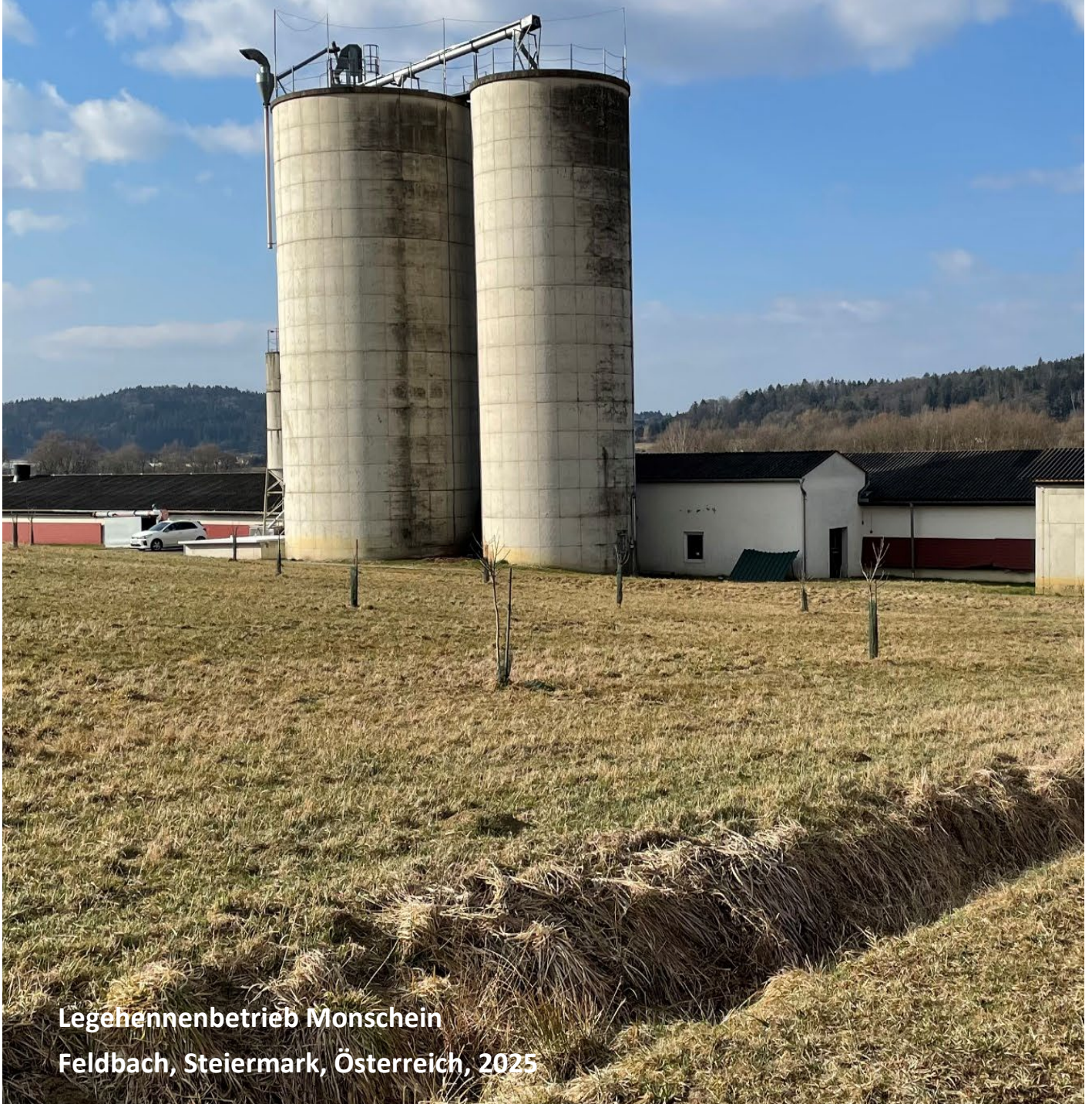


Begleitende Emissionsmessung Legehennen



Legehennenbetrieb Monschein
Feldbach, Steiermark, Österreich, 2025

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein,
Raumberg 38, 8952 Irdning

Autorinnen und Autoren: Raditya Subagia

Irdning, 2025. Stand: 7. Oktober 2025

Kooperationspartner:in:

Mag.a Martina Lepschi, Stadtgemeinde Feldbach, Modelregion Bioökonomie und
Kreislaufwirtschaft-Steirisches Vulkanland, Österreich



Klima- und Energie-
Modellregionen
Wir gestalten die Energiewende



Bernhard Monschein, Legehennenbetrieb Monschein, Feldbach, Steiermark, Österreich

Reinhard Puntigam, FH Südwestfalen, Soest, Deutschland

Phillip Hoffmann, Bayerische LfL, 97318 Kitzingen, Deutschland

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein und der Autorin / des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin / des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an raditya.subagia@raumberg-gumpenstein.at.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Einleitung und Zielsetzung.....	6
Versuchsdurchführung.....	9
Stall und Management	9
Fütterung und Versuchsdesign.....	9
Messtechnik	10
Geruchsprobe.....	11
Statistische Auswertung.....	11
Ergebnisse	12
Literatur.....	17

