

# Langzeitmessungen zu Ammoniakemissionen aus der Lege-Elterntierhaltung und Maßnahmen zu deren Minderung

Jochen Hahne

In der vorliegenden Arbeit werden Langzeitmessungen über  $\text{NH}_3$ -Emissionen an zwei zwangsbelüfteten Lege-Elterntierställen und wesentliche Einflussfaktoren auf die Höhe der Emissionen dargestellt. Die Emissionen beider Ställe mit je 432 bis 523 gehaltenen Tieren wurden im Zeitraum von 2017 bis 2021 über ein automatisch arbeitendes Online-Messsystem erfasst. Wie die Untersuchungen zeigen, hat die Entmistung maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Während bei früheren Untersuchungen an denselben Ställen bei einmaliger Entmistung in der Woche  $\text{NH}_3$ -Emissionen von  $148 \pm 29 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  auftraten, waren es bei zweimaliger Entmistung im Mittel aller Messungen nur noch  $35,2 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$ . Die Ergebnisse zeigen bei Betrachtung eines entmistungsfreien Zeitraums von bis zu 84 h ferner, dass sich die Emissionen im Mittel alle 24 h verdoppeln. Zur Minderung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Lege-Elterntier-Ställen stellt daher die Verkürzung des Entmistungsintervalls eine sehr wirksame Option dar. Darüber hinaus kann bei gegebenem Entmistungsintervall die Teilstromreinigung mit anerkannten Abluftreinigungsverfahren, die nur 60 % der Auslegungsluft rate eines Stalles reinigen, eine  $\text{NH}_3$ -Minderung von mindestens 40 % über das Jahr sicher gewährleisten.

## Schlüsselwörter

Ammoniak, Emissionen, Lege-Elterntiere, Legehennen, Entmistung, Minderungsmaßnahmen

## Einleitung

Die Landwirtschaft in Deutschland ist für rund 95 % der nationalen Ammoniakemissionen verantwortlich. Mehr als 70 % davon stammen direkt aus der Nutztierhaltung. Übermäßige Ammoniaketräge in die Umwelt führen zur Versauerung und Nährstoffübersorgung von Ökosystemen sowie zur Veränderung und Abnahme der Artenvielfalt. Ammoniak ist ein indirekt wirksames Treibhausgas, das zu klimaschädlichem Lachgas umgewandelt wird. Ferner trägt Ammoniak zur Feinstaubbildung bei. Zur Verringerung dieser negativen Umweltwirkungen hat sich Deutschland verpflichtet, seine Ammoniakemissionen bis 2030 um 29 % gegenüber dem Referenzjahr 2005 zu reduzieren. Der vorliegende Beitrag belegt anhand von Langzeitmessungen, wie die Ammoniakemissionen aus der Hühnerhaltung wirksam reduziert werden können.

## Versuchsbeschreibung

Die Versuche zur Erfassung der Emissionen und wesentlicher Einflussfaktoren aus zwei zwangsbelüfteten, identisch bewirtschafteten Lege-Elterntierställen mit je 423 bis 523 gehaltenen Tieren (33 % Hähne, 67 % Hennen) erfolgten im Zeitraum von 2017 bis 2021. Eine Halungsperiode dauerte 176 bis 369 d. Eine direkte Zuordnung des Halungsverfahrens zum Nationalen Bewertungsrahmen

(KTBL 2020) ist wegen des Versuchs- und Forschungscharakters der Ställe nicht möglich. Die maximale Luftrate je Stall beträgt ca.  $12.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Die Steuerung der Luftvolumenströme der Ställe erfolgte nach der Zieltemperatur von  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Im Winter wurde eine Zusatzheizung eingesetzt. Es gab keine weiteren Einrichtungen zur Kühlung bei sommerlichen Temperaturen. Jeder Stall hat eine Länge von 30 m und eine Breite von 6 m. Die Fütterung erfolgt mit Legehennen-Alleinfutter (Golddott Landgolt, 17,5% Rohprotein-Gehalt) ad libitum über Futterketten, Wasser steht über Nippeltränken zur Verfügung. Die Entmistung erfolgte zweimal in der Woche über unbelüftete Kotbänder.

### Analytik und Datenaufbereitung

Zur Erfassung der Volumenströme aus den Ställen wurden Ultrasonic-Anemometer der Fa. Thies eingesetzt, die in den Abluftkaminen verbaut sind. Die Ammoniakkonzentrationen wurden mit einem FTIR-Gasanalysator der Fa. gasmet bestimmt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Messgrößen und eingesetzte Messgeräte zur Bestimmung der Abluftzusammensetzung

Parameter	Messgerät
Ammoniak	FT-IR Cx 4000, gasmet, Karlsruhe
Volumenstrom	Thies Ultrasonic Anemometer 1 D, Göttingen
Temperatur	Vaisala HUMICAP HMT 330, Helsinki
Relative Feuchte	Vaisala HUMICAP HMT 330, Helsinki

Zur Bestimmung von Temperatur und relativer Feuchte kamen Vaisala-Messwertgeber der Serie HMT 330 zum Einsatz.

Das Online-Messsystem verfügt über eine automatisch arbeitende Messstellenumschaltung mit täglicher Nullpunkt-Kalibrierung und erzeugt alle 80 s einen Messwert nach einer 3-fachen Vor-Messung des jeweiligen Messgases am beprobten Messpunkt. Alle Messgasleitungen werden auf  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  beheizt und die Messzelle mit einer Temperatur von  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  betrieben. Insgesamt werden 8 Messstellen nacheinander angefahren, sodass im Regelbetrieb für jede einzelne Messstelle im Abstand von 640 s entsprechende Messwerte generiert und zusammen mit anderen Messdaten gespeichert werden. Die normgerecht installierten Messpunkte zur Berechnung der Stallemissionen befinden sich in den Abluftkaminen der einzelnen Ställe. Diese Vorgehensweise führt zu 135 Datensätzen am Tag. Für die weitere Aufbereitung der Daten wurden diese zu 2-h-Mittel-, Tagesmittel- und Monatsmittelwerten umgerechnet. Die Bestimmung der Emissionsfaktoren erfolgte durch Kumulierung der täglichen  $\text{NH}_3$ -Emissionen über die einzelnen Haltungsperioden und unter Berücksichtigung der mittleren Tierzahl. Bei der Berechnung wurden 365 Haltungstage zugrunde gelegt. Für die Vergleichbarkeit der Monatsdaten wurden diese auf 30 Tage normiert. Die erzeugten Emissionsdaten wurden auf 500 Tierplätze bezogen, um die Daten aus den beiden Ställen miteinander vergleichen zu können.

