

Emissionsfaktoren bei Putenställen

Berechnungshinweise zur Erfassung von Ammoniak und Geruch

Viele Genehmigungsbehörden benutzen Emissionsfaktoren der Zwangslüftung, um damit auch die freie Lüftung immis-sionsseitig „zu erschlagen“. Diese Vorgehensweise ist nicht sachgerecht, bietet aber den Vorteil, etwas Anerkanntes zu verwenden.

Dieser Artikel gibt Hilfestellung im Umgang mit Putenställen und zeigt, dass mit Sachbezogenheit offene Stallsysteme allemal genehmigungsfähig sein können. Man muss der Realität nur eine Chance geben.

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher, Stefan Linke technischer Mitarbeiter im Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei (von Thünen-Institut), Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack und Prof. Dr. K.-D. Vorlop) in 38116 Braunschweig, Bundesallee 50; e-mail: karlheinz.krause@fal.de.

Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für Agrartechnik e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam-Bornim

Schlüsselwörter

Freie Lüftung, Tierhaltung, Geruch, Ammoniak, Ausbreitungssimulation

Keywords

Free ventilation, husbandry, odour, ammonia, simulation of dispersion

In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 2002) wird für Puten (Truthühner) generell ein Ammoniak-emissionsfaktor von $e_{e,NH_3} = 0,7286 \text{ kg}/(\text{Tp Jahr})$ genannt. Tp steht für Tierplatz. Dieser Begriff wird auch synonym für Tier gebraucht. Ein Truthahn weist die mittlere Einzeltiermasse von $0,0222 \text{ GV} = 11,1 \text{ kg}$ auf ($1 \text{ GV} = 500 \text{ kg}$). Mit der Anzahl der Tierplätze oder Tiere lässt sich daraus der Emissionsmassenstrom an Ammoniak aus einem Stall bestimmen. Ein Tierplatz wirkt als sogenannte Sekundärquelle. Die Fäzes der Tiere verursachen Freisetzung von Ammoniak und Geruchsstoffen. Die Freisetzung hängen vom Alter der Tiere und der Tiermasse ab. Bild 1 zeigt die zeitliche Veränderung der mittleren Tiermasse $M_{T,mittel}$ über das Jahr auch der Produktionsrhythmus zu beachten ist.

Ist der Emissionsfaktor e_{NH_3} konstant, dann bestimmt sich der mittlere Jahresemis-

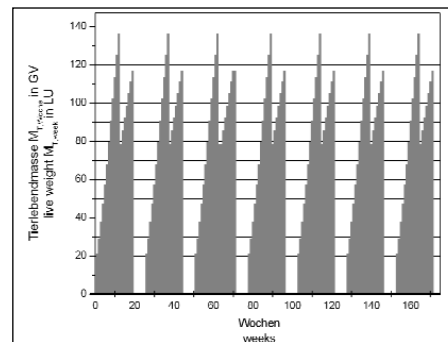


Bild 1: Jeweils 3000 Truthähne und Truthennen werden mit einer Gesamtmasse von 20 GV eingestallt. Nach 16 Wochen verlassen die Hennen den Stall. Es bleiben dort nur noch die Hähne für weitere fünf Wochen. Nach sechs Wochen Servicezeit beginnt der Zyklus von neuem. Die mittlere Tiermasse beläuft sich mit den Daten in der TA Luft 2002 auf $M_{T,mittel} = 74 \text{ GV}$.

