

Emissionen aus der Tierhaltung

Tagungsband 2026

Emissionen aus der Tierhaltung

23. Juni 2026

Tagungsband Nr. 2

Impressum

Herausgeber: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Fachbereich 3.7 - Tierzucht, Tierhaltung, Versuchswesen
Fachbereich 3.9 - Landtechnik, Energie, Bauen, Immissionsschutz
LUFA Nord-West - Institut für Boden und Umwelt
Redaktion: Jule Schättler, Lars Broer

© Oldenburg 2026

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	i
1. Verbundprojekt EmiMod: Weiterentwicklung von Emissionsmessung und -modellierung in Nutztierställen - Projektüberblick und aktueller Stand	1
Zusammenfassung	1
Einleitung und Zielstellung	1
Material und Methoden	2
Ergebnisse	3
Diskussion	3
Fazit	4
Förderhinweis	4
2. Neue Ansätze zur objektiven Beurteilung von Geruchsimmissionen an Außenklimaställen für Schweine	5
Kurzfassung	5
Einleitung	5
Bestehende Verfahren zur Geruchsbeurteilung	6
Entwicklung windgesteuerter Probenahmesysteme	6
Chemisch-analytische Charakterisierung von Geruchsfahnen	7
Ausbreitung von <i>p</i> -Kresol entlang der Geruchsfahne	7
Zusammenhang zwischen Stoffkonzentration und Geruchsintensität	8
Schlussfolgerungen und Ausblick	8
Danksagung	8
Literatur	9
3. Emissionsfaktoren für Ammoniak und Geruch bei alternativen Haltungsverfahren in der Mastschweinehaltung	10
Zusammenfassung	10
Einleitung	10
Ergebnisse für Ammoniak	10
Ergebnisse für Geruch	13
Empfehlungen zur Quellenmodellierung in Immissionsprognosen	14
Fazit und Schlussfolgerung	14
4. Verringerung der Emissionen durch Zuluftkonditionierung in der Hähnchenmast	15
5. Eminex® im Praxistest: Methanemissionen aus der Schweinehaltung reduzieren	27
Einleitung	27
Der Transparente Schweinemaststall als Versuchseinrichtung	27
Eminex® als Gülle-Aufbereitungshilfsmittel	27

Versuchsaufbau	27
Ergebnisse	28
Einordnung der Ergebnisse	30
Fazit	30
6. Die IED 2.0 und die europäischen Betriebsvorschriften in der Tierhaltung	31
Zusammenfassung	31
Wesentliche Anforderungen der Änderungsrichtlinie IED 2.0 aus der Sicht der Tierhaltungsanlagen	31
Umsetzung der Anforderungen bei Tierhaltungsanlagen	33
Organisation und Zeitplan des Informationsaustausches zur Ausarbeitung der Betriebsvorschriften	33
Inhalte und Grundlagen der geplanten Betriebsvorschriften	34
Literatur	35
7. Praxiserfahrungen mit der zielgasbasierten Funktionsprüfung von Abluftreinigungsanlagen – ein neuer Ansatz zur Bewertung der dauerhaften Funktionssicherheit	37
Einleitung	37
Erkenntnisse aus dem Projekt „Aratranzgut“	37
Grenzen der konventionellen Funktionsprüfung	37
Grundprinzip der zielgasbasierten Funktionsprüfung	38
Der Zeitanteil der ordnungsgemäßen Funktion	38
Praktische Umsetzung und erste Erfahrungen	39
Bedeutung für Betreiber und Überwachungsbehörden	39
Fazit	39
Danksagung	40
8. Reduktion von Ammoniakemissionen bei der Gülleausbringung am Beispiel des Modell- und Demonstrationsvorhaben Säure+ im Feld	41
Zusammenfassung	41
Einleitung	41
Material und Methoden	42
Ergebnisse	43
Diskussion	44
Fazit und Schlussfolgerung	45
Literatur	46

Abkürzungsverzeichnis

ARA	Abluftreinigungsanlage
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
eBTB	elektronische Betriebstagebücher
GVE	Großvieheinheit
MuD	Modell- und Demonstrationsvorhaben
N	Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
P	Phosphor
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TierHaltKennzG	Tierhaltungskennzeichnungsgesetz
TM	Trockenmasse
TP	Tierplatz
TS	Trockensubstanz
zFP	zielgasbasierte Funktionsprüfung

1. Verbundprojekt EmiMod: Weiterentwicklung von Emissionsmessung und -modellierung in Nutztierställen - Projektüberblick und aktueller Stand

ULRIKE WOLF¹

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Zusammenfassung

Belastbare Emissionsdaten bilden eine wichtige Grundlage für die Bewertung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung. Das Verbundprojekt EmiMod verfolgt das Ziel, Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in freigelüfteten Nutztierställen, Ausläufen und Güllelagern weiterzuentwickeln und für unterschiedliche Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Im Fokus des Vorhabens stehen die Emissionen von Ammoniak, klimawirksamen Gasen, Geruch und Bioaerosolen aus der Haltung von Milchkühen und Mastschweinen. Im Rahmen von EmiMod werden etablierte und alternative Messansätze kombiniert, durch Modellierungen, Strömungssimulationen und digitale Auswertungsverfahren ergänzt und hinsichtlich ihrer Eignung für unterschiedliche Untersuchungsfragestellungen betrachtet. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung vereinfachter Messkonzepte.

Neben den wissenschaftlichen und methodischen Ergebnissen entstehen im Projekt Grundlagen für einen abgestimmten Datenfluss von der Messdatenerfassung über die Aufbereitung und Qualitätssicherung bis zur Forschungsdatenpublikation. Die Ergebnisse werden auf einer EmiMod-Webplattform strukturiert zusammengeführt und für unterschiedliche Nutzergruppen zugänglich gemacht. Damit verbindet EmiMod die Weiterentwicklung der Emissionsmessung mit der nachhaltigen Bereitstellung von Wissen und Forschungsdaten.

Einleitung und Zielstellung

Eine belastbare Bewertung von Emissionen aus der Nutztierhaltung setzt geeignete Mess- und Bewertungsverfahren voraus. Gleichzeitig sollen Messungen möglichst effizient und mit vertretbarem technischem und organisatorischem Aufwand durchführbar sein. Die Erfassung von Emissionen aus freigelüfteten Ställen und Ausläufen stellt dabei eine besondere messtechnische Herausforderung dar. Hier setzt das Verbundprojekt EmiMod an. Im Verbund arbeiten neun Partnerinstitutionen mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten zusammen: das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB), die Landwirtschaftskammer Niedersachsen mit der LUFA Nord-West (LWK Niedersachsen / LUFA), die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, die Universität Hohenheim, die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, das Johann Heinrich von Thünen-Institut sowie die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

Durch die Bündelung von Kompetenzen aus Emissionsmessung, Tierhaltung, Modellierung, Datenmanagement und Digitalisierung sowie aus den Bereichen Arbeits- und Gesundheitsschutz werden die verschiedenen Aspekte der Emissionserfassung gemeinsam bearbeitet. Ziel ist die Weiterentwicklung und Vereinfachung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung diffuser Emissionen aus der Nutztierhaltung.

Untersucht werden die Emissionen von Ammoniak und klimawirksamen Gasen aus der Außenklimahaltung von Milchkühen und Mastschweinen mit Auslauf und aus Güllelagern. Geruch und Bioaerosole werden ergänzend betrachtet.

Die Arbeiten verbinden experimentelle Messungen mit Modellierung, Strömungssimulationen und digitalen Auswertungsverfahren. Neben der methodischen Weiterentwicklung verfolgt EmiMod das Ziel, die gewonnenen Erkenntnisse, Daten und Methoden strukturiert aufzubereiten und langfristig nutzbar zu machen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen verbinden etablierte Messmethoden mit alternativen und vereinfachten Ansätzen. An Forschungsstandorten werden Messstrategien für Milchviehställe und Mastschweineställe mit Auslauf sowie für Güllebehälter entwickelt und erprobt. Ergänzend werden ausgewählte Messmethoden an Praxisbetrieben untersucht, um ihre Übertragbarkeit unter realen betrieblichen Bedingungen zu prüfen.

Im Fokus des Projekts steht dabei die Vereinfachung und Reduzierung des Aufwands für Emissionsmessungen. Hierzu werden verschiedene Möglichkeiten betrachtet, darunter ein geringerer Aufbau- und Materialaufwand, der Einsatz kostengünstigerer Messtechnik sowie die Untersuchung räumlich begrenzter Bereiche, hier mit Messhauben. Ziel ist es, den technischen, materiellen und personellen Aufwand zu reduzieren und gleichzeitig eine für die jeweilige Untersuchungsfragestellung ausreichende Aussagequalität zu gewährleisten.

Während der Messwochen werden die verschiedenen Messmethoden parallel zu einer Referenzmessmethode eingesetzt. Dabei kommen für Ammoniak und klimawirksame Gase ein Open-Path-Laser, ein kompakter Messbaum, unterschiedliche Sensorsysteme und Haubenmessverfahren zum Einsatz. Als Referenzmethode dient die Tracer-Ratio-Methode. Die parallele Erfassung schafft eine Grundlage für die vergleichende Auswertung und die Einschätzung der mit den verschiedenen Ansätzen verbundenen Unsicherheiten.

Modellierungs- und Simulationsansätze ergänzen die experimentellen Arbeiten. Sie unterstützen unter anderem die Untersuchung von Strömungsverhältnissen, die Interpretation der Messdaten und die Planung von Messungen. KI-gestützte Verfahren werden beispielsweise für die automatisierte Auswertung von Bilddaten und die Erfassung von tier- und stallbezogenen Einflussgrößen eingesetzt. Die daraus resultierenden kontinuierlichen Datensätze werden wiederum für die Weiterentwicklung der Modelle genutzt.

Die in EmiMod eingesetzten Messmethoden werden anhand eines einheitlichen Kriterienkatalogs bewertet. Berücksichtigt werden dabei unter anderem Messunsicherheit bzw. Messgenauigkeit, technischer und personeller Aufwand, Kosten, Anforderungen an die Messdurchführung sowie die Praxistauglichkeit. Die Bewertung erfolgt stets im Hinblick auf die jeweilige Untersuchungsfragestellung, da sich die Anforderungen beispielsweise an die Ermittlung von Emissionsfaktoren, den Nachweis von Minderungsmaßnahmen oder ein Monitoring unterscheiden können. Ziel ist keine allgemeine Rangfolge der Methoden, sondern eine nachvollziehbare Einordnung ihrer Eignung für unterschiedliche Anwendungsfälle.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeitsweise im Projekt liegt in der strukturierten Verarbeitung der entstehenden Forschungsdaten. Dafür werden Prozesse von der Datenerfassung über Aufbereitung und Qualitätssicherung bis zur Bereitstellung und Publikation abgestimmt. Ziel ist ein durchgängiger und nachvollziehbarer Datenfluss, der eine effiziente Nutzung der Daten innerhalb des Projekts ebenso unterstützt wie deren spätere Nachnutzung.

Ergebnisse

Die ersten umfangreichen gemeinsamen Messkampagnen wurden an drei Forschungsstandorten durchgeführt und im Sommer 2026 abgeschlossen. Dabei wurden Messdaten unter verschiedenen Betriebs- und Umweltbedingungen erhoben. Die Messungen an Forschungsstandorten werden ab Sommer 2026 durch Untersuchungen an Praxisbetrieben ergänzt.

Die gewonnenen Messdaten bilden die Grundlage für die weitere Auswertung und Modellierung. Durch die Kombination unterschiedlicher Messmethoden können die Bedingungen der Emissionserfassung umfassender betrachtet und die Eignung alternativer Ansätze für unterschiedliche Fragestellungen eingeordnet werden. Für diese Einordnung werden die eingesetzten Messmethoden anhand eines im Projekt entwickelten Kriterienkatalogs betrachtet. Die Bewertung berücksichtigt neben der Messunsicherheit bzw. Aussagequalität unter anderem Kosten, technischen und personellen Aufwand sowie die jeweiligen Anforderungen an die Messdurchführung. Die daraus resultierende Einordnung zeigt auf, welche Messmethoden sich für unterschiedliche Untersuchungsfragestellungen und Rahmenbedingungen eignen und unterstützt damit die Auswahl geeigneter Messstrategien.

Ein abgestimmter Datenflow beschreibt die Verarbeitung der Forschungsdaten von der Erfassung und Aufbereitung über die Qualitätssicherung bis hin zur Bereitstellung. Dadurch sollen Daten und Metadaten nachvollziehbar dokumentiert und für eine spätere Nutzung vorbereitet werden. Die Forschungsdaten werden entsprechend den Anforderungen an ein nachhaltiges Forschungsdatenmanagement für eine Veröffentlichung aufbereitet und in einem Fachrepository publiziert.

Ein wesentliches Projektziel ist zudem die Entwicklung einer EmiMod-Webanwendung. Sie dient dazu, die im Verbund erarbeiteten Informationen und Ergebnisse strukturiert zusammenzuführen und zugänglich zu machen. Neben den Ergebnissen der Messungen und Methodenbewertungen werden dort Methodenbeschreibungen, Hintergrundinformationen und weitere projektrelevante Inhalte bereitgestellt. Die Web-Anwendung soll damit nicht nur die Ergebnisse des laufenden Projekts dokumentieren, sondern eine langfristig nutzbare Wissensbasis schaffen und bildet damit eine Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung. Die aufbereiteten Inhalte sollen einen zielgruppengerechten Zugang zu den Projektergebnissen ermöglichen und damit deren Nutzung in Forschung, Beratung, Verwaltung und Praxis unterstützen. In Verbindung mit der Forschungsdatenpublikation entsteht so eine Kombination aus wissenschaftlich dokumentierten Daten und verständlich aufbereiteten Fachinformationen.

Diskussion

Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass die Weiterentwicklung von Emissionsmessungen bei natürlich belüfteten Ställen mehrere Ebenen umfasst. Neben der technischen Weiterentwicklung einzelner Messmethoden sind insbesondere die Auswahl geeigneter Messkonzepte, die Erfassung relevanter Einflussgrößen sowie die strukturierte Auswertung und Bewertung der Daten von Bedeutung.

Vereinfachungen können nicht isoliert anhand einzelner Messkomponenten bewertet werden. Entscheidend ist, ob ein Messkonzept die für die jeweilige Fragestellung erforderliche Aussage mit vertretbarem Aufwand ermöglicht. Je nach Zielsetzung können dabei unterschiedliche Anforderungen an Messumfang, zeitliche und räumliche Auflösung sowie die akzeptable Unsicherheit bestehen.

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden über die einzelnen Untersuchungen und Arbeitspakete hinaus zusammengeführt und aufbereitet. Damit geht EmiMod über die reine Entwicklung einzelner Messmethoden hinaus. Die Kombination aus wissenschaftlichen Ergebnissen, methodischen Bewertungen, abgestimmtem Datenmanagement und einer zentralen Webplattform schafft eine Grundlage für die nachhaltige Nutzung der Projektergebnisse.

Fazit

EmiMod verfolgt einen integrierten Ansatz zur Weiterentwicklung der Erfassung, Modellierung und Beurteilung von Emissionen aus natürlich belüfteten Nutztierställen. Für Ammoniak und klimawirksame Gase werden etablierte und alternative Messansätze untersucht, durch Modellierung und digitale Verfahren ergänzt und hinsichtlich ihrer Eignung für unterschiedliche Anwendungsbereiche betrachtet. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung praxistauglicher und möglichst aufwandsarmer Messkonzepte. Für Geruch und Bioaerosole stehen insbesondere Weiterentwicklungen für eine automatisierte und kontinuierliche Datenerhebung im Fokus.

Über die wissenschaftlichen und methodischen Ergebnisse hinaus entstehen im Projekt Strukturen für einen abgestimmten Datenfluss und eine nachhaltige Forschungsdatenpublikation. Die Projektergebnisse werden auf einer EmiMod-Webplattform gebündelt und für unterschiedliche Nutzergruppen zugänglich gemacht. Damit schafft das Projekt nicht nur Grundlagen für eine weiterentwickelte Emissionserfassung, sondern auch eine langfristig nutzbare Wissens- und Datenbasis für Forschung, Beratung, Verwaltung und landwirtschaftliche Praxis.

Förderhinweis

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 28N2065-01 bis -04 und 28N2065-06 bis 10.

2. Neue Ansätze zur objektiven Beurteilung von Geruchsimmissionen an Außenklimaställen für Schweine

LARS BROER¹, HERGEN HAASE¹, JAN BOELSEMS¹, MATHIAS WIETING¹, VALENTIN BARGMANN¹

¹ LUFA Nord-West, Institut für Boden und Umwelt

Kurzfassung

Die Bewertung von Geruchsimmissionen aus der Tierhaltung erfolgt derzeit über eine Kombination aus Emissionsmessungen mittels Olfaktometrie, Ausbreitungsrechnungen sowie Immissionsmessungen durch Raster- und Fahnenmessungen. Insbesondere die Bestimmung von Geruchsbelastungen und die Kalibrierung von Ausbreitungsmodellen sind mit erheblichem personellem Aufwand und einer hohen Abhängigkeit von meteorologischen Randbedingungen verbunden. Im Verbundprojekt *EmiMod* werden daher objektive Messverfahren entwickelt, die eine reproduzierbare Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen ermöglichen sollen. Zu diesem Zweck werden windgesteuerte Probenahmesysteme mit chemisch-analytischen Verfahren kombiniert. Zum Einsatz kommt dabei die thermische Desorption in Kopplung mit Gaschromatographie, Massenspektrometrie und Olfaktometrie (TD-GC-MS-O).

Erste Ergebnisse zeigen, dass charakteristische Geruchsstoffe wie *p*-Kresol geeignet sind, die Ausbreitung von Geruchsfahnen objektiv zu beschreiben. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten zur Weiterentwicklung bestehender Verfahren der Geruchsbewertung.

