

Karl-Heinz Krause und Stefan Linke

Mit Simulationen die Lüftung von Volierenställen auf ihre Umweltverträglichkeit hin prüfen

Firmen, die Volierenställe produzieren, stellen dem investitionswilligen Landwirt oft keinen Nachweis der anlagenspezifischen Emissionen zur Verfügung. So kann es passieren, dass in Genehmigungsverfahren dergleiche Stalltyp einmal immissionsschutzrechtlich als genehmigungsfähig gilt, das andere Mal nicht. Darüber hinaus gibt es viele unterschiedliche Stalltypen auf dem Markt. Zum Beispiel werden manche Volierenställe im Festmistverfahren betrieben. Auf der eingestreuten Fläche stehen die Volierengestelle. In Kotbunkern wird der Festmist gesammelt, der über Kotbänder herantransportiert wird. In anderen Fällen wird auf den Kotbunker verzichtet und es gibt belüftete Kotbänder in den verschiedenen Gestelletagen. Im Schrifttum (z. B. VDI 3894 Blatt 1 E) wird für Emissionsfaktoren von Ammoniak eine Spannweite von 0,06-0,32 kg/(Jahr • Tierplatz (Tp)) genannt. Angaben zur Ausgestaltung der Stalllüftung fehlen. Im Folgenden wird die Möglichkeit dargestellt, einen beispielhaften Volierenstall bei veränderten Lüftungskonstellationen simulationstechnisch zu untersuchen.

Schlüsselwörter

Legehennenhaltung, Volierenhaltung, Emissionsminderung, Umweltschutz, Tierschutz, Energieeinsparung, Filtertechnik, Simulationen

Keywords

Laying hen husbandary, volary husbandry, emission reduction, environmental protection, animal protection, energy saving, filter technology, simulation

Abstract

Krause, Karl-Heinz and Linke, Stefan

Examine the ventilation of volary husbandries with regard to environmental compatibility

Landtechnik 65 (2010), no. 5, pp. 329-333, 6 figures, 2 references

Producers of volary stables often do not provide the proof of plant specific emissions for the farmer, who wants to make this investment. So it can happen that the same type of stable in a licensing procedure is considered to be sufficient to the duties of immission protection and on the other hand it fails. Moreover there are many different types of stables on the market. E.g. some volary stables are processed by solid manure. Volary frames are positioned on the littered areas. In dung pits the solid manure is gathered which is transported by belts. In other cases the dung pit is avoided and there are ventilated belts of feces in the different floors of the frames. In the literature (e.g. VDI 3894 Blatt 1 E) the emission factors of ammonia reach from 0.06 to 0.32 kg/(year • animal place). There is a lack of remarks on the construction of the ventilation. In the following the possibility is shown to investigate an exemplified volary stable with regard to altered constellation of ventilation by simulation techniques.

■ Wenn ein Landwirt seine Legehennenhaltung von Käfig- auf Volierenställe umstellen muss oder will, ist er mit Genehmigungsfragen konfrontiert. Der Wechsel des Haltungssystems ist oft mit einem Stallneubau oder einer Stalländerung verknüpft, da die Volierengestelle eine bestimmte Höhe haben (**Abbildung 1**), und in manche Altgebäude nicht hineinpassen. Obwohl die Tierart bei der Umstellung der Hennenhaltung nicht



Abb. 1

Volierenhaltung mit belüfteten Fäzesbändern in verschiedenen Etagen. Foto: vTI
 Fig. 1: Volary husbandry with ventilated belts of feces in different heights of floors

geändert wird, interpretieren die Behörden vielfach den damit verbundenen Umbau als Nutzungsänderung. Sie verlangen deshalb den Nachweis der Umwelttauglichkeit der geänderten oder neuen Tierhaltungsanlage. Dann steht der Landwirt in der

Bringschuld. Er muss den Genehmigungsbehörden nachweisen, dass seine Tierhaltungsanlage immissionsschutzrechtlich und auch von der Umweltverträglichkeit her den amtlichen Anforderungen entspricht [1; 2]. Hierbei sind Emissionsfaktoren, z.B. für Ammoniak, Geruch und Staub, von großer Relevanz. Dennoch machen die Stallausstatter gerade hierzu in der Regel keine Angaben. Es besteht jedoch die Möglichkeit, Volierenhaltungen mit Simulationen auf ihre Genehmigungsfähigkeit hin zu überprüfen. Im Folgenden wird an einem Beispiel erläutert, wie das prognostische Strömungsmodell STAR CCM+ die Zu- und Abluftströmungen in einem Volierenstall sowie die zugehörigen Emissionsfaktoren abbilden kann.

