

Roman Koch, Fürstenfeldbruck

Stallkaminaufbauten

Beurteilung von Weitwurfdüsen, Diffusoren und Kaminverlängerungen

Ohne eine nähere Betrachtung der Lüftungstechnischen Zusammenhänge kann die Beurteilung von Stallkaminaufbauten wie Weitwurfdüsen und Diffusoren zu einer Fehleinschätzung bei der Punktebewertung nach Richtlinie VDI 3471 „Emissionsminderung Tierhaltung – Schweine“ [1] führen, die in besonders gelagerten Fällen über die Genehmigung eines Stallneubaus oder einer Stallerweiterung entscheiden könnte.

Roman Koch ist Sachbearbeiter für Immissionschutz im Referat Umweltschutz des Landratsamtes Fürstenfeldbruck, Postfach 1461, 82244 Fürstenfeldbruck; e-mail: Roman.Koch@lra-ffb.de

Schlüsselwörter

Immissionsschutz, Kaminverlängerung, Weitwurfdüsen, Diffusoren

Keywords

Immission protection, chimney extension, wide angle nozzles, diffusers

Literaturhinweise sind unter LT 01126 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Von Seiten der Genehmigungsbehörden werden Weitwurfdüsen zum Teil noch zur Auflage gemacht oder von Lüftungsfirmen als Lösung angeboten, mit dem Ziel Abluftgeschwindigkeit und -austritt zu erhöhen um damit eine höhere Punktebewertung hinsichtlich des Kriteriums Stalllüftung nach der VDI-Richtlinie 3471 zu erreichen.

Das die Beurteilung nicht so einfach ist und das eine Verlängerung des Kamines um etwa 1 m in den meisten Fällen vor allem auch unter dem Gesichtspunkt des sinnvollen Einsatzes von Energie die zielführendere Lösung ist, soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Für die Einordnung von Diffusoren in Bezug auf den Immissionsschutz gilt Ähnliches. Ohne genauere Betrachtung könnte ein um etwa 30 bis 50 m höherer Mindestabstand gegenüber einer Wohnbebauung gefordert werden.

Als Vergleichskriterium zur Beurteilung der unterschiedlichen Abluftbauteile wurde zusätzlich zur Punktebewertung die Abluftfahnenhöhe gewählt.

Beschreibung der Kaminaufbauten

Weitwurfdüsen

Weitwurfdüsen sind Stallkaminaufbauten, die sich durch eine kegelförmige Reduzierung der Querschnittsfläche des Stallluftaustrittes auszeichnen. Sie werden am Ende des Stallabluftkamines aufgesetzt. Durch die Verengung des Abluftquerschnittes wird eine Erhöhung der Abluftaustrittsgeschwindigkeit erreicht, mit der jedoch gleichzeitig eine Zunahme des Druckverlustes und eine erhöhte Energieaufnahme des Abluftventilators verbunden ist.

Diffusoren

Diffusoren sind Abluftbauteile, bei denen durch eine stetige Querschnittserweiterung eine Reduzierung der Abluftgeschwindigkeit erreicht wird. Durch die Abnahme der Abluftgeschwindigkeit ist der Druckverlust, der beim Austritt der Abluft in die freie Luftströmung entsteht, geringer, so dass der Abluftventilator mehr Luftvolumen fördern kann oder für den gleichen zu fördernden

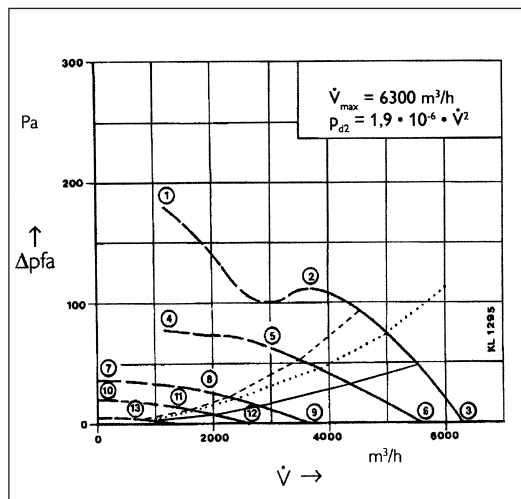


Bild 1: Auswirkungen des Aufbaus einer Weitwurfdüse (gestrichelte Linie), eines 1-m-Kaminrohres (gepunktete Linie) sowie eines Diffusors (durchgezogene Linie) auf die Stallanlagenkennlinie (gepunktete Linie) und verschiedene Betriebspunkte (die Nrn. 1 bis 13 stellen ventilator-spezifische Betriebspunkte dar)

Fig. 1: Effects of a wide angle nozzle (line of dashes), a 1-m-chimney tube (dotted line) and of a diffuser (drawn line) on the housing facility characteristic curve (dotted line) and on various operating points (No. 1 to 13 present fan-specific operating points)

Volumenstrom wie vor Aufbau eines Diffusors weniger Energie benötigt.

