

Abluftführung in der Schweine- und Geflügelhaltung im Hinblick auf die Anrainersituation - Stand der Technik

Wolfgang Büscher^{1*}

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Planungsaspekte für die Abluftführung und Techniken der Abluftreinigung aus dem Blickwinkel des Landwirts und des Beraters erläutert. Die geruchlichen Belastungen der Anwohner im näheren Umfeld der Stallanlagen lassen sich durch einfache Planungsgrundsätze und gezielte Gegenmaßnahmen in der Regel gut beherrschen. Allerdings steigen die Energiekosten durch Änderungen an der Abluftführung, was die Wirtschaftlichkeit nachteilig beeinflusst. In den Genehmigungsverfahren in Deutschland spielen durch Veränderungen in der Umweltgesetzgebung Ammoniak- und Stallstaub-Emissionen eine wichtige Rolle. Abluftreinigungsanlagen kommen bei Tierställen in Deutschland zunehmend zum Einsatz, weil sie (je nach verwendeter Technik) nachweislich die Emissionen von Gerüchen, Ammoniak und/oder Stäuben mindern können. Sie müssen allerdings eine Typen-Zertifizierung durchlaufen haben, die in Deutschland derzeit von der DLG-Prüfstelle durchgeführt wird.

Schlagwörter:

Abluft, Emissionen, Abluftreinigung, Energie

Summary

In this paper planning aspects for outlet air guidance and air purification are described from the perspective of the farmer and the advisory service. The odor loads of farm animals in the neighborhood can be managed by simple planning rules and specific reduction measures.

On the other hand changes in the outlet air guidance increase the energy costs and reduce the economic results. Due to the actual environmental legislation in Germany ammonia and dust emissions are considered in the local permission procedure.

Air purification plans are getting more importance because the reduction of odor loads, ammonia and dust emissions can be reduced demonstrably depending on the used technology.

These technologies have to be certificated in Germany by the DLG-test centre before they are accepted for using in forced ventilated animal houses.

Keywords:

Outlet air, emissions, air purification, energy

Einführung

Die Abluftführung hat großen Einfluss auf die Geruchsausbreitung in Nahbereich des Stalles. Aber nicht nur der Abstand zur nächstliegenden Wohnbebauung wird in Deutschland beim Genehmigungsverfahren überprüft, sondern auch der zu schützenswerten Biotopen, um dort Ammoniak-Einträge zu vermeiden. Grundlage der Abstandsbestimmung ist bei größeren Betrieben in Deutschland das Bundesimmissionsschutzgesetz (kurz: BImSchG) mit der Verwaltungsvorschrift „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (kurz: TA-Luft). Bislang werden kleinere Betriebe dagegen in Deutschland ausschließlich nach dem Baurecht genehmigungsrechtlich behandelt, wobei sich die Mindestabstände nach den VDI-Richtlinien 3471 „Emissionsminderung; Tierhaltung; Schweine“ (1986) und 3472 „Emissionsminderung; Tierhaltung; Hühner“ (1986) in Abhängigkeit vom Tierbesatz und einer Punktebewertung für die Immissionssituation der Betriebe richten. Allerdings ist eine neue VDI-Richtlinie 3894 (Emissionsminderung Tierhaltung) in Vorbereitung, in der auch Rinderställe berücksichtigt werden. Bei der Bestimmung des Mindestabstandes auf der Basis der TA-

Luft oder der VDI-Richtlinien 3471 bzw. 3472 wird ein konstanter Abstand in alle Himmelsrichtungen festgelegt. Standorteinflüsse und lokale Windbedingungen werden lediglich bei Ausbreitungsmodellierungen (mit Hilfe von numerische Strömungssimulation) berücksichtigt, wenn der Antragsteller ein Sondergutachten in Auftrag gibt. Das Ausbreitungsgeschehen soll allerdings nicht Gegenstand dieses Beitrages sein; sondern die Planungsfragen auf der Stallebene und Aspekte der Abluftreinigung, weil diese Technik in Deutschland derzeit sehr stark an Bedeutung gewinnt.

Abluft-Dimensionierung in Deutschland

Die Größe der Ablufschächte und die Zahl der Abluftpunkte richten sich nach der Sommerlufrate des Stalles (siehe *Tabelle 1*), wobei die Strömungsgeschwindigkeit der Abluft möglichst niedrig sein sollte, um Energiekosten für die Überwindung der Strömungswiderstände zu vermeiden. Hohe Abluftaustrittsgeschwindigkeiten (z. B. > 7 m/s) werden nach den VDI-Richtlinien 3471 und 3472 mit hohen Punktzahlen „belohnt“, weil sie zur Verdünnung beitragen und eine geringere Geruchsbelastung im Nahbereich der

¹ Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, D-53115 BONN

* Ansprechperson: Prof. Dr. Wolfgang Büscher, E-mail: buescher@uni-bonn.de

Tabelle 1: Luftraten in Tierställen nach DIN 18 910 – 1 (2004)