## Ergebnisse der Emissionsmessungen

### Jahresgänge der NH<sub>3</sub>-Emissionen und Volumenströme

Die Höhe der mittleren Ammoniakemissionen in den identisch bewirtschafteten Ställen 1 und 2 zeigte jahreszeitliche Einflüsse (Abbildung 1). Vergleichsweise geringe NH<sub>3</sub>-Emissionen traten in den Monaten November bis März auf, während erhöhte Emissionen insbesondere in den Monaten April und Mai sowie im Zeitraum von August bis Oktober gemessen wurden. Bei den Daten ist zu beachten, dass aufgrund der Haltungsperioden z. B. für die Monate Dezember und Januar insgesamt 8 Monatswerte zur Auswertung verfügbar waren, während es für Juni nur 2 Monatswerte waren. Beim Stall 1 schwankten die mittleren NH<sub>3</sub>-Emissionen über das Jahr zwischen 683 g NH<sub>3</sub> je 30 Tage und 500 Tierplätzen im Februar und 2.014 g NH<sub>3</sub> je 30 Tage und 500 Tierplätzen im August. Die Schwankungsbreite beim Stall 2 lag zwischen 994 g NH<sub>3</sub> je 30 Tage und 500 Tierplätzen im Februar und 2.627 g NH<sub>3</sub> je 30 Tage und 500 Tierplätzen im August.

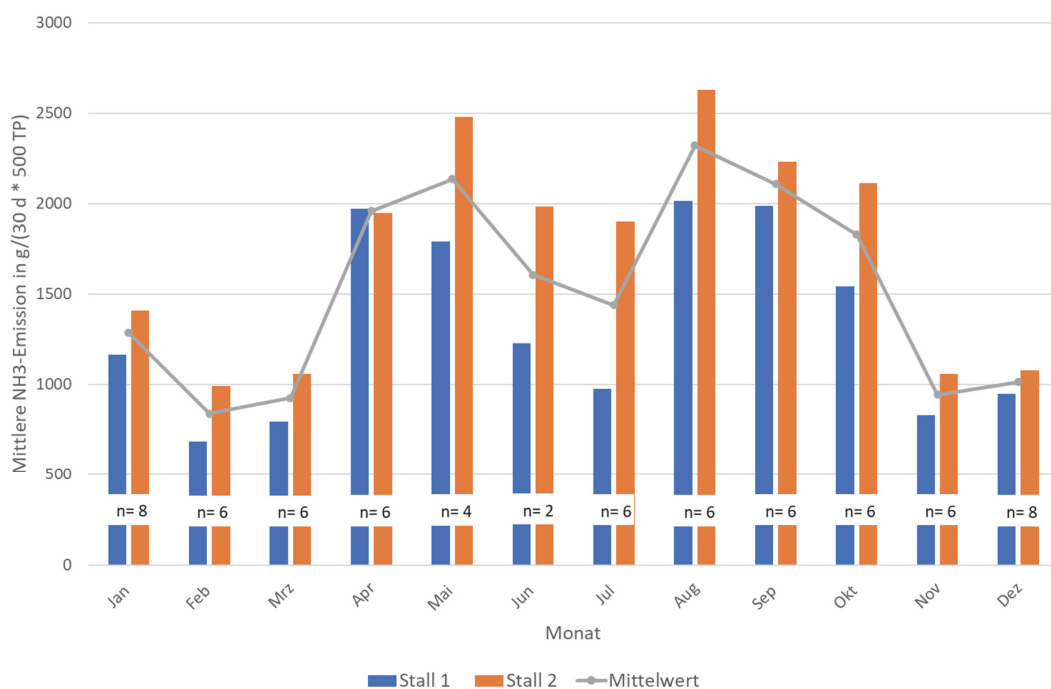


Abbildung 1: Jahresgänge der mittleren NH<sub>3</sub>-Emissionen (2017 - 2021)

Auch die mittleren Volumenströme zeigten klare jahreszeitliche Abhängigkeiten (Abbildung 2). Die geringsten mittleren Volumenströme wurden im Stall 1 im Februar mit 807 m<sup>3</sup> Luft je Stunde und 500 Tierplätzen gemessen, die höchsten mit 8.594 m<sup>3</sup> Luft je Stunde und 500 Tierplätzen im August. Beim Stall 2 lagen die geringsten mittleren Volumenströme bei 1.012 m<sup>3</sup> je Stunde und 500 Tierplätzen im November und die höchsten bei 8.200 m<sup>3</sup> je Stunde und 500 Tierplätzen im Juni.

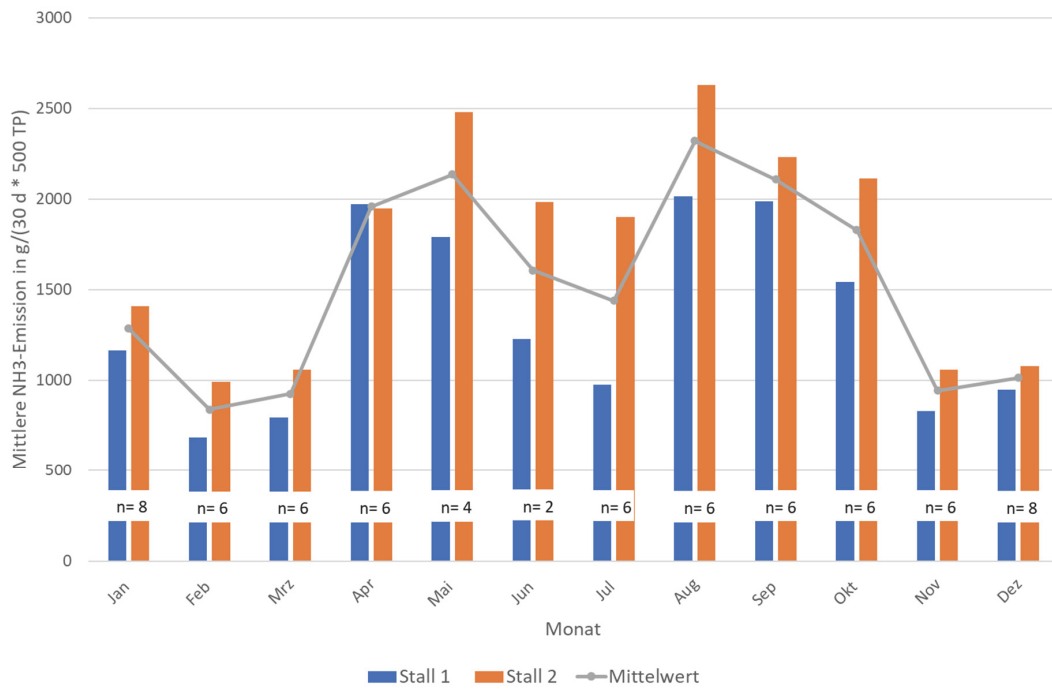


Abbildung 2: Jahresgänge der mittleren Volumenströme (2017–2021)

Die mittleren NH<sub>3</sub>-Emissionen ergaben einen funktionalen Zusammenhang mit den mittleren Volumenströmen (Abbildung 3).