Schlüsselwörter: Geruchsemissionen, Schweinehaltung, Außenklimastall, Geruchsimmissionen, Fahnenmessung, Rastermessung, *p*-Kresol, TD-GC-MS-O, *EmiMod*

Einleitung

Geruchsemissionen aus Tierhaltungsanlagen sind ein wesentlicher Bestandteil immissionsschutzrechtlicher Genehmigungs- und Bewertungsverfahren. Zur Beurteilung der Geruchsbelastung kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, die unterschiedliche Aspekte der Geruchsausbreitung erfassen. Während Emissionsmessungen mittels dynamischer Olfaktometrie die Geruchsstofffreisetzung an einer Quelle quantifizieren, liefern Rastermessungen nach DIN EN 16841-1 die tatsächliche Geruchsbelastung am Immissionsort in Form von Geruchsstundenhäufigkeiten. Für die Planung neuer Anlagen werden Emissionsdaten als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen verwendet. Fahnenmessungen nach DIN EN 16841-2 dienen dabei insbesondere der Überprüfung und Kalibrierung dieser Ausbreitungsmodelle unter Praxisbedingungen.

Die etablierten Verfahren besitzen eine hohe fachliche Akzeptanz, sind jedoch mit verschiedenen Einschränkungen verbunden. Raster- und Fahnenmessungen sind personal- und zeitintensiv, stark von der Witterung abhängig und beruhen auf der Wahrnehmung geschulter Prüfpersonen. Darüber hinaus zeigen Untersuchungen, dass Ausbreitungsrechnungen die tatsächliche Geruchsbelastung häufig überschätzen.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das Verbundprojekt *EmiMod* das Ziel, objektive Messverfahren zur Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen zu entwickeln und die bestehenden Methoden sinnvoll zu ergänzen.

Bestehende Verfahren zur Geruchsbeurteilung

Die gegenwärtige Geruchsbewertung basiert auf dem Zusammenspiel mehrerer Verfahren. Die Emissionsmessung mittels Olfaktometrie dient der Bestimmung von Geruchsemissionen und liefert Emissionsraten als Eingangsgröße für Ausbreitungsrechnungen. Auf Basis dieser Daten wird die zu erwartende Geruchsbelastung für einen Immissionsort rechnerisch ermittelt.

Für bestehende Anlagen kann die Ermittlung der tatsächlichen Geruchsbelastung über Rastermessungen nach DIN EN 16841-1 erfolgen. Dabei wird durch regelmäßige Begehungen über einen längeren Zeitraum die Häufigkeit von Geruchswahrnehmungen bestimmt und daraus die Geruchsstundenhäufigkeit abgeleitet. Diese stellt die maßgebliche Kenngröße für die Bewertung der Geruchsbelastung dar.

Ergänzend werden Fahnenmessungen nach DIN EN 16841-2 durchgeführt. Ziel dieser Methode ist die Erfassung der räumlichen Ausdehnung einer Geruchsfahne. Geschulte Prüfer verfolgen die Fahne und dokumentieren deren Breite und Reichweite. Die Ergebnisse ermöglichen eine Überprüfung der berechneten Ausbreitung und dienen der Kalibrierung von Ausbreitungsmodellen.

Die Durchführung dieser Messungen ist jedoch mit erheblichem Aufwand verbunden. Neben den personellen Anforderungen wirken sich Windrichtungsänderungen, Niederschläge und weitere meteorologische Einflüsse unmittelbar auf die Messqualität aus. Zudem bleibt die menschliche Geruchswahrnehmung als Messinstrument grundsätzlich subjektiv.

Entwicklung windgesteuerter Probenahmesysteme

Ein zentraler Ansatz des Projektes *EmiMod* ist die Entwicklung eines windgesteuerten Probenahmesystems zur objektiven Erfassung von Geruchsfahnen. Der wesentliche Unterschied zu herkömmlichen Probenahmeverfahren besteht darin, dass die Probenahme ausschließlich dann erfolgt, wenn die Luftströmung vom Emittenten zum Messpunkt verläuft. Im vorliegenden Fall war der Emittent ein Außenklimastall beziehungsweise Versuchsstall für Schweine.

Das System erfasst kontinuierlich Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Befindet sich der Messpunkt innerhalb des vorab definierten Windsektors des Emittenten, wird automatisch eine Pumpe aktiviert und Luft über Adsorptionsröhrchen beprobt. Liegt die Windrichtung außerhalb dieses Bereichs, erfolgt keine Probenahme. Dadurch wird sichergestellt, dass ausschließlich Luftproben erfasst werden, die potenziell von der untersuchten Quelle beeinflusst wurden.

Neben der Gewinnung repräsentativer Luftproben erlaubt die kontinuierliche Aufzeichnung der Winddaten eine weitere wichtige Auswertung. Durch die Dokumentation der Windrichtung über längere Zeiträume kann die Häufigkeit bestimmt werden, mit der ein definierter Messpunkt innerhalb der Geruchsfahne liegt. Damit wird ein wichtiger Zusammenhang zwischen der räumlichen Ausbreitung einer Geruchsfahne und ihrer zeitlichen Auftretenshäufigkeit hergestellt. Diese Information ist insbesondere für die Weiterentwicklung objektiver Verfahren zur Beurteilung von Geruchsimmissionen von Bedeutung.

Das System arbeitet autark und zeichnet sämtliche Mess- und Betriebsdaten auf. Neben Windrichtung und Windgeschwindigkeit werden auch die Laufzeiten der Pumpe sowie die entnommenen Probenvolumina dokumentiert. Als Probenmedien können sowohl Adsorptionsröhrchen als auch Gasbeutel eingesetzt werden. Die robuste Bauweise ermöglicht einen langfristigen Einsatz unter Praxisbedingungen und bildet die Grundlage für die automatisierte Erfassung von Geruchsfahnen ohne den Einsatz menschlicher Prüfer.

Chemisch-analytische Charakterisierung von Geruchsfahnen

Zur Identifikation geruchsaktiver Stoffe wurde das Verfahren TD-GC-MS-O eingesetzt. Dabei werden die auf Adsorptionsmaterialien gesammelten flüchtigen Verbindungen zunächst thermisch desorbiert, anschließend chromatographisch getrennt, massenspektrometrisch identifiziert, quantifiziert und parallel olfaktometrisch bewertet.

Die Untersuchungen zeigten eine Vielzahl geruchsaktiver Verbindungen in Stallluft und Geruchsfahne. Hierzu zählten unter anderem *p*-Kresol, Buttersäure, Essigsäure, Pentansäure, Benzaldehyd und 2,3-Butandion. Mit zunehmender Entfernung vom Stall verringerte sich die Anzahl nachweisbarer Geruchskomponenten deutlich.

Besonders hervorzuheben ist *p*-Kresol. Dieser Stoff konnte entlang der gesamten untersuchten Fahne nachgewiesen werden. Aufgrund seiner charakteristischen Geruchseigenschaften gilt *p*-Kresol als potenzieller Marker zur Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen an Schweineställen.

Ausbreitung von *p*-Kresol entlang der Geruchsfahne

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Konzentrationen von *p*-Kresol in unterschiedlichen Entfernungen zum Stall bestimmt. Die Messungen erfolgten zeitgleich zu Fahnenbegehungen, um den Zusammenhang zwischen chemisch-analytisch erfassten Stoffkonzentrationen und der sensorisch bestimmten Geruchsfahne zu untersuchen.

In den ersten drei Messdurchgängen wurde der Versuchsstall unter Vollbelegung betrieben. Dabei konnte *p*-Kresol an allen Messpunkten bis zu einer Entfernung von 120 m nachgewiesen werden. Gleichzeitig zeigten die durchgeführten Fahnenmessungen, dass Geruchswahrnehmungen ebenfalls bis in diese Entfernungsbereiche auftraten. Die Konzentration von *p*-Kresol nahm mit zunehmender Entfernung kontinuierlich ab, der Stoff blieb jedoch entlang der gesamten untersuchten Geruchsfahne nachweisbar. Damit zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen den analytischen Befunden und den Ergebnissen der sensorischen Fahnenmessungen.

In den anschließenden Messdurchgängen vier und fünf wurde die Geruchsausbreitung unter veränderten Haltungsbedingungen untersucht. Hierbei konnte an den weiter vom Stall entfernten Messpunkten kein *p*-Kresol mehr nachgewiesen werden. Auch die parallel durchgeführten Fahnenmessungen ergaben in diesen Bereichen keine Geruchswahrnehmungen mehr. Somit zeigte sich erneut eine deutliche Übereinstimmung zwischen den analytischen und den sensorischen Verfahren.

Die Ursache hierfür liegt in den besonderen Bedingungen des Versuchsstalls. Die belegte Stallhälfte verfügte über ein Unterflurschiebersystem mit Harnrinne, wodurch der Harn unmittelbar aus dem Tierbereich entfernt wurde. Da *p*-Kresol zu den wichtigsten geruchsaktiven Verbindungen zählt, die aus dem Harn der Schweine entstehen, führte die Kot-Harn-Trennung zu einer deutlichen Verminderung der *p*-Kresol-Emissionen. Gleichzeitig war die zweite Stallhälfte mit Spaltenboden und Güllekeller nicht belegt und trug somit nicht zur Geruchsentstehung bei. Die verringerte Nachweisbarkeit von *p*-Kresol in größeren Entfernungen spiegelt daher die reduzierte Emissionssituation wider.

Die Ergebnisse zeigen, dass *p*-Kresol die räumliche Ausdehnung der durch Fahnenmessungen bestimmten Geruchsfahne sehr gut abbilden kann. Damit besitzt dieser Stoff ein hohes Potenzial als objektiv messbarer Marker zur Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen aus der Schweinehaltung. Gleichzeitig wird deutlich, dass emissionsmindernde Verfahren wie die Kot-Harn-Trennung die Ausbreitung charakteristischer Geruchsstoffe wirksam reduzieren können.

Zusammenhang zwischen Stoffkonzentration und Geruchsintensität

Bereits frühere Untersuchungen konnten einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Konzentration von *p*-Kresol und der wahrgenommenen Geruchsintensität nachweisen. Vetter und Kowalewsky berichten in ihrer Untersuchung zur Ausbreitung von Geruchsemissionen aus Schweine- und Hühnerhaltungsbetrieben, dass die *p*-Kresol-Konzentration mit zunehmender Geruchsintensität kontinuierlich anstieg. Dabei wurde eine vergleichsweise starke Korrelation zwischen analytisch bestimmter Konzentration und sensorisch bewerteter Geruchsintensität ($r = 0,8$) festgestellt. Die Autoren folgern daraus, dass *p*-Kresol bei ausreichender analytischer Empfindlichkeit wertvolle Informationen zur Bewertung von Geruchsintensitäten liefern kann.

Auch die Ergebnisse des Projektes *EmiMod* weisen darauf hin, dass zwischen analytisch bestimmten Konzentrationen charakteristischer Geruchsstoffe und der menschlichen Geruchswahrnehmung ein enger Zusammenhang besteht. Insbesondere die Übereinstimmung zwischen den Fahnenmessungen und den entlang der Geruchsfahne gemessenen *p*-Kresol-Konzentrationen spricht dafür, dass *p*-Kresol als objektiver Markerstoff zur Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen geeignet sein kann.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Bewertung von Geruchsemissionen aus der Tierhaltung basiert derzeit auf etablierten Verfahren, die mit erheblichem Aufwand und subjektiven Einflüssen verbunden sind. Rastermessungen liefern die tatsächliche Geruchsbelastung bestehender Anlagen, während Fahnenmessungen der Überprüfung und Kalibrierung von Ausbreitungsrechnungen dienen. Beide Verfahren erfordern jedoch einen hohen personellen Einsatz.

Die im Projekt *EmiMod* entwickelten windgesteuerten Probenahmesysteme und chemisch-analytischen Untersuchungsmethoden zeigen, dass Geruchsausbreitungsprozesse objektiv erfasst und beschrieben werden können. Insbesondere *p*-Kresol erwies sich als vielversprechender Markerstoff zur Charakterisierung von Geruchsfahnen von Schweineställen mit Auslauf.

Die Ergebnisse legen nahe, dass zukünftige Messsysteme die bislang erforderlichen Fahnenbegehungen zur Kalibrierung von Ausbreitungsrechnungen ergänzen oder teilweise ersetzen könnten. Gleichzeitig bieten sie die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen Emission, Ausbreitung und der durch Rastermessungen bestimmten Geruchsbelastung besser zu beschreiben. Damit kann ein wichtiger Beitrag zu einer objektiveren, reproduzierbareren und wissenschaftlich fundierten Geruchsbewertung geleistet werden.

Neben der Anwendung in der Schweinehaltung eröffnet der entwickelte Messansatz grundsätzlich auch Perspektiven für andere Tierarten und Haltungsverfahren. Die Kombination aus windgesteuerter Probenahme, kontinuierlicher Erfassung der Windrichtung und chemisch-analytischer Charakterisierung von Geruchsfahnen stellt einen universellen Ansatz zur objektiven Beschreibung von Geruchsausbreitungsprozessen dar. Zukünftige Untersuchungen sollen daher prüfen, inwieweit die Methodik auf weitere Tierhaltungsverfahren übertragen werden kann.

Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Verbundprojekts *EmiMod – Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in Nutztierställen* durchgeführt. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMELH) im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms „Klimaschutz in der Landwirtschaft“ gefördert. Die Autoren danken dem BMELH für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens.

Literatur

Vetter, H.; Kowalewsky, H. H. (1980): Untersuchung zur Ausbreitung von Geruchsemissionen aus Schweine- und Hühnerhaltungsbetrieben. Abschlussbericht 1977–1980. Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der LWK Weser-Ems - unveröffentlicht -

DIN EN 16841-1:2017-03. Außenluft – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Teil 1: Rastermessung; Deutsche Fassung EN 16841-1:2016. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

DIN EN 16841-2:2017-03. Außenluft – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Teil 2: Fahnenmessung; Deutsche Fassung EN 16841-2:2016. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

3. Emissionsfaktoren für Ammoniak und Geruch bei alternativen Haltungsverfahren in der Mastschweinehaltung

Vollzugshilfe - LANUK-Arbeitsblatt 56

NILS REHMANN¹

¹ Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK NRW)

Zusammenfassung

Mit dem LANUK-Arbeitsblatt 56 „Emissionsfaktoren für Ammoniak und Geruch bei alternativen Haltungsverfahren in der Mastschweinehaltung“ wurde in Nordrhein-Westfalen eine Vollzugshilfe entwickelt, die eine einheitliche Behandlung im Genehmigungsverfahren sicherstellen soll. Dies gilt zumindest für den Zeitraum, bis bundesweit einheitliche Vorgaben oder abgestimmte Empfehlungen, beispielsweise im Rahmen einer Fortschreibung der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1, zur Verfügung stehen. Die Vollzugshilfe enthält Vorgaben zur Ermittlung von Emissionsfaktoren für den Luftschadstoff Ammoniak (NH₃) sowie für Geruchsstoffe aus der Mastschweinehaltung, insbesondere zur Verwendung als Eingangsdaten für Ausbreitungsberechnungen in Immissionsprognosen. Verfügen Ställe über einen Auslauf, sind sowohl der Stall als auch der Auslauf als potenzielle Emissionsquellen zu berücksichtigen. Der Emissionsfaktor für Ammoniak wird mithilfe von Änderungsfaktoren ermittelt. Hierfür sind die für den geplanten Stall zutreffenden Änderungsfaktoren zu bestimmen, aus denen der vorhabenspezifische Emissionsfaktor berechnet wird. Die Vollzugshilfe umfasst derzeit fünf Änderungsfaktoren. Für Geruch werden in Abhängigkeit vom Flächenangebot je Tierplatz pauschale Emissionsfaktoren für den Stall festgelegt. Darüber hinaus enthält die Vollzugshilfe Empfehlungen zur Modellierung von Ammoniak- und Geruchsemissionen im Rahmen der Ausbreitungsrechnung.

Einleitung

In der aktuellen Diskussion über die Nutztierhaltung in Deutschland und deren zukünftige Entwicklung werden Maßnahmen zur Verbesserung des Tierschutzes und Tierwohls gefordert, die unter anderem bauliche Veränderungen an Stallgebäuden umfassen. Hierzu zählen insbesondere eine größere nutzbare Fläche je Tier, Außenklimakontakt sowie Auslaufmöglichkeiten.

Vor dem Hintergrund der bestehenden immissionsschutzrechtlichen Anforderungen ergibt sich hieraus in der Praxis ein Prüf- und Beurteilungsbedarf, der mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Ursächlich hierfür ist unter anderem, dass für die Vielzahl neuer tierwohlgerechter Haltungssysteme derzeit keine hinreichend belastbaren, haltungsartspezifischen Emissionsfaktoren zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grund wurde in Nordrhein-Westfalen unter Federführung des LANUK NRW ein Expertengremium eingerichtet, das sich auf Landesebene mit dieser Thematik befasst. Ziel war es, den Genehmigungsbehörden eine einheitliche Vorgehensweise aufzuzeigen und sie bei deren Umsetzung zu unterstützen.

Ergebnisse für Ammoniak

Der Emissionsfaktor für Ammoniak wird mithilfe von Änderungsfaktoren ermittelt. Hierfür sind die für den geplanten Stall zutreffenden Änderungsfaktoren zu bestimmen, aus denen der vorhabenspezifische Emissionsfaktor berechnet wird. Die Vollzugshilfe umfasst derzeit die folgenden fünf Änderungsfaktoren.

- Änderungsfaktor aufgrund der Fütterung (f_F)
- Änderungsfaktor gemäß der Fläche pro Tierplatz (f_A)
- Änderungsfaktor für den Verschmutzungsgrade der Fläche (f_V)
- Änderungsfaktor gemäß Überdachung des Auslaufs (f_D)
- Änderungsfaktor bei einer Kot-Harn-Trennung (f_{KHT})

Bei der Ermittlung des vorhabenspezifischen Emissionsfaktors ist jeder Änderungsfaktor zu verwenden. Falls keine Informationen vorliegen oder das Modul nicht angewendet wird, ist der Faktor mit $f = 1,0$ anzusetzen.

