und während der 70-tägigen Tränkeperiode unterschiedlich versorgt.

Tab. 1: MAT-Zuteilung beider Gruppen (Tränkeanrecht und MAT-Konzentrationen)

	5.-6. LW	7.-8. LW	9.-10. LW	LW	12.-14. LW
Gruppe A	11l 140 g/l	11l 140 g/l	11-8l 140 g/l	8-6l 140-120 g/l	6-2l 120 g/l
Gruppe B	12-13l 160 g/l	13l 160 g/l	13-8l 160 g/l	8-6l 160-140 g/l	6-2l 140 g/l

Heu stand beiden Gruppen über den gesamten Zeitraum zur Verfügung. Eine Kälber-TMR wurde ab LW 8. angeboten. Bislang wurden die Daten des Tränkeautomaten und die wöchentlich erfassten Lebendmassen (LM) sowie die auf Gruppenbasis erhobene TMR-Aufnahme ausgewertet.

In der 7. LW unterschieden sich die Gruppen signifikant in Bezug auf das pro Kalb aufgenommene Tränkevolumen (A: $11,9 \pm 1,69$ % LM, B: $13,6 \pm 1,33$ % LM). Die Parameter *Anzahl der Besuche* und *Anzahl der unbelohnten Besuche* am Tränkeautomaten unterschieden sich nicht, zeigten aber eine hohe Variabilität zwischen den einzelnen Kälbern. Trotz unterschiedlicher MAT-Gesamtaufnahme (A: $62,2 \pm 2,35$ kg, B: $73,5 \pm 8,07$ kg) unterschieden sich die mittleren täglichen Zunahmen über den gesamten Beobachtungszeitraum nicht (A: 750 ± 150 g, B: 790 ± 140 g). Die Hypothese einer erhöhten TMR-Aufnahme bei geringerer MAT-Intensität konnte nicht bestätigt werden (A: 2,54 kg TM, B: 2,42 kg TM in der letzten Tränkewoche). Die Auswertung der Gesundheits- und weiteren Verhaltensparameter sowie der Wirtschaftlichkeit steht noch aus.

Evaluierung des N- und P-Ansatzes von schnell-wachsenden Masthühnern unter Einsatz ausgewählter Nährstoffkonzentrationen im Futter

Puntigam, R. (Soest), Ebert, E. (Bonn), Hartwig, S. (Bonn), Hofmann, P. (Kitzingen), Kehraus, S. (Bonn)

Die Haltung von Masthühnern ist ein zentraler Bestandteil der landw. Produktion in Deutschland. Die Geflügelfleischerzeugung trägt wesentlich zur Versorgung mit hochwertigen Lebensmitteln bei und besitzt eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfung. Gleichzeitig befindet sich die Haltung in einem Spannungsfeld zwischen ökonomischen Anforderungen, ökologischen Herausforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen. Um die Umweltwirkung der Nährstoffausscheidungen landw. Nutztiere an N und P abzubilden, steht die Saldierung durch die Massenbilanzierung beider Nährstoffe zur Verfügung. Die wesentlichen Einflussfaktoren sind die verbrauchte Futtermenge und der Rohprotein-(CP)- und Phosphor-(P)-Gehalt im Futter. Zusätzlich nehmen die Leistungshöhe und der Gehalt an CP (respektive N) und P im Zuwachs eine bedeutsame Rolle ein. Laut DLG-Band 199 (DLG 2014) kann bei Masthühnern im Mittel der Mast 30 g N bzw. 4,0 g P pro kg Körpermasse (KM) zur Kalkulation zugrunde gelegt werden. Den Ansatz an N und P unter sich ändernden Rationszusammensetzungen und Nährstoffkonzentrationen zu evaluieren stellt ein bedeutsames Forschungsfeld dar. Für die vorliegende Untersuchung standen 24 männl. Broiler (KM: $2614 \text{ g} \pm 142,9 \text{ g}$, 36. Masttag, d) der Rasse Ross 308 (Aviagen) zur Verfügung. In der Starter-Phase (d 10) wurden beide Gruppen identisch nährstofflich versorgt (CP: 208 g/kg, AME_N : 12,2 MJ/kg) während in der Grower- (d 10-24) und Finisher-Phase (d 24-36) folgende Rationen Anwendung fanden (analyisierte Gehalte): Kontrollgruppe: Standard nach DLG (Merkblatt 457, 2023): CP: 209 und 194 g/kg bzw. P: 6,0 und 5,3 g/kg; N-/P-reduziert: CP: 198 und 184 g/kg bzw. P: 4,9 und 4,3 g/kg. Die Probenvorbereitung und Homogenisierung der Tierkörper erfolgten nach einheitlichem Ablauf: Töten, Rupfen, Reinigung des Magen-Darmtraktes, Gefrietrocknung, getrennte Analytik von Federn und Körper (N: Meth. 4.1.1; P: Meth. 10.6.1; MB III VDLUFA, 2012). Die Reduktion an CP (-11 g/kg) sowie P (-1 g/kg) je kg Alleinfuttermittel übte keinen Effekt auf die Mast- und Schlachtleistung (d 35) aus: KM: 2558 vs. 2606 g; mittlere tägliche Zunahme: 72,8 g vs. 74,0 g; -Futtermittelverbrauch: 96,9 g vs. 98,1 g; Schlachtkörpergewicht: 1894 g vs. 1923 g; Brustgewicht: 574 g vs. 589 g. Die Tiere der Kontrollgruppe unterschieden sich mit einem N-Ansatz in der gesamten Mast im Mittel von $70,8 \pm 2,6 \text{ g N}$ nicht von jenen Tieren der N-/P-reduzierten Gruppe $71,7 \pm 3,4 \text{ g N}$ ($p > 0,05$). Auch beim Ansatz an P wurde kein Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen. Je kg KM ergaben sich daraus $27,5 \pm 1,2 \text{ g N}$ für die Standardgruppe und $27,7 \pm 1,2 \text{ g N}$ für die stark N-/P-reduzierte Fütterungsgruppe. Für P je kg KM ergaben sich $4,0 \pm 0,2 \text{ g P}$ bei der Standardgruppe und $4,0 \pm 0,2 \text{ g P}$ für die N-/P-reduzierte Fütterungsgruppe. Diese Ergebnisse spiegeln die Größenordnung der im DLG Band 199 (2014) hinterlegten

Werte wider. Es ist zu betonen, dass die in der vorliegenden Studie ermittelten Werte zu einem Zeitpunkt am Ende der Mast und nicht zu verschiedenen Zeitpunkten während der Mast ermittelt wurden.

Vergleichende Untersuchungen zur Methanausscheidung bei Braunvieh- und Fleckviehkühen

Ettle, T., Kaml, K. (Grub)

Es besteht wissenschaftlicher Konsens, dass die Methanausscheidungen von Milchkühen auch genetisch beeinflusst sind. Dementsprechend werden vereinzelt bereits Zuchtwerte zu den Methanausscheidungen von Kühen veröffentlicht. Bei den in Bayern vertretenen Rassen Fleckvieh und Braunvieh handelt es sich um vergleichsweise kleine Populationen, was die Erfassung des notwendigen Stichprobenumfangs zu den Methanausscheidungen erschwert. In übergeordneten Auswertungen von früheren Versuchen der LfL am Staatsgut Achselschwang zur Effizienz der beiden Rassen wurden insbesondere in Bezug auf die Stickstoffeffizienz Unterschiede zwischen den Rassen festgestellt (Bosch et al., 2025). Im Rahmen des Projektes MethaCow wurde ein gezielter Versuchsansatz gewählt, um zu überprüfen, ob zwischen den Rassen unter sonst gleichen Bedingungen auch Unterschiede in den Methanausscheidungen erkennbar sind. Gleichzeitig sollte auch die Basis für zukünftige Untersuchungen zur Zucht auf Kühe mit geringeren Methanausscheidungen erweitert werden.

Für den Versuch wurden 25 Braunviehkühe und 23 Fleckviehkühe ausgewählt. Die Braunviehkühe befanden sich zu Versuchsbeginn am 123. (± 64 .) Laktationstag der 3. Laktation, die Fleckviehkühe am 108. (± 74 .) Laktationstag der 2. Laktation. Bei den Fleckviehkühen wurden 10 Erstlaktierende aufgestellt, bei den Braunviehkühen 6 Erstlaktierende. Die Kühe wurden mit Teilmischrationen auf Basis Gras- und Maissilage sowie einer Konzentratvormischung versorgt. Zusätzlich wurde Lockfutter an den GreenFeed-Stationen angeboten, mit denen die Methanausscheidungen der Kühe erfasst wurden.

Zwischen den Rassen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Trockenmasse-Aufnahme und in der täglichen Aufnahme an Energie und Nährstoffen. Bei vergleichbarer Milchleistung lagen die Gehalte an Milchfett, Milcheiweiß und Milchharnstoff bei Braunvieh geringfügig höher als bei Fleckvieh. Die täglichen Methanausscheidungen, die Methanintensität und der Methanertrag waren zwischen den Rassen vergleichbar. Diese ersten Ergebnisse sind mit höheren Tierzahlen zu überprüfen.

Analyse von Nährstoffkreisläufen im ökologischen Landbau in einem webbasierten Düngemanagementsystem

Ostermaier-Welz, A; Albrecht, M.; Fink, D.; Hülsbergen, K.-J. (Freising)

Die Analyse von innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufen unterstützt die Erkennung von vermeidbaren Verlusten und möglichen Steigerungspotentialen in der Nährstoffeffizienz. Das webbasierte Düngemanagementsystem Web-Man bietet neben der Berechnung von Düngebedarfsermittlungen, Humus- und Nährstoffbilanzierungen, einem Entscheidungsunterstützungssystem zum Klee-grasumbruch und der Berechnung von Nitratverlusten die Möglichkeit, innerbetriebliche Nährstoffkreisläufe zu visualisieren. Damit werden Modulergebnisse aus der Humusbilanzierung, der Stickstoffbilanzierung sowie der Stickstoffumsatz- und Nitratverlustberechnung mit der Datenerfassung von Pflanzenbau, Tierhaltung, Biogas- und Kompostanlagen zusammengeführt. Ziel ist eine konsistente Berechnung und Vernetzung von allen relevanten Nährstoffflüssen eines Betriebes. Verluste aus der Futterproduktion, der Tierhaltung, der Wirtschaftsdüngerlagerung- und ausbringung sowie Verluste durch Denitrifikation und Auswaschung werden berücksichtigt. Die Berechnung des Nährstoffkreislaufs ist jahresbezogen für Stickstoff, Phosphor und Kalium möglich. Abb. 1. zeigt alle darstellbaren Nährstoffströme in Modul Nährstoffkreisläufe des Systems Web-Man anhand eines fiktiven Beispielbetriebs. Die Entwicklung und anschließende Testung des Moduls in Web-Man läuft derzeit aktiv.

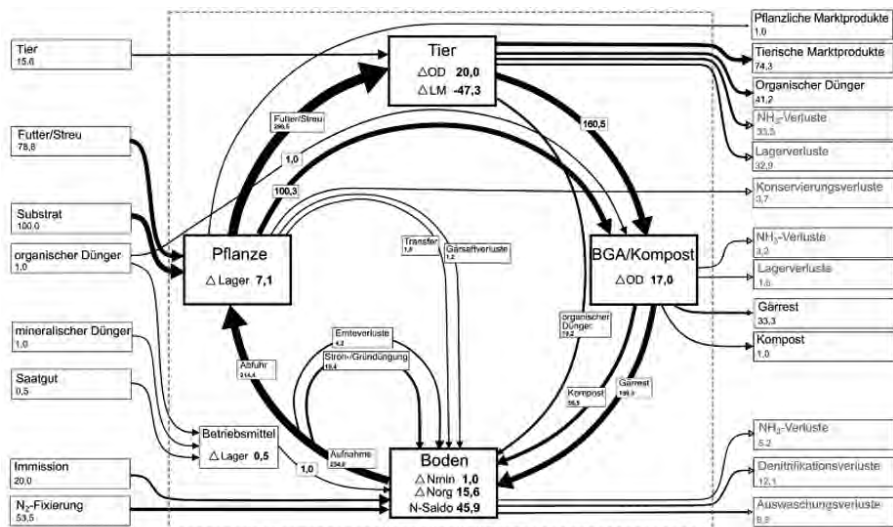


Abb. 1: Visualisierung eines betrieblichen Stickstoffkreislaufs mit Tierhaltung, Biogasanlage und Kompostanlage [kg/ha]

Bewertung der Datengrundlage für pflanzliche Nebenströme in Niedersachsen – Potentiale für die Tierernährung erkennen und nutzen

Bartkowiak, A., Gickel, J., Visscher, C. (Hannover)

Ressourceneffiziente Bioökonomie erfordert eine Nutzung der anfallenden Biomasse über die Lebensmittelproduktion hinaus. Dabei stellen pflanzliche Nebenströme wertvolle Rohstoffquellen für die Verwendung in der Nutztierernährung dar. Zur Einordnung ihres Potentials als Futtermittel bedarf es jedoch verlässlicher Daten.

Diesen Aspekt greift das Verbundprojekt „agri:change – Zukunft durch Wandel“ auf. Zwecks Bewertung ökologischer Nachhaltigkeit in Wertschöpfungsketten wird in einem der Arbeitspakete die Datengrundlage für die Durchführung von LCA-Studien im Hinblick auf eine mögliche Weiterverwendung von Nebenströmen in der Nutztierernährung evaluiert. Da Niedersachsen mit rund 18% der bundesweiten Gemüseernte zu den bedeutendsten Anbauregionen Deutschlands gehört, liegt der Fokus zunächst auf der Ermittlung des Status quo für die Nebenströme in diesem Sektor. Eingehender Literaturrecherche schließt sich die Überprüfung verschiedener Datenbanken an, mit dem Ziel, veraltete und fehlende Angaben auszuloten und zu aktualisieren.