Unterschiedliche Luftführungen

Sinnvoll wäre es, a priori den in Verkehr gebrachten Stall auf seine angestrebte Zweckbestimmung und seine Umweltrelevanz hin zu untersuchen. Was in anderen Branchen möglich ist, lässt sich auch in der Tierproduktion zur Anwendung bringen. So nutzt man z.B. für die Formgebung von Karosserien beim Pkw-Bau die wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten der Simulation. Auf diese Weise können „altbewährte“ Erfahrungsschätze mit modernen Planungsmethoden weiter vorangetrieben werden. In der Volierenhaltung geht es, wie in der

Abb. 2

Fall Case	Lüftungsvariation Ventilation variation		Stallinterne Emissionsflächen Stable internal emission areas	
			a	b
1				
2				
3				
4				

Untersuchung ein- und desselben Stallraumes (Länge 43,2, Breite 11,2 und Höhe 3,55 m) bei variablen Randbedingungen.

Fall 1a: Giebelseitige Luftabfuhr und -zufuhr

Fall 2a: wie 1a mit zusätzlicher Ansaugung von Frischluft über die Zuluftöffnungen in den Seitenwänden (Punktquellen)

Fall 3a: Absaugen der Stallluft über Liniensenken über First und Ansaugen von Frischluft über Linienquellen in den Seitenwänden

Fall 4a: Absaugen von Stallluft über Punktsenken über First und Ansaugen von Frischluft über Punktquellen in der Decke

Die Konstellationen 3b und 4b beziehen sich auf diejenigen im Fall 3a und 4a, allerdings mit dem Einbau von Volierengestellen

Fig. 2: Investigation of the same stable room (length 43.2, width 11.2 and height 3.55 m) at variable boundary conditions.

Case 1a: air inlet and air outlet at the gables

Case 2a: corresponding to 1a) with additional suction of fresh air through the inlet openings in the sidewalls (point sources)

Case 3a: suction away of stable air through line sinks in the ridge and suction of fresh air through line sources in the sidewalls

Case 4a: suction away of stable air through point sinks through the ridge and suction in of fresh air through point sources in the ceiling.

The constellations 3b and 4b refer to those in the cases 3a and 4a, but with the installation of volary frames

Tierhaltung generell, um die Auswirkung der Luftführung auf das Klima im Stall und auf das Emissionsverhalten der Anlage. Da die Hersteller sich über die Emissionsfaktoren ihrer Produkte weitgehend ausschweigen, müssen Landwirte, die ihre Volierenhaltung genehmigen lassen wollen, auf die sogenannte Öffnungsklausel innerhalb der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft zurückgreifen. Sie gibt die Möglichkeit, eigene Daten für Emissionsfaktoren bei entsprechender wissenschaftlicher Untermauerung in das Verfahren einzubringen.

Wenn keine Unterlagen oder Empfehlungen für eine Einordnung des Ausbreitungsverhaltens einer bestimmten Stallanlage verfügbar sind, werden Emissionsfaktoren manchmal im Konsens der Beteiligten festgelegt. Aber dieser vermeintliche Pragmatismus stellt eine schlechte Basis dar, wenn man Weiterentwicklungen im Stallbau vorantreiben will.