Zusammenfassung

Im Rahmen einer begleitenden Emissionsmessung unter normalen Betriebsbedingungen wurde der Effekt einer Absenkung des Rohproteingehalts (XP) um 14,5% untersucht, wobei 3 % Mais-Ganzkornschrot und 6 % Sojakuchen im Alleinfutter durch 7 % Weizen und 3,5 % Buchweizenschale ersetzt wurden. Die Emissionsmessung erfolgte in Zusammenarbeit mit Bernhard Monschein auf dem Legehennenbetrieb Monschein in Feldbach, Steiermark, Österreich. Die Datenerhebung für die Normalfütterung wurde im Jahr 2022 durchgeführt, die für die stickstoffreduzierte Fütterung im Jahr 2025.

Aufgrund der zentralen Bedeutung von Wasser für die enzymatischen Umwandlungsprozesse von Harnsäure zu Ammoniak hängt die Vergleichbarkeit der Studien aus den Jahren 2022 und 2025 stark von den jeweils herrschenden klimatischen Bedingungen während der Untersuchungszeiträume sowie von der angesammelten Ausscheidung der Tiere in der Einstreu ab. Daher erfolgte die Probenahme möglichst in denselben Kalenderwochen eines Jahres und bei vergleichbarem Tieralter. Leichte Abweichungen in Temperatur und Luftfeuchtigkeit lassen sich jedoch nicht vollständig vermeiden.

Insgesamt wurden in den jeweiligen Studien sechs zeitlich punktuelle Messungen der Ammoniakemission, der klimatischen Gegebenheiten (Temperatur, und absolute Luftfeuchtigkeit: Gramm Wasser pro Kilogramm Luft) sowie der Geruchsemission mittels Olfaktometrie im Abstand von jeweils zwei Wochen über einen Zeitraum von zwei Monaten durchgeführt. Die Datensätze der Normalfütterung werden mit denen der stickstoffreduzierten Fütterung verglichen.

Um unerwünschte wirtschaftliche Schäden für den Betrieb sowie gesundheitliche Schäden für die Tiere zu vermeiden, wurde die stickstoffreduzierte Fütterung frühzeitig auf Normalfütterung umgestellt. Grund dafür war das für die stickstoffreduzierte Fütterung eingesetzte Mineralfuttermittel, das nicht den gewünschten Anforderungen entsprach. Für den Vergleich wurden daher nur die Daten aus den ersten vier Messterminen (M1 bis M4) des Datensatzes 2025 sowie aus den Messterminen M3 bis M6 des Datensatzes 2022 herangezogen.

Im Mittel beträgt die Ammoniak-Emission bei stickstoffreduzierter Fütterung (1,42 mg/Tier) 34 % weniger als bei Normalfütterung (2,18 mg/Tier), was im Hinblick auf das Reduktionsziel

der NEC-Richtlinie von 12 % bis zum Jahr 2030 sehr positiv zu bewerten ist. Aufgrund der hohen Variabilität der Daten bei Normalfütterung unterscheidet sich die Ammoniak-Emission bei gleicher absoluter Luftfeuchte und gleicher Temperatur zwischen Normalfütterung und stickstoffreduzierter Fütterung statistisch jedoch nicht signifikant. Die limitierende Wirkung des Wassers auf die enzymatischen Prozesse der Hydrolasen während der Ammoniakfreisetzung spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Obwohl bei der stickstoffreduzierten Fütterung weniger Ausgangsmaterial in der Ausscheidung für enzymatische Reaktionen zur Verfügung steht – was aus tiergesundheitlicher, wirtschaftlicher und umwelttechnischer Sicht vorteilhaft ist – resultiert dies nicht zwangsläufig in einer geringeren Ammoniakfreisetzung.

Betriebe in wärmeren Klimaregionen mit höherer Luftfeuchtigkeit können theoretisch eine stärkere prozentuale Reduktion der Ammoniakemission pro Jahr durch stickstoffreduzierte Fütterung erzielen, da für die enzymatische Freisetzung der gesamten verfügbaren Harnsäure zu Ammoniak ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Durch die stickstoffreduzierte Fütterung wird weniger Harnsäure ausgeschieden, sodass entsprechend weniger Ausgangsmaterial und damit weniger Ammoniak freigesetzt wird.

Die Geruchsemission bei stickstoffreduzierter Fütterung ($52,7 \pm 28,2$ GE/s/GVE) war im Mittel etwa viermal höher als bei der Normalfütterung ($13,5 \pm 6,7$ GE/s/GVE) und unterschied sich signifikant voneinander ($p = 0,031$). Die Gründe für die höheren Geruchsemissionen im Jahr 2025 können vielfältig sein und werden stark von den klimatischen Gegebenheiten im Stall beeinflusst, die bis zum Messzeitpunkt zur Variabilität der Geruchsemission beitragen. Daher können die Emissionen bei punktuellen Datenerhebungen nur eingeschränkt allein auf die Fütterung zurückgeführt werden. Erhöhte Geruchsemissionen wurden bei zwei Probenahmeterminen im Jahr 2025 festgestellt, bevor sie wieder auf ein normales Niveau zurückgingen. Diese Werte wurden in die Auswertung einbezogen und führten schließlich zu einem höheren Mittelwert. Die Variabilität der Luftproben während der jeweiligen Messungen lässt sich aufgrund der durch die Tieraktivität verursachten Staubentwicklung ebenfalls nicht vermeiden. Die Staubentwicklung wurde im Rahmen der begleitenden Emissionsmessung nicht berücksichtigt.

Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der NEC-Richtlinie (National Emission Ceilings Directive, Richtlinie (EU) 2016/2284) ist Österreich verpflichtet, bestimmte Luftschadstoffe, darunter Ammoniak, nachweislich zu reduzieren. Die Reduktionsziele beziehen sich auf die Emissionen von 2005 und gelten für die Jahre 2020 und 2030. Bis 2030 soll Österreich die Ammoniakemissionen um 12 % im Vergleich zu 2005 senken. Die Landwirtschaft spielt hierbei eine zentrale Rolle, da sie rund 94,5 % der Ammoniakemissionen verursacht (Pöllinger 2018). Im Geflügelbereich können gezielte Fütterungsmaßnahmen – insbesondere die Senkung des Rohprotein-gehalts – neben technischen Verfahren einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der Emissionen leisten. Dadurch sinken die Stickstoffausscheidungen, was die Belastung für Mensch, Tier und Umwelt reduziert (Latshaw und Zhao 2011).

Geflügel nutzt aufgenommene Proteine, um die für Erhaltung, Wachstum und Eiproduktion erforderlichen Aminosäuren bereitzustellen. Weniger als die Hälfte des Stickstoffs wird in Körperprotein eingebaut. Der Rest wird entweder unverdaut ausgeschieden oder zu Harnsäure verstoffwechselt, die mit dem Kot abgegeben werden. 50–60 % des aufgenommenen

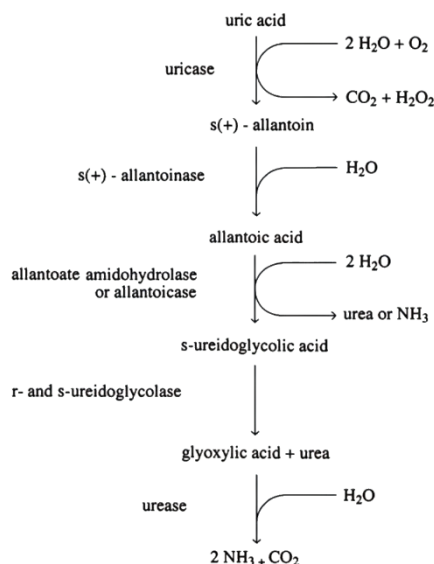


Abbildung 1. Aerober Abbau von Harnsäure (vereinfacht nach Koerkamp, 1994, aus G. D. Vogels & C. Van der Drift, 1976)

Stickstoffs wird über den Harn ausgeschieden (Laerdal u. a. 1957). Der Anteil des Harnäurestickstoffs (75–81 %) und des Ammoniakstickstoffs (10–16 %) variierte je nach Stickstoffquelle, während der kombinierte Anteil konstant bei 91–94 % blieb. Somit beeinflusst die Futterration zwar die Verteilung zwischen Harnsäure und Ammoniak, nicht aber den Gesamtanteil. Harnsäure macht also etwa 37,5–48,6 % des Gesamtstickstoffs im Geflügelexkrement aus und wird durch enzymatische Prozesse zu Ammoniak umgesetzt.

Das Enzym Uricase katalysiert die Oxidation von Harnsäure zu Allantoin unter Verwendung von Sauerstoff. Anschließend wird dieses Zwischenprodukt durch verschiedene Enzyme der Klasse der Hydrolasen – darunter Allantoinase, Allantoi-

case (bzw. Allantoat-Amidohydrolase), Ureidoglykolase sowie Urease – unter Einbeziehung von Wasser weiter abgebaut, wobei schließlich Ammoniak und Kohlendioxid entstehen.

Schefferle (1965) berichtet, dass der Harnsäureabbau in Geflügelmist überwiegend durch aerobe Bakterien erfolgt. Rund ein Viertel der bakteriellen Population besteht aus harnsäureabbauenden Arten, vor allem *Corynebacterium*, seltener *Nocardia*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes* und *Achromobacter*. Einige Stämme setzen Harnsäure direkt zu Ammoniak um, die Mehrheit produziert jedoch zunächst Harnstoff, der anschließend von weiteren Bakterien (u. a. *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Cytophaga*) zu Ammoniak hydrolysiert wird. Im angesammelten Geflügelmist verläuft der Abbau daher in zwei Schritten: Zunächst Oxidation und Hydrolyse zu Harnstoff, anschließend Hydrolyse zu Ammoniak (Abbildung 1).