Bisher verfügbare Statistiken lassen keine aktuellen Rückschlüsse auf die Hauptstrom-Nebenstrom-Verhältnisse zu. Der aus Primärproduktion stammende Anteil der bei der Lebensmittelgewinnung ungenutzter Frischmasse beträgt 1,36 Mio. t. (12% der Gesamtmasse in Deutschland). Bei jährlich (Stand 2024) etwa 750.000 Tonnen angebautem Gemüse in Niedersachsen muss auch hier von einem erheblichen Anteil an ungenutzter Masse ausgegangen werden. Erhebungen belegen, dass die beim Gemüseanbau anfallenden Pflanzenreste derzeit größtenteils auf dem Feld verbleiben. Unbekannt bleiben quantitative Angaben zum Aufkommen, Art, weiteren potentiellen Verwertungspfaden der Nebenströme sowie der darin enthaltenen Nährstoffe. Angestrebt wird, die Datenlücke zu schließen und mit entsprechenden Kooperationspartnern eine belastbare Datengrundlage für Nachhaltigkeitsbewertungen sowie für eine mögliche Nutzung einzelner Nebenströme in der Tierernährung zu generieren.

Erfolgreiche Praxisumsetzung von Technologien zur Wirtschaftsdünger-aufbereitung in landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern

Döhler, H. (Untermerzbach)

Die bayerische Landwirtschaft ist geprägt von kleinen bis mittelgroßen Familienbetrieben, von denen etwa die Hälfte als Vollerwerbsbetriebe geführt wird. Die durchschnittliche Anbaufläche beträgt etwas mehr als 30 ha pro Betrieb, während die Tierhaltung und die Biogasproduktion (ca. 2500 Anlagen) eine wichtige Rolle für das Betriebseinkommen spielen.

Theoretisch kann von einem ausgeglichenen Nährstoffhaushalt ausgegangen werden, doch kommen regionale (insbesondere im südlichen Teil Bayerns) und betriebsindividuelle Nährstoffüberschüsse häufig vor, wie eigene regionale Bilanzierungsberechnungen zeigen (Döhler et al. 2021, Döhler et al. 2024a und 2024b). Dementsprechend werden zahlreiche Verfahren zur Aufbereitung von Gülle und anaerobem Gärrest eingesetzt. Dazu gehören zunehmend auch Systeme zur Konzentration oder Rückgewinnung von Nährstoffen. Der Autor befasst sich seit mehr als 40 Jahren mit der ökonomisch sinnvollen, praktischen Umsetzung von Gülleaufbereitungsverfahren.

Die 5 Technologien zur Nährstoffrückgewinnung:

1. Hochleistungs-Dekanter; Produkte: NH_4 - und K-reiche Dünnphase, P-reiche Festphase.
2. Vollstrom-Trocknungsanlage mit Ansäuerung; Produkte: Düngerpellets für den Hausgarten und Gartenbau.
3. Vollstrom-Vakuumverdampfer, Ammoniumadsorption, Versalzung, Trockner; Produkte: Ammonium-Granulat, nährstoffentlastetes Gärrestkonzentrat, getrocknete Gärrestorganik für Landschaftsbau.
4. Mechanische Trennung, Vakuumverdampfer; Produkte: flüssiges Ammoniumsulfat, nährstoffentlasteter, aufkonzentrierter Gärrest.
5. Dreistufige mechanische Trennung, Ammoniumadsorption, P-Fällung; Produkte: P-Dünger, Torfersatz, Gärrest.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die Praxis-Betriebe mit ihren Verarbeitungstechnologien und Prozessketten unter Berücksichtigung ihrer Massen- und Nährstoffflüsse sowie des Energiebedarfs für Strom und Wärme, der wirtschaftlichen Aspekte und der Vermarktungsstrategien.

Vorstellung der VDLUFA Fachgruppe III Düngemitteluntersuchung

Merboth, P. (Halle), Peica, N. (Freising), Severin, K. (Hameln)

Die Fachgruppe III Düngemitteluntersuchung des VDLUFA vereint aktuell über 30 Mitglieder aus allen relevanten Interessengruppen. Das Netzwerk setzt sich aus Vertretern amtlicher Untersuchungseinrichtungen, privater Handelslabore und von Düngemittelherstellern sowie Handelsverbänden zusammen. Diese diverse Struktur ermöglicht einen praxisnahen Austausch.

Im Zentrum der Fachgruppenarbeit stehen die Entwicklung und Validierung standardisierter Methoden für die amtliche Düngemittelverkehrskontrolle sowie praxisrelevante Qualitätsuntersuchungen. Hinzu kommt die gemeinsame Bewältigung analytischer Herausforderungen bei der Probenahme und Laboranalytik. Die jährlichen Tagungen im Frühjahr und Herbst dienen als zentrale Plattform für Fachvorträge und den direkten Informationsaustausch. Durch die Kooperation mit BMLEH und der Düngemittelverkehrsüberwachung fließen aktuelle gesetzliche Entwicklungen und Vollzugsfragen unmittelbar in die Diskussionen ein.

Eine Kernaufgabe der Fachgruppe ist die Organisation international anerkannter Ringversuche zur analytischen Qualitätssicherung. Der jährliche VDLUFA EU Fertiliser Ring Test geht im kommenden Jahr bereits in seine 19. Runde. Etwa die Hälfte der Teilnehmenden kommt aus europäischen Laboren, die ebenfalls regelmäßig teilnehmen. Der Ringversuch deckt im Rotationsprinzip das gesamte Spektrum der Düngemittelanalytik ab – von Basisparametern wie der Trockenmasse bis hin zu komplexen Kontaminanten und Hemmstoffen. Zur Prüfung kommen alle gängigen EU-Düngeprodukte. Ergänzt wird dieses Angebot durch den zweijährlich stattfindenden VDLUFA Wirtschaftsdünger-Ringversuch, der speziell auf organische Matrices ausgerichtet ist.

Darüber hinaus engagieren sich die Fachgruppe und deren Mitglieder aktiv im Wissenschaftlichen Beirat des BMLEH für Düngungsfragen, in anderen Normungsgremien (DIN/CEN), und kooperieren eng mit dem JKI bei der Etablierung einer deutschen Konformitätsbewertungsstelle für Biostimulanzien im Rahmen der EU-Düngeprodukteverordnung.

Totaler Sauerstoffbedarf (TOD) als komplementärer Parameter zur Charakterisierung von Klärschlamm

Rust, P. (Usmate)

Klärschlamm aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen stellt aufgrund seiner zunehmenden Menge und komplexen Zusammensetzung eine wachsende umwelt- und ingenieurwissenschaftliche Herausforderung dar. In den letzten Jahren hat sich seine Behandlung zunehmend von konventionellen Entsorgungsstrategien hin zu ressourcenorientierten Verwertungsansätzen verlagert, insbesondere zu energieorientierten Verfahren wie Verbrennung, Vergasung und Pyrolyse.

Vor diesem Hintergrund ist eine umfassende physikochemische Charakterisierung von Klärschlamm eine wesentliche Voraussetzung für Forschung und industrielle Anwendungen. Sie erfordert geeignete analytische Methoden zur Bewertung der Brennstoffqualität, zur Optimierung von Umwandlungsprozessen sowie zur effizienten Auslegung von Reaktorsystemen.

Fortschritte in der analytischen Instrumentierung ermöglichen heute die simultane Bestimmung der klassischen organischen Elementzusammensetzung (CHNS) zusammen mit dem Totalen Sauerstoffbedarf (TOD). Der TOD ist definiert als die zur vollständigen Oxidation einer Probe erforderliche Sauerstoffmenge und entwickelt sich zu einem nützlichen Parameter zur Beschreibung der Reaktivität und des chemischen Verhaltens organischer Materialien.

Die Einbindung des TOD eröffnet zusätzliche Möglichkeiten zur Ableitung wichtiger physikochemischer Eigenschaften sowie relevanter Parameter für thermische Umwandlungsprozesse. Besonders interessant ist die beobachtete Korrelation zwischen TOD (in Kombination mit CHNS) und der Ermittlung des oberen und unteren Heizwerts (HHV und LHV). Dieser Ansatz ermöglicht eine robustere und prognosefähige Bewertung von Brennstoffeigenschaften komplexer Matrices.

In dieser Studie präsentieren wir einen neuartigen analytischen Ansatz zur Bestimmung des TOD, der simultan mit der CHNS-Elementaranalyse durchgeführt wird, und zeigen dessen Anwendungspotenzial für die erweiterte Charakterisierung von Klärschlamm und abfallbasierten Brennstoffen.

Die Weiterentwicklung der Bodensiebmaschine „CINDEREL-lab“ zum neuen Bodendesagglomerator DA220-D – Erfahrungen in der Praxis

Nusche, H. (Nossen)

In der Bodenanalytik ist es in den meisten Fällen notwendig, die Proben auf eine Korngröße von ≤ 2 mm zu sieben. Dafür kommen in den meisten Laboren spezielle Siebmaschinen zum Einsatz. Wenn eine solche Maschine neu beschafft werden muss, gibt es einige Hindernisse. Einerseits gibt es kaum standardisierte Geräte, andererseits stellen Umwelt- und Agraranalytik unterschiedliche Ansprüche an die Aufbereitung der Böden. Während in der Agraranalytik nur die Fraktion ≤ 2 mm von Bedeutung ist, muss in der Umweltanalytik auch die Fraktion > 2 mm separiert und aufbewahrt werden.

Die Firma Gebrüder Jehmlich GmbH und das Agrar- und Umweltlabor der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) haben deshalb die vorhandene Siebmaschine „CINDEREL-lab“ gemeinsam weiterentwickelt. Ziel war es, den Ansprüchen der Probenvorbereitung in der Agrar- und Umweltanalytik gerecht zu werden und natürlich auch die Bedienung der Maschine zu optimieren. Herausgekommen ist der Bodendesagglomerator DA220-D.

In meinem Vortrag geht es um die gemeinsame Entwicklung und die Erfahrungen mit dieser neuen Siebmaschine in der Laborroutine.



Abb. 1: Desagglomerator (Foto, Gebr. Jehmlich GmbH)

Nmin-Labormethode – Überblick über Modifikationen und Neuerungen

Grüneberg, B., Armbruster, M., Baumgarten, A., Ecker-Eckhofen, M., Finck, M., Göttermann, J., Hansen, S., Jamin, J., Jacobi, F., Käsmarker, R., Liesen, N., Nusche, H., Overschmidt, N., Peica, N., Offenberger, K., Sitter, J., Schweitzer, K.

Die Nmin-Labormethode A 6.1.4.1 wurde von der Fachgruppe II grundlegend überarbeitet, um den gestiegenen Anforderungen an Präzision und Richtigkeit der Bestimmung von mineralischem Stickstoff gerecht zu werden und deutschlandweit vergleichbare Daten zu gewährleisten. Da die Probenvorbereitung – neben der Probenahme – einen wesentlichen Einfluss auf die Unsicherheit des Gesamtverfahrens hat, wurden alle Bearbeitungsschritte kritisch geprüft und Vorgaben auf Basis aktueller Literatur sowie mehrerer Vergleichsuntersuchungen der Fachgruppe (siehe entsprechende Beiträge) präzisiert. Wesentliche Änderungen betreffen beispielsweise die Lagerdauer feldfrischer Proben, die einheitlich mit VDLUFA I, A 1.2.2 (2025) auf sieben Tage begrenzt ist. Zudem wurde das zügige Auftauen gefrorener Proben als Vorzugsvariante festgelegt und konkrete Vorgaben für das Auftauen im Kühlschrank definiert. Als Ergebnis einer Vergleichsuntersuchung ist die Homogenisierung nur noch maschinell oder mittels Sieb zulässig, und die Standard-Einwaage wurde auf 50 g reduziert. Neu eingeführt wurden Festlegungen zur Wägetoleranz und zur Haltbarkeit von Filtraten. Für die Bestimmung von Nitrat und Ammonium sind nur noch Fließanalyse und Einzelanalyse (diskrete Analyse) zulässig. Die Empfehlungen zur Kalibrierung wurden angepasst, und erstmals wurden auch Mindestanforderungen an Bestimmungsgrenzen und Messunsicherheiten aufgenommen. Im Vortrag werden die Hintergründe sowie Details aller Modifikationen erläutert.

Laborgeräte anbinden ohne Programmierung

Köller, C. (Bochum)

Realitäts-Check Geräteanbindung, das Follow-Up zum Vortrag „Die Zukunft der Geräteanbindung – **lisa.connect 2.0®**“ aus dem Jahr 2024.

Wie sieht die Praxis in einem analytischen Labor aus, wenn eine Datenübernahme von einem Laborgerät eingerichtet wird?

Durch wen erfolgt diese Anbindung?

Bieten Laborgeräte Standardisierungen, die eine Anbindung erleichtern?

In der Regel nimmt eine geschulte Person - aus der IT, aus dem Labor oder vom LIMS-Anbieter – sich der Sache an und erstellt eine Schnittstelle zwischen dem Laborgerät und dem LIMS, damit die Daten der Messungen korrekt zu den Parametern der Probe im LIMS übernommen werden. Das Wissen dieser Person ist sehr speziell und kann durch Ausscheiden der Person schnell verloren gehen oder es wird teuer vom Anbieter eingekauft.

Die Möglichkeit, eine Standardisierung für Datenübernahmen zu nutzen, z. B. LADS oder SiLA, ist bei Laborgeräten immer noch eine Seltenheit.

Kann eine Geräteanbindung auch ohne den Anbieter, ohne Programmierung und ohne Standard erfolgen?

Mit **lisa.connect 2.0®** nutzen Labore, die **lisa.lims®** einsetzen, eine Plattform, auf der Laborgeräte ohne Programmierung angebunden werden. In einer kurzen Schulung erhalten Personen im Labor die Kenntnis, wie unterschiedliche Arten von Laborgeräten wie z. B. Waagen, Chromatographiesysteme oder Spektrometer, ihre Daten sicher an das LIMS senden.

Der Vortrag zeigt praktische Anwendungsfälle der Anbindung von unterschiedlichen Laborgeräten.