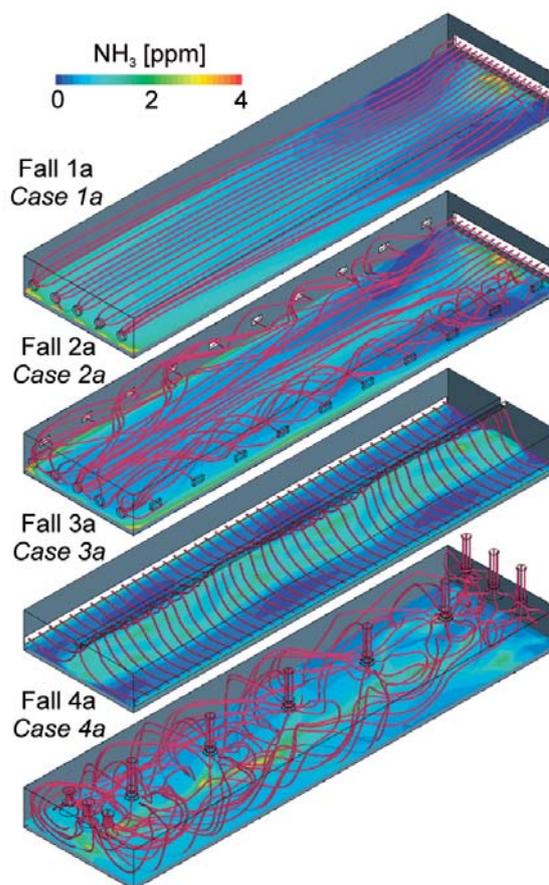
Der fachlich korrekte Ansatz besteht darin, über Ausbreitungsrechnungen nachzuweisen, dass das Emissionsgebaren einer Tierhaltung tolerierbar ist. Diese Herausforderung lässt sich nicht mit reduzierten Grundannahmen bewältigen, denn gerade im Volierenstallbau gibt es zahlreiche Varianten und demzufolge unterschiedliche Emissionsfaktoren. So sind z. B. sogenannte Kaltscharräume besonders häufig anzutreffen, die längsseitig an die Stallanlagen angebaut werden. Fragt sich nur, wie dieser Bereich an den vorhandenen Stall „anzudocken“ ist: Soll über den Kaltscharrraum Stallluft abgesaugt und nach draußen verblasen werden? Oder ist es besser, Frischluft in den Kaltscharrraum über Anbindung an den Volierenstall einsaugen zu lassen?

Um deutlich zu machen, wie gravierend sich die Dauerwirkung der Lüftung bemerkbar macht, wird bei der hier beschriebenen Simulation (**Abbildung 2**) ein- und derselbe Stallraum bei unterschiedlichen Lüftungssystemen und Stallaufbauten untersucht. Um die Zu- und Abluftbereiche einer systematischen Beschreibung zugänglich werden zu lassen, wird das Entfernen der Stallluft aus dem Stallraum einer Senkenwirkung zugeordnet, das Zuströmen einer Quellenwirkung. Als aktiver Lüftungsanteil fungiert die Senke über dem dort installierten Ventilator. Quelle und Senke unterscheiden sich in ihrer Tiefenwirkung für den Stall. Tiefenwirkung entsteht beim Freistrahelverhalten mit starkem Turbulenzeintrag. Quellen und Senken können dabei selbst noch einer Formgebung unterworfen werden, indem man sie vereinfachend als Punkt, Linie oder Fläche ausbildet. Diese Formgebung schlägt in den Lüftungssystemen im Quellenbereich stärker durch als im Senkenbereich, wegen des dortigen raumgreifenden Verhaltens. Bei den vier einleitenden Beispielen wirkt die gesamte Bodenplatte als stallinterne Emissionsfläche mit einer Konzentration von 20 ppm Ammoniak.

Interpretationen

Bei der „Tunnellüftung“ (Fall 1a in **Abbildung 3**) wird die Luft über Zuluftklappen (kleine Flächenquellen rechts) in den Stallraum gezogen. Werden zudem an den Seitenwänden Zuluftklappen geöffnet (Fall 2a), dann drängen

Abb. 3



Für die 4 Fälle des freien Stallraumes mit Geflügelbesatz am Boden werden die Konzentrationsverteilungen an Ammoniak (Isochromatenflächen) in 0,5 m Höhe über dem Boden dargestellt. Die Bodenkonzentration beträgt in allen Fällen 20 ppm.