Daher wird die Ermittlung des Ammoniak-Emissionsfaktors in der Vollzugshilfe als modulares Konzept verstanden. Somit sollen möglichst viele Ausgestaltungen von alternativen Haltungsverfahren in der Mastschweinehaltung mit dem Konzept abgebildet werden können. Ställe zur Mastschweinehaltung können dabei folgenden Typen zugeordnet werden:

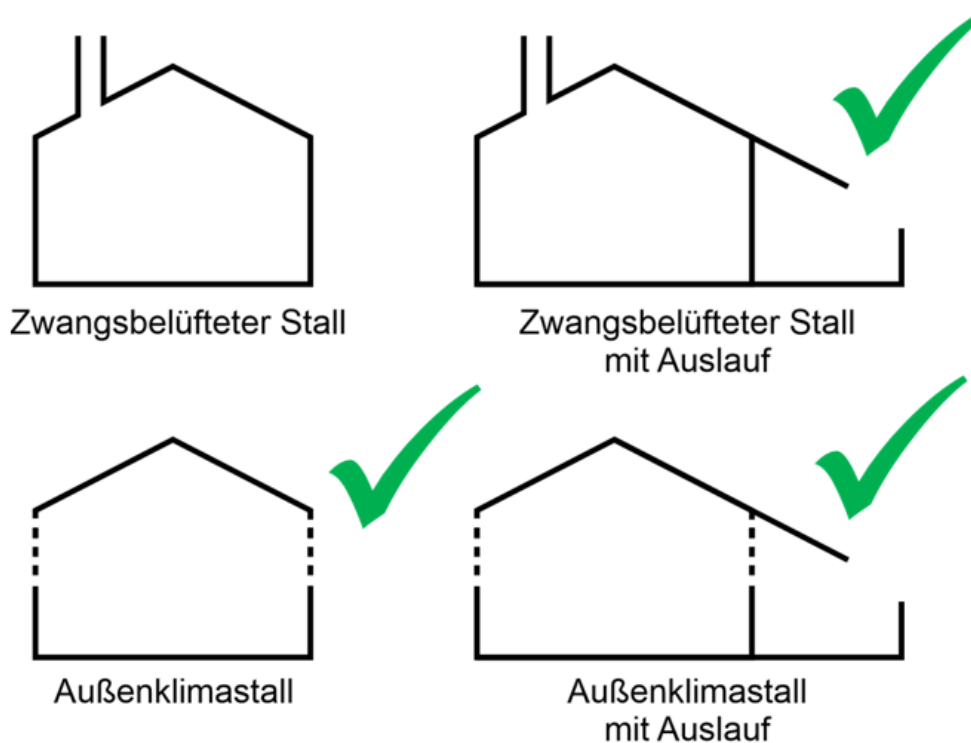


Abbildung 1: Verschiedene Stalltypen in der Mastschweinehaltung

Grundsätzlich kann mit dem Konzept für alle in der Abbildung 1 dargestellten Stalltypen der vorhabenspezifische Emissionsfaktor für Ammoniak ermittelt werden. Als alternative Haltungsverfahren in der Mastschweinehaltung werden dabei die mit grünem Haken gekennzeichneten Haltungsverfahren verstanden. Bei der Ermittlung des haltungsspezifischen Emissionsfaktors ist darüber hinaus die in einem Genehmigungsantrag angegebene Tierhaltung einem der in der VDI 3894 Blatt 1 enthaltenen Haltungsverfahren samt dem damit verbundenen Ammoniak-Emissionsfaktor zuzuordnen. Dies sind bei der weiteren Ermittlung die jeweiligen Basiswerte. Für Ausläufe ist als Basiswert einer der Emissionsfaktoren für Außenklimaställe anzusetzen, abhängig vom Entmistungsverfahren. Für ein spezifisches Haltungsverfahren, welches sich aus verschiedenen Modulen zusammensetzt, wird der haltungsspezifische Emissionsfaktor für die beantragte Tierhaltung durch Multiplikation der Basiswerte mit den Änderungsfaktoren ermittelt. Dabei gilt für die Stalltypen mit Auslauf, dass in der Regel Quellstärken für zwei Emissionsquellen kalkuliert werden müssen: Zum einen der Innenbereich des Stalls und zum anderen der Auslauf. Bei Außenklimaställen mit Auslauf gilt dies nur, wenn es eine bauliche Trennung zwischen Innenbereich und Auslauf gibt. Andernfalls ist er wie ein reiner

Außenklimastall als solitäre Emissionsquelle zu betrachten. Für jede Emissionsquelle wirken die entsprechenden Änderungsfaktoren getrennt voneinander. Für die Gesamtemissionen E_{ges} wird der haltungsspezifische Emissionsfaktor noch mit der Anzahl der Tierplätze multipliziert. Es gilt grundsätzlich:

$$\blacksquare E_{\text{ges}} = (EF_{\text{Innen}} \cdot f_{x1} \cdot f_{x2} \cdot \dots \cdot f_{xy} + EF_{\text{Auslauf}} \cdot f_{x1} \cdot f_{x2} \cdot \dots \cdot f_{xy}) \cdot TP$$

■ mit f = Änderungsfaktor

■ EF = Emissionsfaktor (Basiswerte); für Stalltypen ohne Auslauf ist $EF_{\text{Auslauf}} = 0$

■ TP = Tierplätze

Eine besondere Bedeutung innerhalb des Konzepts kommt den Änderungsfaktoren für die Fläche je Tierplatz (f_A) und den Verschmutzungsgrad der Fläche (f_v) zu. Beide Faktoren wirken nicht unabhängig voneinander, sondern sind im Zusammenhang zu betrachten.

Der Änderungsfaktor f_A wird aus der je Tierplatz verfügbaren Fläche abgeleitet. Dabei wird zunächst angenommen, dass mit zunehmender Fläche auch die potenziell emissionswirksame Oberfläche zunimmt und somit höhere Ammoniakemissionen auftreten. Es wird daher ein proportionaler Zusammenhang zwischen der Fläche je Tierplatz und den Ammoniakemissionen unterstellt. Als Bezugsgröße dient die gesetzlich vorgeschriebene Mindestfläche von 0,75 m² je Tierplatz, die zugleich der Herleitung der Emissionsfaktoren in der VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1 zugrunde liegt. Daraus ergibt sich für den Änderungsfaktor:

$$f_A = \frac{\text{Fläche pro Tierplatz}}{0,75 \text{ m}^2}$$

Bei Stallsystemen mit Auslauf ist der Änderungsfaktor f_A getrennt für den Innenbereich und den Auslauf anhand der jeweils zur Verfügung stehenden Flächen zu bestimmen. Entsprechend führt ein zunehmendes Flächenangebot zunächst zu einer Vergrößerung der emissionswirksamen Oberfläche und damit zu höheren Ammoniakemissionen.

Nach VDI 3894 Blatt 1 führen Haltungsverfahren, die getrennte Funktionsbereiche (z. B. Aktivitäts-, Liege- und Kot-Harn-Bereich) ermöglichen, zu einer Verringerung der verschmutzten und damit emissionsrelevanten Oberflächen. Dies hat eine Reduzierung der Ammoniakemissionen zur Folge. Dieser Zusammenhang wird durch den Änderungsfaktor für den Verschmutzungsgrad der Fläche f_v beschrieben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Mastschweine eine räumliche Trennung der Funktionsbereiche erst ab einem ausreichend großen Platzangebot je Tierplatz selbstständig ausbilden. In der Vollzugshilfe wird für Mastschweine eine Trennung der Funktionsbereiche ab einer Mindestfläche von 1,3 m² je Tierplatz angenommen. Diese Annahme orientiert sich an dem Tierhaltungskennzeichnungsgesetz (TierHaltKennzG) vom 17.08.2023, Anlage 4, Abschnitt III („Haltungsform Frischluftstall“), Satz 1 Nummer 1 Buchstabe c). Die Mindestfläche von 1,3 m² je Tierplatz gilt für alle Stalltypen. Bei Stalltypen mit Auslauf muss diese Gesamtfläche mindestens 0,4 m² Auslauffläche je Tierplatz umfassen; die Auslauffläche ist somit Bestandteil der Mindestfläche von 1,3 m² je Tierplatz und kommt nicht zusätzlich hinzu.

Die Ermittlung des Änderungsfaktors für den Verschmutzungsgrad der Fläche f_v unterscheidet sich zwischen Stalltypen mit und ohne Auslauf. Hintergrund ist, dass bei Stalltypen mit Auslauf zwei potenzielle Emissionsquellen, der Innenbereich und der Auslauf, zu berücksichtigen sind. Das zugrunde liegende Prinzip ist jedoch in beiden Fällen identisch. Wird die jeweils erforderliche Mindestfläche eingehalten, wird davon ausgegangen, dass sich die Verschmutzung im Wesentlichen auf den Kot-Harn-Bereich konzentriert. Im Konzept wird deshalb als emissionsrelevante Fläche lediglich der Kot-Harn-Bereich mit einer Größe von 0,40 m² je Tierplatz berücksichtigt. Die hierdurch reduzierte

emissionsrelevante Fläche wird über den Änderungsfaktor f_v abgebildet. Wird die erforderliche Mindestfläche hingegen nicht eingehalten, wird $f_v = 1,0$ angesetzt. In Kombination mit dem Änderungsfaktor f_A führt dies bei größeren Flächenangeboten als $0,75 \text{ m}^2$ pro Tierplatz zunächst zu höheren Ammoniakemissionen, da die gesamte Tierplatzfläche als potenziell emissionsrelevante Oberfläche berücksichtigt wird.

Die konkrete Ermittlung des Änderungsfaktors f_v für die verschiedenen Stalltypen sowie die Berücksichtigung der jeweiligen Flächenanteile sind der Vollzugshilfe (LANUK-Arbeitsblatt 56) zu entnehmen.

Für die übrigen Änderungsfaktoren werden in der Vollzugshilfe Werte vorgegeben. In begründeten Einzelfällen kann hiervon abgewichen werden, sofern dies fachlich nachvollziehbar begründet wird. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn für ein Vorhaben nachweislich eine sehr stark nährstoffangepasste Fütterung vorgesehen ist. Nachfolgend sind die in der Vollzugshilfe enthaltenen Änderungsfaktoren mit den entsprechenden Werten aufgeführt.

Änderungsfaktor für die Fütterung f_F

Bei nährstoffangepasster Fütterung wird $f_F = 0,8$ angesetzt, andernfalls $f_F = 1,0$.

Änderungsfaktor für die Überdachung des Auslaufs f_D

Für nicht oder nur teilweise überdachte Ausläufe gilt $f_D = 1,3$. Bei vollständig überdachten Ausläufen wird $f_D = 1,0$ angesetzt.

Änderungsfaktor für die Kot-Harn-Trennung f_{KHT}

Bei Vorhandensein einer Kot-Harn-Trennung wird $f_{KHT} = 0,7$ angesetzt, ohne Kot-Harn-Trennung $f_{KHT} = 1,0$. Wird eine Technik zur Kot-Harn-Trennung eingesetzt, deren Minderungswirkung nachweislich über die zugrunde gelegte Annahme hinausgeht, kann ein entsprechend geringerer Änderungsfaktor $f_{KHT} < 0,7$ angesetzt werden.

Ergebnisse für Geruch

Die Ermittlung der Geruchsemissionsfaktoren erfolgte auf Grundlage von Fahnenbegehungen an drei alternativen Mastschweineställen im Zeitraum von 2019 bis 2023. Auf Basis der Ergebnisse der Fahnenbegehungen wurden mithilfe von AUSTAL Rückrechnungen der Quellstärken durchgeführt. Aus den so ermittelten Quellstärken konnten anschließend Geruchsemissionsfaktoren abgeleitet werden.

Nach dem derzeitigen Stand des Wissens lassen sich für Geruch keine ausreichend belastbaren Zusammenhänge zwischen den zu erwartenden Emissionen und einzelnen Modulen tierwohlgerechter Haltungsverfahren herstellen, wie sie für die Bewertung der Ammoniakemissionen verwendet werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Geruchsemissionen pauschal verringern, wenn die in der Vollzugshilfe festgelegten Mindestanforderungen an das Flächenangebot je Tierplatz für den jeweiligen Stalltyp erfüllt werden (siehe oben). Bei den untersuchten Ställen konnte mit zunehmendem Flächenangebot eine klare Ausbildung von Funktionsbereichen beobachtet werden. Dadurch beschränkte sich die emissionsrelevante Fläche weitgehend auf den Kot-Harn-Bereich („Schweinetoilette“). Fehlte eine solche Strukturierung, vergrößerte sich die verschmutzte Fläche und führte entsprechend zu höheren Geruchsemissionen.

Sind die Voraussetzungen für die Ausbildung von Funktionsbereichen erfüllt, kann für den Stall ein Geruchsemissionsfaktor von $30 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ angesetzt werden. Analog zur Ermittlung der Ammoniakemissionen wird bei Stalltypen mit Auslauf zwischen den Emissionsquellen „Innenbereich“ und „Auslauf“ unterschieden. In der Ausbreitungsrechnung wird für den Innenbereich jedoch keine

Geruchsquellstärke angesetzt ($0 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$); die gesamte Geruchsemission wird dem Auslauf zugeordnet.

Werden die Mindestanforderungen an das Flächenangebot hingegen nicht eingehalten, ist aufgrund der zu erwartenden fehlenden beziehungsweise nicht dauerhaft ausgeprägten Funktionsbereiche von einer Zunahme der verschmutzten und damit geruchsemittierenden Flächen auszugehen. Hieraus ergibt sich gegenüber dem Konventionswert der VDI 3894 Blatt 1 eine Erhöhung des Geruchsemissionsfaktors um 10 % auf $55 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$. Bei Stalltypen mit Auslauf werden die Emissionen auf die beiden Emissionsquellen aufgeteilt. Dabei sind für den Innenbereich $25 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ und für den Auslauf $30 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ anzusetzen.

Empfehlungen zur Quellenmodellierung in Immissionsprognosen

Während die Abluftableitbedingungen des Innenbereichs weitgehend unverändert in die Ausbreitungsrechnung übernommen werden können, sollte der Auslauf als zusätzliche Emissionsquelle berücksichtigt werden. Hierfür wird empfohlen, den Auslauf entsprechend seiner baulichen Ausdehnung als Volumenquelle zu modellieren. In vertikaler Richtung sollte sich die Quellenmodellierung vom Boden bis zur Traufhöhe des Stalles erstrecken. Bei überdachten Ausläufen wird empfohlen, die Oberkante der Überdachung als Quellenoberkante anzusetzen. Dies gilt auch für Außenklimaställe mit Auslauf, unabhängig davon, ob zwischen Stall und Auslauf eine bauliche Trennung besteht.

Eine weitergehende Anpassung der Ausbreitungsmodellierung an die örtlichen Gegebenheiten, beispielsweise durch die Berücksichtigung von Gebäudestrukturen in einem digitalen Gebäudemodell, ist möglich. Hieraus kann sich auch die Notwendigkeit ergeben, die Quellmodellierung entsprechend anzupassen. Solche Abweichungen von den allgemeinen Empfehlungen sollten im Rahmen der Immissionsprognose nachvollziehbar begründet und dokumentiert werden.

Fazit und Schlussfolgerung

Die in der Vollzugshilfe vorgeschlagene Vorgehensweise ermöglicht eine realitätsnähere Ermittlung von Ammoniakemissionen aus tierwohlgerechten Haltungssystemen. Durch die Berücksichtigung wesentlicher Einflussgrößen können diese Haltungsverfahren im Rahmen immissionsschutzfachlicher Bewertungen sachgerechter abgebildet werden. Gleichzeitig lassen sich unnötige Überschätzungen der Emissionen und damit verbundene Einschränkungen im Genehmigungsverfahren vermeiden, ohne das erforderliche Schutzniveau des Immissionsschutzes zu beeinträchtigen.

4. Verringerung der Emissionen durch Zuluftkonditionierung in der Hähnchenmast

MAURICE ORTMANS¹

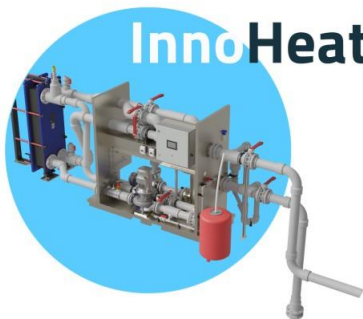
¹ Inno+ B.V.