Methodenanpassung zur zuverlässigen Vitamin E Quantifizierung in Mineralfuttermitteln: Minimierung analytischer Verluste bei der Verseifung

Hensel, A., Hartmann, F. (Wahlstedt)

Die zuverlässige Analyse von Vitamin E in Mineralfuttermitteln (MF) ist anspruchsvoll. Basische Komponenten wie Magnesiumoxid (MgO) erhöhen während der Verseifung die Alkalität und können zu analytischen Verlusten führen, was sich in systematischen Minderbefunden sowohl nach VDLUFA als auch DIN EN 17547:2021-06 äußert. Ziel dieser Arbeit war es, kritische Einflussfaktoren entlang des gesamten Arbeitsablaufs – von der Probenvorbereitung bis zur HPLC-Analyse – zu identifizieren und eine robuste Anpassung der etablierten DIN-Methode abzuleiten.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Konzentration der eingesetzten KOH-Lösung die Wiederfindung von Vitamin E stark beeinflusst. Vor allem hohe Konzentrationen (30–50 %) führten in magnesiumreichen Mineralfuttermitteln zu spürbaren Verlusten, während eine Absenkung auf 10–20 % wesentlich stabilere und nachvollziehbare Werte lieferte. Je nach Matrix stiegen die Wiederfindungsraten damit von rund 60 % auf über 95 %, was sich in den Daten der Tabelle 1 klar widerspiegelt.

Die angepasste Methodik verringert diese analytischen Verluste deutlich und verbessert die Präzision der Vitamin-E-Bestimmung spürbar. Mit der moderat alkalischen Verseifung steht damit eine robuste und praxistaugliche Alternative zur bisherigen Standardmethode zur Verfügung, die sich ohne großen Aufwand in bestehende Laborabläufe einfügt.

Tab. 1: Vitamin-E-Analyse in drei MFs mit hohen, mittleren und niedrigen MgO.

Wiederholung N = 4	MF Rind 1		MF Rind 2		MF Schwein	
Soll-Konzentration:	12500 mg/kg		10125 mg/kg		8333 mg/kg	
Konzentration KOH-Lösung	Vit E in mg/kg	%	Vit E in mg/kg	%	Vit E in mg/kg	%
50	7581	61	8136	80	8297	100
30	9747	78	9799	97	8712	105
20	10301	82	9475	94	8200	98
10	11141	89	9763	96	8923	107
5	11000	88	8875	88	8525	102
MgO-Anteil in %	36		17		4	
pH 10%ig	10,14		9,28		5,27	

Relative Quantifizierung der Kunitz- und Bowman-Birk Trypsininhibitoren in Sojabohnen mittels hochauflösender LC-MS/MS

Schlachter, S. (AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien, AT)
Reiter, E. (AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien, AT)
Trimmel, M. (Josephinum Research, Wieselburg, AT)

Sojabohnen sind aufgrund ihres hohen Proteingehalts (bis zu 40 %) eine wichtige Komponente in der Human- und Tierernährung. Da sie antinutritive Faktoren, vor allem Trypsininhibitoren enthalten, ist eine thermische Aufbereitung erforderlich. Die Prozesskontrolle erfolgt derzeit über die Analyse der Trypsininhibitoraktivität im Endprodukt, was zeit- und kostenintensiv ist und häufig zu Überbehandlung und somit Proteinabbau führt. Hochauflösende Massenspektrometrie ermöglicht eine detaillierte Proteomanalyse, um sortenspezifische Eigenschaften zu charakterisieren. Es wurde eine targeted LC-MS/MS Methode zur relativen Quantifizierung der fünf wichtigsten Trypsininhibitortypen KT11, KT13, IBBC2, IBBD2 und IBB1 entwickelt und validiert. Zusätzlich wurde eine untargeted DIA-LC-MS/MS Methode zur relativen Quantifizierung der Hauptproteine etabliert. Dazu wurden unbehandelte und unterschiedlich stark erhitzte Sojabohnen analysiert, Markerpeptide identifiziert und diese mittels BLAST Analyse auf ihre Spezifität geprüft.

Die entwickelten Methoden wurden eingesetzt, um die Hitzestabilität der Hauptproteine und Trypsininhibitoren sowie die Trypsininhibitorprofile verschiedener Sojasorten zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der thermischen Stabilität der Trypsininhibitoren und Hauptproteine. Zudem konnten signifikante sortenabhängige Unterschiede in der Zusammensetzung der Trypsininhibitoren festgestellt werden. Die Zusammensetzung der Trypsininhibitoren beeinflusst maßgeblich die optimalen Prozessparameter der thermischen Aufbereitung. Das mittels LC-MS/MS gewonnene detaillierte Wissen über das Proteinprofil kann somit zur sortenspezifischen Optimierung von Aufbereitungsprozessen beitragen und die Qualität von Sojaprodukten verbessern.

Proteinbestimmung und Proteinqualifizierung mittels der Dumas- und der Kjeldahl-Methode sowie Methoden der Faseranalyse

Fettweis, U. (Königswinter)

C. Gerhardt entwickelt und produziert in Königswinter (D) Laborgeräte zur Bestimmung von Rohprotein-, Rohfett- und Rohfasergehalten in Futtermitteln. Diese Parameter werden zunehmend ergänzt durch Methoden, die eine genauere Charakterisierung der Futtermittel ermöglichen. Dazu gehören zum Beispiel Methoden zur Rohproteinfraktionierung (VDLUFA-Methode 4.13.2) und zur Bestimmung der KOH-Löslichkeit des Rohproteins. Auch die Verfütterung von Insekten erfordert eine Methode, um den chitinbürtigen Stickstoff von Proteinstickstoff unterscheiden zu können. Die Kombination von Gerhardt-Systemen, die in der Faser und der Proteinbestimmung eingesetzt werden, ermöglicht es, viele dieser Parameter einfach und zuverlässig zu bestimmen.

Im ersten Teil des Vortrags wird das neu entwickelte Analysensystem N-Realyzer, welches für die Stickstoff- und Proteinbestimmung nach Dumas entwickelt wurde, vorgestellt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der einfachen Handhabbarkeit des Systems, dem Einsatz der Trägergase Helium und Argon sowie der beispielhaften Darstellung von vergleichenden Ergebnissen, die mittels der Dumas- und der Kjeldahl-Methode erzielt wurden.

Im zweiten Teil des Vortrags liegt das Augenmerk auf dem teilweise kombinierten Einsatz von Gerhardt-Systemen, die erfolgreich im Rahmen der Bestimmung der Rohproteinfraktionierung, der Bestimmung von KOH-löslichem Rohprotein und der Bestimmung des Chitin-Gehaltes in Futtermitteln eingesetzt werden können.

Bestimmung der Bruttoenergie in Mischfuttermitteln: Vergleich von GfE 2001, GfE 2023 und Kalorimetrie

Kehraus, S. (Bonn), Klümper, L. (Bonn), Grünewald, K.-H. (Bad Sassendorf), Hartinger, T. (Bonn)

Für eine bedarfsgerechte Versorgung von Milchkühen sind genaue Kenntnisse über die Energie- und Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel erforderlich. Eine präzise Energiebestimmung ist daher für die Routineanalytik wichtig, um Futterkosten zu optimieren sowie Über- und Unterversorgungen zu vermeiden, wobei Mischfuttermittel als Energieausgleichskomponenten eine zentrale Rolle in der Rationsgestaltung spielen.

Die Energieversorgung von Milchkühen wird auf Basis der umsetzbaren Energie bestimmt. Grundlage der Berechnung der umsetzbaren Energie stellt die Bruttoenergie (GE) dar. Diese wird bisher mittels Kalorimetrie oder anhand der folgenden Schätzgleichung (GfE 2001) bestimmt, welche zur Energie- und Nährstoffversorgung für Milchkühe empfohlen wird und in der Futtermittel-Verordnung (2016) aufgeführt ist:

$$GE \text{ (MJ/kg TM)} = (23,9 \cdot CP + 39,8 \cdot CL + 20,1 \cdot CF + 17,5 \cdot NfE) / 1000$$

TM: Trockenmasse, CP: Rohprotein, CL: Rohfett, CF: Rohfaser, NfE: N-freie Extraktstoffe; Werte in g/kg TM

In der 2023 veröffentlichten Schätzgleichung ersetzte die GfE die Fraktionen CF und NfE durch Zucker, Stärke und organischen Rest (OR), um Kohlenhydrate differenzierter und ihre energetische Heterogenität genauer abzubilden. Dadurch soll die GE-Schätzung näher an den kalorimetrisch gemessenen Werten liegen:

$$GE \text{ (MJ/kg TM)} = (23,6 \cdot CP + 39,8 \cdot CL + 17,3 \cdot ST + 16,0 \cdot ZU + 18,9 \cdot OR) / 1000$$

ST: Stärke, ZU: Zucker, OM: Organische Masse, OR=OM – CP – CL – ST – ZU; Werte in g/kg TM

Der Vergleich der GE wurde in 26 Mischfuttermitteln durchgeführt. Zudem wurde der Einfluss einzelner Futtermittelkomponenten untersucht. Die statistische Auswertung erfolgte mittels PROC MIXED (SAS 9.4) mit Methode, Futtermittelkomponenten (FK) und deren Interaktion als fixe sowie Probennummer als zufälligen Effekt. Der post-hoc Mittelwertvergleich erfolgte mit dem Tukey-Kramer-Test ($p < 0,05$).

Tab. 1: Vergleich der GE (Kalorimetrie, GfE 2001, GfE 2023) durch lineare Regression

Bruttoenergie	Regressionsgerade	R ²	GfE vs. Kalorimetrie
GfE (2023) vs. Kalorimetrie*	y = 0,98x + 0,99	0,82	GfE > Kalorimetrie
GfE (2001) vs. Kalorimetrie*	y = 1,04x - 0,002	0,79	GfE > Kalorimetrie
GfE (2001) vs. GfE (2023)	y = 1,07x - 1,31	0,99	

*signifikant unterschiedlich

Ein signifikanter Unterschied in den GE-Werten konnte bei der angewandten Methode, jedoch nicht bei den FK und Interaktion von Methode und FK beobachtet werden. Weitere Untersuchungen mit größerer Probenzahl sind notwendig.

Evaluation einer Schnelltestmethode zur Ermittlung von pH- und EC-Werten in gartenbaulichen Kultursubstraten

Leson, R., Frerichs, C., Daum, D. (Osnabrück)

Der zunehmende Ersatz von Torf durch diverse organische Ausgangsstoffe kann zu stärkeren Schwankungen der chemischen Substrateigenschaften im Kulturverlauf führen. Eine schnelle, direkt vor Ort durchführbare Analysemethode wäre hier von Vorteil. In dieser Untersuchung wurde hierzu die PourThru-Methode in Kombination mit LAQUAtwin-Sensoren (HORIBA) mit den VDLUFA-Referenzmethoden zur Bestimmung von pH-Wert und Salzgehalt verglichen. Als Untersuchungsmaterial diente ein unterschiedlich gekalktes und gedüngtes Weißtorf-Holzfaser-Substrat (70:30 Vol.-%) aus einem Gewächshausversuch mit Petunien.

Die mit LAQUAtwin und Labor-Multimeter bestimmten pH- und EC-Werte zeigten bei Messungen in denselben Lösungen eine sehr hohe Übereinstimmung ($R^2 \geq 0,97$), wobei die Regressionsgeraden nahe der Winkelhalbierenden lagen. Dies galt für die pH-Messungen in der 0,01-molaren CaCl_2 -Suspension und im PourThru-Extrakt ebenso wie für die EC-Bestimmung in Wasser- und PourThru-Extrakten. Beim Gesamtmethodenvergleich zur pH-Bestimmung im Substrat lagen die mit dem Schnelltest ermittelten Werte (PourThru-Extrakt + pH-LAQUAtwin) im Mittel etwa 0,6 pH-Einheiten über denen der VDLUFA-Methode (CaCl_2 -Suspension + Labor-Multimeter). Beim Gesamtmethodenvergleich zur Salzgehaltsbestimmung im Substrat traten zwischen dem Schnelltest (PourThru-Extrakt + EC-LAQUAtwin) und der VDLUFA-Methode (Wasserextrakt + Labor-Multimeter) erhebliche Abweichungen auf. Die mit dem Schnelltest ermittelten Salzgehalte lagen im Mittel etwa um den Faktor 6 niedriger und korrelierten nur schwach mit den Referenzwerten ($R^2 = 0,37$). Eine mögliche Ursache ist die Überrepräsentation des intensiver durchwurzelten unteren Topfbereichs im PourThru-Extrakt, wodurch Substratzonen mit geringeren Salzkonzentrationen stärker erfasst und der Gesamtsalzgehalt unterschätzt werden könnte. Hierzu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Homogenisierung von Bodenproben für die Nmin-Bestimmung

Hansen, S., Grüneberg, B., Jacobi, F., Schweitzer, K.

Die Unsicherheit der Bestimmung von mineralischem Stickstoff im Boden (Nmin) wird wesentlich durch die Vorbereitung des feldfrischen Bodens bestimmt. Die aktuelle Nmin-Labormethode (VDLUFA A 6.1.4.1) schreibt für die Probenvorbereitung die Einwaage von 150 g Boden vor, lässt aber auch eine Einwaage von 50 g zu. Die Homogenisierung der Proben ist zurzeit auf die Nutzung von 5 mm Sieben und Rotormühlen begrenzt. In der Praxis wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und dem besseren Händeln der Proben hauptsächlich mit der Einwaage von 50 g gearbeitet. Allerdings gibt es neben dem 5 mm Sieb und der Mühle diverse Arten der Probenhomogenisierung, wie zum Beispiel die Handmischung oder das 10 mm Sieb.

Im Zuge der Novellierung der Nmin-Labormethode wurden Versuche durchgeführt, um sowohl die Gleichwertigkeit der geringeren Einwaage von 50 g gegenüber der jetzigen Vorgabe von 150 g zu zeigen als auch die Beiträge der unterschiedlichen Methoden der Bodenhomogenisierung zur Unsicherheit der Messergebnisse abzuschätzen.