Anaerobe Mikroorganismen, wie *Clostridium acidurici* (früher *Bacillus acidurici*), können Harnsäure ebenfalls über alternative Stoffwechselwege abbauen, wobei CO₂, Essigsäure und Ammoniak gebildet werden (Liebert 1909). Diese anaeroben Prozesse verlaufen im Allgemeinen langsamer als aerobe. Verdichteter und Feuchter Mist begünstigt das Entstehen anaerober Bedingungen, was mit einer geringeren Ammoniakbildung verbunden ist. Dies gilt insbesondere im Winter, wenn niedrige Temperaturen die bakterielle Aktivität zusätzlich einschränken (Schefferle 1965).

Das mikrobielle Wachstum in Hühnerkot sowie die damit verbundene Ammoniakfreisetzung erreichen bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 40–60 % (w/w) ihr Optimum. Überschreitet der Feuchtigkeitsgehalt diesen Bereich oder liegt er darunter, verringert sich die Ammoniakbildung; bei sehr niedrigen Werten kommt sie vollständig zum Erliegen. Temperatur, pH-Wert und Feuchtigkeit haben entscheidenden Einfluss auf den Abbau von Harnsäure und Proteinen (Koerkamp 1994).

Aufgrund der wasserabhängigen enzymatischen Prozesse hängt die Vergleichbarkeit der Studien aus den Jahren 2022 und 2025 stark von den jeweils herrschenden klimatischen Bedingungen während der Untersuchungszeiträume ab. Daher erfolgten die Probenahmen möglichst in denselben Kalenderwochen und zur gleichen Tageszeit. Leichte Unterschiede in Temperatur und Luftfeuchtigkeit lassen sich jedoch nicht vermeiden.

Die Ammoniakkonzentrationen wurden im Abstand von zwei Wochen über einen Zeitraum von zwei Monaten gemessen. Dazu kam ein Aufsatz mit integriertem Messgerät zur Erfassung des Luftvolumenstroms zum Einsatz, der während der Messungen auf dem Kamin des

Stalls installiert war. Die während der Messung abgeführte Luftmenge wurde bestimmt; anschließend wurde die Ammoniakmenge pro Tier über die Konzentration sowie die Dichte des Abgases (Ammoniak) berechnet. Insgesamt wurden sechs zeitlich punktuelle Messungen der Ammoniakemission, der klimatischen Gegebenheiten (Temperatur und absolute Luftfeuchtigkeit) sowie der Geruchsemission mittels Olfaktometrie durchgeführt.

Versuchsdurchführung

Stall und Management



Abbildung 2. Monschein – Volierenhaltung.

Für die Studie wurde ein regulärer Produktionsdurchgang des Legehennenbetriebs Monschein im Hinblick auf die Emissionsmessung begleitet. Die Tiere wurden in Volierenhaltung gehalten; ein Durchgang umfasste 8.600 Lohmann Brown Hennen bei maximaler Besatzdichte. Zur Versorgung standen Nippeltränken sowie eine Kettenfütterung mit ad-libitum-Zugang zur Verfügung. Die Kotbänder ermöglichten eine automatisierte, wöchentliche Entmistung. Für die Eiablage nutzten die Hennen Gruppennester, wobei die Eier automatisch über ein Sammelband aufgenommen wurden (Abbildung 2). Die Beleuchtungsdauer betrug 15 Stunden pro Tag (Lichtphase von 02:00 bis 17:00 Uhr).

Fütterung und Versuchsdesign

Es wurde eine Reduktion des Rohproteingehalts (XP) um 14,5 % untersucht. Dabei wurden im Alleinfutter 3 % Mais-Ganzkornschrot und 6 % Sojakuchen durch 7 % Weizen und 3,5 % Buchweizenschalen ersetzt (Tabelle 1). Die stickstoffreduzierte Fütterung wurde ab einem Tialter von 38 Wochen mit dem Legefutter eingeführt.

Tabelle 1. Futterzusammensetzung der Normalfütterung und der stickstoffreduzierten Fütterung

Futterzusammensetzung [%]	N-Reduziert	Normal
Mais Ganzkornschrot (GKS)	50,3	53,3
Weizen	12	5
Sojakuchen	22	28
Futterkalk	8	8
Mineralstoffe	3,5	5
Buchweizenschale	3,5	
Futtersäure	0,7	0,7
Gesamt	100	100

Messtechnik

Die Ammoniakmessungen wurden im Abstand von jeweils zwei Wochen über einen Zeitraum von zwei Monaten (26.03.2025–05.06.2025) durchgeführt. Während der Messung



Abbildung 3. Aufsatz mit integriertem Messgerät zur Erfassung der Lufrate und mit Luftprobenahmegerät zur Entnahme von Geruchsproben.

wurde nur ein Kamin in Betrieb genommen. Für die Erfassung der Lufrate kam ein spezieller Aufsatz mit integriertem Messgerät zum Einsatz, der während der Messungen auf dem Stallkamin installiert wurde und den Luftvolumenstrom bestimmte. Parallel dazu wurden über einen Zeitraum von jeweils 10 Minuten (1/6 h) Geruchsproben mithilfe eines Luftprobenahmegeräts entnommen.