Fig. 1: 3000 turkey hens and 3000 cocks are stabled with a total mass of 20 LU. After 16 weeks the hens leave the stable. The cocks stay there for another five weeks. After six weeks of service time, the cycle starts again. The average animals mass amounts to $M_{T,mean} = 74 \text{ LU}$, according to the values of the Technical Instruction on Air Quality Control of 2002.

sionsmassenstrom zu

$$M_{\text{mittel}, 0, NH_3} = e_{NH_3} M_{T, \text{mittel}} \quad (1)$$

Zum Emissionsverhalten von Putenställen

In zahlreichen Forschungsarbeiten der Institutionen, denen die Autoren angehören, und des Ingenieurbüros Dr. Eckhof ist das reale Emissionsverhalten aus Tierhaltungen untersucht worden [1, 2, 3]. Im gegebenen Fall geht es um das Übertragungsverhalten des Systems Stall. Was passiert zwischen Luftzufuhr und -abfuhr im Hinblick auf Stofffreisetzung in die Umwelt? Ein probates Hilfsmittel zur Problemlösung stellt die Dimensionsanalyse dar. Über die Quellenkonzentration C_0 , der Konzentration in der Stallabluft, findet man für den Emissionsfaktor für Ammoniak [4]

$$e_{NH_3} = N u_f e^{A + B \frac{N}{K}} \quad (2)$$

mit

$$A = -13,65327, B = -0,11331 \quad (3)$$

und

$$u_f = u_{NH_3} = 5,0 \cdot 10^5 \frac{\text{g}}{\text{GV}} \quad (4)$$

N steht für die Luftwechselrate (Verhältnis aus Volumenstrom/Volumen) und K für die Produktionsrate:

$$N = \frac{\dot{V}_0}{V} \text{ und } K = \frac{C_0}{C_B} N \quad (5)$$

K wird durch die Konstellation von Zu- und Abluftöffnungen im Stall bestimmt. Prinzipiell muss die emittierte Masse an Ammoniak aus einem Stall in diesem produziert worden sein, charakterisiert durch die Bodenkonzentration C_B . Gl.(2) reduziert sich damit auf die Form

$$e_{NH_3} = N e_{\text{spez}} \quad (6)$$

mit

$$e_{\text{spez}} = u_f e^{A + B \frac{C_B}{C_0}} \quad (7)$$

Die spezifische Emissionsgröße e_{spez} umfasst ausschließlich das Strömungsverhalten des Stalles. Die Luftwechselrate N gestaltet sich unterschiedlich bei Zwangslüftung (In-

dex ZL) und freier Lüftung (Index FL). Theoretisch kann e_{NH_3} unendlich groß werden. N wird aber praktisch begrenzt durch die Auftretenshäufigkeit im Verlaufe eines Jahres unter Orientierung an der DIN 18910

$$N_{ZL} = 0,47 \frac{\dot{V}_0}{V} = 0,47 \frac{v_0 M_T}{V} \quad (8)$$

Für Puten rechnet man mit

$$\dot{v}_0 = 2.000 \frac{m^3}{h \text{ GV}} \quad (9)$$

Bei freier Lüftung erhält man mit der wirklichen Einströmfläche A_w und dem Anströmwirkungsgrad η_w

$$N_{FL} = \eta_w \frac{A_w}{V} \sum_{i=1}^9 U_i H_i \quad (10)$$

mit $0 < H_i < 1$. H kennzeichnet die Häufigkeit der klassierten Windgeschwindigkeiten U_i , $i=1..9$ (TA Luft 2002). Ab $U_i > 7$ m/s werden die Luftzuführungen in die Ställe gedrosselt.

Neben der Konzentration C_0 in der Abluft wird also zwischen der Konzentration C_B am Boden und der Konzentration C_R im Raum unterschieden. Eine homogene Konzentrationsverteilung im Sinne der Rührkesseltheorie liegt nicht vor. Zur Interpretation der Messungen werden begleitend dreidimensionale Strömungsrechnungen auf der Basis der Erhaltungssätze von Masse, Impuls und Energie vorgenommen (Tab. 1 und Bild 2).