Hierzu haben neun beteiligte Labore insgesamt 19 verschiedene Böden nach einem abgestimmten Plan untersucht und so die vier genannten Homogenisierungsmethoden in Kombination mit den Einwaagen von 150 g und 50 g verglichen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass beide Einwaagen zu statistisch gleichwertigen Ergebnissen führen. Ebenso liegen die Varianzen der Messergebnisse bei der Probenhomogenisierung mittels der beiden Siebgrößen und der Bodenmühle in einem ähnlichen Bereich (5 mm Sieb: 1,2 kg NO₃/ha; 10 mm Sieb: 1,4 kg NO₃/ha; Mühle: 1,45 kg NO₃/ha). Die Ergebnisse der Proben, welche mittels Handmischung homogenisiert worden sind, weisen dagegen eine deutlich größere Varianz auf (3,2 kg NO₃/ha). Einschränkung muss gesagt werden, dass der Datensatz durch lehmige Böden dominiert wird, wobei diese unter feuchten Bedingungen die größte Herausforderung in der Homogenisierung darstellen.

Aus diesen Versuchen heraus empfehlen wir daher bei der Novellierung der Nmin-Methode die 50 g Einwaage als Standard zu benennen und die Homogenisierung mittels 10 mm Sieb in die Methode mit aufzunehmen. Die Handmischung sollte nur noch bei sehr leichten Böden angewandt werden.

Standardisierung der Methode zur trockenen Siebanalyse für Futtermittel – Abschließende Evaluierung und Methodenfestlegung

Saskia Kehraus (Bonn) und Julia Slama (Rostock)

In aktuellen wissenschaftlichen Studien besteht neben der chemischen Charakterisierung von Futtermitteln ein immer größeres Interesse, auch die physikalisch-chemischen Eigenschaften standardisiert zu ermitteln. Um eine einheitliche analytische Herangehensweise zu gewähren, wurde im Methodenhandbuch III des VDLUFA das Kapitel 32. Physikalisch-chemischen Eigenschaften eröffnet und beinhaltet bisweilen die Methoden zu wasserassoziierten Eigenschaften. Als weitere physiologisch wichtige Kenngröße soll nun die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung etabliert werden, mit erstem Fokus auf die trockene Siebanalyse.

Vor diesem Hintergrund wurden in einer VDLUFA-Projektgruppe verschiedene Methoden zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung schrotförmiger Futtermittel aus Forschungs- sowie Dienstleistungseinrichtungen zusammengeführt und mit aktueller Literatur in Kontext gesetzt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden zwei Methodenvorschriften kondensiert. Der Fokus lag dabei auf der Verwendung von drei (0,50 mm; 1,00 mm; 2,00 mm) oder fünf (0,25 mm; 0,50 mm; 1,00 mm; 2,00 mm; 3,15 mm) Sieben sowie einer variierenden Einwaage (50 g vs. 150 g) und optionalen Nachsiebung des kleinsten Siebes (0,25 mm). Die Evaluierung der Methoden wurde in einem Ringversuch (507) mit Mischfuttermitteln (MF) für Schwein und Geflügel umgesetzt.

Die Ergebnisse des Ringversuchs stellen eine valide Entscheidungsbasis für die Standardisierung der Methode zur trockenen Siebanalyse für Futtermittel dar. Das Gewicht der Einwaage sowie die Verwendung einer unterschiedlichen Anzahl an Sieben zeigte keinen Einfluss auf die erhobenen Siebfraktionen. Einzige Ausnahme stellte die Siebfraktion von MF für Geflügel für den Auffangboden bei Nutzung von fünf Sieben dar. Die getestete Umsetzung einer Nachsiebung (0,25 mm Sieb bei fünf Sieben) führte bei MF für Schweine zu Unterschieden. Aktuell ist die Interpretation der Wiederhol- und Vergleichsstandardabweichungen (ProLab) im Rahmen der VDLUFA-Projektgruppe abgeschlossen. Die Methodenvorschrift wird nun für die Verwendung von fünf Sieben und der Integration einer Nachsiebung verschriftlicht.

Methode zur standardisierten Erstellung von Ganzkörperhomogenaten bei Junghennen

A. Schröder (Rostock); H. Louton (München); P. Hofmann (Kitzingen); J. Krieg (Bad Sassendorf); E. Jendreck (Rostock); P. Hiller (Oldenburg); J. Slama (Rostock)

Die präzise Einordnung des Nährstoffansatzes landwirtschaftlicher Nutztiere ist sowohl zur Bedarfsableitung der benötigten Nährstoffe im Futter als auch zur Bilanzierung von Nährstoffströmen von besonderer Bedeutung. Die Erstellung von Ganzkörperhomogenaten (GKH) legt dabei die Basis zur Analyse einzelner Nährstoffe im Tierkörper. Die chemische Analyse von GKH ist die am häufigsten angewandte Methode zur Bestimmung der Ganzkörperzusammensetzung und gilt als Referenzmethode (Noetzold et al. 2024; Aguiar et al. 2024).

Wie aus Laboranalysen bekannt ist, muss der Probenvorbereitung eine besondere Stellung zugeschrieben werden. Demnach ist die Herstellung von GKH ein entscheidender Schritt, um möglichst vergleichbare Ergebnisse im Hinblick auf die Nährstoffzusammensetzung im Tierkörper ermitteln zu können. In der wissenschaftlichen Literatur werden jedoch unterschiedliche Präparationsverfahren angewandt. Diese unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich der Dauer der Nüchterung der Tiere vor der Schlachtung und folglich des Umgangs mit dem Inhalt des Gastrointestinaltraktes (GIT) sowie zusätzlichen laboranalytischen Verfahrensschritten, wie Autoklavieren vor der Zerkleinerung des Tierkörpers (Olukosi et al. 2008; Salas et al. 2012; Caldas et al. 2019; Aguiar et al. 2024; Noetzold et al. 2024; Kareem et al. 2025). Eine Standardisierung dieser methodischen Unterschiede kann zu einer gesteigerten Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen Studien- und Forschungseinrichtungen beitragen.

Vor diesem Hintergrund beschreibt vorliegender Beitrag ein praxisorientiertes Verfahren zur Herstellung von GKH am Beispiel von Junghennen. Ziel ist die Bereitstellung eines standardisierten und reproduzierbaren Protokolls. Dieses enthält folgende Eckpunkte: Im ersten Schritt wird auf das Nüchtern der Tiere verzichtet und diese werden ohne Blutverlust getötet (Betäuben mit anschließendem Genickbruch). Daraufhin werden die Junghennen gebrüht, gerupft und Gefieder und federfreier Tierkörper individuell weiterverarbeitet. Der Kropf wird geleert, der GIT entnommen, dessen Inhalt entfernt und dem Tierkörper wieder zugeführt. Der federfreie Tierkörper und das Gefieder werden anschließend getrennt vorzerkleinert, gefriergetrocknet, homogenisiert, vermahlen und separat analysiert. Die Ergebnisse der Nährstoffanalysen werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Massenanteile (Feder und Ganzkörper) rechnerisch final zusammengeführt. Das vorgestellte Protokoll ist für die Anwendung mit handelsüblichen Zerkleinerungsgeräten ausgelegt und könnte neben Junghennen auch für Legehennen, Broiler sowie kleinere Vogelarten eingesetzt werden.

3-Punkt-Messung und Computertomographie: Knochenbruchfestigkeit und -dichte von Tibiotarsi von Junghennen im Zuge der Entwicklung

Reinhard PUNTIGAM (Soest), Ralf P. FRIEDRICH (Kulmbach), Martin ANDERSEN (Rostock), Julia SLAMA (Rostock)

Die Bestimmung der Knochenbruchfestigkeit stellt eine bedeutsame Möglichkeit dar, Rückschlüsse auf die Nährstoffversorgung, Knochengesundheit und das Tierwohl in der Geflügelhaltung zu ziehen. Speziell im Verlauf des Wachstums der Junghenne wird über eine nährstoffangepasste Rationsgestaltung (speziell Ca und P) die Basis für eine robuste Skelettentwicklung gelegt. Die Ermittlung der Bruchfestigkeit im Verlauf der Junghennen- bzw. Knochenentwicklung stellt die methodische Herangehensweise vor Herausforderungen, da der Abstand innerhalb der 3-Punkt-Messung (3-P-M) variiert werden muss, um der sich ändernden Knochenlänge Rechnung zu tragen. Dies resultiert in einer Veränderung der Kraftübertragung und mindert in Folge die Vergleichbarkeit der Ergebnisse entlang des Alters. Als Alternative könnte ein bildgebendes Verfahren Anwendung finden, um die Bruchfestigkeit über die Knochendichte abzuleiten. Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Arbeit, Ergebnisse einer 3-P-M den Auswertungen einer CT-(Computertomographie)-Analyse gegenüberzustellen. Es wird angenommen, dass mit steigender Bruchfestigkeit eine höhere Knochendichte einhergeht. Im Rahmen der Studie wurden der rechte und linke *Tibiotarsi* von Junghennen im Verlauf der Aufzucht (18 Wochen) in wöchentlichem Abstand (jeweils 3 Tiere) entnommen. Die Positionierung der rechten Knochen im FMT-310BUK1 Force Tester (ALLURIS GmbH & Co. KG, Freiburg, DE) wurde so gewählt, dass 20 % Auflagefläche bezogen auf die mittlere Knochenlänge je Lebenswoche erreicht wurde. Somit ergaben sich 18 unterschiedliche Abstände innerhalb der 3-P-M (Min: 18,11 mm; Max: 71,94 mm); die Messung (in Newton, N) fand nach Müsse (2022) mit einer Geschwindigkeit des Biegestempels von 5 mm/min statt. Der linke Knochen wurde mit einem CT (Somatom Plus 4, Siemens Healthineers AG, Erlangen, DE) gescannt, die Schnittbilder rekonstruiert und die exakte Position der Hounsfield-Einheiten (HU) aller Voxel (Maß für die Gewebedichte) ermittelt. Anschließend wurde der durchschnittliche HU-Wert aller als Knochen definierten Voxel über einen Abschnitt von 60 % der Knochenlänge, äquivalent zur Messung der Bruchkraft, berechnet. Die Knochenbruchfestigkeit der Knochen zeigte eine hohe Korrelation mit dem bildgebenden Verfahren ($R^2 = 0,99$) und bestätigt die weitere Herangehensweise zur Gegenüberstellung der mittleren 60%-Knochenbereiche. Für die Maximalbruchkraft und die Knochendichte wurde ebenfalls eine gute Übereinstimmung erhoben ($y = 5,2385x + 285,95$; $R^2 = 0,73$). Die Ergebnisse unterstreichen die Annahme, dass eine Abschätzung der Knochenbruchfestigkeit von *Tibiotarsi* und damit ein Rückschluss auf Tierwohlaspekte bei wachsendem Geflügel sowohl über die 3-P-M als auch über CT als bildgebendes Verfahren umsetzbar ist. Dabei ist der geringere Aufwand im Zuge der

CT-Messung hervorzuheben. Die Ergebnisse sollten in Folge mit Geflügelknochen eines definierten Alters überprüft werden; hier könnte von einer noch engeren Korrelation ausgegangen werden.

Prädiktion der Fettsäurezusammensetzung von Schweinenackenfett mittels tragbarer NIR-Spektroskopie

Bodor, Z. (Göttingen), Chen, Y. (Gö.), Muuß, M. (Gö.), Mörlin, D. (Gö.)

In der Fleischproduktion ist die Fettsäurezusammensetzung nicht nur aus ernährungsphysiologischer Sicht wichtig, sondern wirkt sich auch auf die Verarbeitungseignung aus. Eine frühzeitige und möglichst zerstörungsfreie Bestimmung könnte eine Qualitätskontrolle und Sortierung ermöglichen. Daher war es das Ziel dieses Projekts, die Anwendbarkeit von tragbaren Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) -Geräten zur Vorhersage der Fettsäurezusammensetzung bei der Schlachtung zu prüfen.

In dieser Studie wurde das Nackenfett von 90 Schweinen aus zwei verschiedenen Betrieben entnommen. Die Probenahme erfolgte im Schlachthof, indem aus den gekühlten Schlachtkörpern (24 Stunden post mortem) ein Stück Nackenfett herausgeschnitten wurde. Entlang der Schnittfläche (Halbierungsseite) wurden mit zwei tragbaren NIRS-Spektrometern (Trinamix Pal TWO und Viavi Micronir Onsite-W) jeweils fünf Spektren pro Probe aufgenommen. Die Referenzanalytik des Fettsäuremusters erfolgte mittels Gaschromatographie. Nach der Vorbehandlung der Spektren wurde partielle kleinste Quadrate-Regressionsanalysen (PLSR) zur quantitativen Vorhersage der Hauptgruppen von Fettsäuren (gesättigte Fettsäuren – SFA, einfach ungesättigte Fettsäuren – MUFA, mehrfach ungesättigte Fettsäuren – PUFA) durchgeführt.

Nach der Ausreißererkennung zeigten die 88 analysierten Proben einen Bereich von 35,34–44,74 % für SFA, 38,93–46,89 % für MUFA und 13,33–22,54 % für PUFA. Die Vorhersageergebnisse der beiden Instrumente wiesen geringfügige Unterschiede auf; insgesamt zeigten die auf Viavi basierenden Modelle die besseren Ergebnisse. Die besten Vorhersageergebnisse (Viavi) wurden für PUFA erzielt ($R^2_{cv} > 0,8$), gefolgt von den Vorhersagen für SFA ($R^2_{cv} > 0,7$) und MUFA ($R^2_{cv} > 0,5$). Der $RMSE_{cv}$ -Wert der Modelle lag in allen Fällen unter 1,1 %. Im weiteren Projektverlauf werden die Modelle durch den Ausbau der Referenzdatenbank weiterentwickelt.

Das Projekt „GlasSchwein“ wird vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat gefördert (Projektnummer 28DI107B23).