Auswirkungen der Stallkaminaufbauten auf die Stallanlagenkennlinie und auf die Leistung des Abluftventilators

Die Lüftungsanlage eines Stalles setzt sich aus verschiedenen Lüftungsbauteilen (wie etwa Zuluftklappen, Rohrleitungen oder Rohrbögen) für die Zuluft- und die Abluftführung zusammen. Jedes dieser einzelnen Bauteile zeichnet sich durch einen bestimmten Druckwiderstand- und -verlust (Reibungs-, Umlenk- und Ablöseverluste) aus, der mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, mit der das Bauteil durchströmt wird, zunimmt.

Die Summe der Druckverluste der einzelnen Bauteile ergibt den Gesamtdruckverlust einer Stalllüftungsanlage.

Trägt man die Gesamtdruckverluste einer Stalllüftungsanlage bei unterschiedlichen Volumenströmen, mit der die Stalllüftungsanlage durchströmt wird, in einem Druck-Volumenstrom-Diagramm auf, so erhält man die sogenannte Stallanlagen-Druckwiderstands-Kennlinie (kurz: Stallanlagenkennlinie).

Die zur Überwindung der genannten Druckwiderstände eingesetzten Ventilatoren fördern in Abhängigkeit von ihrer Bauart bestimmte Luftvolumenströme je nach anliegendem Druckwiderstand (Ventilator-kennlinien).

Im Bild 1 sind anhand eines Beispiels verschiedene Kennlinien für einen bestimmten

Ventilator im Druck-Volumenstrom-Diagramm dargestellt. Zusätzlich sind die Gesamtdruckverluste in Abhängigkeit vom Volumenstrom von vier identischen Stallanlagen mit unterschiedlicher Abluftführung eingetragen.

Da der Druckverlust eines 1-m-Kaminabluftrohres im Bereich von nur etwa 4 Pascal bei maximaler Lufrate liegt [2], ist der Unterschied zwischen der Anlagenkennlinie ohne Aufbauten und der mit einer 1-m-Kaminverlängerung fast identisch.

Der Schnittpunkt der gestrichelten Linie (Anlagenkennlinie mit Weitwurfdüse) mit der oberen Ventilator-kennlinie stellt den Betriebspunkt für die Sommerlufrate mit Weitwurfdüse dar.

Auswirkungen von Stallkaminaufbauten auf die Abluftgeschwindigkeit, die Punktebewertung der Stalllüftung nach der Richtlinie VDI 3471 und die Abluftfahnenüberhöhung

Ausgehend von

1. einem Abluftkamin mit einer Bauhöhe von 0,5 m über First und einer Abluftgeschwindigkeit von 8 m/s
2. dem Aufbau einer Weitwurfdüse,
3. der Verlängerung des Kamines durch den Aufbau eines 1-m-Abluftrohres,
4. und dem Aufbau eines Diffusors.

Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass der Abluftventilator nicht durch einen leistungsstärkeren ersetzt wird, was in vielen Fällen der Praxis entspricht.

Für die Bestimmung der Abluftfahnenüberhöhung Δh stehen für „kalte Quellen“ zwei Formeln nach den einschlägigen VDI-Richtlinien zur Verfügung:

a) die in der Richtlinie VDI 3471 genannte Gleichung:

$$\Delta h = 1,5 \cdot \text{Abluftvolumenstrom} / (\text{Kamininnendurchmesser} \cdot \text{Windgeschwindigkeit})$$

Diese Gleichung ist nach dem KTBL-Arbeitspapier 126 „Handhabung der VDI-Richtlinien 3471 Schweine und 3472 Hühner“ [3] empirisch anhand von Rauchgasversuchen an einem freistehenden Stallabluftkamin ermittelt worden.

b) die in der Richtlinie VDI 3782 Blatt 3 [4] für „kalte Quellen“ genannte Gleichung:

$$\Delta h = 3 \cdot \text{Abluftgeschwindigkeit} \cdot \text{Kamininnendurchmesser} / \text{Windgeschwindigkeit}$$

Eine Vereinheitlichung oder zumindest eine Aussage zu den unterschiedlichen Formeln