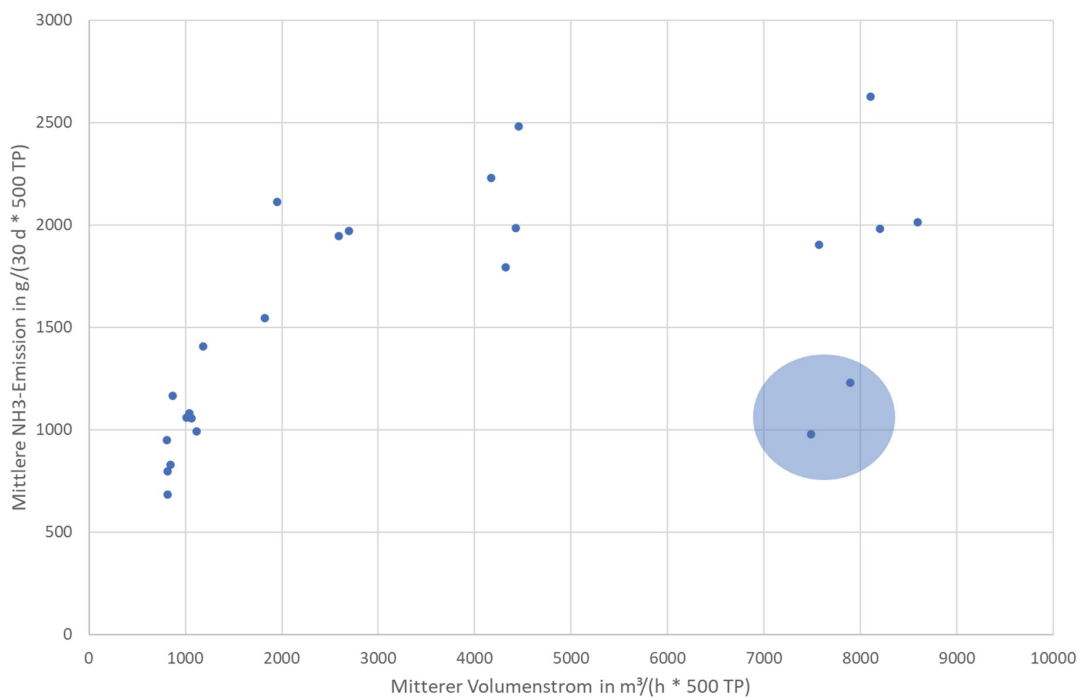


Abbildung 3: Abhängigkeit der mittleren NH<sub>3</sub>-Emissionen vom mittleren Volumenstrom (2017–2021)

Die mittleren Volumenströmen wurden aus 2-h-Mittelwerten berechnet und zu Monats-Mittelwerten umgerechnet. Bei geringen Volumenströmen bis ca. 2.000 m<sup>3</sup> Luft/(h \* 500 TP) stieg die NH<sub>3</sub>-Emission tendenziell linear mit dem Volumenstrom an. Bei höheren Volumenströmen stieg die NH<sub>3</sub>-Emission kaum noch an. Die auffallend geringen NH<sub>3</sub>-Emissionen (blau markierter Kreis in Abbildung 3) wurden beim Stall 1 in den Monaten Juni und Juli gemessen und können mit der vorhandenen Datengrundlage nicht erklärt werden. Die parallel dazu erhobenen Daten aus dem Stall 2 ergaben keine vergleichbar geringen NH<sub>3</sub>-Emissionen.

### Tagesgänge der NH<sub>3</sub>-Emissionen und Volumenströme

Das Emissionsverhalten der Lege-Elterntierställe wies je nach Jahreszeit typische Tagesgänge auf. In Abbildung 4 und Abbildung 5 sind für den 13. April und den 3. August zwei Tagesgänge aus dem Stall 2 beispielhaft dargestellt. Es wurden jeweils nur Montage verglichen, um den Einfluss der Entmistung (dienstags und freitags) auf die Ergebnisse auszuschließen. Bei allen dargestellten Werten handelt es sich um 2-h-Mittelwerte.

Während die Volumenströme im April mit 1.028 bis 1.315 m<sup>3</sup> Luft h<sup>-1</sup> nur geringe Schwankungen aufwiesen, zeigten die Werte im August mit Volumenströmen von 1.212 bis 11.212 m<sup>3</sup> Luft h<sup>-1</sup> einen ausgeprägten Tagesgang. Die höchsten Werte wurden in der Zeit von 14:00 bis 20:00 Uhr gemessen, die niedrigsten zwischen 04:00 und 08:00 Uhr. Ergebnisse zu weiteren Tagesgängen im September, Oktober und Februar sind vergleichend in Tabelle 2 dargestellt.

Die NH<sub>3</sub>-Konzentrationen in der Stallluft im April zeigten nur einen schwach ausgeprägten Tagesgang, wobei die höchsten Konzentrationen in der Zeit von 06:00 bis 08:00 Uhr mit 5 bis 5,5 ppm NH<sub>3</sub> gemessen wurden. Im August wurden deutlich geringere NH<sub>3</sub>-Konzentrationen in der Stallluft gemessen, wobei mit 1,7 bis 2,2 ppm NH<sub>3</sub> die höchsten Konzentrationen in der Zeit von 06:00 bis 10:00 Uhr auftraten.

Die Stalltemperaturen schwankten im April über den Tag nur geringfügig zwischen 18,3 und 20,7 °C. Im August waren die Unterschiede mit 20,2 bis 24,6 °C etwas größer. Die höchsten Stalltemperaturen wurden nachmittags in der Zeit von 16:00 bis 20:00 Uhr gemessen.

Einen ausgeprägten Tagesgang hingegen zeigte die relative Luftfeuchte der Stallluft im April. Relativ erhöhte Werte von 51,6 bis 52,6% wurden zwischen 02:00 und 06:00 Uhr gemessen. Im weiteren Tagesverlauf fielen sie auf 30% gegen 20:00 Uhr. Im August lagen die Werte zwischen 55,1 und 62,7% in der Zeit von 02:00 bis 12:00 Uhr und fielen danach auf 41,3% gegen 18:00 Uhr.

Der NH<sub>3</sub>-Massenstrom zeigte nur einen gering ausgeprägten Tagesgang im April. Die höchsten Werte mit 4,9 g NH<sub>3</sub>/(h\*500 TP) wurden gegen 06:00 Uhr morgens gemessen. Demgegenüber war im August ein ausgeprägter Tagesgang mit Höchstwerten von 9,4 g NH<sub>3</sub>/(h\*500 TP) gegen 14:00 Uhr festzustellen. Nachts gingen die Werte auf 0,9 g NH<sub>3</sub>/(h\*500 TP) zurück.