Fall 1a: Lufteintritt rechts, Luftaustritt links. Die Konzentration nimmt vom Ort des Frischlufteintritts zum Stallluftaustritt zu

Fall 2a: Die Konzentration ist am Boden geringer als im Fall 1a und gleichmäßiger verteilt

Fall 3a: Die Konzentrationsverteilung ist in allen Stallquerschnitten fast gleich, am Rand gering, zur Stallmitte zunehmend

Fall 4a: Die Konzentrationsverteilung weist eine ähnliche Tendenz wie im Fall 3a auf, allerdings mit einer sehr diffusen Luftverteilung wegen der Punktquellen und -senken in der Decke

Fig. 3: For the four cases of stable rooms with laying husbandry at floor the concentration distribution of ammonia is drawn in a height of 0.5 m above floor. The concentration at the bottom is 20 ppm in all cases.

Case 1a: Fresh air input on the left side, stable air output on the right side. The concentration decreases from local input of fresh air to the local output of stable air

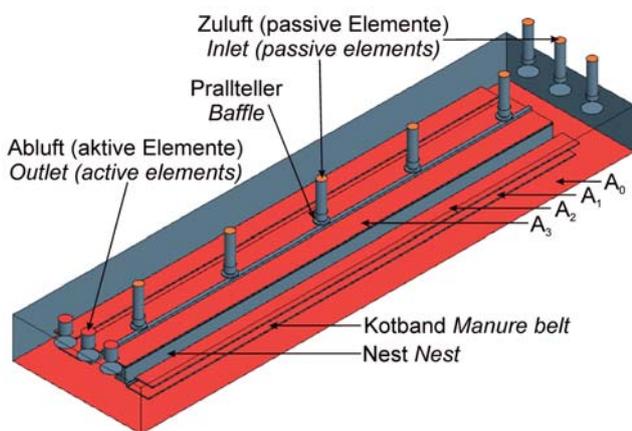
Case 2a: The concentration is lower at the bottom than in case 1a) and distributed more evenly

Case 3a: The distribution of concentration is nearly the same in all cross-sections, at the boundary low, increasing to the middle of the stable

Case 4a: The tendency of concentration is nearly the same as in case 3a, but with a very diffuse air distribution because of the point sources and sinks in the ceiling

von außen die Luftmassen aufgrund des Unterdruckes im Stall in diesen Bereich ein und schnüren den Hauptstrom zusammen. Die Konzentration von Schadgasen nimmt zur Stallmitte hin ab. Man kann die Ansaugwege zwischen Zu- und Abluft erheblich verkürzen, indem man zur Absaugung einen Deckenabluftschlitz (Liniensenke) verwendet und die Frischluft über Schlitze in den Seitenwänden (Linienquellen) nachströmen lässt (Fall 3a). Auf diese Weise erhält man ein sehr gleichmäßiges Geschwindigkeitsfeld, was im Hinblick auf die Steuerung der Luftströmung von Bedeutung ist. Die Abweichungen in den einzelnen Querschnitten sind nicht so gravierend wie in den Beispielen Fall 2a und 4a. Im Fall 4a befinden sich die Zu- und Abluftöffnungen in Form von Punktquellen und -senken in der Decke. Die Strömung taucht dabei von oben nach unten freistrahlarig in den Stallraum ein und verlässt ihn zum unteren Giebelende hin (links). Zwischen den Zu- und Abluftöffnungen wird ein sogenannter Stallwind erzeugt, der auch die luftfremden Stoffe von den stallinternen Emissionsflächen mitnimmt und zu den Abluftöffnungen transportiert. Von Interesse ist dabei die Aufnahme der Stoffe aus der Grenzschicht. Der Stoffübergang wird durch das sich aufbauende Partialdruckgefälle bewirkt, das von der Geschwindigkeit der Luftströmung abhängig ist und sekundär von der Temperatur beeinflusst wird. Dieser Vorgang wird im Falle der Voliere noch komplizierter, wenn nämlich wie in **Abbildung 4** Gestelle mit Laufanordnungen in mehreren Etagen eingebracht werden. Unterhalb der Laufflächen befinden sich sogenannte Kotbänder, die von Luftstrahlen überblasen werden. Diese werden mit Überdruck aus einem kleinen, mittigen Kanal verblasen und trocknen das Kot- und Harnmischung (Fäzes) zu einer krümeligen Masse. Durch den Einbau von Gestel-