Luftraten für Ferkelaufzucht und Mast (5 kg bis 120 kg Lebendmasse)						
Praxisübliche, strohlose Haltung; Feuchtfütterung (z. B. mit Breifutterautomaten).						
Bodenplattenmaße je Tier (Rechenwerte) auf 1,2 m ² ansteigend. Temperaturen von 28°C auf 18°C fallend.						
Lebendmasse	kg	5	20	30	100	120
<i>Winterluftrate</i>						
Mindestluftvolumenstrom	m ³ /(h Tier)	2,5	5,4	6,9	14,1	15,6
<i>Sommerluftraten</i>						
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 2$ K	m ³ /(h Tier)	12	39	52	106	117
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 3$ K	m ³ /(h Tier)	8	26	35	71	78
Luftraten für tragende Sauen (im Haltungsabschnitt Warteabteil)						
Praxisübliche, strohlose Haltung; Feuchtfütterung (z. B. Trogschale mit Sprühnippel).						
Bodenplattenmaß je Tier (Rechenwert) 2,0 m ² . Temperatur: 18°C.						
Lebendmasse	kg	150	200	250	300	
<i>Winterluftrate</i>						
Mindestluftvolumenstrom	m ³ /(h Tier)	12,4	15,1	17,8	20,3	
<i>Sommerluftraten</i>						
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 2$ K	m ³ /(h Tier)	81	104	126	147	
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 3$ K	m ³ /(h Tier)	54	70	84	98	
Luftraten für laktierende Sauen einschließlich Ferkel (im Haltungsabschnitt Abferkelabteil)						
Praxisübliche, strohlose Haltung; Trockenfütterung						
Bodenplattenmaß je Tier (Rechenwert) 5,0 m ² . Temperatur 18°C, Ferkelnest.						
Lebendmasse	kg	150	200	250	300	
<i>Winterluftrate:</i>						
Mindestluftvolumenstrom:	m ³ /(h Tier)	21,7	24,5	27,1	29,6	
<i>Sommerluftraten</i>						
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 2$ K	m ³ /(h Tier)	136	161	184	205	
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 3$ K	m ³ /(h Tier)	91	107	122	137	
Luftraten für Aufzucht- und Mastgeflügel (0,05 kg bis 2,0 kg Lebendmasse)						
Praxisübliche, eingestreute Bodenhaltung; Temperaturen von 31°C auf 19°C fallend						
Lebendmasse	kg	0,05	0,50	1,00	1,50	2,00
<i>Winterluftrate</i>						
Mindestluftvolumenstrom	m ³ /(h Tier)	0,1	0,3	0,6	0,8	0,9
<i>Sommerluftraten</i>						
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 2$ K	m ³ /(h Tier)	0,5	2,4	4,4	6,2	7,7
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 3$ K	m ³ /(h Tier)	0,3	1,9	3,2	4,4	5,5
Luftraten für Legehennen, Eingestreute Bodenhaltung, Temperatur: 18°C						
Lebendmasse	kg	1,5	2,0	2,5		
<i>Winterluftrate</i>						
Mindestluftvolumenstrom	m ³ /(h Tier)	0,5	0,7	0,8		
<i>Sommerluftraten</i>						
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 2$ K	m ³ /(h Tier)	4,6	5,7	6,8		
Luftvolumenstromberechnung $\Delta T = 3$ K	m ³ /(h Tier)	3,1	3,8	4,5		

Ställe verursachen. Im Kontext dieser Bewertung wurden früher häufig Weitwurfdüsen (*Abbildung 1*, linke Spalte) eingesetzt, die durch eine Querschnittsverengung am Emissionspunkt die Austrittsgeschwindigkeit steigern. Allerdings zeigt *Abbildung 1* auch die energetischen Konsequenzen dieser Empfehlung für den praktizierenden Landwirt. Etwa 30 % höhere Energiekosten (spezifischer Volumenstrom in m³ / kWh) sind beim Einsatz von Weitwurfdüsen (linke Spalte) unter Vollast zu erwarten gegenüber der üblichen Bauform mit freiem Austritt (mittige Spalte).

Ausführungsvarianten und Immissionsbewertung

In Deutschland werden in den letzten Jahren nahezu ausschließlich Unterdrucksysteme in Schweine- und Geflü-

gelställen mit der Abführung der Fortluft über Dachkamine eingesetzt. Grundsätzlich kann man folgende vier Ausführungsvarianten bei der Abluftführung unterscheiden:

- dezentral mit Oberflur- oder Unterflur-Absaugung
- zentral, mit Oberflur- oder Unterflur-Absaugung

Dabei steht die dezentrale, oberflurseitige Abluftführung für die einfachste Ausführung, da lediglich Decken- und Dachdurchbrüche benötigt werden, um eine komplette Ablufteinheit einzuschieben, die nur aus Rundkamin-Elementen und einem Ventilator besteht (*Abbildung 2*). Da auch die Anschaffungskosten bei dieser Form am niedrigsten sind, ist dies die häufigste Art der Abluftführung in Deutschland. Seitenwandentlüftungen sind derzeit nicht genehmigungsfähig!