Beispielsrechnung

Mit einer mittleren Tiermasse $M_{T,mittel} = 63,8$ GV (3000 Tiere) kommt man bei einem Stallvolumen von $V = 4830 \text{ m}^3$ bei Zwangslüftung über flächenhaft wirkende Seitenwandlüfter auf $N_{ZL} = 3,449 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, $e_{spez} =$

Tab. 1: Überblick über die dreidimensionalen Strömungssimulationen bei Putenställen bei unterschiedlichen Konstellationen von Zu- und Abluftöffnungen. Auf den Stallraum bezogen wirkt jede Zuluftöffnung wie eine Quelle (Q) und jede Abluftöffnung wie eine Senke (S). Die Öffnungen sind kleinflächig (punktförmig – PQ, PS) oder großflächig (FLQ, FLS) ausgebildet und befinden sich in den Längswänden (LW) oder im Firstbereich (F). Der Vergleich von Raumkonzentration C_R bzw. Abluftkonzentration C_0 bei den unterschiedlichen Konstellationen führt zu der Beurteilung des Einflusses auf das Stallklima bzw. die Umwelt.

Table 1: Overview of the three dimensional flow simulations of turkey stables with different constellation of openings of ingoing and outgoing air. Based to the stable area, each opening of ingoing air acts like a source (Q) and each opening of outgoing air like a sink (S). The openings are of small size (points – PQ, PS) or of large area (FLQ, FLS) and they are located in the length walls (LW) or in the ridge (F). Comparing the stable concentration C_R resp. the concentration C_0 of the outgoing air of the different constellations leads to the assessment of the influence on the stable climate resp. the environment.

Antrieb	Abluft		Zuluft		C_B/C_0	e_{spez} Gl.(5)	Konzentration in mg/m ³	
	Ort	Lüftung	Ort	Lüftung			C_R	C_0
Wind	1 LW	FLS	1 LW	FLQ	6,04	0,29663	1,303	2,467
Zwangs-	1 LW	FLS	1 LW	FLQ	5,85	0,30308	1,369	2,546
Lüftung	1 LW	PS	1 LW	FLQ	5,78	0,30549	1,386	2,578
(Unter-	F	PS	2 LW	FLQ	11,68	0,15655	2,382	1,276
Druck)	F	PS	1 LW	FLQ	10,13	0,18661	2,26	1,471
	F	FLS	2 LW	FLQ	12,31	0,14577	2,097	1,21

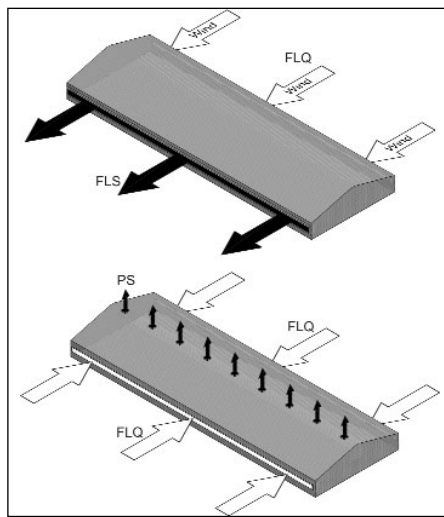


Bild 2: Die Abluftseiten sind schwarz markiert: Flächensenken (FLS) und Punktensenken (PS). Im oberen Fall liegt eine Querdurchströmung bei freier Lüftung vor, im unteren eine Zwangslüftung über den First. Die Zuströmung erfolgt über Flächenquellen (FLQ).

Fig 2: The sides of outgoing air are marked by black colour: Area sinks (FLS) and point sinks (PS). The upper case characterizes a cross flow by free ventilation, the case below a forced ventilation over the ridge. The air goes in by area sources (FLQ).

0,30308 g/GV (Tab. 1) und letztlich $e_{NH_3} = 1,0453 \cdot 10^{-3} \text{ g/(s GV)}$.

In der TA Luft 2002 ist $e_{NH_3} = 0,7286 \text{ kg/(Tp Jahr)} = 32,82 \text{ kg/(Jahr GV)} = 1,0407 \cdot 10^{-3} \text{ g/(s GV)}$ gesetzt.