	1.) praxis- üblich	2.) Weitwurf- düse	3.) 1 m Kamin- verlängerung	4.a) Diffusor	4.b)*
Stallgebäudehöhe in m	8	8	8	8	8
Abluftaustrittshöhe über First in m	0,5	1,01	1,5	1,12	2,12
Abluftaustrittshöhe in m	8,5	9,01	9,5	9,12	10,12
Abluftaustrittsgeschwindigkeit in m/s ohne Berücksichtigung von Druckverlusten	8	10	8	3,9	
Punktebewertung nach Punkt B) Tab. 4 der VDI-Richtlinie 3471 für Zeile 2 u. 4	15	25	25	5	15
Abluftaustrittsgeschwindigkeit in m/s mit Berücksichtigung von Druckverlusten	8	9,1	8	3,9 - 4,3*	
Punktebewertung nach Punkt B) Tab. 4 der VDI-Richtlinie 3471 für Zeile 2 u. 6	15	15	25	5	15
Kamindurchmesser in m	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Abluftaustrittsdurchmesser in m	0,47	0,42	0,47	0,675	0,675
Abluftaustrittsöffnung in m ²	0,173	0,138	0,173	0,358	0,358
Abluftvolumenstrom in m ³ /h	5000	4552	4950	5000 - 5550 ⁺	5000 - 5550 ⁺
Abluftfahnenüberhöhung in m bei u=1,5 m/s nach VDI-Richtlinie 3471	2,96	2,99	2,92	2,06-2,28 ⁺	3,06-3,28 ⁺
Abluftfahnenüberhöhung über Boden in m	11,46	12,00	12,42	11,18-11,40 ⁺	12,18-12,40 ⁺
Abluftfahnenüberhöhung in m bei u=1,5 m/s nach VDI-Richtlinie 3782 Bl. 3	7,52	7,64	7,52	5,27-5,80 ⁺	6,27-6,80 ⁺
Abluftfahnenüberhöhung über Boden in m	16,02	16,65	17,02	14,39-14,92 ⁺	15,39-15,92 ⁺

* Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Untersuchungen der DLG-Prüfstelle Frankfurt (siehe [2]). Danach entspricht das Geschwindigkeitsprofil eines Diffusors, gemessen in 1 m über dem Abluftaustritt, dem eines Abluftkamines ohne Diffusor in 2,5 m Höhe über dem Abluftaustritt.

Werden die unterschiedlichen Baulängen von Diffusoren zwischen 0,65 m und 0,96 m miteingerechnet, kann davon ausgegangen werden, dass höhengleiche Geschwindigkeitsprofile vorliegen, wenn zwischen Abluftkamin und Diffusor ein 1-m-Abluftrohrstück eingebaut wird.

+Je nach Einstellung der Regelung der Stalllüftungsanlage nach Aufbau eines Diffusors

wäre im Zuge der Überarbeitung der VDI-Richtlinien „Emissionsminderung Tierhaltung“ 3471 und 3472 wünschenswert, da die Berechnung der Abluftfahnenüberhöhung nach VDI 3782 Blatt 3 um etwa den Faktor 2,5 höhere Werte ergibt, als die mit der Richtlinie VDI 3471 berechneten Abluftfahnenüberhöhungen.

Beide Formeln können jedoch nur angewandt werden, wenn von einer durch das Stallgebäude ungestörten Abströmung der Abluftfahne aus dem Kamin in die freie Luftströmung ausgegangen werden kann (keine Gebäudeeinflüsse). Dies ist idealerweise dann der Fall, wenn die Kaminhöhe etwa das 2,5-fache der Gebäudehöhe beträgt.

Da aber bei den in den Beispielen gewählten Abluft- und Windgeschwindigkeiten anzunehmen ist, dass kein unmittelbarer Downwash der Abluftfahne auf der Leeseite des Stallgebäudes auftritt, können die qualitativen Unterschiede in den errechneten Abluftfahnenhöhen sicherlich als Anhaltspunkt für eine Beurteilung herangezogen werden.

Fazit

Anhand dieser Überlegungen ist ersichtlich, dass eine Kaminerhöhung von 0,5 auf 1,5 m über First dem Einbau einer Weitwurfdüse auch aus der Sicht des Immissionsschutzes vorzuziehen ist.

Zu berücksichtigen wäre zudem, dass der Stromverbrauch in nicht unerheblichem Maße nach dem Einbau einer Weitwurfdüse im Vergleich zu einer Kaminerhöhung (der Energiebedarf steigt mit der dritten Potenz des geförderten Volumenstroms) ansteigt.

Weiterhin kann der Tabelle entnommen werden, dass der maximale Volumenstrom nach dem Aufbau einer Weitwurfdüse um rund 10% abnimmt und dies sicherlich zu einer Verschlechterung des Stallklimas beiträgt.

Beim Einbau von Diffusoren sollten die Ergebnisse der DLG-Prüfstelle in Groß-Umstadt berücksichtigt werden. Dies gilt vor allem beim nachträglichen Aufbau eines Diffusors auf einen bestehenden Kamin.

Bei engen Dorfstrukturen und bei bestehenden Stallgebäuden mit ungenügendem Abstand nach der VDI-Richtlinie 3471 wäre der Einbau eines 1-m-Abluftrohrstückes zwischen bestehendem Abluftkamin und Diffusor sicherlich zu fordern, um einer nicht auszuschließenden Zunahme von Belästigungen in der Nachbarschaft vorzubeugen.

Betrachtet man die Differenz der Abluftfahnenhöhe nach der Richtlinie 3782 Bl. 3 zwischen Beispiel 1 und Beispiel 4a oder 4b, so decken sich die berechneten Ergebnisse qualitativ gut mit den praktischen Messungen der DLG-Prüfstelle (siehe *).