Inno+ Konzepte



InnoClean



InnoHeat



InnoCool



Synergy+ für beste Resultate für das Tier und Umwelt

1. InnoClean: Emissionsreduzierung:

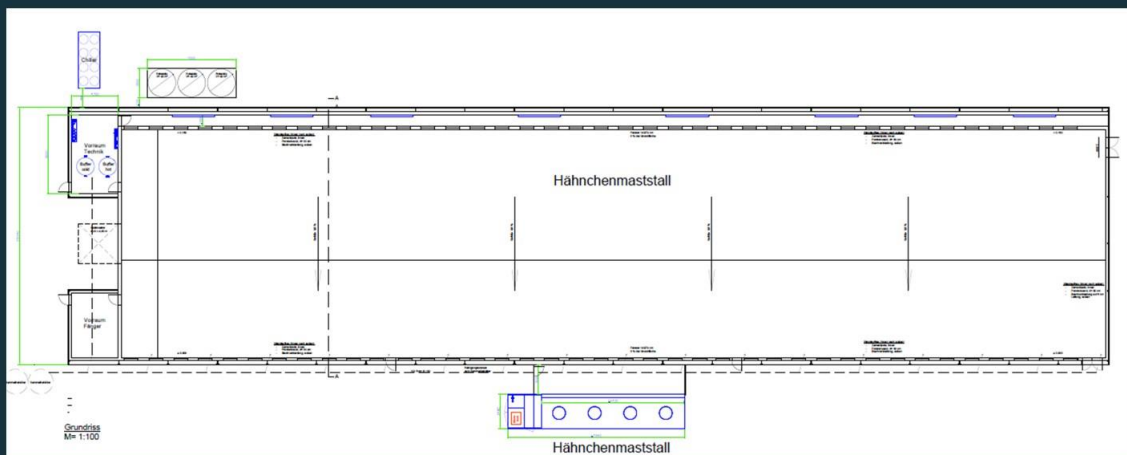
- Abluftwäscher vom Type:
- Pollo-M Chemisch - DLG



2. InnoHeat / InnoCool:

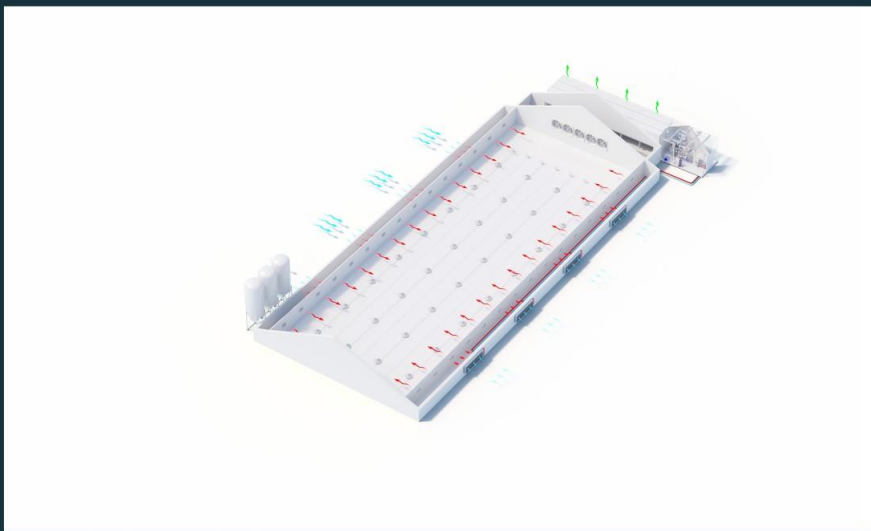
- Vorkonditionierung (Heizung) Zuluft über Wärmepumpe
- Vorkonditionierung (Heizung und Kühlen) Zuluft über Umkehrbare Wärmepumpe
- Heizung im Stall über Fußbodenheizung
- Kühlung über Fußboden

Möglichkeiten der Zuluftkonditionierung: Option 1



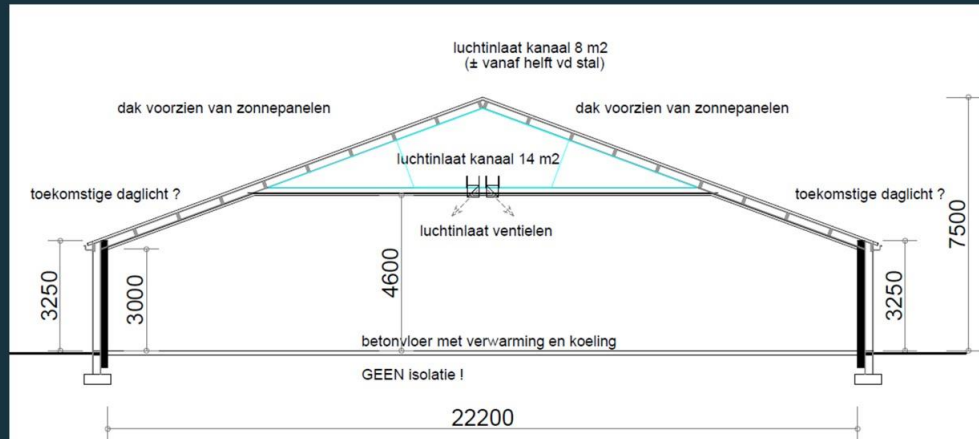


Möglichkeiten der Zuluftkonditionierung: Option 1



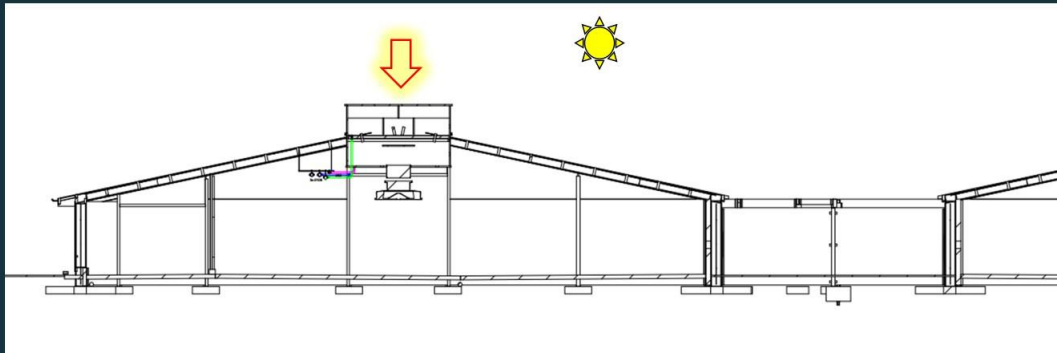
**Zuluftkanal an
beide Seiten
vom Stall**

Möglichkeiten der Zuluftkonditionierung : Option 2



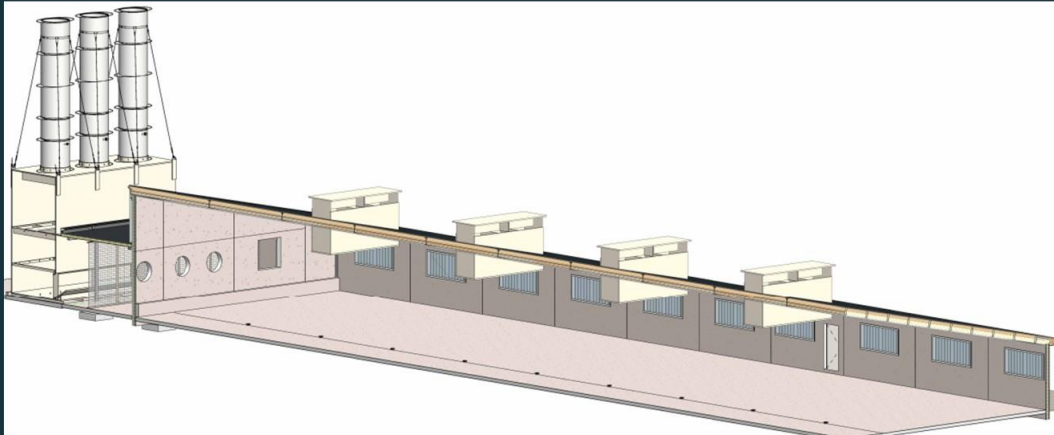
**Möglichkeit im Gleichdruck bei Auslauf
oder unterdruck ohne Auslauf**

Möglichkeiten der Zuluftkonditionierung : Option 3



Gleichdruck bei Auslauf

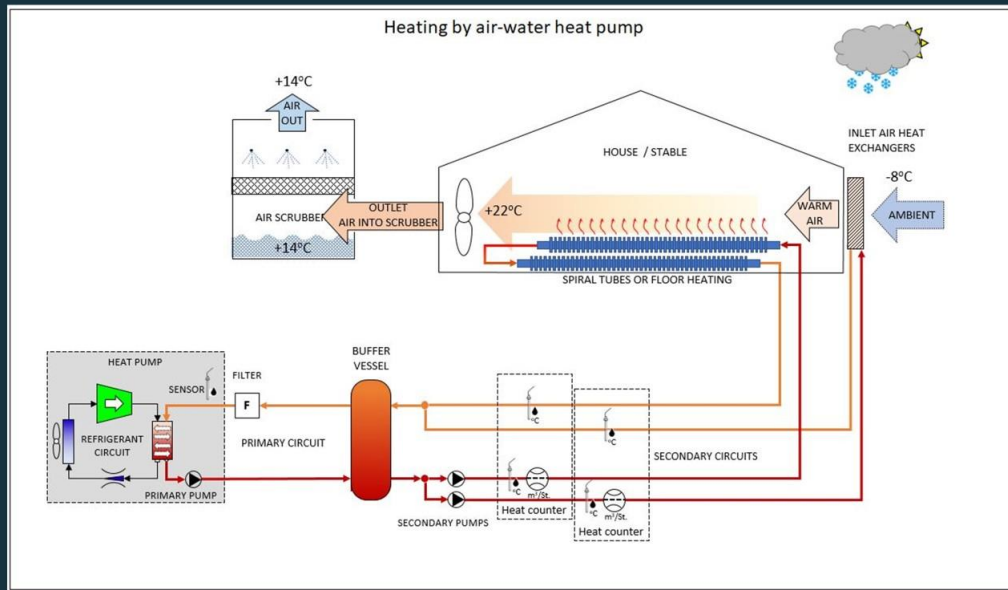
Zuluftkonditionierung über Zuluft Boxen (Heizen / Kühlen)



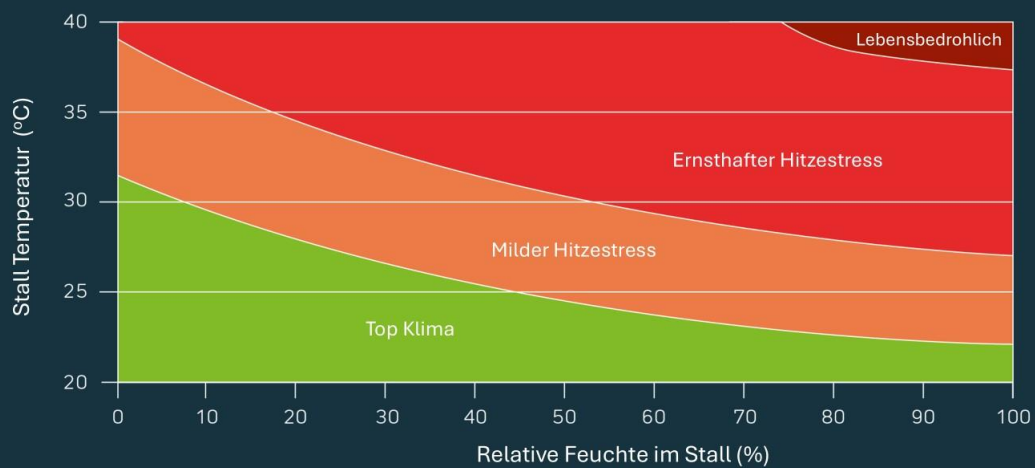
Auslegung Heizung mit Wärmepumpe bei -8°C

1. Stall Fläche: 2.000 m²
2. Heizungsbedarf: 100 – 125 Watt/m²
3. Wärmepumpe: 200 kW

Tagnummer [-]	#Tieren [-]	Gewicht [gram]	Stall Temp [°C]	Zuluft Temp Zuheizung [°C]
1	35000	45	34	34,0
3	35000	90	33	30,0
7	35000	180	31	25,0
14	35000	470	27	18,0
21	35000	920	25	12,0
28	35000	1480	22	7,0
34	35000	2000	21	5,0
35	25000	2100	21	6,1
42	25000	2800	21	5,2



Hitzestress am Tier: Ein wachsendes Problem!



Auslegung Beispiel mit Kühlung

1. Stall Fläche: 2.000 m²
2. Max. 35 kg/m²
3. Max. 35.000 Tiere oder 70.000 kg Lebendgewicht im Stall
4. Benötigter Luftbedarf nach TierSchNutzV 4,5 m³/kg = 315.000 m³/h
5. Luftwäscher Variante 1: Standard im Turm: 220.500 m³/h über Wäscher (70% über Wascher)
6. Luftwäscher Variante 2: Standard mit Kühlung
 1. Voraussetzung mit aktiver Kühlung - Auswahl der max. Kühlleistung ~430 kW_{th}
 2. Nach 25% Ausstallung: 26.250 Tiere x 3,4 m³/h je Tier = 89.250 m³/h
 3. Lüftung pro Tier: abhängig von gewählte maximale Stalltemperatur)
 4. 100 % von die Lüftung über Wäscher

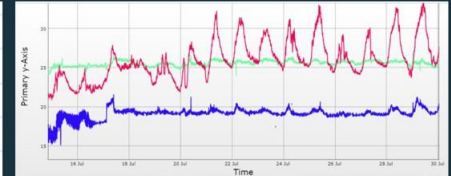
Dimensionierung Kühlung Bei Außenkondition von: 29°C / 50 % R.F.

Stall Temperatur	Stall Feuchte	Hitze-stress Indikator	Zuluft Temperatur	m ³ /h je Tier (Lüftungs-leistung)	m ³ /h Total (Lüftungs-leistung)	Kühl-Leistung (Reversible Wärmepumpe)
26°C	82,8%	25,1	19°C	2,45	86.000	283
24°C	84,1%	23,5	18°C	3,4	120.000	435
22°C	86,4%	21,3	17°C	4,6	170.000	774

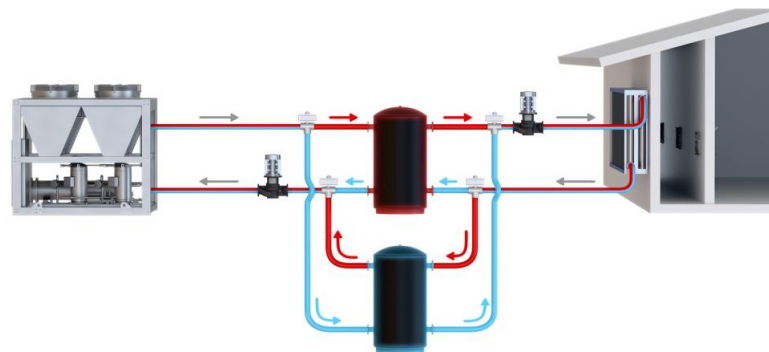
Auslegung Kühlung mit Umkehrbare Wärmepumpe bei 29°C

1. Stall Fläche: 2.000 m²
2. Kühlungsbedarf: 435 kW

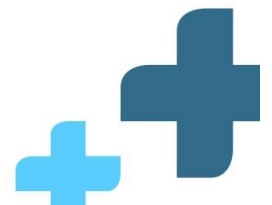
Tagnummer [-]	#Tiere [-]	Gewicht [gram]	Stal. Temp [°C]	Zuluft Temp Kühlung [°C]
1	35000	45	34	34,0
3	35000	90	33	32,0
7	35000	180	31	32,0
14	35000	470	27	20,6
21	35000	920	25	18,9
28	35000	1480	24,5	18,6
34	35000	2100	25	17,2
35	25000	2000	24	17,0
42	25000	2800	24,6	17,1



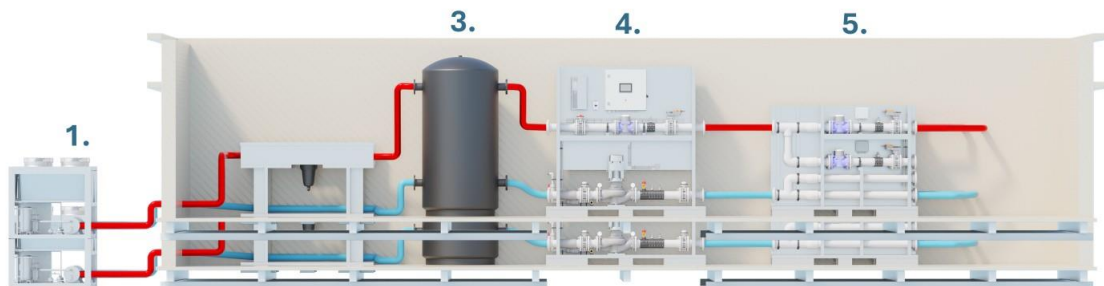
Heizungs- und Kühlungskonzept



INNO⁺



Komponenten des Systems:



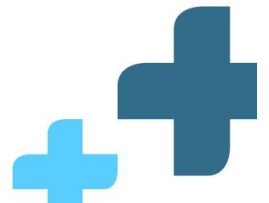
1. Wärmepumpe / Kältemaschine
2. Filtereinheit
3. Puffertank
4. Steuer- und Pumpeneinheit
5. Verteileinheit bei mehreren Ställen

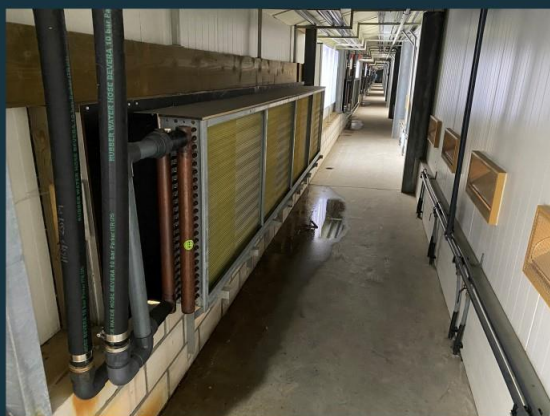
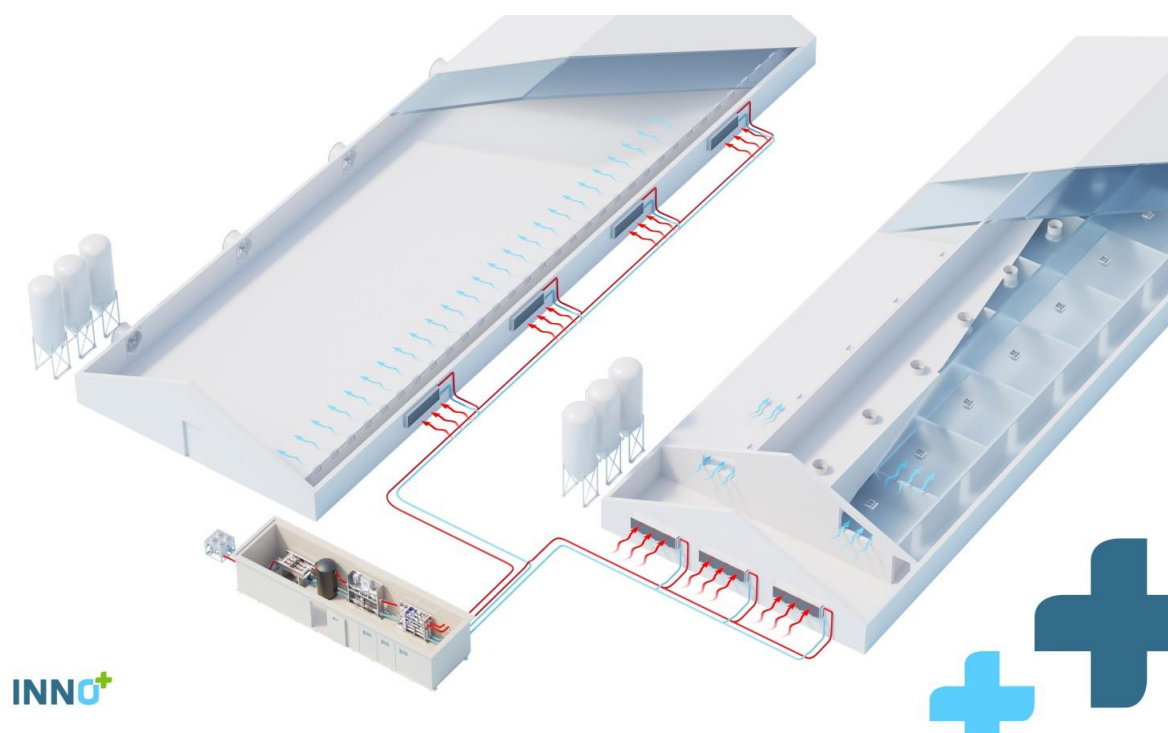
INNO⁺