Auf Grundlage der gemessenen Luftmenge [m^3/h], der Probenahmezeit [h], der Ammoniakkonzentration [ppm], der Dichte [kg/m^3] sowie der Tieranzahl wurde die freigesetzte Ammoniakmenge pro Tier [kg] während der Geruchsprobenahme berechnet:

$$NH3_{Emi_Tier} = \frac{\text{Luftmenge} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \cdot \text{Zeit} [\text{h}] \cdot \text{Konz}_{NH_3} [\text{ppm}] \cdot \text{Dichte}_{NH_3} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{\text{Tieranzahl}}$$

Insgesamt erfolgten sechs punktuelle Messungen über einen Zeitraum von zwei Monaten, bei denen neben den Ammoniakemissionen auch die klimatischen Bedingungen (Temperatur, und absolute Luftfeuchtigkeit) sowie die Geruchsemissionen mittels Olfaktometrie erfasst wurden.

Die hierfür eingesetzte Messtechnik (siehe nachfolgende Auflistung) wird regelmäßig einer jährlichen Kalibrierung unterzogen, um die Genauigkeit der Messergebnisse sicherzustellen.

- Temperatur- und Feuchtemessung: testo 605i Temperatur und Feuchtmessgerät
- Messung der Ammoniakkonzentrationen: Dräger X-am 8000
- Aufzeichnung der Umdrehungen des Kaminaufsatzes zur Erfassung der Lufrate: Mikromec-Datenlogger

Geruchsprobe

Die Geruchsproben wurden anschließend mithilfe eines Olfaktometers (Olfasense) von vier Probanden analysiert. Dabei wurde die Geruchsstoffkonzentration ermittelt, indem geprüft wurde, ab welcher Verdünnungsstufe die Probanden die Luftprobe wahrnehmen konnten.

Die Ergebnisse werden in Geruchseinheiten pro Kubikmeter (GE/m³) angegeben. Da das menschliche Riechorgan Gerüche nicht linear, sondern logarithmisch wahrnimmt, wird zusätzlich der Geruchspegel in Geruchsdezibel (dB_{od}) angegeben. Unterschiede von etwa 3 dB_{od} kann die Nase gerade noch erkennen. Die Messungen erfolgen nach den Normen ÖNORM EN 13725 (2006), VDI 3884 Blatt 1 (2015) und VDI 3880 (2011). Im Untersuchungszeitraum erfolgten sechs Messungen; an jedem Messetag wurden drei Luftproben zwischen 08:00 und 08:30 Uhr entnommen.

Aus der Geruchskonzentration wird die Geruchsemission berechnet, die in Geruchseinheiten pro Sekunde und Großvieheinheit (GE/s/GVE) angegeben wird. Für die Berechnung werden die Luftrate, die Tieranzahl und das Tiergewicht zum Zeitpunkt der Probenahme berücksichtigt. Die Geruchsemission wird mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Geruchsemission} = \frac{\text{Geruchkonz.} \left[\frac{\text{GE}}{\text{m}^3} \right] \cdot \text{Luftrate} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{\text{h}}{3600\text{s}} \right] \cdot \text{Großvieheinheit} \left[\frac{500\text{kg}}{\text{GVE}} \right]}{\text{Tieranzahl} \cdot \text{Gewicht}[\text{kg}]}$$

Zur Ermittlung der durchschnittlichen Geruchsemission wird der Mittelwert der während Untersuchungszeitraum gemessenen Werte berechnet und für den weiteren Vergleich herangezogen.

Statistische Auswertung

Microsoft Excel® wurde zur Datensammlung genutzt. Anschließend erfolgten die Datenverarbeitung und die statistische Auswertung mit dem Programm R. Mittels Permutationstest wurden die erhobenen Daten aus dem jeweiligen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 mit den Daten des Jahres 2025 verglichen. Die Konfidenzintervalle wurden durch Bootstrapping ermittelt.

Ergebnisse

Die Vergleichbarkeit der Studien aus den Jahren 2022 und 2025 wird durch die zentrale Rolle von Wasser in den enzymatischen Umwandlungsprozessen von Harnsäure zu Ammoniak maßgeblich von den jeweiligen klimatischen Bedingungen sowie der Menge der in der Einstreu akkumulierten Ausscheidungen beeinflusst. Um dies zu berücksichtigen, erfolgte die Probenahme möglichst in denselben Kalenderwochen und bei vergleichbarem Tieralter (vgl. Tabelle 2). Unterschiede in der Tieranzahl wurden bei der Ammoniakemission auf die Emission pro Tier und bei der Geruchsemission auf die Großvieheinheit (GVE) normiert (vgl. Abbildung 5).