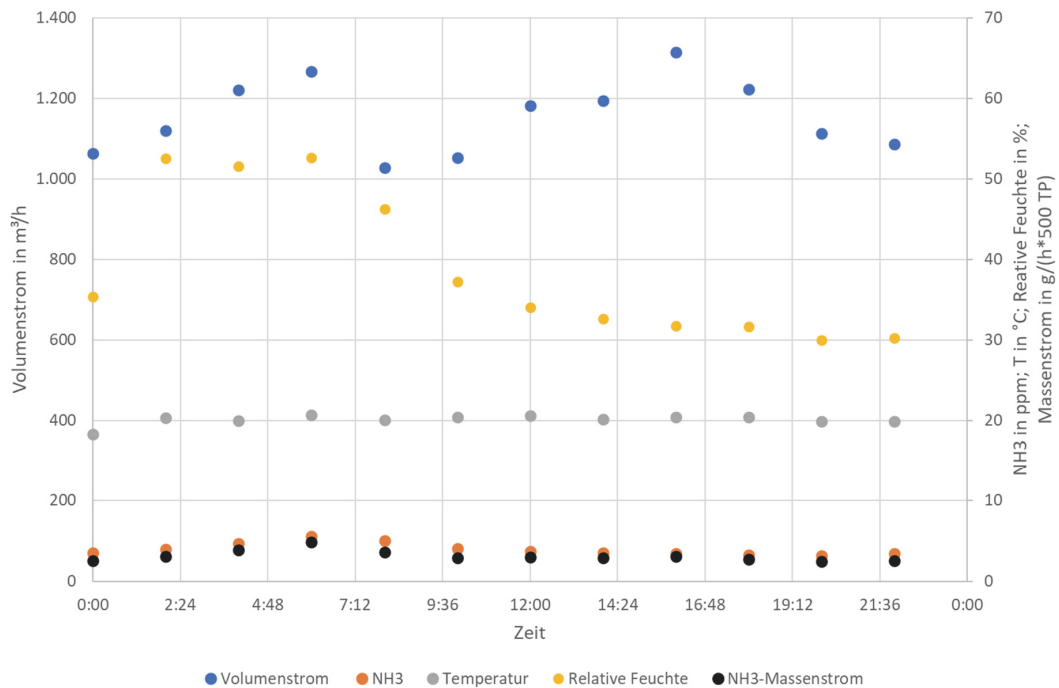


Abbildung 4: Beispiel eines Tagesgangs von Volumenstrom, Ammoniakkonzentration in der Stallluft, Stalllufttemperatur, relativer Luftfeuchte in der Stallluft und des NH<sub>3</sub>-Massenstroms im April

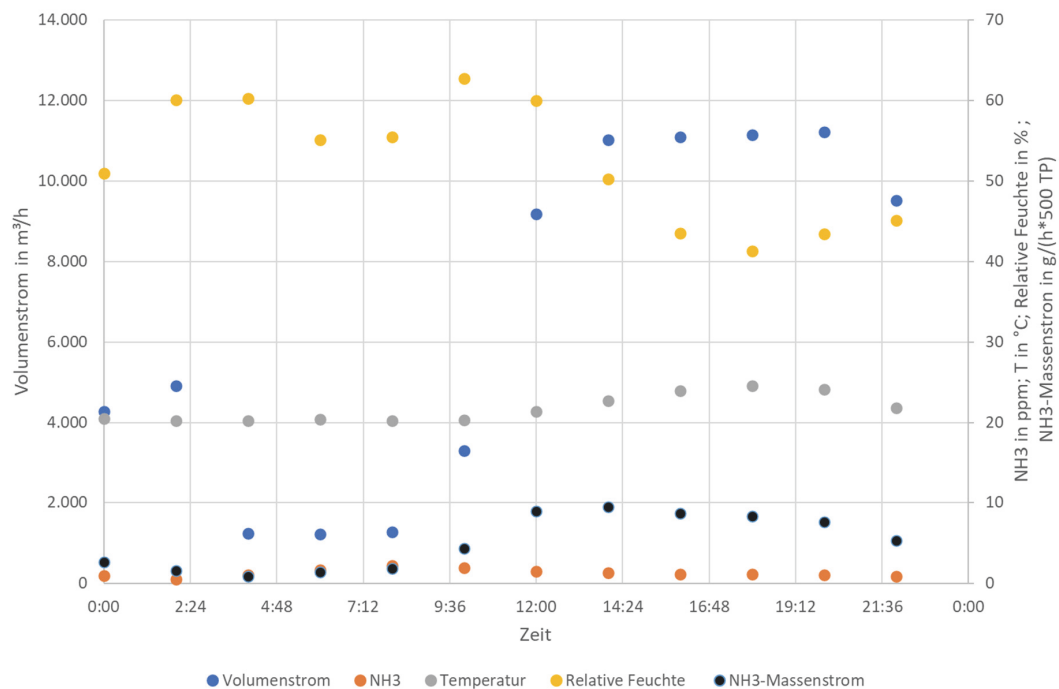


Abbildung 5: Beispiel eines Tagesgangs von Volumenstrom, Ammoniakkonzentration in der Stallluft, Stalllufttemperatur, relativer Luftfeuchte in der Stallluft und des NH<sub>3</sub>-Massenstroms im August

Tabelle 2: Messdaten für Volumenstrom, Ammoniakkonzentration in der Stallluft, Stalllufttemperatur, relativer Luftfeuchte in der Stallluft und NH<sub>3</sub>-Massenstrom für verschiedene Monate im Messzeitraum (2017 bis 2021)

Monat	Parameter	Volumenstrom in m <sup>3</sup> Luft h <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> in ppm	T in °C	Relative Luftfeuchte in %	NH <sub>3</sub> -Massenstrom in g NH <sub>3</sub> h <sup>-1</sup> 500 TP <sup>-1</sup>
April	Minimum	1.027,9	3,2	18,3	30,0	2,4
	Maximum	1.315,1	5,5	20,7	52,6	4,8
	Mittelwert	1.155,3	3,9	20,1	38,8	3,1
	Stabw. <sup>1)</sup>	91,4	0,7	0,6	9,2	0,7
	Median	1.150,1	3,6	20,2	34,7	3,0
August	Minimum	1.211,6	0,5	20,2	41,3	0,9
	Maximum	11.212,2	2,2	24,6	62,7	9,4
	Mittelwert	6.613,3	1,2	21,7	52,3	5,1
	Stabw. <sup>1)</sup>	4.285,7	0,5	1,7	7,6	3,4
	Median	7.042,9	1,1	20,9	53,0	4,8
September	Minimum	942,1	0,7	19,4	52,6	0,7
	Maximum	10.522,0	1,5	22,0	61,9	6,9
	Mittelwert	4.169,7	1,1	20,5	58,6	2,7
	Stabw. <sup>1)</sup>	3.972,0	0,3	0,8	2,9	2,4
	Median	1640,7	1,1	20,3	59,5	1,5
Oktober	Minimum	201,8	2,3	19,4	52,9	0,7
	Maximum	1.312,0	5,7	20,6	62,2	2,9
	Mittelwert	981,2	3,5	19,9	56,6	2,1
	Stabw. <sup>1)</sup>	356,2	1,0	0,3	2,6	0,6
	Median	1.124,7	3,1	19,9	56,6	2,2
Februar	Minimum	1.154,0	2,1	17,6	45,4	1,9
	Maximum	1.417,3	3,5	20,6	53,1	3,0
	Mittelwert	1.295,4	2,9	19,6	50,0	2,5
	Stabw. <sup>1)</sup>	72,6	0,4	1,1	2,5	0,4
	Median	1.304,8	3,0	20,0	50,6	2,6