Reagenzienfreie Fettbestimmung mittels NMR in unterschiedlichen Matrices wie Milch oder Futtermitteln

Sünder, A.; Muuß, M.; Bodor, Z.; Hummel, J.; Mörlin, D. (Göttingen)

Die klassische Bestimmung von Fett (bzw. Rohfett, XL) in Futter- und Lebensmitteln erfolgt nach dem Verfahren nach Weibull-Stoldt unter Anwendung einer Hydrolyse mit Salzsäure und einer Lösungsmittelextraktion. Neben dem notwendigen Reagenzien-einsatz ist diese Methode trotz inzwischen gängiger Automatisierungen zeitaufwendig. Basierend auf den Erfahrungen der ebenfalls hier vorgestellten Studie „Bestimmung des Fettgehaltes in Fleisch mittels Kernspinresonanz“ (Muuß et al., 2026) wurde untersucht, inwieweit sich das vorgestellte NMR-Verfahren auch für andere Matrices wie Milch oder Futtermittel anwenden lässt.

Für die NMR-Messung ist in den Proben ein Trockensubstanzgehalt (TS) von > 90 % erforderlich, was in einer Gefrieretrocknung der Milchproben resultierte. Die Kalibration sollte speziell für einen Versuch mit Ziegenmilch erstellt werden, deren klassisch ermittelte Fettgehalte im ersten Versuch ca. zwischen 17 und 35 % Fett in der TS lagen. Um einen breiten Messbereich abdecken zu können wurden zehn handelsübliche Milchvarianten von 0,1%iger Magermilch über Kondensmilch mit drei Fettstufen bis zu 30%iger Schlag-sahne gefriergetrocknet und der Fettgehalt mittels automatisierter Weibull-Stoldt-Prozedur als Referenzmethode analysiert und anschließend mittels NMR als Kalibration gemessen. Analog wurde mit verschiedenen Futtermitteln (Mais, Sojaextraktionsschrot, Hafer, Weizen, Weizenkleie, verschiedene Kräuter) verfahren, deren Fettgehalt zwischen 1,25 und 4,33 % in TS lag.

Je nachdem, ob die Kalibration mit oder ohne die extremen Fettgehalte von Magermilch und Schlagsahne erstellt wurde, lag das Bestimmtheitsmaß zwischen 0,9989 und 0,9995, die Wiederfindung bei ca. 100 %. Weniger zufriedenstellend waren die Kalibrierversuche der Futtermittel. Der Regressionskoeffizient lag zwischen 0,52 und 0,81 und die Wiederfindung zwischen 74 und 155 %. Die Ursache dafür ist in dem sehr engen, aber auch niedrigen Messbereich zu suchen.

Anhand der momentan vorliegenden Daten kann eine sehr gute Eignung des NMR-Verfahrens für gefriergetrocknete Milch bescheinigt werden. Für Probenmaterial mit niedrigem Fettgehalt wie die untersuchten Futtermittel sind weitere Tests erforderlich. Dabei ist möglicherweise eine Kalibration gemischter Matrices im niedrigen Konzentrationsbereich in Erwägung zu ziehen. Weiterhin bestehen gerätetechnische Anpassungsmöglichkeiten, um die Messwerte zu stabilisieren.

Isoflavone in österreichischen Hülsenfrüchten: Analyse mit Schwerpunkt auf Soja und verarbeiteten Sojaprodukten

Heiß, L. (AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien, AT)
Schlacher, S. (AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien, AT)
Reiter, E. (AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien, AT)
Weghuber, J. (Research Center Wels, Fachhochschule Oberösterreich, Wels, AT)

Der Verzehr von Hülsenfrüchten, insbesondere Soja, nimmt im Zuge pflanzenbasierter Ernährungsformen kontinuierlich zu. Eine stärkere Integration von Hülsenfrüchten in die Ernährung gilt als wichtiger Beitrag zur Förderung der öffentlichen Gesundheit und zur Einhaltung planetarer Grenzen. Hülsenfrüchte zeichnen sich durch einen hohen Protein- und Ballaststoffgehalt sowie ein günstiges Aminosäureprofil aus. Soja und andere Hülsenfrüchte enthalten zudem Phytoöstrogene, insbesondere Isoflavone, deren Gehalte von Sorte, Klima, Anbaubedingungen, Reifegrad und Verarbeitung beeinflusst werden. Isoflavone werden antioxidative Eigenschaften sowie potenziell positive Effekte auf Osteoporose, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, (post)menopausale Beschwerden und kognitive Funktionen zugeschrieben. Gleichzeitig weisen Studien aufgrund ihrer hormonellen Aktivität auch auf mögliche gesundheitliche Risiken, insbesondere für vulnerable Gruppen, hin.

Bislang fehlen jedoch umfassende Daten zum Isoflavongehalt von in Österreich verbreiteter Sojasorten und daraus hergestellten Lebensmitteln. Ziel dieses Projekts war daher die Untersuchung der Isoflavone in verschiedenen Sojasorten, weiteren Hülsenfrüchten sowie sojabasierten Produkten. Die Bestimmung der Isoflavone Genistein, Daidzein und Glycitein, sowie deren glykosidischen Formen Genistin, Daidzin und Glycitin und Malonyl- und Acetyl-Konjugaten erfolgt mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit UV-Detektion nach AOAC-Methode 2008.03. Es konnten deutliche Unterschiede im Isoflavon-Gehalt in Abhängigkeit der Kulturart und Sorte sowie des Anbaustandortes festgestellt werden. Auch die unterschiedlichen Warengruppen der untersuchten Soja-Produkte zeigten signifikante Unterschiede im Isoflavon-Gehalt.

Die erhobenen Daten wurden anschließend als Grundlage für eine Risikoabschätzung herangezogen, um den Einfluss des aktuellen Hülsenfrucht- und Sojakonsums auf die Gesundheit der österreichischen Bevölkerung besser einschätzen zu können.

Zerstörungsfreie Bestimmung der Lebens- und Keimfähigkeit von Winterweizen mittels Laser-Speckle-Photometrie und KI

Cikalova, U., Bendjus, B., Spohn, J. (Fraunhofer IKTS, Dresden), Schönfelder, J. (Fraunhofer IZI, Leipzig)

Die präzise Beurteilung der Saatgutqualität ist entscheidend für eine nachhaltige Landwirtschaft. Herkömmliche Keimtests nach ISTA-Standard dauern jedoch bis zu 14 Tage. Besonders bei Wintergetreide führt dies aufgrund des kurzen Zeitfensters zwischen Ernte und Aussaat zu logistischen Engpässen. Im sächsischen Verbundprojekt Bio-LSP wird daher ein berührungsloses Sensorsystem entwickelt, um die Keimfähigkeit mittels Laser-Speckle-Photometrie (LSP) innerhalb von 24 Stunden inline im Prozess zu erfassen.

Diese Arbeit zeigt die erfolgreiche Adaption des LSP-Messaufbaus an Winterweizen (*Triticum aestivum*). Zur algorithmischen Optimierung trennt die Differenzkorrelationsfunktion metabolische Prozesse an der Radicula präzise vom physikalischen Rauschen. Eine Laserwellenlänge von 532 nm bietet hierbei aufgrund der feineren Speckle-Struktur die höchste Sensitivität.

Es wurde nachgewiesen, dass die biologische Aktivität vitaler Samen mit fortschreitender Keimung stetig zunimmt (Abb. 1), während avitale Samen auf einem minimalen Baseline-Niveau stagnieren. Der aktuelle Aufbau einer Referenzdatenbank dient als Grundlage für künftige, automatisierte Klassifikationsmodelle mittels Künstlicher Intelligenz (KI).

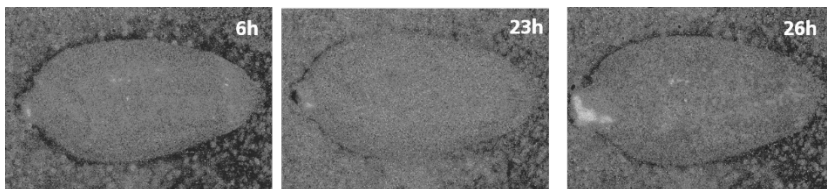


Abb. 1: Chronologische Visualisierung der Bio-Speckle-Aktivität eines vitalen Getreidekorns. Dargestellt ist die Differenzkorrelationsfunktion der Pixelintensitäten. Helle Töne indizieren Areale hoher biologischer Dynamik, dunkle Töne repräsentieren minimale Aktivität.

Diese Forschungsarbeit wird im Rahmen des FuE-Verbundprojekts „Bio-LSP – Saatgutprüfung aus Daten der Laser-Speckle-Photometrie“ (Projektnummer: 54251) durch die Sächsische Aufbaubank (SAB) aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Just Transition Fund (JTF) gefördert.

Potenzial kombinierter hochauflösender Einzelsamendaten für die Bewertung von Keimversuchen ausgewählter Arten

Hograefer, T. (Hohenheim), Bopper, S. (Hohenheim) und Kruse, M. (Hohenheim)

Die traditionelle Qualitätsanalyse von Saatgut erfolgt vorwiegend händisch und ist zeit- sowie personalintensiv, was Saatgutuntersuchungslabore zunehmend vor Herausforderungen stellt. Daneben stehen neuartige Methoden zur Verfügung – kommerziell wie open-source –, die auf Einzelsamenebene und teils nicht-destruktiv arbeiten, in der Routineanalyse bislang aber kaum Beachtung finden. Ihre Ergebnisse werden meist isoliert betrachtet; ein systematischer Vergleich oder eine Kombination fehlt. Durch die Verknüpfung nicht-destruktiver und destruktiver Untersuchungen der Samenqualität und physiologie auf Einzelsamenbasis lassen sich hochauflösende Datensätze erzeugen, die eine fundierte Einschätzung der Eignung moderner Analysemethoden für Saatgutlabore ermöglichen.

Ziel der Untersuchung ist es, das Potenzial der kombinierten Auswertung verschiedener Methoden zu beurteilen und zu prüfen, ob die Kombination gegenüber einem Standardkeimversuch einen Mehrwert bietet. Dazu werden Einzelsamen von ausgewählten Arten zunächst nicht-destruktiv mittels Multispektralanalyse erfasst. Anschließend wird an einem Teil der Samen der Sauerstoffverbrauch während der Keimung gemessen, ein weiterer Teil durchläuft einen kameragestützten Keimversuch zur Bestimmung des Keimzeitpunkts und ein dritter Teil einen Standardkeimversuch zur Beurteilung der normalen Keimlingsentwicklung.

Der Beitrag geht der Frage nach, ob und in welchem Umfang die Kombination nicht-destruktiver und destruktiver Methoden auf Einzelsamenbasis einen Mehrwert gegenüber dem Standardkeimversuch bietet, und diskutiert, welchen Beitrag der Ansatz zu effizienteren Routineuntersuchungen in Saatgutlaboren leisten könnte.

Saatgutprüfung bei Elsoms International – Methoden, Schwerpunkte und aktuelle Herausforderungen

Hamrit, S. (Helmstedt)

Elsoms ist ein unabhängiges, familiengeführtes Unternehmen mit Sitz in Spalding (UK), das auf Pflanzenzüchtung, Saatgutproduktion und -technologie spezialisiert ist. Mit seiner mehr als 180-jährigen Erfahrung entwickelt Elsoms hochwertige Sorten für die Land- und Forstwirtschaft. Zudem unterstützt das Unternehmen Landwirte bei aktuellen Herausforderungen wie dem Klimawandel und steigenden Produktionskosten.

Im Jahr 2023 wurde Elsoms International als Gemeinschaftsunternehmen von Elsoms, Crites Seeds Inc. (USA), der Crookham Company (USA) gegründet. Mit Sitz in Deutschland bündelt Elsoms International die technische und kommerzielle Expertise seiner Partner, um Kunden im europäischen Frischmarkt- und Verarbeitungssektor mit hochwertigen Sorten von Erbsen und Zuckermais zu versorgen.

Die Qualität von Saatgut ist ein entscheidender Faktor für einen erfolgreichen Pflanzenbestand und hohe Erträge. Das Keimlabor von Elsoms International übernimmt dabei eine zentrale Rolle in der Qualitätskontrolle und der Bewertung des Saatguts. Die Untersuchungen erfolgen nach den international anerkannten Richtlinien der International Seed Testing Association (ISTA) sowie der Association of Official Seed Analysts (AOSA).

Zu den wichtigsten Untersuchungen zählen Keimfähigkeitsanalysen von Zuckermais und Erbsen, sowie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit bei Erbsen, um die Triebkraft des Saatguts zu beurteilen. Die Ergebnisse dieser Tests liefern wichtige Informationen über die Qualität und Leistungsfähigkeit des Saatguts.

Ein aktueller Schwerpunkt der Saatgutprüfung ist die Kaltkeimungsprüfung bei Zuckermais. Mit dieser Methode wird die Keimfähigkeit bei niedrigen Temperaturen bewertet und es können Rückschlüsse auf das Verhalten des Saatguts unter ungünstigen Feldbedingungen gezogen werden.

Die Präsentation gibt einen Einblick in die angewandten Prüfmethoden, die wichtigsten Untersuchungsschwerpunkte und aktuelle Herausforderungen im Bereich der Saatgutprüfung.

Vorstellung PETKUS Technologie GmbH und Produkte mit Fokus auf Versuchsanstalten

Michaela Gegler (Petkus)

Die PETKUS Technologie GmbH mit Sitz in Wutha-Farnroda ist ein weltweit führender Pionier und Technologieanbieter für die Saatgutaufbereitung. Gegründet 1852, erfand das Unternehmen den ersten mechanischen Reiniger. Heute ist PETKUS spezialisiert auf moderne Sortier-, Reinigungs-, Trocknungs- und Coating Anlagen zur Qualitätssteigerung von Saatgut weltweit. Dabei sind den Maschinen keinen Grenzen gesetzt, es werden landwirtschaftliche Kulturarten, Gemüsesamen bis hin zu kleinstem Blumensaatgut qualitativ aufbereitet.

Insbesondere die Technologien und Verfahren in der Anwendung von mechanischen und optischen Sortierungen werden vorgestellt. Test- und Praxisberichte inklusive Ergebnisdarstellungen von komplexen Proben / Produkten gegeben durch Saatgutgröße, Morphologie, Farbe und weitere Eigenschaften werden erläutert.