Tabelle 2 . Untersuchungszeitraum der begleitenden Emissionsmessung in den Jahren 2022 (Normalfütterung) und 2025 (stickstoffreduzierte Fütterung)

Monschein 2022					Monschein 2025				
Nr.	Datum	LW Tiere	Tieranzahl	Temperatur	Nr.	Datum	LW Tiere	Tieranzahl	Temperatur
M1	08.03.2022	59	8600	15,8	M1	26.03.2025	64	8200	17,3
M2	21.03.2022	61	8600	15,8	M2	03.04.2025	65	8200	16,2
M3	28.03.2022	62	8600	18,0	M3	23.04.2025	68	8200	20,0
M4	11.04.2022	64	8600	18,7	M4	07.05.2025	70	8200	18,9
M5	25.04.2022	66	8600	18,2	M5	21.05.2025	72	7200	22,1
M6	03.05.2022	67	8600	19,1	M6	05.06.2025	74	7200	24,9

Aufgrund des eingesetzten Mineralfuttermittels, das nicht den gewünschten Anforderungen entsprach, wurde die stickstoffreduzierte Fütterung frühzeitig wieder auf Normalfütterung umgestellt, um unerwünschte wirtschaftliche Einbußen für den Betrieb sowie gesundheitliche Beeinträchtigungen der Tiere zu vermeiden. Für den Vergleich wurden daher nur die Daten aus den ersten vier Messterminen (M1 bis M4) des Datensatzes 2025 sowie aus den Messterminen M3 bis M6 des Datensatzes 2022 herangezogen (Tabelle 3).

Tabelle 3. Datensätze der Messtermine 3 bis 6 (2022) im Vergleich zu denen der Messtermine 1 bis 4 (2025).

Fütterung	Jahr der Daten- erhebung	Nr.	NH3- Emission [mg/Tier]	Geruchs- konzentration [GE/m ³]	Geruchs- pegel dBod	Geruchs- emission [GE/GVE/s]	Absolute Feuchte [g/m ³]	Temperatur [°C]
Normal	2022	M3	0,49	265,33	24,24	22,58	10,21	18
		M4	1,11	123,00	20,90	7,38	10,64	19
		M5	2,59	142,00	21,52	14,37	10,14	18
		M6	4,53	103,00	20,13	9,65	10,94	19
		Mittelwert (MW)	2,18	158,33	21,70	13,49	10,48	18,50
		StAb	1,80	73,09	1,79	6,72	0,38	0,50
N-reduziert	2025	M1	1,58	947,33	29,77	104,72	10,80	17
		M2	2,08	421,00	26,24	46,86	9,81	16
		M3	0,46	294,00	24,68	26,43	11,81	20
		M4	1,56	404,00	26,06	32,97	11,62	19
		Mittelwert (MW)	1,42	516,58	26,69	52,75	11,01	18,08
		StAb	0,68	292,63	2,17	35,68	0,91	1,68

Aufgrund der stichprobenartigen Datenerfassung in einem komplexen System der Ammoniakfreisetzung sowie der Geruchsentwicklung über einen längeren Zeitraum ist eine Variabilität der erhobenen Daten unvermeidbar (vgl. Abbildung 4)

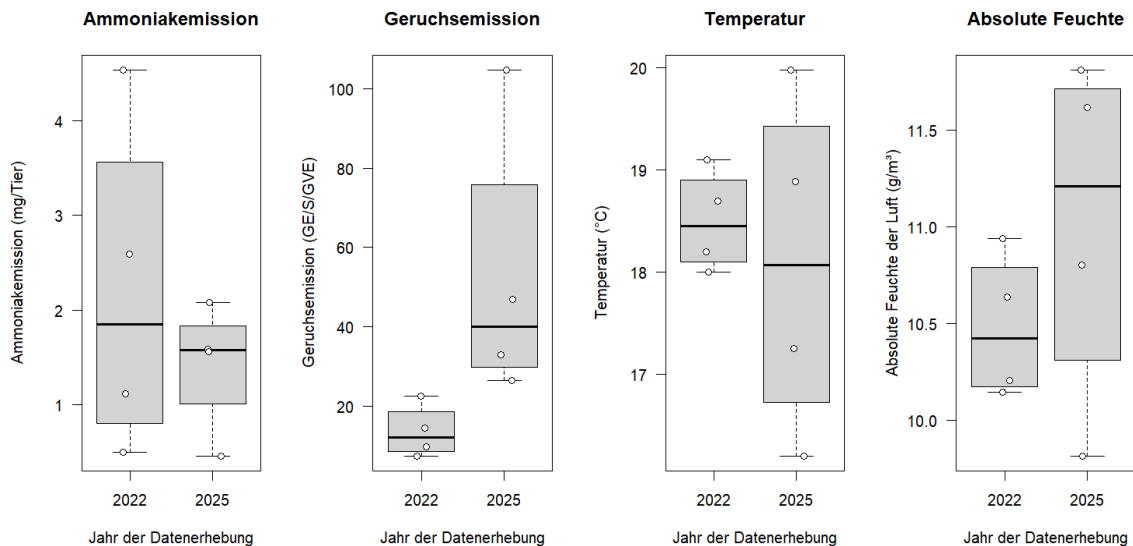


Abbildung 4. Darstellung der Variabilität der erhobenen Daten der Messtermine 3 bis 6 (2022) im Vergleich zu den Messterminen 1 bis 4 (2025)

Die Auswertung der Datensätze der Normalfütterung (2022) und der stickstoffreduzierten Fütterung (2025) ist in Tabelle 4 dargestellt. Die absolute Luftfeuchte ($p > 0,05$) und die Temperatur ($p > 0,05$) unterschieden sich zwischen den Datenerhebungen in 2022 und

2025 nicht signifikant (Tabelle 4). Dies deutet darauf hin, dass die klimatischen Bedingungen während der Untersuchungszeiträume vergleichbar waren.