Bei der freien Lüftung erhält man mit $\eta_w = 0,6$, $A_w = 25 \text{ m}^2$ und $V = 4830 \text{ m}^3$ für die Lüftungsrate unter den meteorologischen Daten von Ahlhorn $N_{FL} = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, für die spezifische Emissionsgröße $e_{spez} = 0,29663 \text{ g/GV}$ (Tab. 1) und letztlich für den Emissionsfaktor $e_{NH_3} = 2,5629 \cdot 10^{-3} \text{ g/(s GV)}$. Für Stuttgart sinkt er auf $e_{NH_3} = 2,0564 \cdot 10^{-3} \text{ g/(s GV)}$ und für Osnabrück auf $1,7115 \cdot 10^{-3} \text{ g/(s GV)}$. Wie Gl.(10) ausweist,

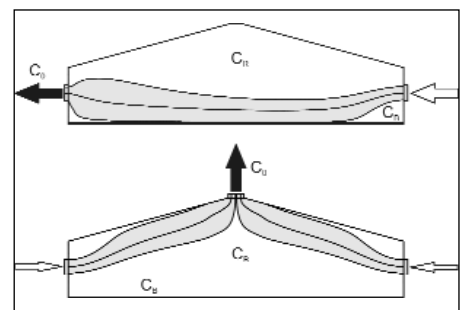


Bild 3: Frischluft wird von außen durch den Stall gesogen, wobei der Kontakt zur stallinternen Emissionsfläche sehr unterschiedlich ist. Er ist intensiv bei der Querdurchströmung (oben) und gering bei der Absaugung über First.

Fig 3: Fresh air is sucked in from outdoor through the stable, whereas the contact to the inner stable emissions areas is very different. It is intensive with cross flow (at the top) and low by extraction over the ridge.

tritt bei der Lufratenbestimmung der freien Lüftung zu dem meteorologischen Faktor noch ein lüftungstechnischer hinzu, mit dem sich Standortnachteile in einem gewissen Maße korrigieren lassen.

Fazit

1. Die Emissionsfaktoren von frei gelüfteten Ställen können ebenso berechnet werden wie die der Zwangslüftung.
2. Die Emissionsfaktoren frei gelüfteter Ställe hängen von der meteorologischen Ortsstatistik ab. Frei gelüftete Putenställe sind unter denselben Umweltgegebenheiten ebenso genehmigungsfähig wie zwangsgelüftete Ställe, wenn man die Lüftungstechnik beachtet (Stellklappen, Jalousien und ähnliches).
3. Die vorgestellte Methodologie erlaubt es auch, zwischen den verschiedenen Lüftungsvarianten zu unterscheiden.
4. Die obigen Ausführungen gelten auch für Geruch. Die Konstanten A und B ändern sich und der Umrechnungsfaktor ist auf $u_f = u_{Geruch} \cdot 5 \cdot 10^{11} \text{ GE/GV}$ zu setzen.

Literatur

- [1] Eckhof, W., K.-H. Krause, H. Hake, H.-J. Müller, U. Stollberg und E. Kuhn: Richtlinienentwürfe und Bericht Emissionsbegrenzung bei Ställen und Anlagen zur Puten- und Entenhaltung. Erarbeitet im Auftrage des Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung (MUNR), 1996
- [2] Müller, H.-J., K.-H. Krause und W. Eckhof: Untersuchungen zum Emissions- und Immissionsverhalten von Puten- und Entenställen. Agrartechnische Forschung 2 (1996), H. 1, S. 1-7
- [3] Müller, H.-J., K.-H. Krause und W. Eckhof: Zum Entwurf einer Richtlinie Emissionsminderung Puten- und Entenhaltung. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Bauwesen in Niedersachsen e.V. (ALB), Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 1997, S. 59-63
- [4] Müller, H.-J., und K.-H. Krause: Geruchsemissionen und -immissionen aus der Tierhaltung (Beurteilungsgrundlagen und Ableitung von Emissionsminderungsmaßnahmen). Gefördert vom BMELV, Forschungsbericht, 2002