Neben der Vorstellung der neuesten Technologien, wollen wir gemeinsam die Möglichkeit und den gegenseitigen Nutzen von Kooperationsprojekten zwischen PETKUS und öffentlichen / privaten Einrichtungen erörtern. Hierzu werden mögliche Beispiele mit Fokus auf die Fragestellungen der VDLUFA Gruppe vorgestellt.

Vom Rezept bis ins Feld – Saatgutbehandlungen auf dem Prüfstand

Greve, M., Kahle, K., Wirth, L. (Asendorf)

Saatgutbehandlungen müssen sowohl technisch verarbeitbar als auch pflanzenbaulich wirksam sein. Neben einer gleichmäßigen Applikation sind insbesondere Effekte auf Keimung, frühe Pflanzenentwicklung, Bestandesetablierung und Ertragsbildung zu bewerten. Die Arbeitsgruppe Saatguttechnologie der Deutschen Saatveredelung AG in Asendorf hat hierfür eine mehrstufige Prüfkette etabliert, die Produkte von der Rezepturentwicklung bis zur Anwendung unter Praxisbedingungen begleitet.

Zu Beginn werden geeignete Formulierungen entwickelt und hinsichtlich ihrer verfahrenstechnischen Eigenschaften untersucht. Bewertet werden unter anderem Beizqualität, Haftfestigkeit, Fließfähigkeit, Abriebverhalten und Staubentwicklung. So lässt sich frühzeitig beurteilen, ob eine Behandlung appliziert werden kann und die Anforderungen an eine sichere Weiterverarbeitung erfüllt.

Anschließend erfolgen Keimfähigkeits- und Vitalitätsprüfungen unter kontrollierten Bedingungen. Neben der Keimrate werden die Geschwindigkeit und Gleichmäßigkeit der Keimung sowie die Entwicklung von Spross und Wurzel erfasst. Dadurch können fördernde Wirkungen und phytotoxische Effekte früh erkannt werden.

Vielversprechende Behandlungen werden anschließend in Feldaufgangs-, Gefäß- und Exaktversuchen untersucht. Unter variierenden Boden-, Witterungs- und Stressbedingungen wird geprüft, ob sich beobachtete Effekte auf Feldaufgang, Jugendentwicklung, Bestandesdichte, Pflanzenvitalität und Ertrag übertragen lassen. Mehrjährige und mehrortige Versuche sind entscheidend, um die Stabilität der Wirkung belastbar zu bewerten.

Den Abschluss bilden Praxisversuche. Sie dienen der Überprüfung der technischen Umsetzbarkeit und der pflanzenbaulichen Leistungsfähigkeit unter realen Produktionsbedingungen. Durch die Verknüpfung von Labor-, Feld- und Praxisdaten entsteht eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die weitere Entwicklung und Anwendung von Saatgutbehandlungen.

Saatgutüberwachung auf GVO-Anteile – amtliche Kontrollen in Deutschland im Überblick

Stolz, A. (Berlin)

Saatgut gentechnisch veränderter Pflanzen oder Saatgut mit Anteilen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) ohne Anbau-Zulassung ist in der Europäischen Union (EU) nicht verkehrsfähig. Es darf nicht ausgesät werden. Dazu bedürfte es einer Genehmigung nach der Richtlinie 2001/18/EG oder der Verordnung (EG) Nr. 1829/2003. Aktuell ist in Deutschland keine gentechnisch veränderte Pflanze für den Anbau oder für Feldversuche zugelassen. Saatgut wird deshalb regelmäßig auf Anteile von GVO kontrolliert. Ziel der Kontrollen ist es, Saatgut mit Anteilen (in der EU) nicht für den Anbau zugelassener GVO frühzeitig zu erkennen und eine Aussaat dieses Saatguts zu verhindern.

Organisation und Durchführung der amtlichen Saatgutkontrollen fallen in Deutschland in die Länder-Zuständigkeit. Diese haben eine harmonisierte Vorgehensweise vereinbart und in einem Handlungsleitfaden beschrieben. Dies gewährleistet, dass eine ausreichende Menge an Saatgutproben kontrolliert wird, die Durchführung der Laboruntersuchungen vergleichbar abläuft und die Ergebnisse einheitlich interpretiert und kommuniziert werden.

Saatgut wird parallel zur Saatgutankererkennung (am Flaschenhals) sowie im Handel unter Verwendung validierter Methoden zur Probenahme und zum Nachweis von GVO kontrolliert. Als zentrale Datensammlung und Informationsquelle stellt das BVL den Länderbehörden eine web-basierte Datenbank Anwendung zur Verfügung. Bei GVO-Positivfunden unterstützt das BVL die Länder beim Informationsmanagement und leitet relevante Informationen an die EU-Kommission oder, im Fall einer grenzüberschreitenden Verbringung von nicht zugelassenem Saatgut, an Drittstaaten.

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Gentechnik (LAG) und das BVL veröffentlichen jedes Jahr die Ergebnisse der in Deutschland durchgeführten amtlichen Saatgutüberwachung auf GVO-Anteile.

Ergebnisse des EIP-Projekts „Saatgutgesundheit bei ökologischem Getreide mit Fokus auf Stein- und Zwergsteinbrand“

Vollenweider, C., Martis, S., Bender, M., Deplewski, P. (Bad Vilbel, Söllingen)

Das EIP-Projekt „Saatgutgesundheit Hessen“ wurde im Zeitraum von 2021-2025 mit dem übergeordneten Ziel durchgeführt, den Gesundheitsstatus von ökologischem Getreidesaatgut in Hessen und darüber hinaus zu verbessern und nachhaltig zu sichern. Der Fokus lag auf den überwiegend saatgut- bzw. bodenbürtigen Getreidekrankheiten Weizensteinbrand und Zwergsteinbrand, verursacht durch die pilzlichen Schaderreger *Tilletia caries* und *T. controversa*.

Im Projekt wurden verbesserte Empfehlungen zur Verwendung von Weizensorten mit genetischen Resistenzen erarbeitet – jeweils gesondert für Steinbrand und Zwergsteinbrand und spezifisch für lokale Pathogenrassen. Durch entsprechend ausgewählte Sorten kann erst gewährleistet werden, dass Getreidebestände mit hoher Sicherheit auch tatsächlich vor Befall geschützt sind.

Als zweites wichtiges Projektergebnis wurde ein Konzept für ein nachhaltiges Management der monogenen Resistenzgene entwickelt, die anfällig dafür sind, von sich verändernden Pathogenen überwunden zu werden. Die Wirksamkeit der Resistenzgene soll somit langfristig gesichert werden. Das Konzept basiert darauf, dass Empfehlungen für die Anbaupraxis, Beratung und Saatgutvermehrung zum Umgang mit resistenten Sorten sowie Maßnahmen der Resistenzzüchtung (Pyramidisierung von Resistenzen u. a.) aufeinander abgestimmt umgesetzt werden.

Schließlich wurde im Projekt die zentrale Bedeutung eines flächendeckenden Saatgutmonitorings zur Steinbrandkontrolle herausgestellt. In einem Ringversuch mit 13 Laboren wurde die Durchführung von Saatgutuntersuchungen auf Steinbrandsporenbesatz evaluiert. Ein Austausch zu den Ergebnissen des Versuchs findet mit der VDLUFA Fachgruppe IV Saatgut mit dem Ziel statt, eine systematische Verbesserung der Durchführung der Steinbranduntersuchungen zu erreichen. Der im Projekt verfolgte ganzheitliche Ansatz zur Kontrolle saatgutübertragbarer Getreidekrankheiten sollte gestärkt und in zukünftigen Vorhaben weiterentwickelt werden.

Schulung und Ausbildung in Saatgutlaboren: eine Bedarfsumfrage der VDLUFA-Fachgruppe IV

Bopper, S. (Hohenheim) und Kruse, M. (Hohenheim)

In den Saatgutuntersuchungslaboren der VDLUFA-Fachgruppe IV gewinnt die strukturierte Qualifizierung des Laborpersonals zunehmend an Bedeutung. Fachkräftemangel, vermehrter Quereinstieg ohne einschlägige Vorerfahrung und ein absehbarer Generationenwechsel stellen die Labore vor die Aufgabe, neues wie bestehendes Personal verlässlich und vergleichbar zu schulen. Auf der Herbsttagung 2025 und der Frühjahrstagung 2026 der Fachgruppe wurde der Bedarf an gemeinsam erstellten Schulungs- und Ausbildungsmaterialien daher intensiv diskutiert und übereinstimmend als hoch eingeschätzt.

Um die weitere gemeinsame Arbeit auf eine belastbare Grundlage zu stellen, wurde im Sommer 2026 eine Online-Umfrage unter den Laborleitungen mit Personalverantwortung durchgeführt. Der Fragebogen erfasst den Bedarf nach Zielgruppen, die Relevanz einzelner Themen- und Methodenbereiche, bevorzugte Formate (z. B. Homepage, Workshop-Reihen, gedruckte Materialien), Einschätzungen zu Prüfungen und Zertifizierung sowie Rahmenbedingungen wie geeignete Trägerschaft und Finanzierung. Ergänzend wird erhoben, welche Modelle – von einem standardisierten bis zu einem dezentral-flexiblen Ansatz – bevorzugt werden und welche Rolle die Fachgruppe IV künftig bei Qualifizierung und Nachwuchsgewinnung einnehmen sollte.

Der Beitrag stellt die Ergebnisse der Befragung vor. Gezeigt wird, für welche Personengruppen und Themen der größte Schulungsbedarf gesehen wird, welche Formate und welche Trägerschaft bevorzugt werden und welche Finanzierungsmodelle als angemessen gelten. Aus den Antworten – einschließlich der Freitextangaben zu Chancen, Risiken und praktischen Erfahrungen – werden Handlungsempfehlungen für die Entwicklung gemeinsamer Qualifizierungsangebote abgeleitet und in der Fachgruppe zur Diskussion gestellt.

Verzeichnis der Beiträge

PL 001	Stoffliches Recycling in der Landwirtschaft – Beiträge für Humus, Klimaschutz und Bodengesundheit.....	5
PL 002	Nährstoffsaldierung auf Nutztier-, Stall- und Betriebsebene gezielt nutzen.....	6
W 001	Forschung für die Praxis am Beispiel des EU-Projekts NUTRIFEEDS	8
W 002	Systemrelevante Wildnis: Wie Auen und Moore unsere Stoffkreisläufe steuern ..	9
W 003	Wirtschaftsdüngeraufbereitung zur Umsetzung regionaler Nährstoffkreisläufe ..	10
W 004	Wenn der Wasserkreislauf zum Stoffkreislauf wird	11
V 001	Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Einfluss von Bodenbearbeitung und Bewirtschaftungssystem	12
V 002	Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Zusammenhang zwischen N-Saldo und N-Austrag	13
V 003	Wirkung landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die N-Auswaschung – Bestimmung der unvermeidbaren N-Auswaschung	14
V 004	Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil I - Wassermmodell.....	15
V 005	Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil II - Stickstoffmodell.....	16
V 006	Simulation des Frühjahrs-Nmin in Bayern Teil III – Evaluierung der Nmin-Simulation	17
V 007	Einordnung der Bodengesundheit in Bayern anhand der Indikatoren des EU Soil Monitoring Law	18
V 008	Anforderungen der EU-Bodenüberwachungsrichtlinie an das Boden-monitoring	19
V 009	Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten auf biologische Bodenindikatoren im Feldversuch	20
V 010	Mikrobielle Bodenbiodiversität in einem Dauerfeldversuch bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf einem Lössboden.....	21
V 011	Organische Reststoffe für klimaresiliente Böden: Langzeitwirkungen zirkulärer Düngung im Humusdauerversuch Rinkenbergerhof.....	22
V 012	Untersuchungen der Auswirkungen langjährig organischer Düngung auf Ackerstandorte: Düngewirkung und Kohlenstoffspeicherung	23
V 013	Empfehlungen zur Limitierung von Treibhausgas-Emissionen aus Kompost-mieten.....	24

V 014	Agrarwirtschaft und Grundstoffchemie als tragende Pfeiler einer Zirkel- ökonomie auf Basis von Biomethan und grünem Harnstoff	25
V 015	Bedeutung der Stickstoffdüngerverteilung (Menge, Termin) auf Ertrags- aufbau und N-Effizienz von Winterweizen unter aktuellen Bedingungen	26
V 016	Einfluss mehrjähriger DMPP-Applikation auf N-Verluste und Boden- N-Dynamik in einem Bodensäulenversuch	27
V 017	Standortangepasste Stickstoffdüngung im Ackerbau – Erfahrungen aus einem Schweizer Nitratprojekt	28
V 018	Organisation und Qualitätssicherung umfangreicher Bodenprobenahmen und Nitratuntersuchungen in Baden-Württemberg.....	29
V 019	Webbasiertes Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau – Software Web-Man	30
V 020	Vergleich zweier bodengestützte Düngeempfehlungsansätze nach GRUD und Kinsey auf der Dauerbeobachtungsfläche Oberacker.....	31
V 021	Reaktion von Zuckerrübe auf Kaliumdünger mit variablem Na-Gehalt	32
V 022	Selenverteilung in Apfelbäumen in Abhängigkeit von Applikationstechnik und Düngerform	33
V 023	Evaluierung der Düngeempfehlung für Zink und Bor zu Mais auf einem Standort der Münchner Schotterebene.....	34
V 024	Vergleich der Effizienz verschiedener N-Dünger und N-Düngesysteme zu Winterweizen.....	35
V 025	Winterweizenerträge und Stickstoffdynamik nach vier verschiedenen Vorfrüchten.....	36
V 026	Vergleich der Effizienz verschiedener Gärrestapplikationstechniken zu Durchwachsener Silphie (Silphium perfoliatum)	37
V 027	Untersuchungen zum Einfluss differenzierter Applikationszeitpunkte von Gärresten in Durchwachsener Silphie mit und ohne Grünroggen- bzw. Gras-Untersaaten auf Erträge und Stickstoffaufnahme	38
V 028	Optimierung der Grünland-Düngebedarfsermittlung für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel.....	39
V 029	Nährstoffversorgung niedersächsischer Grünlandbetriebe: Eine Auswertung von Boden-, Gülle- und Grassilageuntersuchungen.....	40
V 030	Einfluss der Weidereste bei der Ackerbeweidung mit Schafen auf den organischen Bodenkohlenstoff (SOC)	41
V 031	Klimaresiliente Stoffkreisläufe durch Relay Cropping und Zwischenfrüchte im Projekt KlimaCrops.....	42