Tabelle 4. Auswertung der Datensätze der Normalfütterung (Messtermine 3 bis 6) und der stickstoffreduzierten Fütterung (Messtermine 1 bis 4). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

	Mittelwert (MW)		Beobachtete MW Differenz	Konfidenzintervall der Beobachteten MW-Differenz		p-Wert
	2022	2025		2,50%	97,50%	
NH ₃ -Emission [mg/Tier]	2,18	1,42	0,76	-0,74	2,42	0,484
Geruchsemission [GE/s/GVE]	13,49	52,75	-39,25	-74,32	-14,57	0,031
Temperatur [°C]	18,50	18,08	0,42	-1,05	1,90	0,655
Absolute Feuchte [g/kg]	10,48	11,01	-0,53	-1,31	0,35	0,344

Im Mittel beträgt die Ammoniak-Emission bei stickstoffreduzierter Fütterung (1,42 mg/Tier) 34 % weniger als bei Normalfütterung (2,18 mg/Tier), was im Hinblick auf das Reduktionsziel der NEC-Richtlinie von 12 % bis zum Jahr 2030 sehr positiv zu bewerten ist. Aufgrund der hohen Variabilität der Daten bei Normalfütterung (Abbildung 4) unterscheidet sich die Ammoniak-Emission bei gleicher absoluter Luftfeuchte und gleicher Temperatur zwischen Normalfütterung und stickstoffreduzierter Fütterung statistisch jedoch nicht signifikant.

Die limitierende Wirkung des Wassers auf die enzymatischen Prozesse der Hydrolasen während der Ammoniakfreisetzung spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Obwohl bei stickstoffreduzierter Fütterung weniger Substrat (Harnsäure) in den Ausscheidungen für enzymatische Reaktionen verfügbar ist – was aus tiergesundheitlicher, wirtschaftlicher und umwelttechnischer Sicht sehr vorteilhaft bewertet wird – führt die Reduktion des Stickstoffgehalts in der Fütterung nicht zwangsläufig zu einer Verringerung der Ammoniakfreisetzung (Subagia 2025).

Betriebe in wärmeren Klimaregionen mit höherer Luftfeuchtigkeit könnten theoretisch eine stärkere prozentuale Reduktion der Ammoniakemission pro Jahr durch stickstoffreduzierte Fütterung erzielen, da für die enzymatischen Prozesse insgesamt weniger Ausgangsmaterial (Harnsäure) zur Verfügung steht.

Die Geruchsemission bei stickstoffreduzierter Fütterung ($52,7 \pm 28,2$ GE/s/GVE) war im Mittel etwa viermal höher als bei der Normalfütterung ($13,5 \pm 6,7$ GE/s/GVE) und unterschied sich signifikant voneinander ($p = 0,031$). Die Gründe für die höheren Geruchsemissionen im

Jahr 2025 können vielfältig sein und werden stark von den klimatischen Gegebenheiten im Stall beeinflusst, die bis zum Messzeitpunkt zur Variabilität der Geruchsemission beitragen. Daher können die Emissionen bei punktuellen Datenerhebungen nur eingeschränkt allein auf die Fütterung zurückgeführt werden. Erhöhte Geruchsemissionen wurden bei zwei Probenahmeterminen (M1 und M2) im Jahr 2025 festgestellt, bevor sie wieder auf ein normales Niveau zurückgingen (Abbildung 5). Diese Werte wurden in die Auswertung einbezogen und führten schließlich zu einem höheren Mittelwert. Subagia (2025) berichtete über eine erhöhte Geruchsemission während der kühleren Jahreszeit, in der die Stallluft deutlich trockener war. Es wird vermutet, dass Staub im trockeneren Stall als Trägermaterial für Gerüche fungiert. Die Variabilität der Luftproben während der jeweiligen Messungen lässt sich aufgrund der durch die Tieraktivität verursachten Staubentwicklung ebenfalls nicht vermeiden. Die Staubentwicklung wurde im Rahmen der begleitenden Emissionsmessung nicht berücksichtigt.