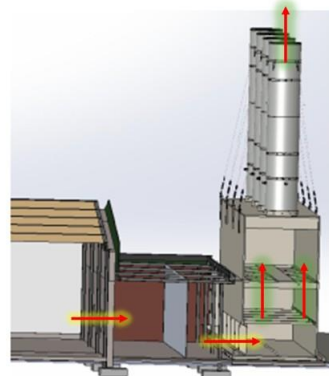
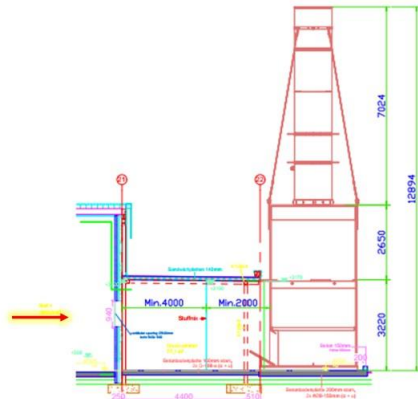
Umkehrbare Wärmepumpe /
Kältemaschine

INNO⁺

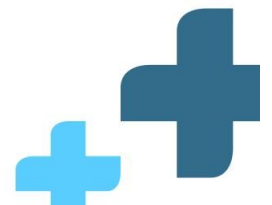
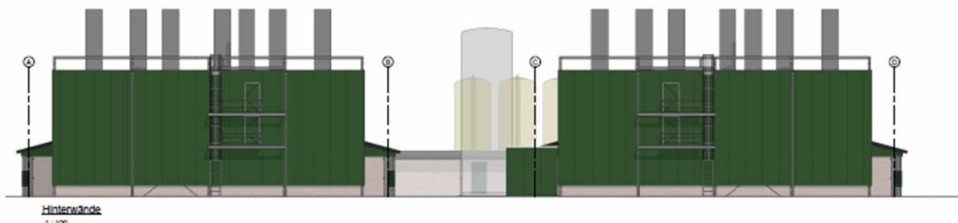




Abluftreinigung über Kunststoff Modulen



Entscheidungsfindung - so – oder so mit Synergy⁺ ?



Fazit:

- Neue Konzepte für heutige Ansprüche
- Konzepten ohne Öl / Gas, aber basiert auf 100% Elektrizität
- Wichtig: was kostet Strom / Öl / Gas pro kWh
- Ganzjährig gutes Stallklima
 - Verbesserte Futteraufnahme
 - Verbessertes Stallklima auch für den Betreiber!
 - Kürzere Mastzeit und weniger Futter,- Hitzestress
 - Weniger Tierverluste
 - Mit Erneuerbaren Energien erzeugter Strom verbessert die Klimabilanz und reduziert den CO₂-Fußabdruck
 - Verbesserte Immissionsschutz, weniger Geruch, NH₃ und Staub!
 - Mehr Tierwohl – höhere Akzeptanz
- **Zukunft = Heute**



**We energise
Farming**

Thanks for your attention!



5. Eminex® im Praxistest: Methanemissionen aus der Schweinehaltung reduzieren

Ergebnisse aus dem Transparenten Schweinemaststall der LWK Niedersachsen

HENRIKE JANSEN¹, BENEDIKT KAPPELSBERGER², LARS BROER³, NEELE DIRKSEN¹, STEFAN WINKLER²

¹ Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich 3.7 Tierzucht, Tierhaltung, Versuchswesen

² Alzchem Trostberg GmbH

³ LUFA Nord-West, Institut für Boden und Umwelt

Einleitung

Die Reduktion von Treibhausgasemissionen ist eine zentrale Herausforderung für die Nutztierhaltung. Insbesondere Methanemissionen tragen erheblich zum Klimawandel bei. Der Anteil aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern wird mit etwa 20 % beziffert. Vor diesem Hintergrund gewinnen technische und betriebliche Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Lagerung zunehmend an Bedeutung.

Im Rahmen der Tagung „Emissionen aus der Tierhaltung“ am 23. Juni 2026 in Verden wurden Ergebnisse eines Praxisversuchs zum Einsatz des Güllezusatzstoffes Eminex® vorgestellt. Ziel der Untersuchung war es, die Wirksamkeit des Güllezusatzstoffes unter praxisnahen Bedingungen in der Schweinemast zu bewerten und mögliche Auswirkungen auf Emissionen, Tierleistungen und Gülleeigenschaften zu erfassen.

Der Transparente Schweinemaststall als Versuchseinrichtung

Die Untersuchungen fanden im Transparenten Schweinemaststall der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Quakenbrück-Vehr statt. Die bundesweit einzigartige Versuchseinrichtung verfügt über fünf baugleiche Abteile mit jeweils 40 Mastplätzen und ermöglicht die gleichzeitige Erfassung tierbezogener Leistungsdaten sowie umfangreicher Umweltparameter.

Neben Gewichtsentwicklung und Futteraufnahme werden dort unter standardisierten Bedingungen Emissionen von Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄), Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Stickoxiden (NO_x) und Schwefelwasserstoff (H₂S) erfasst. Die Analytik der Schadgase erfolgt durch die LUFA Nord-West als anerkannte Messstelle nach § 29b BImSchG. Bei der Schlachtung werden darüber hinaus zahlreiche Schlachtparameter erhoben.

Eminex® als Gülle-Aufbereitungshilfsmittel

Eminex® ist ein nach Düngemittelverordnung zugelassenes Aufbereitungshilfsmittel zur Behandlung von Wirtschaftsdüngern. Der Wirkstoff basiert auf Calciumcyanamid (CaCN₂) und wird direkt in Güllekanäle oder Lagerbehälter eingebracht. Nach Herstellerangaben soll das Produkt mikrobiologische Umsetzungsprozesse in der Gülle beeinflussen und dadurch die Bildung von Methan, Kohlendioxid und Lachgas reduzieren. Darüber hinaus werden eine Verringerung der Schaumbildung, eine Verbesserung der Fließfähigkeit sowie eine Senkung des pH-Wertes und damit potenziell geringere Ammoniakverluste beschrieben.

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde von September 2024 bis Januar 2025 durchgeführt und umfasste insgesamt 200 Mastplätze.

- Kontrollgruppe: 2 Abteile mit 80 Mastschweinen
- Versuchsgruppe: 3 Abteile mit 120 Mastschweinen

- Genetik: Topigs Norsvin Tempo-Eber × Topigs TN70
- Fütterung: vierphasige, sehr stark N-/P-reduzierte Ration nach DLG-Empfehlungen

Vor der Einstellung wurden in den Versuchsabteilen insgesamt 20 kg Eminex® in 10 m³ vorhandene Restgülle eingemischt. Dies entsprach der empfohlenen Dosierung von 2 kg/m³ Restgülle bzw. einer Aufwandmenge von rund 0,17 kg je Tierplatz. Während der Mastperiode erfolgte durch den kontinuierlichen Gülleanfall eine starke Verdünnung des Wirkstoffs, sodass die durchschnittliche Konzentration zum Ende des Versuchs lediglich etwa 0,36 kg Eminex® je m³ Gülle betrug.

Ergebnisse

Biologische Leistungen

Die Auswertung der biologischen Leistungsdaten zeigte keine Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Sowohl tägliche Zunahmen als auch Futteraufnahme, Futterverwertung sowie Ausstallgewichte lagen auf vergleichbarem Niveau. Der Einsatz von Eminex® hatte somit keinen erkennbaren Einfluss auf Tiergesundheit oder Mastleistung. Diese Ergebnisse bestätigen die Erwartung, dass der Zusatzstoff primär auf die mikrobiellen Prozesse innerhalb der Gülle wirkt und nicht direkt auf die Tiere.

Ammoniak

Bei den Ammoniakemissionen zeigten sich im Versuchszeitraum lediglich geringe Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Emissionsverläufe lagen eng beieinander, wobei die mit Eminex® behandelten Abteile tendenziell niedrigere NH₃-Emissionen aufwiesen. Eine statistisch eindeutig abgesicherte Reduktion konnte jedoch im Rahmen dieses Winterversuchs nicht festgestellt werden.

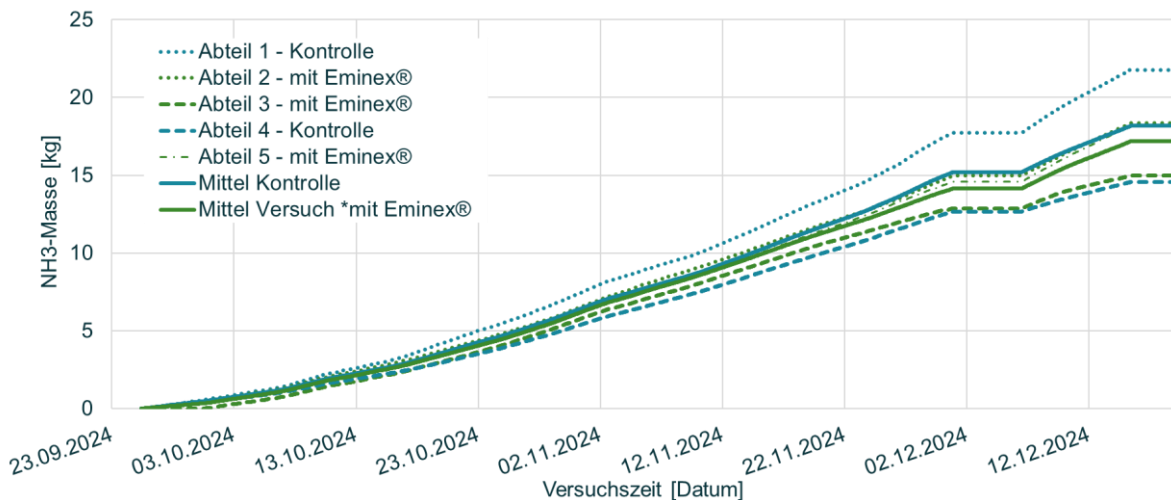


Abbildung 2: Ammoniakemissionen während des Versuchszeitraums

Methan

Die deutlichsten Effekte wurden bei den Methanemissionen beobachtet. Während der gesamten Mastperiode wurden in den Kontrollabteilen durchschnittlich rund 3,0 kg Methan je Tierplatz freigesetzt. In den mit Eminex® behandelten Abteilen lag die Freisetzung bei etwa 2,0 bis 2,2 kg Methan je Tierplatz. Dies entspricht einer Methanminderung von rund 30 bis 32 % gegenüber der Kontrollgruppe. Gerade vor dem Hintergrund der hohen Klimawirkung von Methan stellt diese Reduktion ein bemerkenswertes Ergebnis dar. Methan besitzt über einen Zeitraum von 100 Jahren ein etwa 28-fach höheres

Treibhauspotenzial als Kohlendioxid und trägt deshalb maßgeblich zur Klimabelastung der Tierhaltung bei.

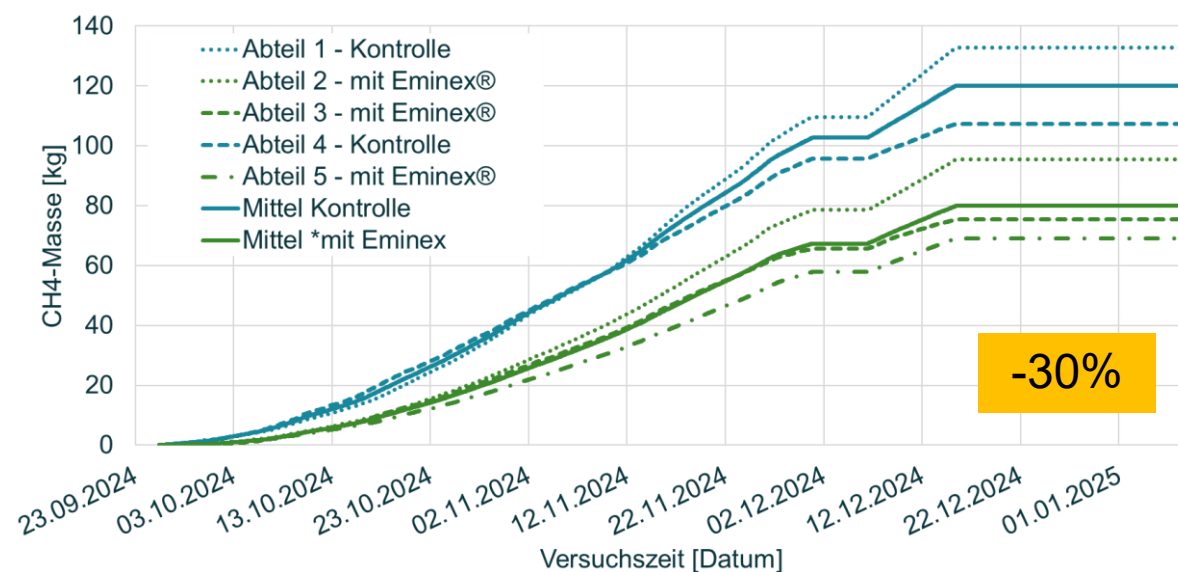


Abbildung 3: Methanemissionen während des Versuchszeitraums

Gülleigenschaften

Neben den Emissionsmessungen wurden auch die Gülleeigenschaften untersucht.

Die mit Eminex® behandelte Gülle zeigte:

- höhere Trockenmassegehalte
- höhere Gehalte an organischer Substanz
- leicht erhöhte Gesamtstickstoff- und Ammoniumstickstoffkonzentrationen
- höhere Schwefelgehalte
- einen niedrigeren pH-Wert
- deutlich erhöhte Konzentrationen flüchtiger Fettsäuren (Essigsäureäquivalent)

Tabelle 1: Auswirkungen von Eminex® auf die Gülle

	Einheit	Unbehandelte Gülle	Gülle + Eminex®	Veränderung absolut	Veränderung in %
Trockenmasse	kg/m ³	56,58	59,27	+2,7	+4,8%
Gesamt-Stickstoff (N)	kg/m ³	4,93	5,07	+0,14	+2,8%
Ammonium-Stickstoff (NH₄-N)	kg/m ³	3,15	3,23	+0,08	+2,5%
Schwefel (S)	kg/m ³	0,43	0,47	+0,04	+9,3%
Organische Substanz (OM)	kg/m ³	43,42	45,54	+2,12	+4,9%
pH-Wert		7,36	7,23	-0,13	-1,8%
Essigsäure-äquivalent	kg/m ³	3,85	6,53	+2,6	+69,6%

Besonders die starke Zunahme des Essigsäureäquivalents deutet darauf hin, dass der Abbau organischer Zwischenprodukte zu Methan gehemmt wurde. Dadurch verbleiben mehr organische Verbindungen in der Gülle, während weniger Methan entsteht.

Diese Veränderungen bestätigen den vermuteten Wirkmechanismus von Eminex® und liefern einen direkten Nachweis für die Beeinflussung der mikrobiellen Umsetzungsprozesse in der Gülle.

Einordnung der Ergebnisse

Die im Versuch erzielten Methanminderungen fallen geringer aus als die in einzelnen Labor- und Lagerungsversuchen veröffentlichten Werte, bei denen Reduktionsraten von bis zu 99 % beschrieben werden. Dies ist jedoch nicht überraschend, da unter Praxisbedingungen fortlaufend frische Gülle nachfließt und dadurch eine Verdünnung des Wirkstoffes stattfindet.

Hinzu kommt, dass während des Versuchs eine Zwischenentleerung des Güllekellers durchgeführt wurde, wodurch ebenfalls Wirkstoff verloren ging. Beide Faktoren dürften die erzielte Minderungswirkung begrenzt haben.

Darüber hinaus erfolgte die Untersuchung ausschließlich im Herbst- und Winterhalbjahr. Da die höchsten Methanemissionen üblicherweise bei höheren Temperaturen auftreten, sind weitere Untersuchungen im Frühjahr und Sommer erforderlich, um die Wirkung unter verschiedenen klimatischen Bedingungen zu bewerten.

Fazit

Die Ergebnisse des Praxisversuchs zeigen, dass der Einsatz von Eminex® unter Praxisbedingungen das Potenzial besitzt, Methanemissionen aus der Schweinemast deutlich zu reduzieren.

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

- keine negativen Auswirkungen auf Tierleistungen oder Mastparameter
- Reduktion der Methanemissionen um etwa 30 bis 32 %
- nachweisbare Veränderungen der Gülleeigenschaften entsprechend dem vermuteten Wirkmechanismus
- Aufwandmenge von lediglich 0,17 kg Eminex® je Tierplatz und Mastdurchgang

Die Ergebnisse liefern damit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung praxisnaher Maßnahmen zur Minderung klimarelevanter Emissionen in der Tierhaltung. Für eine abschließende Bewertung sind jedoch weitere Untersuchungen, insbesondere unter Sommerbedingungen, erforderlich.