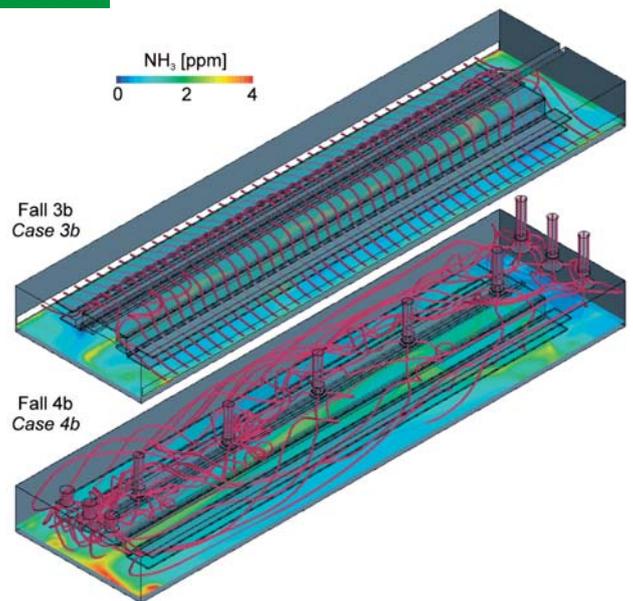
Abb. 4



Volierengestelle mit belüfteten Kotbändern in verschiedenen Etagen: A1, A2 und A3. Die Bodenfläche ist A0

Fig. 4: Volary frames with ventilated belts of feces in different heights of floors: A1, A2 and A3. The bottom layer is A0

Abb. 5



Durch den Einbau der Volierengestelle verschlechtert sich die stallmittige Luftdurchströmung des Stalles gegenüber den Fällen 3a und 4a. Durch die Turbulenzvermehrung im Fall 4b steigt die stallinterne Emission an

Fig. 5: By the installation of volary frames the air movement in the middle of the stable is deteriorated in comparison with the cases 3a and 4a. By the increase of turbulency the internal stable emission rises in case 4b

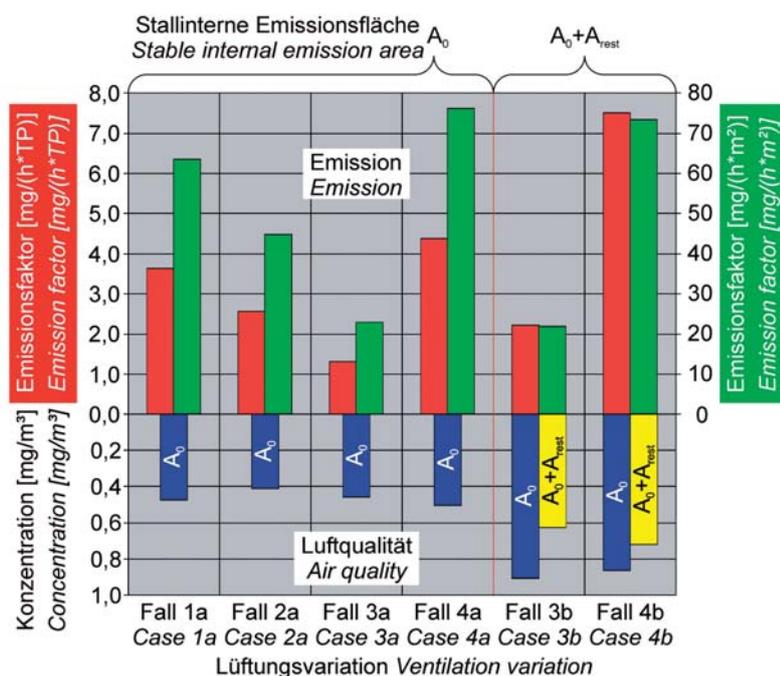
len oder Hindernissen kommt es zu örtlichen Geschwindigkeitsveränderungen (**Abbildung 5**). Diese erweisen sich im Bodenbereich bei der Anordnung mit Linienquellen- und -senken im Fall 3b weniger konzentrationserhöhend als im Fall 4b mit der Anordnung von Punktquellen- und -senken im Deckenbereich.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungsergebnisse legen es nahe, bei Volierenställen der hier gezeigten Bauart den Fall 3b zu realisieren (**Abbildung 6**). Es sind die geringsten Emissionen zu erwarten, die nach außen verfrachtet werden. Die Kotbandtrocknung führt dazu, dass trotz der vergrößerten Emissionsflächen die mittlere Konzentration über der gesamten Emissionsfläche abnimmt. Auf der Fläche A0 am Stallboden steigt die Konzentration wegen der höheren Eintrittsgeschwindigkeiten lokal stark an. Das gilt für beide Systeme 3b und 4b gleichermaßen.