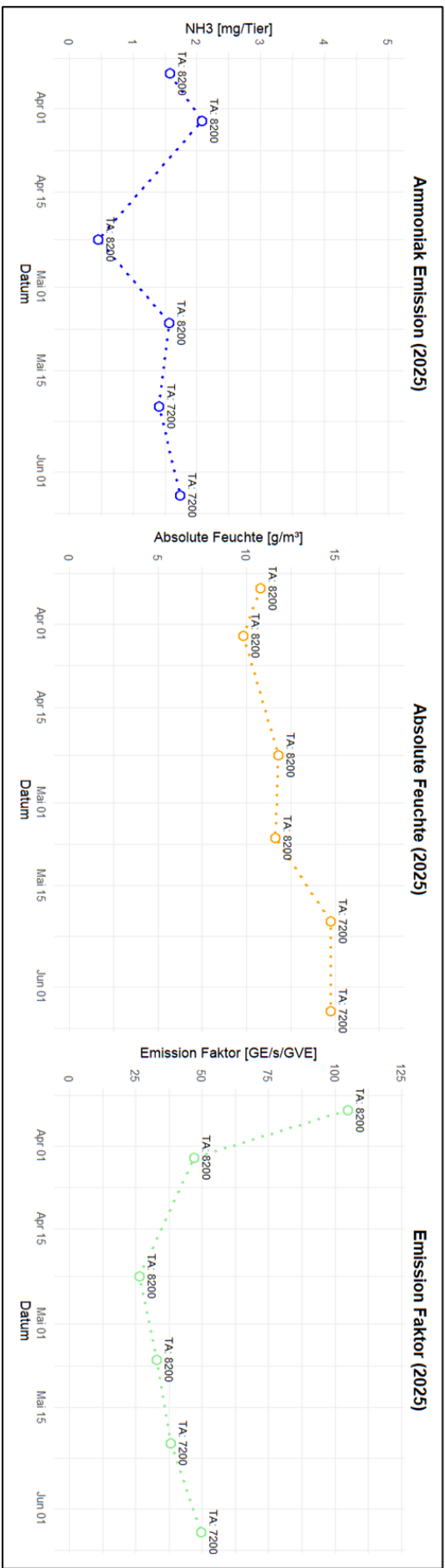
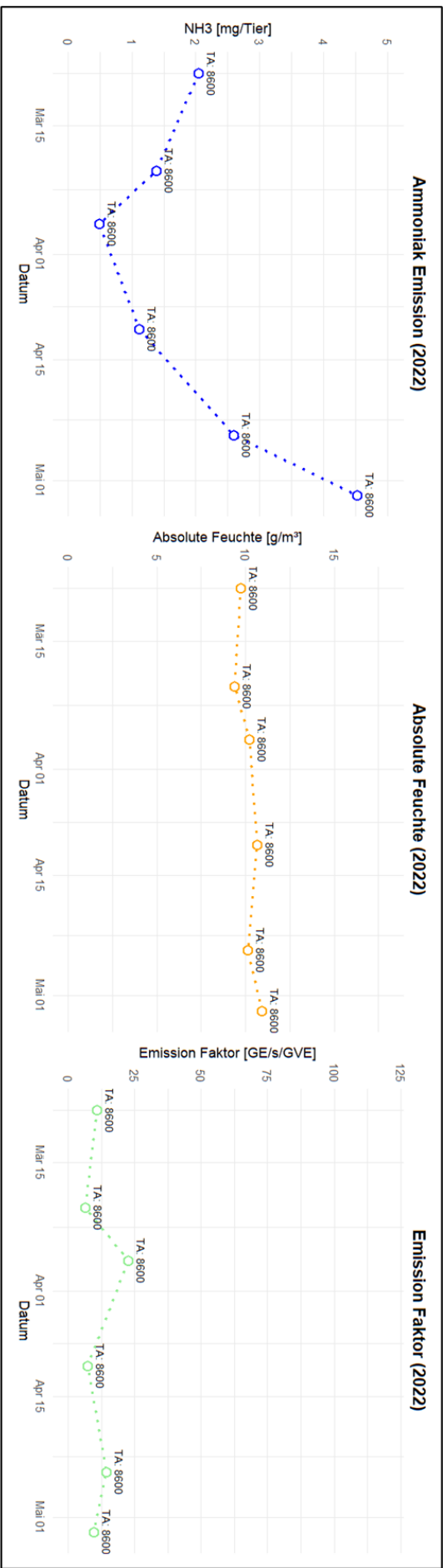


Abbildung 5. Darstellung der während der Messtermine 1 bis 6 erhobenen Daten für die Normalfütterung (2022) und die stickstoffreduzierte Fütterung (2025)

Literatur

Koerkamp, P. W. G. Groot. 1994. „Review on Emissions of Ammonia from Housing Systems for Laying Hens in Relation to Sources, Processes, Building Design and Manure Handling“. Journal of Agricultural Engineering Research 59(2):73–87. doi:10.1006/jaer.1994.1065.

Laerdal, Osm. A., P. M. Newberne, J. E. Savage, und B. L. O'Dell. 1957. „A Direct Method for Determination of Digestibility in Growing Chickens1“. Poultry Science 36(4):815–20. doi:10.3382/ps.0360815.

Latshaw, J. D., und L. Zhao. 2011. „Dietary protein effects on hen performance and nitrogen excretion“. Poultry Science 90(1):99–106. doi:10.3382/ps.2010-01035.

Liebert, F. 1909. „The decomposition of uric acid by bacteria“. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Proceedings Series B Physical Sciences 12:54–64.

Pöllinger, Alfred. 2018. „Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft - Quellen und Minderungsmöglichkeiten“. 6. Umweltökologisches Symposium 2018 27–30.

Schefferle, Henrietta E. 1965. „The Decomposition of Uric Acid in Built Up Poultry Litter“. Journal of Applied Bacteriology 28(3):412–20. doi:10.1111/j.1365-2672.1965.tb02171.x.

Subagia, Raditya. 2025. „Avimin: Emissionsminderungsstrategien in der Geflügelhaltung“. HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
Raumberg 38, 8952 Irnding
raumberg-gumpenstein.at