6. Die IED 2.0 und die europäischen Betriebsvorschriften in der Tierhaltung

GABRIELE BORGHARDT¹, EWALD GRIMM²

¹ Umweltbundesamt

² Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Zusammenfassung

Die einheitlichen Bedingungen für Betriebsvorschriften in der Tierhaltung auf europäischer Ebene (engl.: **Uniform Conditions of Operating Rules in Livestock Rearing, UCOL**) sind ein wichtiger Teil von im Sonderkapitel VIa, Artikel 70 a bis i, der Richtlinie 2024/1785 speziell für die Tierhaltung gefassten Anforderungen, die als Änderung der Richtlinie 2010/75/EU über Emissionen aus der Industrie und Tierhaltung (IED) gelten. Die fachliche Ausarbeitung und Abstimmung der UCOL auf europäischer Ebene war angesichts des sehr engen Zeitrahmens von nicht einmal zwei Jahren wirklich anspruchsvoll. Die UCOL sollen im Sinne allgemein bindender Vorschriften möglichst klar abgefasst sein, um einen reibungslosen Vollzug zu ermöglichen. Im Ergebnis dürften die UCOL jedoch nur einen Rahmen auf europäischer Ebene setzen. Die UCOL werden einen Ausgleich zwischen den sehr unterschiedlichen Produktionsbedingungen und Anforderungsniveaus in den Mitgliedstaaten schaffen. Wie bisher wird die Umsetzung des Sonderkapitels VIa der IED und damit auch der neuen UCOL in Deutschland verbindlich für die Praxis bei den Genehmigungen von Tierhaltungsanlagen in den 2030er Jahren sein. Wichtig erscheint, dass nationale Besonderheiten, die sich beispielsweise in Deutschland aus den Anforderungen für das Tierwohl ergeben, auf europäischer Ebene verankert wurden. Ein technisches Hintergrundpapier mit detaillierten Informationen zu den im UCOL-Prozess neu beschriebenen BVT-Kandidaten und Zukunftstechniken und zu deren Bewertung und Überwachung wäre hilfreich, wird aber seitens der EU-Kommission nicht vorgesehen. Das Referenzdokument für die BVT der Intensivtierhaltung von Geflügel oder Schweinen (IRPP BREF) aus dem Jahr 2017 (Santonja et al., 2017), mit seinem Kapitel 4 zu den BVT-Schlussfolgerungen, hat weiterhin als Informationsquelle Bestand, soll aber nicht aktualisiert werden. Für den mit der Umsetzung der revidierten IED verbundenen Aufwand in Deutschland werden neben den UCOL auch die zukünftige Ausgestaltung der Registrierungs- oder Genehmigungsverfahren im Kontext der geltenden Zulassungsverfahren nach Immissionsschutzrecht maßgeblich sein.

Wesentliche Anforderungen der Änderungsrichtlinie IED 2.0 aus der Sicht der Tierhaltungsanlagen

Die Richtlinie (EU) 2024/1785, kurz IED 2.0, als Änderung der Richtlinie 2010/75/EU trat im August 2024 in Kraft (EU 2024). Mit der Neufassung der Richtlinie ist das Ziel verbunden, Emissionen aus der Tierhaltung, wie Ammoniak, Geruch, Staub und Treibhausgase, zu vermindern und die Qualität der Luft, von Wasser und Böden zu verbessern. Die IED 2.0 enthält ein Sonderkapitel VIa für die Tierhaltung, in welchem die Neufassung von genehmigungsrechtlichen Anforderungen an die Schweine- und Geflügelhaltung geregelt werden. Damit wurden die Besonderheiten des Tierhaltungssektors im Vergleich zu Industrieanlagen berücksichtigt und auch der Name der Richtlinie entsprechend angepasst. Gemäß IED, Artikel 73 (3) prüft die EU-Kommission bis Ende 2026 im Rahmen einer Studie, ob auch die Rinderhaltung in den Geltungsbereich der Richtlinie aufgenommen werden soll. Um die umweltentlastende Wirkung der Regelungen zu erhöhen, wurde der Geltungsbereich der IED im Artikel 70a und Anhang Ia erweitert (siehe Tabelle 2). Grundlage für die neuen Genehmigungsschwellen ist die Anlagenkapazität in Großvieheinheiten (GVE) gemäß einer europäischen Statistikverordnung (EU

2018). Der Schlüssel weicht von anderen im Bereich Immissionsschutz angewendeten GVE-Schlüsseln ab. Die Haltung von Schweinen in Biobetrieben oder im Freiland mit einer Besatzdichte < 2 GVE/ha sind ausgenommen. Im Rahmen des von der EU-Kommission vorgeschlagenen Umwelt-Omnibus (COM 2025) soll die IED so angepasst werden, dass auch die Bio-Geflügelhaltung aus dem Geltungsbereich der Richtlinie herausgenommen wird. Darüber hinaus wird der Umrechnungsfaktor für die Tierkategorie Junghennen angepasst und bei der Genehmigungsschwelle für Sauen werden nur die abgesetzten Ferkel angerechnet.

Tabelle 2: Geltungsbereich für die Tierhaltung nach IED Art. 70a, Anhang Ia 2024

Tierkategorie	Genehmigungsschwelle IE-RL, Annex Ia			Anmerkung	4.BImSchV-Anlagen	
	GVE ⁽¹⁾	GVE/ TP ⁽²⁾	TP ⁽³⁾		V	E IE-RL 2010
Schweine				Ausnahmen: Ökotierhaltung bzw. Tierbesatz < 2 GVE/ha Beweidung, Anbau von Futtermittel, bei Haltung überwiegend oder saisonal im Freien		
- Mastschweine	350	0,3	1.167		1.500	2.000
- Sauen (zzgl. 5,5 Ferkel < 20 kg)	350	0,649	540		560	750
- Ferkel	350	0,27	12.963		4.500	6.000
Geflügel				Ohne Ausnahmen		
- Legehennen	300	0,014	21.429		40.000	40.000
- Junghennen	300	0,001 ⁽⁴⁾ 0,014 ⁽⁴⁾	30.000 21.429		30.000	40.000
- Masthühner	280	0,007	40.000		30.000	40.000
- Puten	280	0,03	9.333		15.000	40.000
- Enten	280	0,01	28.000		30.000	40.000
Gemischt						
- Geflügel	380	Gewichtungsfaktor sonst. Geflügel / Legehennen: 280/300 = 0,93			Prozentregel	
- Geflügel/Schweine	380			Ausnahmen für Schweine s.o.		

(1) Genehmigungsschwelle in Großvieheinheiten (GVE) gemäß Anhang Ia IED 2024.

(2) Umrechnungssatz in GVE pro Tierplatz (TP) für die Tierkategorien gemäß IED 2024, Artikel 70a, Anhang Ia.

(3) Tierplatzzahl der Genehmigungsschwelle berechnet auf Grundlage der GVE-Koeffizienten.

(4) Junghennen sind bisher nicht als eigene Tierkategorie definiert, die Zuordnung entweder als sonstiges Geflügel (0,001 GVE) oder Legehennen (0,014 GVE); wird im Zuge des Omnibus-Verfahren der COM (2025) geklärt.

Die Änderung der IED intendiert auch Erleichterungsoptionen für den Sektor, wie etwa in Artikel 70c, wonach neben Anlagengenehmigungen auch „vereinfachte“ Registrierungsverfahren für Anlagen möglich sein werden. Die Ausgestaltung dieser neuen Anforderungen obliegt den Mitgliedstaaten.

Die BVT-Schlussfolgerungen für Geflügel und Schweine (EU 2017) werden ab 2030 durch die ‚Einheitlichen Bedingungen für Betriebsvorschriften in der Tierhaltung‘ (engl. ‚Uniform Conditions for Operating Rules for Livestock Rearing, **UCOL**) ersetzt. Die UCOL beinhalten die materiellen Anforderungen für die Genehmigungen und Registrierungen in der Tierhaltung. Sie umfassen Emissions- und Umweltleistungsgrenzwerte, Anforderungen an den Nachweis und die Überwachung sowie an die Stallhaltung, inklusive der Techniken zur Emissionsminderung, für das Fütterungs- und Wirtschaftsdüngermanagement (Dunglagerung, -behandlung und -ausbringung). Tierhaltungsanlagen im Geltungsbereich der IED 2.0 müssen die UCOL einhalten. In Deutschland denkbar wäre eine Umsetzung der UCOL in allgemeine bindende Vorschriften, die beispielsweise in Form einer nationalen Verordnung erlassen werden. So kann bei Anlagengenehmigungen auf diese Vorschriften verwiesen werden.

Die Ausarbeitung der UCOL auf der europäischen Ebene im Sevilla-Prozess erfolgte nach IED 2.0, Artikel 70i in Form eines Informationsaustausches, der folgende Bereiche umfasst:

- (a) Emissions- und Umweltleistungswerte von Anlagen und Techniken sowie sonstige Maßnahmen;
- (b) angewandte Techniken sowie zugehörige Überwachung (Monitoring), medienübergreifende Auswirkungen, wirtschaftliche Tragfähigkeit und technische Durchführbarkeit sowie diesbezügliche Entwicklungen;
- (c) beste verfügbare Techniken, die nach der Prüfung der in den Buchstaben (a) und (b) aufgeführten Aspekte ermittelt worden sind;
- (d) Zukunftstechniken.

Die EU-Kommission erlässt bis September 2026 die UCOL in einem Durchführungsrechtsakt.

Umsetzung der Anforderungen bei Tierhaltungsanlagen

Die Anwendung der Anforderungen an die Tierhaltung in der neugefassten IED 2.0, Artikel 3 (5) erfolgt in Abhängigkeit von der Anlagengröße zeitlich gestuft:

- ab September 2030 bei Anlagen mit einer Kapazität von ≥ 600 GVE (umgerechnet u. a. 2.000 Mastschweine, 1.200 Sauen, 42.857 Legehennen, 85.714 Masthühner)
- ab September 2031 bei Anlagen mit einer Kapazität von ≥ 400 GVE (umgerechnet u. a. 1.333 Mastschweine, 800 Sauen, 28.571 Legehennen, 57.143 Masthühner)
- ab September 2032 bei allen Anlagen, die in den Geltungsbereich der Richtlinie nach Anhang Ia fallen (Tabelle 2).

Bis zum jeweiligen Beginn gelten die Anforderungen der BVT-Schlussfolgerungen von 2017 weiter. In Deutschland wird geplant, die Sanierungsfristen der Verwaltungsvorschrift, TA Luft (2021), für die Nachrüstung von Abluftreinigung (Nr. 5.4.7.1. Buchst. h) und von Maßnahmen zur Emissionsminderung von Ammoniak im Stall (Nr. 5.4.7.1. Buchst. i) auf Ende 2029 zu verlängern (BMUKN 2025). Zudem sollen die baulich-betrieblichen Anforderungen der Nr. 5.4.7.1 aus der TA Luft (2021) ausgegliedert und die Betriebsvorschriften im Rahmen einer Verordnung umgesetzt werden. Dies muss bis 2030 erfolgen.

Organisation und Zeitplan des Informationsaustausches zur Ausarbeitung der Betriebsvorschriften

Gemäß der IED 2024, Art. 70i wurde für den Informationsaustausch zur Ausarbeitung der UCOL auf der europäischen Ebene eine UCOL-Arbeitsgruppe mit Vertretern der EU-Kommission, der Mitgliedstaaten (Umwelt und Landwirtschaft), des Agrarbereiches (wie Copa Cogeca) sowie von Umwelt- und Tierschutzverbänden berufen. Das "European Bureau for Research on Industrial Transformation and Emissions" (EU-BRITE) in Sevilla leitete den Informationsaustausch und arbeitete die Entwürfe für die UCOL aus.

Die UCOL-Auftaktveranstaltung fand im Februar 2025 statt. Hier wurden die aus Sicht der UCOL-Arbeitsgruppe relevanten Themenbereiche und Inhalte abgestimmt, die vorab mit den sogenannten „Frontloading Questions“ in den Mitgliedstaaten erhoben wurden. Der Zeitplan für die Bearbeitung der Betriebsvorschriften war sehr eng gesetzt und umfasst folgende Schritte:

- Abfrage belastbarer Daten und Informationen zu BVT im Juli 2025
- UCOL-Workshop über Monitoring der UCOL-Anforderungen im April 2025 und Data-Assessment-Workshop im Oktober 2025
- Aufbereitung der Daten und Vorlage eines ersten Entwurfs der Betriebsvorschriften im Dezember 2025
- Kommentierung des Entwurfs durch die UCOL-Arbeitsgruppe bis Januar 2026
- Überarbeitung des Entwurfs auf Grundlage von ca. 780 Kommentaren im Februar/März 2026
- Abschließendes Meeting der UCOL-Arbeitsgruppe und fachliche Anpassungen der Betriebsvorschriften im April 2026
- Industrial-Emission Expert Meeting im Juni 2026, finale fachliche Anpassungen der UCOL

- Art.75-Ausschuss-Sitzung im Juli 2026
- Veröffentlichung der Betriebsvorschriften im Europäischen Amtsblatt im September 2026.

Auf nationaler Ebene hat das Umweltbundesamt im Auftrag des federführenden BMUKN eine Nationale Expertengruppe (NEG) einberufen, um den deutschen Beitrag zum Informationsaustausch zu erarbeiten und fachlich abzustimmen. Die NEG hat sich im September 2024 konstituiert und setzt sich aus Vertretern aus Umwelt und Landwirtschaft (Beratung, Verwaltung, Forschung, Sachverständige, Verbände, Bundes- und Landesministerien) zusammen. Eine Unterarbeitsgruppe mit Vertretern des UBA/BMUKN, der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), des KTBL e.V. und der Agrarberatung bereitete den Beitrag inhaltlich vor und bildete die deutsche Delegation in der europäischen UCOL-Arbeitsgruppe.

Inhalte und Grundlagen der geplanten Betriebsvorschriften

Die Anforderungen der UCOL umfassen – so wie die noch gültigen BVT-Schlussfolgerungen 2017 – die gesamte Verfahrenskette der Tierhaltung, Fütterung, Stallhaltung, Dungbehandlung und -lagerung sowie Ausbringung. Die UCOL-Arbeitsgruppe überprüfte, ob die Techniken noch aktuell oder veraltet und somit obsolet sind. Neue Techniken wurden in die UCOL integriert. Die Liste der Techniken in den UCOL ist nicht abschließend. Es obliegt den Mitgliedsstaaten, neue Umwelttechniken zu evaluieren und als BVT zu benennen.

Bezüglich der Begrifflichkeit gibt es eine Änderung: Statt „BVT“ werden die einzelnen Anforderungen als „UC“ (Uniform Conditions) bezeichnet. Hinsichtlich der Regelungsbereiche für die Minderungsmaßnahmen wird es keine entscheidenden Unterschiede geben:

- Emissionen in die Luft (Ammoniak, Methan, Staub, Geruch)
- Fütterungsmanagement (Minderung Ammoniakemissionen) durch N- und P-reduzierte Fütterung
- Maßnahmen zum Boden- und Gewässerschutz
- Ressourceneinsatz (Energie und Wasser)
- Überwachung der Minderungsmaßnahmen (Monitoring)

Im Fokus stehen die Minderung der grenzüberschreitenden Auswirkungen der Emissionen, die europaweit relevant ist und für die die Datenlage zu den Emissionen international am besten ist. Für Schweine- und Geflügelhaltungen werden im UCOL-Entwurf für die einzelnen Tierkategorien sogenannte maximale Ausscheidungswerte für N und P und maximale Emissionswerte für Ammoniak im Stall statt den bisherigen Bandbreiten definiert, die durch den Einsatz einzelner oder kombinierter Minderungsmaßnahmen einzuhalten sind. Diese Emissionsobergrenzen für Ammoniak sind zudem differenziert nach neuen und bestehenden Anlagen. Für die Tierkategorien bei Schweinen sind maximale Emissionswerte für spezifische Anlagen mit Festmistverfahren und Flüssigmistverfahren mit tiefen Güllekanälen ausgewiesen.

Für Methan-, Geruchs- und Staubemissionen ist die Datenlage und Vergleichbarkeit der Daten auf europäischer Ebene praktisch nicht gegeben. Hier ist die Festlegung von Emissionsobergrenzen nicht möglich, sodass es wie bisher bei der Beschreibung baulich-betrieblicher Minderungsanforderungen geblieben ist. Dies gilt auch für den effizienten Einsatz von Energie und Wasser in den Anlagen.

Emissionsgrenzwerte für Ammoniak im Stall wurden aus den von der UCOL-Arbeitsgruppe eingebrachten Daten festgelegt. Da die Emissionswerte vergleichbarer Haltungsverfahren europaweit teilweise sehr unterschiedlich und einheitliche Emissionsobergrenzen nicht in allen Mitgliedstaaten gleich umsetzbar sind, können Mitgliedstaaten alternativ, statt einer absoluten Emissionsgrenze in Form eines Emissionsfaktors, die festgelegten Anforderungen als Minderungsleistung in Prozent bezogen auf

die jeweiligen spezifischen Referenztechniken aus dem UNECE Ammoniakleitfaden (Bittman et al., 2014) und anderen gleichwertigen Quellen festlegen.

Zur Begrenzung der N-Ausscheidung und den damit verbundenen Ammoniakemissionen wurden in die Beschreibung der Techniken die durchschnittlichen Minderungseffizienzen der N-angepassten Fütterung für Schweine von 20% und für Geflügel von 10% im Vergleich zur Universalfütterung aufgenommen. Auch für Ammoniakemissionsminderungstechniken, die als BVT gelistet werden, wurden in der Beschreibung der Techniken im UCOL-Kapitel 4 die Minderungseffizienzen aus international anerkannten Publikationen (Bittman et al., 2024) übernommen.

Eine Differenzierung der Minderungsanforderungen nach Anlagen, die bisher nicht im Geltungsbereich der IE-Richtlinie 2010 waren und Anlagen im bisherigen Geltungsbereich wird aus Gründen der Verhältnismäßigkeit vorgesehen. Tierwohlbelange können durch eine Kategorisierung der Minderungstechniken nach Haltungsverfahren, beispielsweise in der Schweinehaltung nach geschlossenen, zwangsgelüfteten und offenen, frei gelüfteten Ställen sowie hybrid gelüfteten Ställen mit Auslauf berücksichtigt werden. Techniken, die neben der Minderung der Ammoniakemissionen auch einen Beitrag zur Minderung von Methan leisten, sollten besonders hervorgehoben werden. Hinsichtlich des Monitorings fokussieren die UCOL auf rechnerische Nachweise (Massenbilanzierung, EMEP-Methodik). Aber auch die Anerkennung von festgelegten Minderungseffizienzen kann erarbeitet werden. Direkte Emissionsmessverfahren sind aufgrund des unverhältnismäßig großen Aufwandes und der Komplexität ausgeschlossen. Inwieweit indirekte Methoden, wie die elektronische Registrierung von Parametern, die für die Wirksamkeit einer Minderungsmaßnahme relevant sind (z. B. Entmüstungsintervalle bzw. Schieberlaufzeiten) gefordert werden, ist noch offen.