<sup>1)</sup> Standardabweichung

### Einfluss der Entmistung auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen

Die Ställe 1 und 2 wurden im Zeitraum von 2017 bis 2021 im Regelfall zweimal in der Woche, am Dienstag und am Freitag, entmistet. In wenigen Wochen, z. B. in der Weihnachtszeit, erfolgte im Einzelfall nur eine Entmistung in der Woche. Diese Daten blieben für die Auswertungen des Emissionsverhaltens bei zweimaliger Entmistung in der Woche unberücksichtigt. Zur Bestimmung des Einflusses der Entmistungen auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen wurden alle Daten nach Kalendertagen sortiert und zu jeweiligen Wochenwerten aufsummiert. Es wurden auf diese Weise je 143 Wochenwerte für die Ställe 1 und 2 berechnet. Anschließend wurden die NH<sub>3</sub>-Emissionsdaten der einzelnen Kalendertage in Prozent umgerechnet und auf die Wochensumme (= 100 %) bezogen.

Die Ergebnisse zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen der Entmistung und den NH<sub>3</sub>-Emissionen für beide Ställe (Abbildung 6). Nach den Entmistungen am Dienstag und am Freitag sanken die NH<sub>3</sub>-Emissionen sehr deutlich und stiegen nach den Entmistungen wieder an. Besonders deutlich

wird der Effekt bei Betrachtung der Daten vom Dienstag und Mittwoch. Durch die Entmistung am Dienstag sanken die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Stall 1 am Mittwoch um knapp 50 % und aus dem Stall 2 um fast 53 %.

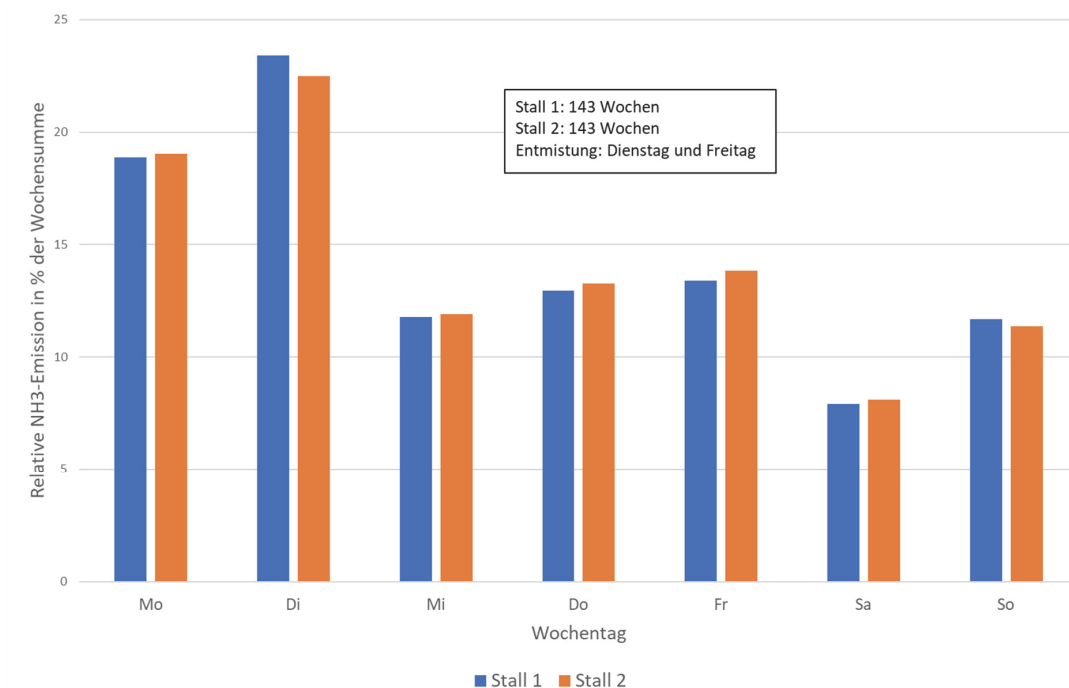


Abbildung 6: Verlauf der mittleren  $\text{NH}_3$ -Emissionen in den Ställen 1 und 2 in Abhängigkeit vom Wochentag (Entmistung jeweils dienstags und freitags)

Bei Betrachtung der entmistungsfreien Zeiträume von Samstag 00:00 Uhr bis Montag 24:00 Uhr zeigt sich der Anstieg der mittleren relativen  $\text{NH}_3$ -Emissionen besonders deutlich (Abbildung 7). Grundlage der Darstellung sind jeweils 141 Zeiträume von Samstag bis Montag in beiden Ställen. Die gesamten  $\text{NH}_3$ -Emissionen für den betrachteten Zeitraum wurden jeweils mit 100 % festgelegt. Es fällt auf, dass der Anstieg der relativen  $\text{NH}_3$ -Emissionen in beiden Ställen sich sehr ähnlich verhielt. Wenn angenommen wird, dass die Entmistung am Freitag gegen 12:00 Uhr abgeschlossen worden ist, lag die  $\text{NH}_3$ -Emission nach 36 h (Samstag 24:00 Uhr) bei 21,8 bzw. 22,6 % der Gesamtemission bis Montag 24:00 Uhr. Nach weiteren 24 h (Sonntag 24:00 Uhr, entsprechend 60 h) waren 50,3 bzw. 51,3 % der Gesamtemission erreicht.

In Abbildung 8 ist der funktionale Zusammenhang zwischen Zeitraum nach der letzten Entmistung und der relativen prozentualen  $\text{NH}_3$ -Emissionen dargestellt. Wie zu erkennen, besteht ein enger funktionaler Zusammenhang zwischen beiden Variablen.

Die relativen  $\text{NH}_3$ -Emissionen erhöhen sich für den Betrachtungszeitraum (Samstag bis Montag) alle 24 h um den Faktor 2,1 im Zeitraum von 0 bis 84 h.