Der Emissionsfaktor ergibt sich aus der Summe der Produkte von Konzentration und Volumenstrom über alle Austrittsflächen (tierphysiologisch an die DIN 18910 gebunden), multipliziert mit dem Anteil der Auftretenshäufigkeit der eingestellten Volumenströme und dividiert durch die Anzahl der Tiere. Im gegebenen Fall wird für weitere typische Lüftungseinstellungen in Bezug auf den Volumenstrom die Simulation wiederholt und daraus dann, wie zuvor beschrieben, der Emissionsfaktor bestimmt. Im Fall 3b belüftet er sich auf $0,47 \cdot 2,2 \text{ mg}/(\text{Jahr} \cdot \text{Tp})$

Abb. 6



In Abhängigkeit von den Aufstellungen (1a bis 4a ohne Volierengestelle und 3b bis 4b mit Volierengestellen) sind nach oben die Emissionsfaktoren in Bezug auf den Tierplatz (rot) bzw. in Bezug auf die Emissionsfläche (grün) und nach unten die mittleren Raumkonzentrationen 0,2 m über den stallinternen Emissionsflächen dargestellt. Am emissionsärmsten mit Blick auf die Umwelt erweisen sich Ställe mit Linienquellen und -senken

Fig. 6: In dependency on the arrangements (1a to 4a without volary frames and 3b to 4b with volary frames) the emission factors are shown in the upper part with regard to the animal (red) resp. with regard to the emission area (green) and in the part below the mean concentration 0.2 m above the internal emission areas of the stable. The stables with lowest emissions are those ones with line sources and sinks

= 0,009 kg/(Jahr • Tp), im Fall 4b auf 0,031 kg/(Jahr • Tp). Der Faktor 0,47 steht für die gemittelte Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Volumenströme. **Abbildung 6** gibt aber auch den Konstruktionshinweis, dass pro Tierplatz von einer Emissionsfläche von 1 000 cm² auszugehen ist.

Das häufige Argument, dass der Landwirt mit seiner Handhabung der Anlage den größten Unsicherheitsfaktor bei der Ermittlung von Emissionsfaktoren darstellt, bedeutet in den Simulationen nur eine Variation der Randbedingungen, z.B. wenn er durch schlechte Einstreu einen Konzentrationsanstieg auf den stallinternen Emissionsflächen verursacht. Im Vergleich zu den hier vorgestellten, kausalanalytisch untermauerten Simulationen sind die mehr oder weniger im Konsens der Beteiligten „gefundenen“ Emissionsfaktoren weniger belastbar. Die Zeit wird zeigen, mit welcher Variante Landwirte auf Dauer besser fahren. Zur Nagelprobe wird es immer dann kommen, wenn z.B. Baugenehmigungen vor Gericht standhalten müssen und ihre sachliche Richtigkeit grundlegend in Frage gestellt wird.

Literatur

- [1] DIN 18910-1 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe. Wärmedämmung und Lüftung, Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. Hg. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- [2] Krause, K.; Linke, S. (2009): How to describe animal welfare in stable design? Proceedings of the XIV ISAH Congress 2009, July 19.-23.2009: Sustainable animal husbandary

Autoren

Dr.-Ing. Karl-Heinz Krause ist wissenschaftlicher und **Stefan Linke** technischer Mitarbeiter am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: karlheinz.krause@vti.bund.de, stefan.linke@vti.bund.de