Insgesamt liegt bei der Implementierung der UCOL mehr Verantwortung bei den Mitgliedstaaten, um die Ziele der IED 2.0 zu erreichen. Die Rahmenbedingungen, welche die UCOL setzen, müssen weiter spezifiziert werden und den regionalen Bedingungen sowie bestehenden nationalen gesetzlichen Regelwerken angepasst werden.

Literatur

- BMUKN (2025a): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Umsetzung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2023/2749 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken in Bezug auf Schlachthanlagen und Anlagen zur Verarbeitung tierischer Nebenprodukte und/oder essbarer Schlachtnebenprodukte. Entwurf einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung (Stand: 29.08.2025)
- Bittman, S., Dedina, M., Howard C.M., Oenema, O., Sutton, M.A., (eds), (2014); Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.
- COM (2025): 986 amending Directives 2008/98/EC, 2010/75/EU, (EU) 2015/2193 and (EU) 2024/1785 of the European Parliament and of the Council as regards simplification of some requirements and reduction of administrative burdens.
https://environment.ec.europa.eu/publications/simplification-administrative-burdens-environmental-legislation_en
- EU (2024): Richtlinie (EU) 2024/1785 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 zur Änderung der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) und der Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien. ABl. L 2024/1785, 15.7.2024, (konsolidiert: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010L0075-20240804>), Zugriff am 12.6.2026
- EU (2010): Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der

- Umweltverschmutzung). ABl. L 334 vom 17.12.2010, S. 17–119, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj> , Zugriff am 12.6.2026
- EU (2017): Durchführungsbeschluss (EU) 2017/302 der Kommission vom 15. Februar 2017 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel oder Schweinen. ABl. L 43/231 vom 21.2.2017, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX %3A32017D0302>, Zugriff am 12.6.2026
- EU (2018): Verordnung (EU) 2018/1091 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juli 2018 über integrierte Statistiken zu landwirtschaftlichen Betrieben und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 1166/2008 und (EU) Nr. 1337/2011, ABl. L 200/1 vom 7.8.2018
- EEA (2023): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. EEA Report 06/2023, https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/emep-eea-guidebook-2023/@_@download/file , Zugriff am 12.5.2025
- Santonja, G. G.; Geiorgitzikis, K.; Scalet, B. M.; Montobbio, P.; Roudier, S.; Sancho, L. D. (2017): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). EUR 28674 EN, Luxembourg, European Union, https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf , Zugriff am 12.5.2025
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). AVwV vom 18. August 2021. Gemeinsames Ministerialblatt, 72. Jahrgang, Nr. 48–54, 14.09.2021, Zugriff am 12.5.2025

7. Praxiserfahrungen mit der zielgasbasierten Funktionsprüfung von Abluftreinigungsanlagen – ein neuer Ansatz zur Bewertung der dauerhaften Funktionssicherheit

THORSTEN BECKER¹

¹ LUFA Nord-West, Institut für Boden und Umwelt

Einleitung

Abluftreinigungsanlagen (ARA) sind ein zentraler Baustein zur Minderung von Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen aus Tierhaltungsanlagen. Insbesondere mit den Anforderungen der novellierten TA Luft 2021 hat die Bedeutung einer zuverlässigen und nachweisbaren Reinigungsleistung weiter zugenommen. Die bisherige Funktionsprüfung nach Nr. 5.4.7.1 der TA Luft basiert auf einer Kombination aus Vor-Ort-Messungen und der Auswertung von Betriebsdaten. In der Praxis stellt sich jedoch zunehmend die Frage, ob diese Prüfmethodik tatsächlich eine belastbare Aussage über die dauerhafte Funktionsfähigkeit einer Anlage zulässt.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Verbundprojektes „Aratranzgut“ wurde die Funktionssicherheit eignungsgeprüfter Abluftreinigungsanlagen in Schweinehaltungen bundesweit untersucht. Die Ergebnisse führten zur Entwicklung eines alternativen Ansatzes: der zielgasbasierten Funktionsprüfung (zFP). Diese Methode bewertet nicht mehr überwiegend indirekte Hilfsparameter, sondern die tatsächliche Ammoniakabscheidung als zentrale Zielgröße.

Erkenntnisse aus dem Projekt „Aratranzgut“

Im Verbund-Forschungsprojekt mit dem Thünen-Institut „Aratranzgut“ wurden neun eignungsgeprüfte Abluftreinigungsanlagen unterschiedlicher Hersteller und Bauformen in mehreren Bundesländern untersucht. Die Ergebnisse der Vor-Ort-Messungen zeigten zunächst ein positives Bild: Bei 15 von 18 Messungen wurde die geforderte Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % erreicht. Darüber hinaus wurde bei 94 % der Prüfungen kein Rohgasgeruch im Reingas festgestellt.

Ein anderes Bild ergab sich jedoch bei der Auswertung der elektronischen Betriebstagebücher (eBTB). Nur drei der 18 Untersuchungen zeigten einen dauerhaft ordnungsgemäßen Anlagenbetrieb über den gesamten Bewertungszeitraum hinweg. Damit erfüllten lediglich 17 % der Anlagen die Anforderungen an einen kontinuierlich sachgerechten Betrieb. Hauptursachen waren eine unzureichende Abschlammung sowie eine mangelhafte Einhaltung der vorgegebenen pH-Werte.

Diese Ergebnisse verdeutlichen ein grundlegendes Problem der bisherigen Prüfsystematik: Die Vor-Ort-Messung liefert lediglich eine Momentaufnahme, während der Zustand der Anlage zwischen zwei Prüfungen häufig unklar bleibt. Genau aus dieser Erkenntnis entstand die Idee einer kontinuierlichen, zielgasorientierten Funktionsbewertung.

Grenzen der konventionellen Funktionsprüfung

Nach TA Luft werden bei einer Funktionsprüfung zahlreiche Mess- und Betriebsparameter bewertet. Hierzu gehören unter anderem:

- Auslastung der Anlage,
- Druckverlust,
- Reingasfeuchte,

- Ammoniakabscheidung,
- pH-Wert,
- Leitfähigkeit,
- Abschlämmrate sowie
- die Geruchswahrnehmung im Reingas.

Besonders problematisch ist dabei die Bewertung der Abschlämmrate. Sie soll den Nachweis liefern, dass das abgeschiedene Ammoniak tatsächlich aus dem System entfernt wurde. Die notwendige Interpretation hängt jedoch von zahlreichen Einflussgrößen ab, beispielsweise:

- tatsächlicher Tierbelegung,
- Leerstandzeiten,
- Tierwohlstufen,
- Fütterungsstrategien,
- Stallmanagement sowie
- weiteren emissionsmindernden Maßnahmen.

Dadurch entsteht ein erheblicher Dokumentations- und Bewertungsaufwand. Selbst Betreiber können anhand der für sie zugänglichen Daten häufig nicht erkennen, ob ihre Anlage ordnungsgemäß arbeitet. Die Funktionsprüfung wird deshalb vielfach als „Black Box“ wahrgenommen. Erst nach Auswertung durch Fachbehörden oder Messstellen steht fest, ob die Anlage die Prüfung bestanden hat.

Grundprinzip der zielgasbasierten Funktionsprüfung

Der Ansatz der zielgasbasierten Funktionsprüfung beruht auf einer einfachen Fragestellung: Warum wird die tatsächliche Ammoniakabscheidung nicht direkt überwacht, anstatt über zahlreiche Ersatzparameter auf sie zu schließen?

Moderne langzeitstabile NH_3 -Sensoren ermöglichen mittlerweile eine kontinuierliche Erfassung der Ammoniakkonzentration sowohl im Rohgas als auch im Reingas. Aus diesen Messwerten kann unmittelbar der aktuelle Abscheidegrad bestimmt werden. Ziel ist dabei ausdrücklich nicht die kontinuierliche Emissionsüberwachung nach Nr. 5.3.3 TA Luft, sondern die Bewertung der Funktionsfähigkeit der Anlage anhand einer belastbaren Orientierungsgröße.

Für biologisch arbeitende Systeme werden zusätzlich pH-Wert und Leitfähigkeit berücksichtigt. Sinkt der pH-Wert unter 6 oder steigt die Leitfähigkeit über 20 mS/cm, gilt die Anlage trotz möglicherweise hoher Ammoniakabscheidung als nicht ordnungsgemäß betrieben, da vermehrt Stickoxide freigesetzt werden können.

Der Zeitanteil der ordnungsgemäßen Funktion

Kernstück der zielgasbasierten Funktionsprüfung ist der „Zeitanteil der ordnungsgemäßen Funktion“. Für jeden aufgezeichneten Messpunkt wird überprüft, ob die Abscheideleistung mindestens 70 % beträgt. Wird dieser Wert unterschritten oder liegen kritische pH- beziehungsweise Leitfähigkeitswerte vor, wird der entsprechende Zeitraum als nicht ordnungsgemäß eingestuft. Durch die hohe zeitliche Auflösung der Messungen kann anschließend der Anteil der Zeit berechnet werden, in dem die Anlage ordnungsgemäß betrieben wurde.

Als mögliches Bewertungskriterium wird vorgeschlagen, dass eine Anlage mindestens 90 % der Zeit ordnungsgemäß funktionieren muss, um die Funktionsprüfung zu bestehen. Im Gegensatz zur

bisherigen Methodik entsteht dadurch eine kontinuierliche und nachvollziehbare Bewertung des Anlagenzustandes über den gesamten Prüfzeitraum.

Praktische Umsetzung und erste Erfahrungen

Die Installation der Messtechnik erfolgt durch die LUFA Nord-West als eine nach § 29b BImSchG bekannt gegebene Messstelle. NH₃-Sensoren im Roh- und Reingas sowie zusätzliche Sensoren für pH-Wert und gegebenenfalls Leitfähigkeit werden an fachkundig festgelegten Messpunkten installiert. Die Datenübertragung erfolgt unabhängig von der Anlagensteuerung über ein separates Datenerfassungssystem.

Ein wesentlicher Vorteil der Methode liegt im Informationsgewinn für den Betreiber. Statt erst nach Ablauf eines Prüffjahres Rückmeldungen zu erhalten, werden regelmäßige Wochenberichte erstellt. Störungen lassen sich frühzeitig erkennen und Wartungsmaßnahmen gezielt kontrollieren. Die Funktionsprüfung entwickelt sich dadurch von einem reinen Kontrollinstrument zu einem Werkzeug der laufenden Betriebsführung.

Die bisher gewonnenen Praxiserfahrungen zeigen, dass Funktionsstörungen häufig unmittelbar in den NH₃-Verläufen sichtbar werden und deutlich schneller erkannt werden können als mit der klassischen Auswertung von Betriebstagebüchern. Gleichzeitig bleiben etablierte Prüfelemente wie Druckverlustmessung, Reingasfeuchte, Sensorprüfung und Geruchsbewertung im Rahmen der Vor-Ort-Termine erhalten.

Bedeutung für Betreiber und Überwachungsbehörden

Neben der verbesserten Transparenz bietet die zielgasbasierte Funktionsprüfung Vorteile für alle Beteiligten:

- Reduzierung des Dokumentationsaufwandes,
- vereinfachte behördliche Bewertung,
- kontinuierliche Kontrolle der Anlagenleistung,
- höhere Betriebssicherheit,
- schnellere Reaktion auf Störungen,
- verbesserte Nachvollziehbarkeit für Betreiber.

Darüber hinaus wird die Bewertung stärker an der tatsächlichen Umweltwirkung ausgerichtet. Nicht die Einhaltung einer Vielzahl indirekter Parameter steht im Mittelpunkt, sondern die Frage, ob die Anlage ihre eigentliche Aufgabe erfüllt: die sichere und dauerhafte Minderung von Ammoniakemissionen.

Fazit

Die Ergebnisse des Aratranzgut-Projektes haben gezeigt, dass die konventionelle Funktionsprüfung zwar die aktuelle Leistungsfähigkeit einer Abluftreinigungsanlage erfassen kann, jedoch nur eingeschränkt Aussagen über deren langfristige Funktionssicherheit zulässt. Die zielgasbasierte Funktionsprüfung schließt diese Lücke durch die kontinuierliche Bewertung der tatsächlichen Ammoniakabscheidung.

Die ersten Praxiserfahrungen belegen, dass der Zeitanteil der ordnungsgemäßen Funktion ein robuster, verständlicher und praxisnaher Bewertungsparameter ist. Damit bietet die zielgasbasierte Funktionsprüfung das Potenzial, die Überwachung von Abluftreinigungsanlagen zukünftig wesentlich effizienter, transparenter und umweltwirksamer zu gestalten.

Danksagung

Das Verbundprojekt Aratranzgut war Teil des Bundesprogramms Nutztierhaltung. Die Förderung erfolgte 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: 28N200102bz wofür wir uns sehr bedanken.

8. Reduktion von Ammoniakemissionen bei der Gülleausbringung am Beispiel des Modell- und Demonstrationsvorhaben Säure+ im Feld

ROMAN MÖDDEN¹

¹ Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich 3.10 Pflanzenbau

Zusammenfassung

Rund ein Drittel der Ammoniakemissionen in Deutschland entsteht bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Das Ausbringungsverfahren hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Emissionen. Durch die Ansäuerung flüssiger Wirtschaftsdünger wird der pH-Wert abgesenkt, wodurch sich das Gleichgewicht zwischen Ammoniak (NH_3) und Ammonium (NH_4^+) zugunsten des pflanzenverfügbaren Ammoniums verschiebt und Ammoniakverluste reduziert werden.

Im Modell- und Demonstrationsvorhaben **Säure+ im Feld** wird dieses Verfahren unter Verwendung von Schwefelsäure und dem SYRE-N-System unter Praxisbedingungen bei der Ausbringung in wachsende Bestände untersucht. Mithilfe von On-Farm-Anlagen konnte gezeigt werden, dass durch die Verringerung der Ammoniakemissionen mehr pflanzenverfügbarer Stickstoff für das Pflanzenwachstum erhalten bleibt. Die Ansäuerung zeigte insbesondere bei höheren Temperaturen während der Ausbringung sowie auf Standorten mit geringerer Bodengüte Vorteile gegenüber der konventionellen Ausbringung mittels Schleppschlauch- oder Schleppschuhverfahren.

Signifikante Ertragssteigerungen durch die Ansäuerung konnten in Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen und Ackergras nachgewiesen werden. Die Ergebnisse bestätigen damit die in Forschungs- und Exaktversuchen beobachteten Potenziale des Verfahrens unter Praxisbedingungen.

Einleitung

Ammoniakemissionen stehen im Fokus des Nationalen Luftreinhalteprogramms, da sie erhebliche Auswirkungen auf die Luftqualität und die Umwelt haben. Mit der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 wurden verbindliche nationale Emissionsminderungsverpflichtungen für Luftschadstoffe festgelegt. Nach Erhebungen des Thünen-Instituts ist die Landwirtschaft in Deutschland für rund 92 % der Ammoniakemissionen verantwortlich. Allein die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern verursacht etwa ein Drittel der gesamten Ammoniakemissionen.

Neben der Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngers und den Witterungsbedingungen beeinflusst insbesondere das Ausbringungsverfahren die Höhe der Ammoniakverluste. Die Gülleansäuerung nutzt das temperatur- und pH-abhängige Gleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak. Durch die pH-Absenkung wird die Bildung von gasförmigem Ammoniak unterdrückt und die Stickstoffverfügbarkeit erhöht. Ellersiek und Olfs (2024) zeigten, dass eine Absenkung des pH-Wertes auf 6,5 die Ammoniakemissionen um etwa 95 % reduzieren kann.

Darüber hinaus konnte die Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Exaktversuchen nachweisen, dass durch die Ansäuerung von Gärresten die Stickstoffausnutzung im Winterweizenanbau gegenüber konventionellen Ausbringungsverfahren verbessert werden kann.

Um die Anwendung des Ansäuerungsverfahrens in Deutschland weiter voranzubringen, wird das Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) **Säure+ im Feld** durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Heimat gefördert. Unter der Annahme, dass verringerte Ammoniakverluste zu höheren Erträgen und/oder einer verbesserten Produktqualität führen, soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen das Ansäuerungsverfahren optimal eingesetzt werden

kann. Dabei werden sowohl Umweltwirkungen als auch pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Aspekte berücksichtigt.

Zu den untersuchten Einflussgrößen zählen Standort- und Bodeneigenschaften, die angebauten Kulturen, die Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Ausbringung, die ausgebrachte Düngermenge sowie die eingesetzte Säuremenge. Ziel des Vorhabens ist es, die entscheidenden Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der Gülleansäuerung zu identifizieren und daraus konkrete, praxisorientierte Handlungsempfehlungen für Landwirtschaft, Beratung und Politik abzuleiten.

Material und Methoden

Das MuD **Säure+ im Feld** wurde im September 2022 in acht Modellregionen Deutschlands gestartet. Zur Untersuchung des Verfahrens unter Praxisbedingungen werden gemeinsam mit Lohnunternehmen und Modellbetrieben On-Farm-Anlagen angelegt. Dabei wird die Ansäuerung von Wirtschaftsdüngern (**Ansäuerungsvariante**) mit der konventionellen Ausbringung mittels Schleppschuh oder Schleppschlauch (**Kontrollvariante**) verglichen. Beide Varianten werden in vierfacher Wiederholung angelegt. Sämtliche Bewirtschaftungsmaßnahmen erfolgen mit Praxistechnik, wobei ausschließlich betriebseigene Wirtschaftsdünger zum Einsatz kommen.