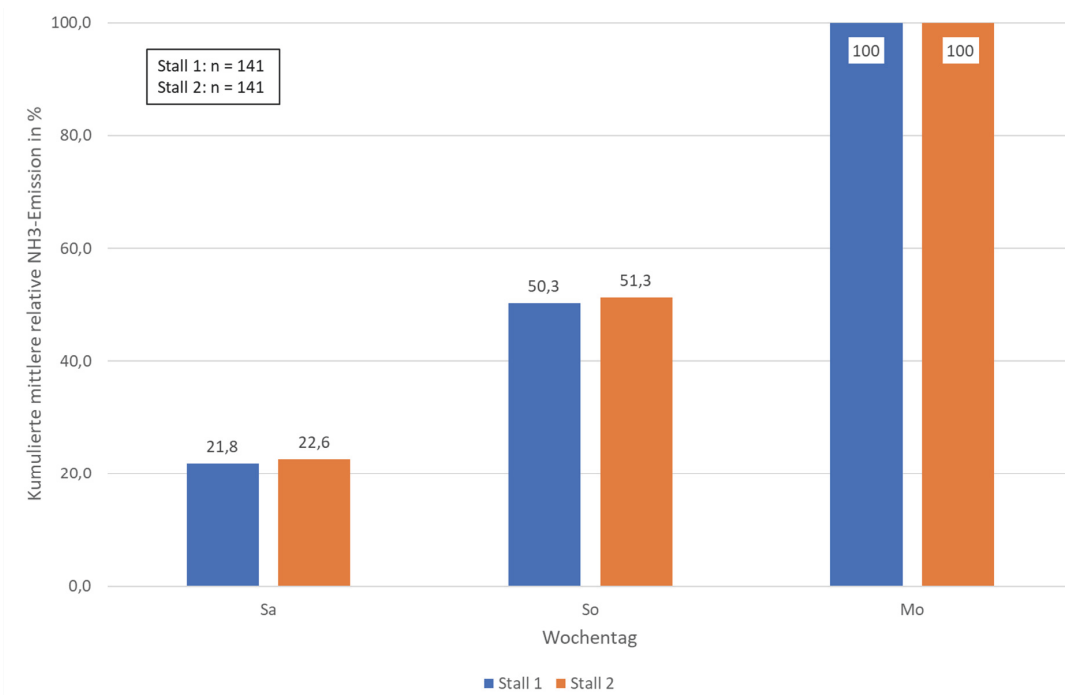


Abb. 7: Anstieg der kumulierten relativen mittleren NH<sub>3</sub>-Emissionen in der entmistungsfreien Zeit in den Ställen 1 und 2 im Zeitraum von 2017 bis 2021 (Summe relative mittlere NH<sub>3</sub>-Emissionen von Samstag bis Montag = 100%)

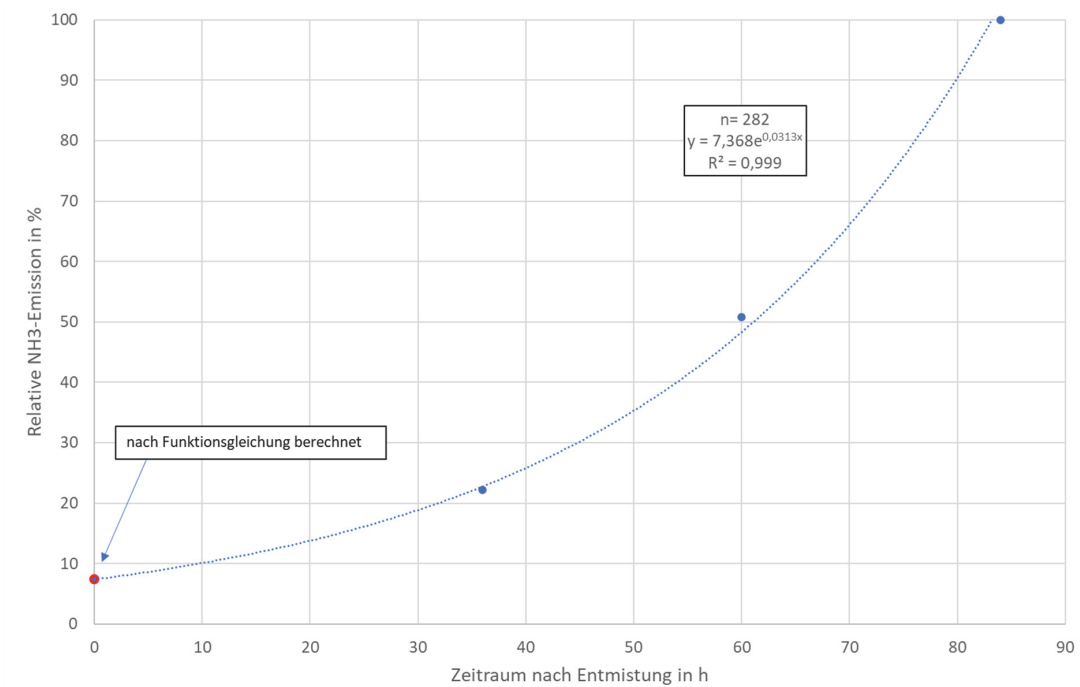


Abb. 8: Einfluss der Zeitdauer ohne Entmistung (Zeitraum Samstag bis Montag) auf den Anstieg der relativen NH<sub>3</sub>-Emissionen

### Gesamt-Emissionen und Emissionsfaktor

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus beiden Ställen wurden von 2017 bis 2021 ermittelt (Tabelle 3). Angesichts der Vielzahl der von Einflussfaktoren auf die  $\text{NH}_3$ -Emissionen wiesen die berechneten Emissionsfaktoren eine vertretbare Schwankungsbreite auf. Auffällig ist allerdings, dass die Emissionswerte im Stall 2 immer höher waren als im Stall 1. Eine mögliche Erklärung für diesen Befund könnten die in den Monaten November bis März erhöhten Volumenströme in Stall 2 bieten (Abbildung 2). Ein Anstieg des Volumenstromes – gerade bei geringeren Volumenströmen um  $1.000 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot 500 \text{ TP})$  – wirkt sich erheblich auf die Höhe der Emissionen aus (Abbildung 3).

Tabelle 3:  $\text{NH}_3$ -Emissionen und Emissionsfaktoren aus Lege-Elterntier-Ställen mit 2-maliger Entmistung in der Woche ohne Kotbandbelüftung

Parameter	Stall 1			
	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
Tierzahl	478	492	503	473
Dauer der Haltpungsperiode in d	369	176	273	243
$\text{NH}_3$ -Emission, kumulativ in g $\text{NH}_3$	17.501	6.967	9.657	10.718
$\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor in g $\text{NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	36,0	28,5	25,7	34,9
$\text{NH}_3$ -Mittelwert in g $\text{NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	31,3			
Parameter	Stall 2			
	2017–2018	2018–2019	2019–2020	2020–2021
Tierzahl	432	446	513	523
Dauer der Haltpungsperiode in d	369	176	273	243
$\text{NH}_3$ -Emission, kumulativ in g $\text{NH}_3$	20.964	7.469	13.567	13.235
$\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor in g $\text{NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	48,0	34,7	35,4	38,0
$\text{NH}_3$ -Mittelwert in g $\text{NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	39,0			
$\text{NH}_3$ -Gesamt-Mittelwert (Stall 1 + 2) in g $\text{NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	35,2			

TP = Tierplatz

Unter Zugrundelegung einer Kotmenge von  $70 \text{ g Kot d}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  und eines N-Anfalls von  $2,03 \text{ g N d}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  (BRADE et al. 2008) beträgt die N-Emission  $3,9\%$  bezogen auf die N-Ausscheidung (Tabelle 4). Für die Berechnung wurde der Gesamt-Mittelwert aus Tabelle 3 mit  $35,2 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  herangezogen. Bezogen auf Rein-Stickstoff betragen die Emissionen ca.  $29 \text{ g TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bzw.  $0,079 \text{ g d}^{-1} \text{ TP}^{-1}$ .