P 001	Gärreiteinsatz und N-Salden	43
P 002	Einfluss der Aufbereitung und Lagerung von Holzfasern auf die Stickstoff- dynamik und Pflanzenentwicklung in holzfaserhaltigen Kultursubstraten	44
P 003	Einfluss von elementarem Schwefel auf den pH-Wert während der Grüngutkompostierung.....	45
P 004	Wirtschaftsdünger optimal nutzen – eine Potentialanalyse zum Transfer tierischer Wirtschaftsdünger	46
P 005	N-Einsatz unter dem ermittelten Düngebedarf – Auswertung von Dünge- daten landwirtschaftlicher Betriebe in Sachsen-Anhalt.....	47
P 006	Bewertung von Anbaumaßnahmen zur Verringerung der Hohlstrunkigkeit bei Brokkoli	48
P 007	Stickstoff-Nutzungseffizienz, Produktivität und N-Hoftorbilanz – Bewertung landwirtschaftlicher Betriebe anhand dreier N-Indikatoren.....	49
P 008	Stickstoff- und Schwefeldynamik unter verschiedenen Düngungsstrategien ...	50
P 009	Einfluss verschiedener N-Langzeitdünger auf die Lachgasemission aus einem lehmigen Sandboden unter Weidelgras.....	51
P 010	Verbesserung der Effizienz recycelter Phosphordüngemittel durch diverse Anbausysteme.....	52
P 011	Die Schließung des P Kreislaufs – Verluste in Deutschland und Wege zu einer zirkulären P-Wirtschaft	53
P 012	Wirksamkeit eines Nitrifikationsinhibitors zur Verringerung der Lachgas- emission nach Einarbeitung von Gemüseernterückständen in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens	54
P 013	Rapsanbau – kann die Saatzeit Probleme lösen?.....	55
P 014	Prädiktive Modelle zur Abschätzung der Mykotoxinbelastung in Getreide: Anwendungsbeispiele Mais & Weizen	56
P 015	Veränderte Sickerwassermengen durch den Klimawandel beeinflussen die N-Auswaschung unter Acker	57
P 016	Einsatz von elementarem Schwefel zur Schwefeldüngung in Wintergerste	58
P 017	Evaluierung des Einsatzes von NMR-Sensoren zur Erfassung der Nährstoff- konzentration in Wirtschaftsdüngern – NMR Slurry Detec.....	59
P 018	FeldManager – Eine webbasierte Plattform für digitale Bodenkartierung und teilflächenspezifische Düngung	61
P 019	Einfluss der Eisenkonzentration in der Nährlösung auf Spurenelementgehalte von hydroponisch kultivierter Paprika	62

P 020	Verbesserung der N-Effizienz im Winterrapsanbau durch Reihen- und Spot-Düngung.....	63
P 021	Biofortifikation von Hafer (<i>Avena sativa</i> L.) mit Jod und Selen	64
V 032	Zirkuläre Futtermittelproduktion von Wasserlinsen und Mehlkäferlarven für die Aquakultur	65
V 033	Wasserlinsen als Futtermittel – ein Praxisversuch	66
V 034	Feed-no-food – eine Potentialanalyse einer reststoffbasierten Nutztierfütterung	67
V 035	Multimetabolitenprofile von Futtermitteln für Hunde als Marker der Rationszusammensetzung	68
V 036	Wildtierfleisch in Heimtierfuttermitteln: Molekularer Nachweis von Cerviden mittels Tetraplex-Real-Time-PCR.....	69
V 037	Bestimmung des Fettgehaltes in Fleisch mittels Kernspinresonanz.....	70
V 038	Vorhersage ausgewählter Qualitätsmerkmale von Schweinefleisch mittels Nahinfrarot-Hyperspektralbildgebung	71
V 039	DLG Grobfutter-Controlling.....	72
V 040	Silierung von Hirsekörnern aus nachbestockten Beständen mit heterogener Kornabreife	73
V 041	Untersuchung zum Einfluss der Sojasorte auf den Siliererfolg und den Abbau der Trypsininhibitor-Aktivität im Rahmen der Silierung der Bohnen mit Körnermais.....	74
V 042	Effekt der Silierung von mit Stechapfel (<i>Datura stramonium</i> L.) kontaminiertem Mais auf die Konzentration von Tropanalkaloiden	75
V 043	Einordnung des Futteraufnahmeniveaus von Schafen als Grundlage für neue Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung.....	76
V 044	Evaluierung einer Fütterungsempfehlung zur ökologischen Schweinemast: Effekt auf Mast- und Schlachtleistungen sowie Umweltparameter	77
V 045	Weizenkleie in Rationen für Mastschweine – Auswirkungen auf zootechnische Parameter und Schlachtkörpermerkmale	79
V 046	Eckpunkte der Körpermasse-Entwicklung von Kälbern und Jungrindern der Rasse Fleckvieh, Holstein und Jersey während der Aufzuchtphase	80
V 047	Ruminaler Rohproteinabbau in situ von Grünlandaufwüchsen und daraus hergestellten Presskuchen	81
V 048	Einfluss von Konzentratfütterergänzung und reduziertem Milchentzug 2 Wochen post partum auf Leistung und Stoffwechsel von Milchkühen.....	83

V 049	Vergleich der vorhergesagten Milchleistung zwischen dem Nettoenergie-Laktation und Umsetzbare Energie Bewertungssystem für Milchkühe	84
V 050	Verdaulichkeit der OMD Wiederkäuer von Rohstoffen für die Mischfutterherstellung - Vergleich in vivo und Gasbildung	85
V 051	Anwendung der ME-Schätzung beim Mischfutter für Wiederkäuer	86
V 052	Einfluss der Verbesserung der Futtereffizienz durch pansenspezifische Lebendhefe unter Hitzestress auf die Umweltwirkung der Milchproduktion – Ergebnisse einer Life Cycle Assessment (LCA) Analyse	87
V 053	Vorläufige Ergebnisse zur Prüfung der Eignung von nahinfrarotspektroskopischen Untersuchungen von Milchviehrationen zur Vorhersage der Methanemissionen von Milchkühen	88
V 054	Untersuchung des Einflusses von Calciumcyanamid als Flüssigmistadditiv in der Unterflurlagerung auf Methanemissionen im Milchviehstall	89
V 055	Ergebnisse einer Praxiserhebung zu N- und P-reduzierter Fütterung von Milchkühen in Nordrhein-Westfalen.....	90
V 056	Ammoniak-Emissionspotenzial von stabilisiertem Schweineurin aus vollständiger Kot-Harn-Trennung.....	91
P 022	Messung und Bewertung physikalischer Parameter an der Anschnittfläche geöffneter Silagen – DLG Grobfutter-Controlling Teil I.....	92
P 023	Neugestaltung der Bewertung von Grobfutterkonserven mittels Sinnprüfung – DLG Grobfutter-Controlling Teil II	93
P 024	Erkennen von aerobem Verderb und Risiken für aerobe Instabilität an geöffneter Silage – DLG Grobfutter-Controlling Teil III.....	94
P 025	Neugestaltung der Bewertung von Grobfutterkonserven anhand chemischer Merkmale – DLG Grobfutter-Controlling Teil IV	95
P 026	Einfluss der Vorbehandlung auf die analytisch ermittelten Rohasche-gehalte von Knochen	96
P 027	Potenzial der Brix-Messung zur Bestimmung der Verdünnung von Speichel am Beispiel eines Fütterungsversuches bei Mastbullen	98
P 028	Mikrobiologische Untersuchung von Stroh für Fütterung und Einstreu	99
P 029	Schätzformeln für OMD und ME von Dauergrünland-Futter abgeleitet aus spezifischen Verdauungsversuchen in vivo auf Basis von Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und den in vitro-Methoden ELOS und HFT.....	100
P 030	Vergleich verschiedener Indikatoren der Knochengesundheit bei Junghennen...	101
P 031	Konzeption von Putenfutter – Ergebnisse der VFT-Prüfung 2024+2025	102

P 032	Vergleichende Untersuchungen zur Verdaulichkeit der Organischen Masse von Rationen bei Pferd und Schaf	104
P 033	Vergleichende Untersuchungen des Effekts von β -Glucanen und Mannanoligosacchariden auf in vitro-Fermentationscharakteristika in einem Batch-Kultur-System mit equiner Faeces	105
P 034	Abbaubarkeit und Wiederfindung von Tanninen aus Schwarzpappel- und Weidenlaub im Kot von Hammeln	106
P 035	Einfluss unterschiedlicher Tränkeintensitäten auf Verhaltens- und Leistungsparameter in der Fresseraufzucht	107
P 036	Evaluierung des N- und P-Ansatzes von schnell-wachsenden Masthühnern unter Einsatz ausgewählter Nährstoffkonzentrationen im Futter	108
P 037	Vergleichende Untersuchungen zur Methanausscheidung bei Braunvieh- und Fleckviehkühen	110
P 038	Analyse von Nährstoffkreisläufen im ökologischen Landbau in einem webbasierten Düngemanagementsystem	111
P 039	Bewertung der Datengrundlage für pflanzliche Nebenströme in Niedersachsen – Potentiale für die Tierernährung erkennen und nutzen	112
P 040	Erfolgreiche Praxisumsetzung von Technologien zur Wirtschaftsdünger- aufbereitung in landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern	113
V 057	Vorstellung der VDLUFA Fachgruppe III Düngemitteluntersuchung	114
V 058	Totaler Sauerstoffbedarf (TOD) als komplementärer Parameter zur Charakterisierung von Klärschlamm	115
V 059	Die Weiterentwicklung der Bodensiebmaschine „CINDEREL-lab“ zum neuen Bodendesagglomerator DA220-D – Erfahrungen in der Praxis	116
V 060	Nmin-Labormethode – Überblick über Modifikationen und Neuerungen	117
V 061	Laborgeräte anbinden ohne Programmierung	118
V 062	Methodenanpassung zur zuverlässigen VitaminEQuantifizierung in Mineral-futtermitteln: Minimierung analytischer Verluste bei der Verseifung	119
V 063	Relative Quantifizierung der Kunitz- und Bowman-Birk Trypsininhibitoren in Sojabohnen mittels hochauflösender LC-MS/MS	120
V 064	Proteinbestimmung und Proteinqualifizierung mittels der Dumas- und der Kjeldahl-Methode sowie Methoden der Faseranalyse	121
V 065	Bestimmung der Bruttoenergie in Mischfuttermitteln: Vergleich von GfE 2001, GfE 2023 und Kalorimetrie	122
P 041	Evaluation einer Schnelltestmethode zur Ermittlung von pH- und EC-Werten in gartenbaulichen Kultursubstraten	124

P 042	Homogenisierung von Bodenproben für die Nmin-Bestimmung	125
P 043	Standardisierung der Methode zur trockenen Siebanalyse für Futtermittel – Abschließende Evaluierung und Methodenfestlegung	126
P 044	Methode zur standardisierten Erstellung von Ganzkörperhomogenaten bei Junghennen.....	127
P 045	3-Punkt-Messung und Computertomographie: Knochenbruchfestigkeit und -dichte von Tibiotarsi von Junghennen im Zuge der Entwicklung.....	128
P 046	Prädiktion der Fettsäurezusammensetzung von Schweinenackenfett mittels tragbarer NIR-Spektroskopie.....	130
P 047	Reagenzienfreie Fettbestimmung mittels NMR in unterschiedlichen Matrices wie Milch oder Futtermitteln	131
P 048	Isoflavone in österreichischen Hülsenfrüchten: Analyse mit Schwerpunkt auf Soja und verarbeiteten Sojaprodukten	132
V 066	Zerstörungsfreie Bestimmung der Lebens- und Keimfähigkeit von Winterweizen mittels Laser-Speckle-Photometrie und KI.....	133
V 067	Potenzial kombinierter hochauflösender Einzelsamendaten für die Bewertung von Keimversuchen ausgewählter Arten.....	134
V 068	Saatgutprüfung bei Elsoms International – Methoden, Schwerpunkte und aktuelle Herausforderungen	135
V 069	Vorstellung PETKUS Technologie GmbH und Produkte mit Fokus auf Versuchsanstalten	136
V 070	Vom Rezept bis ins Feld – Saatgutbehandlungen auf dem Prüfstand.....	137
V 071	Saatgutüberwachung auf GVO-Anteile – amtliche Kontrollen in Deutschland im Überblick.....	138
V 072	Ergebnisse des EIP-Projekts „Saatgutgesundheit bei ökologischem Getreide mit Fokus auf Stein- und Zwergsteinbrand"	139
V 073	Schulung und Ausbildung in Saatgutlaboren: eine Bedarfsumfrage der VDLUFA-Fachgruppe IV	140

Referentinnen und Referenten

Bachmann, Martin – Bundesinstitut für
Risikobewertung, Berlin

Bartkowiak, Aleksandra – Tierärztliche
Hochschule Hannover

Bischoff, Joachim – Landesanstalt
für Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt, Bernburg

Bodor, Zsanett – Universität Göttingen

Bopper, Sebastian – Universität
Hohenheim

Braumiller, Georg – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub

Buglowski, David – Landesforschungs-
anstalt Mecklenburg-Vorpommern,
Gülzow

Busch, Jonas – Hochschule Osnabrück

Chen, Yangyue – Universität Göttingen

Cikalova, Ulana – Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien und Systeme,
Dresden