Abbildung 4: Technische Umsetzung der Gülleansäuerung mit dem SYRE-N-System der Firma BioCover. Konzentrierte Schwefelsäure wird aus einem doppelwandigen IBC-Container über säurebeständige Leitungen der Mischeinheit zugeführt und dort direkt in den Güllestrom injiziert. Der pH-Wert wird kontinuierlich über einen Sensor im Gestänge überwacht.

Als Ziel-pH-Wert wurde 6,4 festgelegt. Gärreste werden mit maximal 5 l Schwefelsäure je m³ und Rinder- sowie Schweinegülle mit maximal 3 l Schwefelsäure je m³ angesäuert. Um die durch die Ansäuerung zusätzlich eingebrachte Schwefelmenge (0,6 kg pflanzenverfügbarer Schwefel je Liter Schwefelsäure) auszugleichen, erfolgt in der Kontrollvariante eine bedarfs-gerechte mineralische Schwefeldüngung.

In Niedersachsen wurden zwischen 2023 und 2025 insgesamt 15 On-Farm-Anlagen im Wintergetreide angelegt. Dabei wurden umfangreiche Daten zur Wirtschaftsdünger-ausbringung erfasst sowie Ertragserhebungen und Analysen des Ernteguts durchgeführt. Zusätzlich wurde 2025 eine On-Farm-Anlage in einem Ackergrasbestand angelegt. Der Versuch wurde nach dem ersten Schnitt etabliert. Die Ansäuerung sowie die Ertragserhebung und Frischgrasanalysen erfolgten zum zweiten und dritten Aufwuchs.

Ergebnisse

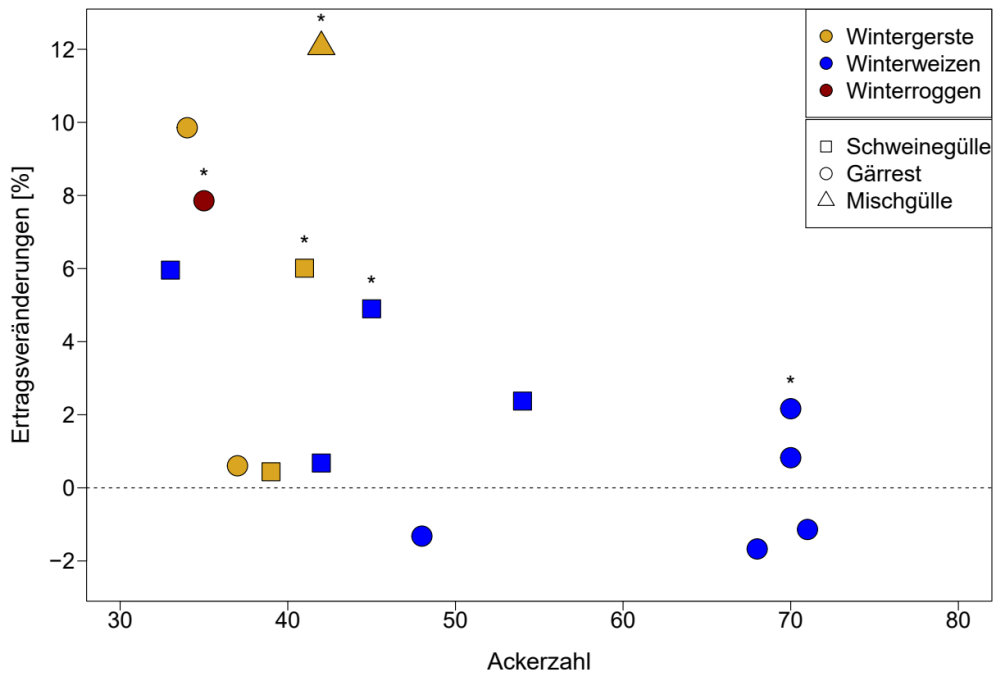


Abbildung 5: Ertragsveränderungen durch die Ansäuerung in Abhängigkeit von der Ackerzahl als Maß für die Bodengüte der Standorte. Mit * gekennzeichnete Werte unterscheiden sich statistisch signifikant (Tukey-HSD, $p < 0,05$).

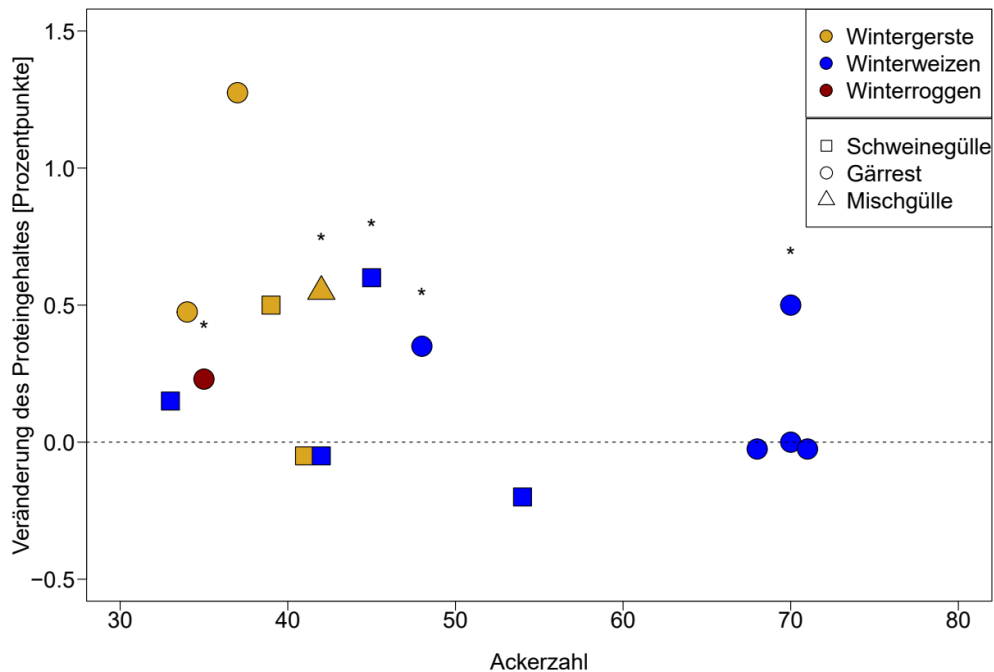


Abbildung 6: Veränderung des Rohproteingehaltes [Prozentpunkte] durch die Ansäuerung in Abhängigkeit der Ackerzahl als Maß für die Bodengüte der Standorte. Mit * gekennzeichnete Werte unterscheiden sich statistisch signifikant (Tukey-HSD, $p < 0,05$).

In Abbildung 5 sind die Ertragsveränderungen durch die Ansäuerung in Abhängigkeit von der Ackerzahl des Standortes dargestellt. In Niedersachsen wurden in den Jahren 2023 bis 2025 insgesamt 15 On-

Farm-Anlagen im Wintergetreide ausgewertet. In 80 % der Versuche führte die Ansäuerung zu höheren Erträgen. In fünf Fällen konnten die Ertragssteigerungen statistisch abgesichert werden. Signifikante Mehrerträge traten in allen untersuchten Kulturen sowie bei allen eingesetzten Wirtschaftsdüngern auf. Deutliche Ertragszuwächse wurden insbesondere auf Standorten mit einer Ackerzahl unter 60 beobachtet. Über alle Versuche hinweg betrug die mittlere Ertragssteigerung $2,5 \text{ dt ha}^{-1}$, was einem relativen Mehrertrag von rund 3 % entspricht.

In Abbildung 6 sind die Veränderungen des Proteingehaltes infolge der Ansäuerung in Abhängigkeit von der Ackerzahl dargestellt. In etwa zwei Dritteln der Versuche konnte eine Erhöhung des Proteingehaltes festgestellt werden. In fünf Fällen war diese Steigerung statistisch signifikant. Signifikante Verbesserungen des Proteingehaltes wurden ebenfalls in allen untersuchten Kulturen und bei allen eingesetzten Wirtschaftsdüngern erzielt.

Die Ergebnisse der On-Farm-Anlage im Ackergras sind in der Abbildung 7 dargestellt. Zum zweiten Schnitt führte die Ansäuerung zu einer signifikanten Ertragssteigerung von $3,7 \text{ dt Trockenmasse ha}^{-1}$. Gleichzeitig erhöhte sich der Rohproteingehalt um 0,7 Prozentpunkte, wodurch mit dem Erntegut etwa 18 kg N ha^{-1} zusätzlich abgefahren wurden. Zum dritten Schnitt lagen die Trockenmasseerträge insgesamt auf einem niedrigeren Niveau. Dennoch konnte auch hier eine Ertragssteigerung von $3,8 \text{ dt Trockenmasse ha}^{-1}$ erzielt werden. Der Rohproteingehalt unterschied sich zwischen den Varianten nur geringfügig. Insgesamt wurden durch die Ansäuerung jedoch rund 13 kg N ha^{-1} zusätzlich im Erntegut gebunden.

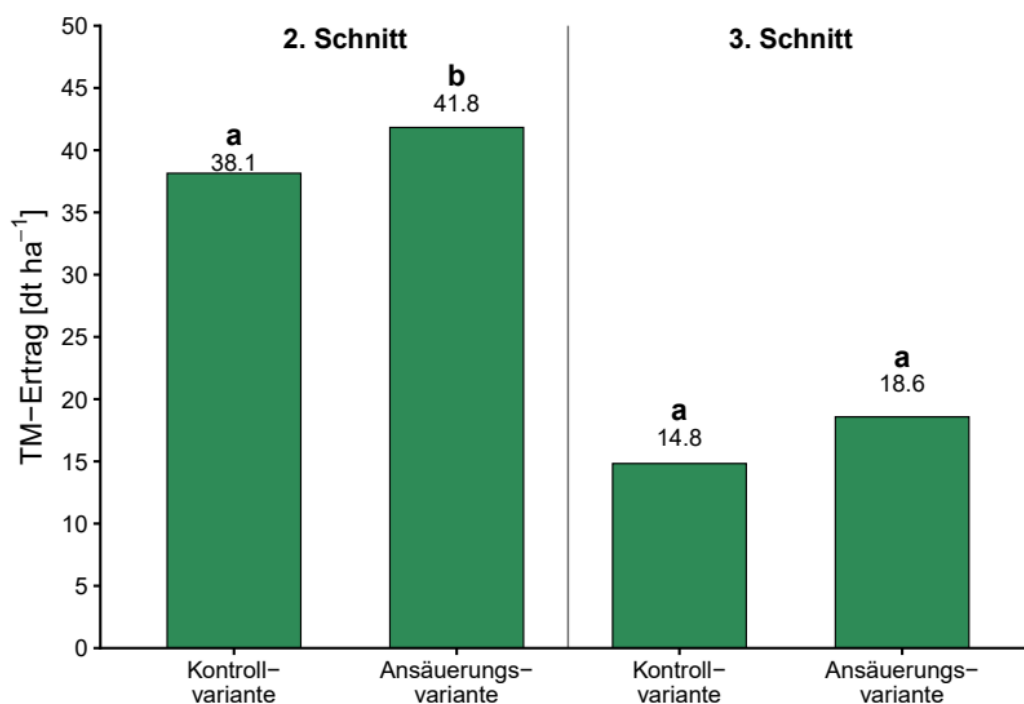


Abbildung 7: TM-Ertrag [dt ha⁻¹] von Ackergras zum 2. und 3. Schnitt für Kontroll- und Ansäuerungsvariante (On-Farm-Anlage, Niedersachsen 2025; Mittelwert). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey HSD, $p < 0,05$).

Diskussion

Die für die Ansäuerung erforderliche Säuremenge hängt maßgeblich vom Ausgangs-pH-Wert, dem Trockensubstanzgehalt sowie dem Puffervermögen des Wirtschaftsdüngers ab. In Niedersachsen wurden Schweinegülle und Gärrückstände untersucht. Während bei Schweinegülle bereits mit 2–3 l Schwefelsäure je m³ eine deutliche pH-Wert-Absenkung erreicht werden konnte, waren bei

Gärrückständen häufig höhere Säuremengen erforderlich. In Einzelfällen wurde der Ziel-pH-Wert von 6,4 selbst bei einer Säuregabe von 5 l m^{-3} nicht erreicht. Dennoch konnten auch bei End-pH-Werten um 6,8 positive Ertragswirkungen beobachtet werden. Die eingesetzte Säuremenge sollte zudem im Verhältnis zum Schwefelbedarf der Kultur stehen, um eine übermäßige Schwefelzufuhr und potenzielle Verlagerungsverluste zu vermeiden.

Die Ergebnisse der On-Farm-Anlagen bestätigen die Resultate der Exaktversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Ertragssteigerungen traten insbesondere auf Standorten mit geringerer Bodengüte auf. Zudem wurden höhere Effekte unter Bedingungen beobachtet, die ein erhöhtes Risiko für Ammoniakverluste aufweisen.

Neben Ertragssteigerungen wurden häufig auch höhere Rohproteingehalte beobachtet, sodass die Ansäuerung dem in den vergangenen Jahren häufig beobachteten Rückgang der Proteingehalte in den Getreidekulturen entgegenwirken könnte.

Auf einzelnen Standorten wurden trotz günstiger Bedingungen für Ammoniakverluste keine höheren Erträge oder Rohproteingehalte festgestellt. Teilweise wurden dort jedoch erhöhte Nachernte- $N_{\min}$ -Gehalte gemessen. Dies deutet darauf hin, dass durch die Ansäuerung zusätzlich Stickstoff im System gehalten wurde, dieser jedoch nicht ertragswirksam werden konnte. Offenbar war Stickstoff auf diesen Standorten nicht der wachstumsbegrenzende Faktor.

Besonders im Grünland erscheint das Verfahren vielversprechend. Unter den Rahmenbedingungen der Düngeverordnung ist die Stickstoffverfügbarkeit häufig ein ertragslimitierender Faktor. Gleichzeitig erfolgt die Wirtschaftsdüngerausbringung oftmals zu Zeitpunkten mit höheren Temperaturen und damit erhöhtem Ammoniakverlustpotenzial. Die Ergebnisse der ersten On-Farm-Anlage im Ackergras deuten auf ein entsprechendes Potenzial der Ansäuerung hin.

Die vorliegenden Ergebnisse stehen im Einklang mit den Beobachtungen von Wagner et al. (2021), die ebenfalls eine deutliche Reduktion der Ammoniakemissionen durch die Ansäuerung nachweisen konnten. Gleichzeitig zeigen sie, dass die Wirkung vom eingesetzten Wirtschaftsdünger abhängt und sich verminderte Ammoniakverluste nicht zwangsläufig in höheren Erträgen, jedoch häufig in einer verbesserten Stickstoffaufnahme der Pflanzen widerspiegeln. Insbesondere bei hohem Stickstoffversorgungsniveau sind zusätzliche Ertragswirkungen daher nicht in jedem Fall zu erwarten.

Neben der pH-Wert-Absenkung führt die Ansäuerung zu einer Schaumbildung und Volumenvergrößerung des Wirtschaftsdüngers. Beobachtungen im Rahmen des MuD **Säure+ im Feld** lassen darauf schließen, dass dadurch die Verteilung des Wirtschaftsdüngers verbessert und die Infiltration in den Boden gefördert wird. Insbesondere im Grünland kann dies zur Verringerung von Futtermittelschmutzungen beitragen.

Der Einsatz konzentrierter Schwefelsäure erfordert die Einhaltung entsprechender Sicherheitsvorschriften, einschließlich der Qualifikation der Anwender und des Umgangs mit Gefahr- gut. Nach Aussagen beteiligter Lohnunternehmen und Anwender sind die zusätzlichen Sicherheits- und Logistikanforderungen grundsätzlich beherrschbar. Als Herausforderung werden jedoch die zusätzlichen Kosten des Verfahrens gesehen, die die Akzeptanz bei landwirtschaftlichen Betrieben begrenzen können. Aufgrund der hohen Investitionskosten eignet sich das SYRE-N-System derzeit vor allem für Lohnunternehmen und größere Betriebe.

Fazit und Schlussfolgerung

Aufgrund des hohen Anteils der Wirtschaftsdüngerausbringung an den Ammoniakemissionen sollte dieser Bereich zum Erreichen der nationalen Emissionsminderungsziele verstärkt in den Fokus rücken. Mit dem SYRE-N-System steht der landwirtschaftlichen Praxis ein Verfahren zur Verfügung, das die Ansäuerung von Gülle und Gärrückständen direkt während der Ausbringung ermöglicht und dadurch Ammoniakverluste wirksam reduzieren kann.

Die Ergebnisse des MuD **Säure+ im Feld** bestätigen die in Forschungs- und Exaktversuchen nachgewiesenen Vorteile des Ansäuerungsverfahrens unter Praxisbedingungen. In der Mehrzahl der untersuchten On-Farm-Anlagen konnten Ertrags- und/oder Qualitätssteigerungen erzielt werden. Besonders auf Standorten mit geringerer Bodengüte sowie unter Bedingungen mit erhöhtem Ammoniakverlustpotenzial zeigte sich ein hohes Nutzenpotenzial.

Zur weiteren Verringerung der Ammoniakemissionen und der damit verbundenen Umweltwirkungen ist eine stärkere Verbreitung des Verfahrens anzustreben. Derzeit stellen insbesondere die zusätzlichen Verfahrenskosten die wesentliche Hürde für eine breitere Anwendung dar.

Literatur

- Ellersiek, N. C. T., & Olf, H. W. (2024). An incubation system for the simulation of ammonia emissions from soil surface-applied slurry: Effect of pH and acid type. *Agronomy*, 14(5), 1078.
- Wagner, C., Nyord, T., Vestergaard, A. V., Hafner, S. D., & Pacholski, A. S. (2021). Acidification effects on in situ ammonia emissions and cereal yields depending on slurry type and application method. *Agriculture*, 11(11), 1053.

LUFA Nord-West

Lars Broer
Jägerstraße 23-27 • 26121 Oldenburg
Telefon: 0441 801-955
E-Mail: lars.broer@lufa-nord-west.de

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Jule Schättler
Mars-la-Tour-Straße 1-13 • 26121 Oldenburg
Telefon: 0441 801-364
E-Mail: jule.schaettler@lwk-niedersachsen.de



www.lwk-niedersachsen.de