Tabelle 4: Berechneter Kot- und Stickstoffanfall, gemessene  $\text{NH}_3$ -Emissionsdaten sowie  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor in der Legehennenhaltung

Parameter	Wert in g $\text{d}^{-1} \text{ TP}^{-1}$	Wert in kg $\text{a}^{-1} 500 \text{ TP}^{-1}$
Kotproduktion	70	12.775
N-Ausscheidung	2,03	370,48
N-Emission	0,079	14,42
N-Emission/N-Ausscheidung in %	3,9	

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Stall zeigen tendenziell eine Korrelation zu der berechneten Kotmenge im Stall (Abbildung 9). Mit der Entmistung sinkt die Kotmenge im Stall und analog dazu auch die  $\text{NH}_3$ -Emission, wie ein beispielhafter Wochenverlauf vom 17. bis zum 24.08.2020 zeigt.

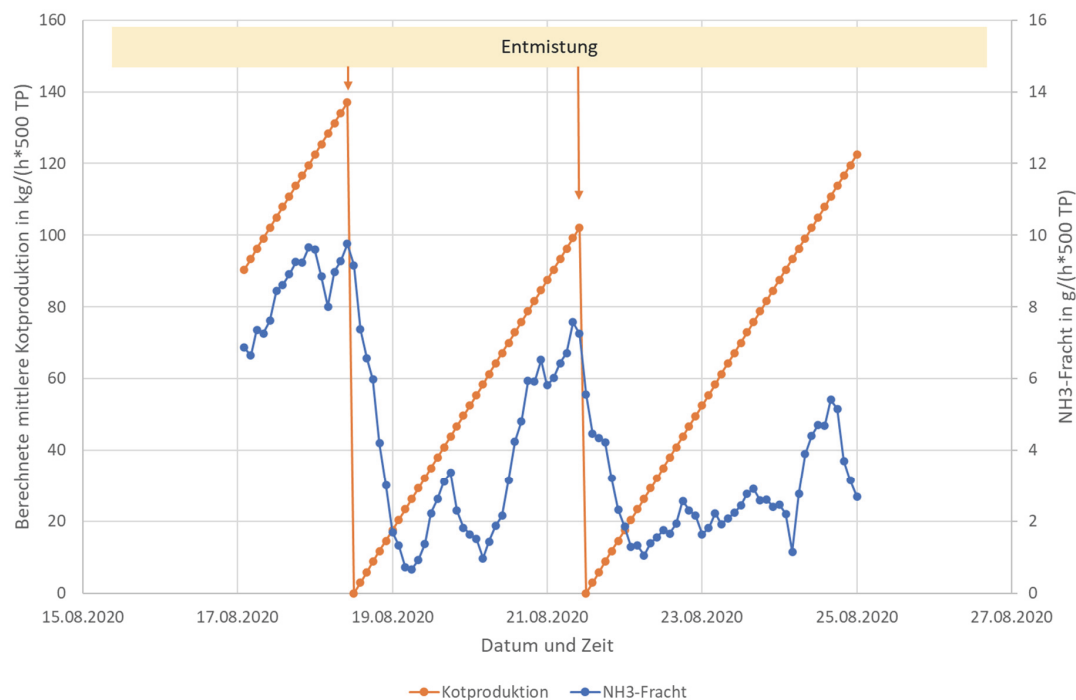


Abbildung 9: Verlauf der berechneten Kotproduktion und gemessener  $\text{NH}_3$ -Emission im Untersuchungszeitraum 15.08. bis 27.08.2020

## Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die Bedeutung der Entmistung für die Ammoniakemissionen bei zwangsbelüfteten Lege-Elterntierställen. Während bei früheren Untersuchungen an diesen Ställen (HAHNE 2010, 2013) mit einmaliger Entmistung in der Woche Ammoniakemissionen in Höhe von  $148 \pm 29 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  gemessen wurden, zeigen die aktuellen Messungen mit zweimaliger Entmistung in der Woche ohne Kotbandbelüftung durchschnittliche Ammoniakemissionen in Höhe von lediglich  $35,2 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$ . Die prinzipielle Bedeutung der Entmistung zeigen auch die Ammoniakemissionsdaten, die vom LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG (2020) veröffentlicht wurden. Die Autoren geben für die Volierenhaltung mit einmaliger Entmistung einen Ammoniakemissionswert von  $90 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  an, während sich die  $\text{NH}_3$ -Emissionsraten bei zweimaliger Entmistung in der Woche auf  $56,5 \text{ g NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}$  verringern. Nach den vorliegenden Messungen ist der Effekt der Entmistung eher noch höher einzuschätzen, als es die zitierten Literaturdaten zeigen.

Durch die häufigere Entmistung werden die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Stall deutlich gesenkt. Dies führt aber auch dazu, dass die N-Menge im Festmist steigt und damit auch das Risiko möglicher  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Lagerung, sofern diese nicht sachgerecht erfolgt. Insofern sind die Forderungen nach einer Abdeckung oder Überdachung von Festmistmieten in der Neufassung der TA Luft sachgerecht (BUNDESRAT 2021).  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus diesen Quellen werden verringert, wenn der Festmist möglichst trocken gelagert und gegen Wiedervernässung geschützt wird.

Wenn ein Lege-Elterntiere haltender Betrieb seine Ammoniakemissionen senken muss, wäre nach den vorliegenden Untersuchungen die Erhöhung der Entmistungsfrequenz bei sachgerechter Ausgestaltung der Festmistlagerung eine interessante Option. Wenn man den bei den Untersuchungen gefundenen kausalen Zusammenhang zwischen relativer  $\text{NH}_3$ -Emission und zeitlichem Abstand zwischen den Entmistungen zugrunde legt (Abbildung 8), würden sich die mittleren  $\text{NH}_3$ -Emissionen bei 3-maliger Entmistung in der Woche (formal alle 56 h) um 58,5 % gegenüber der 2-maligen Entmistung (formal alle 84 h) reduzieren lassen.

Angesichts einer perspektivisch wachsenden Geflügelhaltung in Deutschland (DEBLITZ et al. 2021) und dem gewollten Umbau der Tierhaltung in Hinblick auf Zugang zu Außenklima und mehr Tierwohl (BMEL 2019, 2020) wird die Bedeutung eines emissionsarmen Umgangs mit verschiedenen Festmistarten umso offensichtlicher. Denn viele als tiergerechter eingestufte Haltungsverfahren mit Ausgestaltung von Funktionsbereichen werden zu einer vermehrten Geflügelfestmistmenge beitragen. Modellierungen von KRÖTZ und ENGLERT (1999) haben gezeigt, dass wesentliche Maßnahmen zur Minderung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Festmist in der Herabsetzung des pH-Wertes sowie in der Reduzierung des Stoffübergangskoeffizienten bestehen. Die Reduzierung des Stoffübergangskoeffizienten kann durch die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit an der Festmistoberfläche, Verminderung von Umsetzungsprozessen sowie durch eine Abdeckung des Festmistes erreicht werden.