Culemann, Elsa – Hochschule
Osnabrück

Dänicke, Sven – Friedrich-
Loeffler-Institut, Braunschweig

Deimel, Rebekka – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Freising

Diepolder, Michael – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Freising

Döhler, Helmut – DöhlerAgrar,
Untermerzbach

Donauer, Joseph – TU München

Dreisbach, Nele – Umweltbundesamt,
Dessau

Dunkel, Silke – Thüringer Landesamt für
Landwirtschaft und Ländlichen Raum,
Jena

Ebertseder, Florian – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Freising

Ebertseder, Thomas – Hochschule
Weihenstephan-Triesdorf, Freising

Eggert, Marie – Landesanstalt für
Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt, Bernburg

Ehlert, Pascal – Hochschule Osnabrück

Ettle, Thomas – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub

Faust, Sibylle – Landwirtschaftliches
Technologiezentrum Augustenberg,
Karlsruhe

Fettweis, Ulrich – C. Gerhardt,
Königswinter

Fey, Ragna-Marleen – HAW Kiel

Finck, Margarete – Landwirtschaftliches
Technologiezentrum Augustenberg,
Karlsruhe

Frank, Tim – Landwirtschaftliches
Technologiezentrum Augustenberg,
Karlsruhe

Gegler, Michaela – PETKUS Technologie,
Wutha-Farnroda

Gerendás, Jóska – K+S Minerals and Agriculture, Kassel

Greve, Martin – DSV-Saaten, Asendorf

Gruber, Leonhard – Universität für Bodenkultur, Wien/HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal

Grüneberg, Björn – Landeslabor Berlin-Brandenburg

Grünewald, Karl-Hermann – Verein Futtermitteltest, Bad Sassendorf

Grunwald, Dennis – Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Hamrit, Sonia – Elsoms International, Helmstedt

Hansen, Sören – Humboldt-Universität zu Berlin

Helffenstein, Kaja – Forschungsinstitut für Nutztierbiologie, Dummerstorf

Hensel, Andreas – ISF, Wahlstedt

Heringhaus, Ludwig – Compo Expert, Osnabrück

Herrmann, Michelle – Universität Hohenheim

Hoffmann, Lea – Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf

Hogräfer, Tobias – Universität Hohenheim

Jansen, Lukas – Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig

Kalmbach, Sarah – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,

Freising

Katte, Ann-Sophie – Umweltbundesamt, Dessau

Kehraus, Saskia – Universität Bonn

Kellershoff, Maximilian – Hochschule Osnabrück

Knoblauch, Steffi – Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, Jena

Köller, Claus – t&p Triestram & Partner, Bochum

Kreuter, Thomas – SKW Piesteritz, Lutherstadt Wittenberg

Krone, Birthe – LUFA Nord-West, Oldenburg

Lange, Isabelle – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Leson, Raphael – Hochschule Osnabrück

Liebis, Frank – Agroscope, Zürich

Liegsalz, Theresa – TU München

Lorenz, Frank – LUFA Nord-West, Oldenburg

Losand, Bernd – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Sanitz

Maack, G.-C. – Universität Bonn

Machurig, Laura – Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

Martens, Siriwan – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch

Matlach, Julian – Deutsches

Biomasseforschungszentrum, Leipzig

Merboth, Paul – Landesanstalt für
Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt, Halle

Möller, Kurt – Landwirtschaftliches
Technologiezentrum Augustenberg,
Forchheim

Muuß, Martin – Universität Göttingen

Nett, Diana – Universität Bonn

Nusche, Hagen – Staatliche
Betriebsgesellschaft für Umwelt und
Landwirtschaft, Nossen

Offenberger, Konrad – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Freising

Ohmann, Felix – Hochschule Osnabrück

Ostermaier-Welz, Aurelia – TU
München

Peschel, Markus –
Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig

Peters, J. – Landesforschungsanstalt
Mecklenburg-Vorpommern, Gültow

Philipps-Wiemann, Petra – Lallemand
Animal Nutrition, Schwarzenbach/Saale

Preißinger, Wolfgang – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Schwarzenau

Puntigam, Reinhard – Fachhochschule
Südwestfalen, Soest

Reiter, Elisabeth – Österreichische
Agentur für Gesundheit und
Ernährungssicherheit, Wien

Resch, Reinhard – HBLFA

Raumberg-Gumpenstein,
Irdning-Donnersbachtal

Riebe, Katharina –
Landesforschungsanstalt
Mecklenburg-Vorpommern, Gültow

Riedemann, Jan-Eric – Hochschule
Osnabrück

Riesinger, Jakob – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft,
Freising

Rust, Peter – Velp Scientifica, Usmate

Schlachter, Sara – Österreichische
Agentur für Gesundheit und
Ernährungssicherheit, Wien

Schneider, Mariana – Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub

Schröder, Arndt – Universität Rostock

Schröter, Ingmar – Hochschule für
nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Schultz, Bilke – Universität Leipzig

Schulz, Esther – Hochschule Osnabrück

Slama, Julia – Universität Rostock

Steinhoff-Knopp, Bastian –
Thünen-Institut, Braunschweig

Sterk, Julia – Hochschule Osnabrück

Stolz, Andrea – Bundesamt
für Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit, Berlin

Sünder, Angela – Universität Göttingen

Tauchnitz, Nadine – Landesanstalt
für Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt, Bernburg

Terler, Georg – HBLFA
Raumberg-Gumpenstein,
Irdning-Donnersbachtal

Vollenweider, Carl – Landbauschule
Dottenfelderhof, Bad Vilbel

von Tucher, Sabine – TU München

Vrochte, Anne – Hochschule Osnabrück

Weinmann, Markus – LUFA Speyer

Werisch, Stefan – Staatliche
Betriebsgesellschaft für Umwelt und
Landwirtschaft, Brandis

Wiermann, Conrad – HAW Kiel

Wild, Katharina Judith – Universität
Hohenheim

Wittwer, Raphael – Agroscope, Zürich

Wolfrum, Stephanie – Universität
Göttingen

Zeyner, Annette –
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Unsere Aussteller und Sponsoren

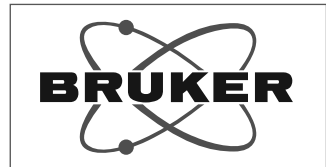
AHF Analysentechnik AG

Kohlplattenweg 18
72074 Tübingen
Tel.: +49 (0) 7071 5395200
E-Mail: am@ahf.de
<https://ahf.de>



Bruker Optics GmbH & Co. KG

Rudolf-Plank-Straße 27
76275 Ettlingen
Tel.: +49 (0) 7243 5042000
E-Mail: info.bopt.de@bruker.com
<https://www.bruker.com>



C. Gerhardt GmbH & Co. KG

Cäsariusstraße 97
53639 Königswinter
Tel.: +49 (0) 2223 2999785
E-Mail: marketing@gerhardt.de
<https://www.gerhardt.de>



Elementar Analysensysteme GmbH

Elementarstraße 1
63505 Langenselbold
Tel.: +49 (0) 6184 93930
E-Mail: info@elementar.com
<https://www.elementar.com>



The logo for FOSS, featuring the word "FOSS" in a bold, black, sans-serif font.

Foss GmbH

Überseering 16
22767 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 853997953
E-Mail: kkukolj@foss.de
<https://www.fossanalytics.com>

The logo for FRITSCH, featuring a stylized grey icon of two interlocking shapes to the left of the word "FRITSCH" in a bold, black, sans-serif font.

Fritsch GmbH

Industriestraße 8
55743 Idar-Oberstein
Tel.: +49 (0) 171 9865662
E-Mail: ruppenthal@fritsch.de
<https://www.fritsch.de>

The logo for JEHLICH, featuring the word "JEHMLICH" in a bold, black, sans-serif font above a stylized lowercase "j" composed of a vertical line of dots and a curved line of dots.

Gebr. Jemlich GmbH

Waldheimer Straße 210
01683 Nossen
Tel.: +49 (0) 35242 43230
E-Mail: info@jemlich.info
<https://www.jemlich.info>

The logo for HLS, featuring the letters "HLS" in a stylized font inside a circle.

**Gesellschaft für
Analysentechnik**
Hightech Laboratory Systems

Gesellschaft für Analysentechnik HLS

Uelzener Straße 34 a
29410 Salzwedel
Tel.: +49 (0) 3901 306945
E-Mail: info@analysentechnik.hls.de
<https://www.analysentechnik-hls.de>

Laborservice Onken GmbH

Hauptstraße 50 A

63584 Gründau

Tel.: +49 (0) 151 28323051

E-Mail: jens.onken@laborservice-onken.de

<https://laborservice-onken.de>

laborservice Onken
GmbH

Leco Instrumente GmbH

Enscheder Straße 7

41069 Mönchengladbach

Tel.: +49 (0) 2161 902330

E-Mail: martina_kreutz@leco.com

<https://leco.com>

LECO
EMPOWERING RESULTS

Membra Pure GmbH

Wolfgang-Küntscher-Straße 14

16761 Henningsdorf

Tel.: +49 (0) 3302 2012016

E-Mail: t.heinlein@membrapure.de

<https://membrapure.de>

mP **membraPure**
WATER · TOC · AMINO · ION

Pro Lux Sensorsysteme GmbH

Sassenhagen 20

59846 Sundern

Tel.: +49 (0) 175 1604681

E-Mail: gerhard.breithaupt@vdlufa-nirs.de

<https://pro-lux-sensorsysteme.de>

Pro Lux
Sensorsysteme GmbH



Skalar analytic GmbH

Daimlerstraße 4
84419 Obertaufkirchen
Tel: +49 (0) 2431 96190
E-Mail: info@skalar.com
<https://www.skalar.com>



Triestram & Partner GmbH

Kohlenstraße 55
44795 Bochum
Tel: +49 (0) 234 9437521
E-Mail: c.koeller@t-p.com
<https://t-p.com>



Velp Scientifica Srl

Via Stazione16
20865 Usmate (Italia)
Tel.: +39 (0) 39 628811
E-Mail: marketing@velp.it
<https://velp.com>



AB SCIEX Germany GmbH

Landwehrstraße 54
64293 Darmstadt
Tel: +49 (0) 6151 352000
<https://www.sciex.com>



Dr. PIEPER

Technologien für innovative Betriebe – wir entwickeln Lösungen für die moderne Silageproduktion und Milchviehfütterung.

Das Produktportfolio umfasst:

- ▶ BIO-SIL® und weitere Siliermittel
- ▶ moderne Dosiertechnik
- ▶ Transi-fit® – das schmackhafte saure Salz

- ✓ Wissenschaftlich belegt
- ✓ Produktion in Deutschland
- ✓ DLG-geprüfte Qualität
- ✓ Bewährt in den besten Milchviehbetrieben



Dr. PIEPER Technologie- und Produktentwicklung GmbH
Dorfstraße 34 • D-16818 Wuthenow • Germany
Tel.: 0 33 91 - 68 48 0 • Fax: 0 33 91 - 68 48 10
E-Mail: info@dr-pieper.com

www.silage.de



K+S BIETET MIT C:LIGHT CO₂-REDUZIERTE DÜNGEMITTEL AN

Rund 33 % der globalen Treibhausgasemissionen lassen sich auf die Lebensmittelproduktion zurückführen, wobei auch die Düngemittelproduktion und -anwendung als Hauptverursacher gelten. Insbesondere bei Kulturen mit hohem Kaliumbedarf, wie bspw. der Zuckerrübe, kann der CO₂-Fußabdruck von Kaliumdüngemitteln den Unterschied machen.

Mehr Nachhaltigkeit dank Power-to-Heat-Technologie

Wir als K+S sind Vorreiter für nachhaltigen und umweltschonenden Bergbau. Mit C:LIGHT setzen wir auf die innovative Power-to-Heat (PtH) Technologie. Das PtH-Prinzip basiert auf einem einfachen, aber effektiven Konzept: Aus elektrischer Energie und Wasser werden Wärme und Wasserdampf erzeugt. Dabei wird bei einem Teil des Herstellungsprozesses der Einsatz von Erdgas durch Strom aus erneuerbaren Energien ersetzt. Die dabei erzeugte Wärme und der Wasserdampf fließen direkt in die Produktion der C:LIGHT Produkte ein – für weniger Emissionen bei gleichbleibender Qualität! Das macht uns zu Pionieren im Markt für Kalium- und Magnesiumprodukte.

C:LIGHT-Produkte mit 90 % weniger CO₂

Dank der bilanziellen Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien kann der CO₂-Fußabdruck der C:LIGHT-Produkte um bis zu 90 % – im Vergleich zu den konventionellen K+S-Produkten – reduziert werden. Die bilanzielle Zuordnung stellt sicher, dass die für die Produktion von C:LIGHT verwendete Energie, Wärme und der erzeugte Dampf nachweislich aus erneuerbaren Quellen stammen. Weitere Details zur Berechnung finden Sie hier: <https://www.kpluss.com/c-light>

Mit den C:LIGHT Produkten entscheiden Sie sich für CO₂-reduzierte Kalium- und Magnesiumdüngemittel, die Nachhaltigkeit und Ertragssicherheit miteinander vereinen.

Korn-KALI®

KALIMOP®

KALISOP®

ESTA® Kieserit

K+S Minerals and Agriculture GmbH

Ein Unternehmen der K+S

www.kpluss.com •    K+S Agrar

Anteile an THG für eine 10ha
Rübenfläche in DE (75t/ha Ertrag)*



* Referenzwerte Düngung LKSH 2022.
Ermittlung der Werte basierend auf regulären
Nährstoffbedarfen und Bodengehaltsklasse C;
Rechner: Coolfarm Tool





PRÄZISE PROBENVORBEREITUNG

FÜR DIE LEBENS- UND FUTTERMITTELANALYTIK

- | **Repräsentative und homogene Proben:** für eine zuverlässige und reproduzierbare Analytik
- | **Auf jedes Material zugeschnitten:** Homogenisierung fettiger, feuchter, körniger oder faseriger Proben
- | **Schonende Verarbeitung:** damit Probeneigenschaften unverändert bleiben
- | **Effiziente Probenvorbereitung großer und kleiner Probenmengen**

www.retsch.com