Wenn ein Lege-Elterntiere haltender Betrieb bei gegebener Entmistung über die Abluftreinigung seine  $\text{NH}_3$ -Emissionen um 40 % senken muss, ist eine Teilstromreinigung von 60 % des Volumensstromes sinnvoll. Die untersuchten Ställe haben eine Maximalluftströmung von je  $12.000 \text{ m}^3 \text{ Luft h}^{-1}$ . Bei Betrachtung der durchschnittlichen monatlichen Volumenströme (Abbildung 2) fällt auf, dass die mittleren Volumenströme von Oktober bis April bei maximal  $2.695 \text{ m}^3 \text{ Luft h}^{-1}$  lagen. Würde nun eine Abluftreinigungsanlage nur auf 60 % der Maximalluftströmung ausgelegt, wären dies im vorliegenden Stall  $7.200 \text{ m}^3 \text{ Luft h}^{-1}$ . Auf Basis dieser Lüftungsraten wäre es möglich, die gesamte Luftströmung in den Monaten Oktober bis April zu reinigen und in den verbliebenen Monaten zumindest eine Teilreinigung sicherzustellen. Bei einer Auslegung von maximal  $7.200 \text{ m}^3 \text{ Luft h}^{-1}$  würden mindestens 59 % der jährlich auftretenden Ammoniakemissionen über die Abluftreinigung erfasst werden. Bei einem Abscheidegrad von mindestens 70 % für Ammoniak bei DLG-anerkannten Abluftreinigungsanlagen würde so eine  $\text{NH}_3$ -Abscheidung von 41 % gewährleistet werden. Vor diesem Hintergrund sind die Festlegungen im Anhang 11 der Neufassung der TA Luft zur Teilstromreinigung fachlich gut begründet (BUNDESRAT 2020).

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen bestätigen, dass die Entmistungsintervalle in den untersuchten Lege-Elterntierställen die entscheidende Einflussgröße in Hinblick auf die Höhe der  $\text{NH}_3$ -Emissionen sind. In der entmistungsfreien Zeit verdoppeln sich die  $\text{NH}_3$ -Emissionen im Mittel alle 24 h, wie die vorliegenden Untersuchungen über Zeiträume von bis zu 84 h belegen. Zur Minderung von Ammoniakemissionen bietet sich daher zunächst die Verkürzung der Entmistungsintervalle als Minderungsmaßnahme an. Allerdings muss hierbei unbedingt beachtet werden, dass die  $\text{NH}_3$ -Emissionen nicht auf die Festmistlagerung verschoben werden. Für die Lagerung von Festmist ist eine Überdachung unerlässlich. Eine besonders emissionsarme Lagerung ist die Trocknung von Festmist oder die umgehende Verwertung in Biogasanlagen mit entsprechend sachgerechter Lagerung und Ausbringung der entstehenden Gärreste.

Bei weiter gehenden Minderungsanforderungen bzgl.  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Lege-Elterntierställen kann die Teilstromreinigung mit eignungsgeprüften Abluftreinigungsverfahren empfohlen werden. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass bei einer Dimensionierung der Abluftreinigungsanlage auf 60 % der maximalen Luftrate für den Tierbestand in den Monaten Oktober bis April eine vollständige Abluftreinigung des gesamten Abluftvolumenstroms gewährleistet wird und in den übrigen Monaten zumindest eine Teilreinigung erfolgt. Ein  $\text{NH}_3$ -Minderungsgrad von mindestens 40 % wird auf diese Weise sicher gewährleistet.

## Literatur

- Brade, W.; Flachowsky, G.; Schrader, L. (2008): Legehuhnzucht und Eierzeugung. Landbauforschung, Sonderheft 322, [https://www.thuenen.de/media/publikationen/landbauforschung-sonderhefte/lbf\\_sh322.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/landbauforschung-sonderhefte/lbf_sh322.pdf), Zugriff am 04.06.2021
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2019): Nutztierstrategie – Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.html>, Zugriff am 04.06.2021
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2020): Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung, [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.html](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.html), Zugriff am 04.06.2021
- Bundesrat (2020): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Drucksache 767/20, Anhang 11, S. 435 ff. [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2020/0701-0800/767-20.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2020/0701-0800/767-20.pdf?__blob=publicationFile&v=1), Zugriff am 04.06.2021
- Bundesrat (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Drucksache 314/1/21, S. 114. [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2021/0301-0400/314-1-21.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2021/0301-0400/314-1-21.pdf?__blob=publicationFile&v=1), Zugriff am 02.06.2021
- Deblitz, C.; Efken, J.; Banse, M.; Isermeyer, V.; Rohlmann, C.; Tergast, H.; Thobe, P.; Verhaagh, M. (2021): Politikfolgenabschätzung zu den Empfehlungen des Kompetenznetzwerkes Nutztierhaltung. Thünen Working Paper 173, [https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper\\_173.pdf](https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_173.pdf), Zugriff am 04.06.2021
- Hahne, Jochen (2010): Mehrstufige Abluftreinigung für die Geflügelhaltung: Landtechnik 65(5), S. 334–337, <https://www.landtechnik-online.eu/landtechnik/article/view/2010-65-5-334-337/2010-65-5-334-337-de-pdf>, Zugriff am 28.05.2021
- Hahne, Jochen (2013): Dynamik und Höhe von Emissionen aus der Hühnerhaltung. Landtechnik 68(5), S. 306 – 309, <https://www.landtechnik-online.eu/landtechnik/article/view/2013-68-5-306-309/2013-68-5-306-309-de-pdf>, Zugriff am 28.05.2021
- Krötzig, W.; Englert, G. (1999): Einflussgrößen der  $\text{NH}_3$ -Emission aus Festmist. Landtechnik 54(4), S. 240 – 241, <https://www.landtechnik-online.eu/landtechnik/article/view/1999-54-4-240-241/1999-54-4-240-241-de-pdf>, Zugriff am 04.06.2021
- KTBL (2020): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/nationaler-bewertungsrahmen-tierhaltungsverfahren/>, Zugriff am 04.06.2021
- Landesamt für Umwelt Brandenburg (2020): Ammoniakemissionsfaktoren Tierhaltungsanlagen, Geschlechtsspezifische Ammoniakemissionsfaktoren, Ammoniakemissionsfaktoren Biogasanlagen und andere Flächenquellen, Ammoniakemissionsminderung, <https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Ammoniakemissionsfaktoren-Tiere-Biogas-Wirtschaftsduenger.pdf>, Zugriff am 28.05.2021

## Autor

**Dr. Jochen Hahne** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Thünen-Institutes für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig, E-Mail: [jochen.hahne@thuenen.de](mailto:jochen.hahne@thuenen.de)