Die Ablufschächte sind im Durchmesser auf die Ventilatoren abzustimmen. Sie bestehen in der Regel aus geschäumten, wärmegeprägten Rohren. Das ist wichtig, um Kondensatbildung zu vermeiden. Wird der Ventilator direkt in den Ablufschacht gesetzt, sollten Zwischenräume zwischen Ventilatorfassung und Ablufschacht vermieden werden, damit keine Falschluf angesaugt und dadurch der Wirkungsgrad des Ventilators verschlechtert wird. Der Ventilator sollte möglichst unmittelbar an der Einströmöffnung des Rohres eingebaut werden. Nach den

VDI-Richtlinien 3471 und 3472 wird die Abluftkaminhöhe mit min. 1,5 m über dem First mit einer hohen Punktzahl belohnt. Noch höhere Kamine tragen zwar zur Abluftfahrenüberhöhung und zur besseren Verdünnung bei, lassen sich aber nur sehr aufwendig gegen Sturmwinde absichern. Darüber hinaus beeinträchtigen extrem hohe Kamine das „Landschaftsbild“, was wiederum neue Probleme im Genehmigungsverfahren verursacht.

Diffusoren können auf Ablufschächte aufgesetzt werden und verringern durch ihre strömungs-technische Gestaltung den Widerstand ohne die Abluftfahrenüberhöhung zu mindern. Die Diffusoren haben einen etwas größeren Durchmesser als das Abluftrohr und erweitern die Luftaustrittsöffnung um 20 - 30 %. Einströmdüsen sorgen im Innenraum für einen leichteren Eintritt der Abluft in das Rohr, in dem sie an den Ansaugpunkten abgerundet sind.

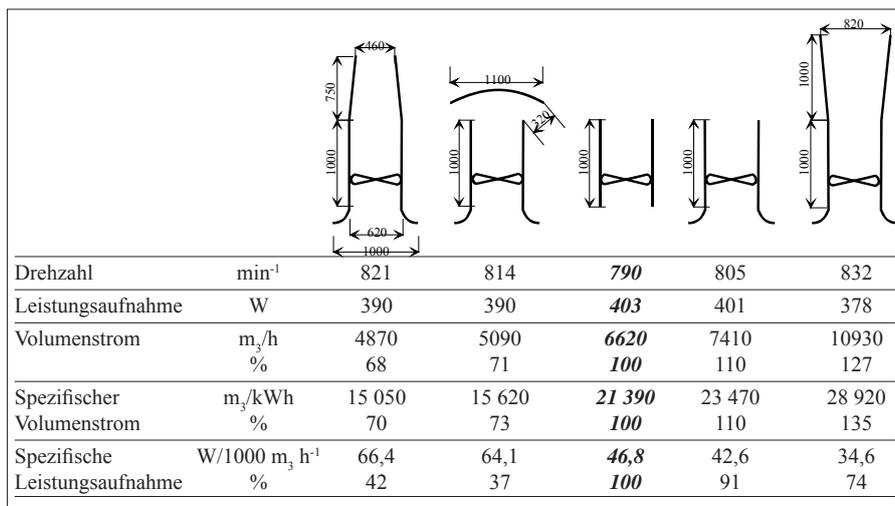


Abbildung 1: Strömungstechnisch günstige Abluftgestaltung steigert den Luftdurchsatz und senkt die Stromkosten (Standard = 100 %, graue Spalte, Maßangaben in der Skizze in mm) (S. PEDERSEN, 2000)

Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang bei der Abluftgestaltung, wobei auf *Abbildung 1* verschiedene Ausführungsvarianten bei gleichem Ventilator gegenüber gestellt wurden. Ausgehend von der typischen Ausführung (mittlere Spalte der Tabelle) ergeben sich erhebliche Unterschiede zu den strömungstechnisch günstigen und ungünstigen Varianten im Bezug auf den Luftdurchsatz und die spezifische elektrische Leistungsaufnahme.

Zentrale Abluftführung

Kennzeichen der zentralen Abluftführung ist ein Sammelkanal, der die Abluft bündelt und einem einzigen Emissionspunkt zuführt.

Die Dimensionierung des zentralen Abluftkanals ergibt sich aus der Gesamtleistung aller angeschlossenen Abteile. Bei der zentralen Ausführung hat man vier wichtige Vorteile gegenüber der dezentralen Form:

1. Der Emissionspunkt kann mit maximalem Abstand zur Nachbarschaft oder zum Ökosystem auf dem Gebäudedach verschoben werden.
2. Große Ventilatoren können zum Einsatz kommen, die einen günstigeren Wirkungsgrad als kleine haben.
3. Mit Stellklappen in dem zentralen Sammelkanal kann man sehr exakt den Abluftvolumenstrom (von 0 bis 100 %) in jedem Abteil einstellen.
4. Wärmerückgewinnungsanlagen können in einen zentralen Abluftsammelkanal über das gesamte Jahr einen deutlich größeren Wirkungsgrad entfalten.

Häufig wird in Deutschland die zentrale Abluftführung mit der Unterflurabsaugung kombiniert. Bei der klassischen Form der Unterflurabsaugung nach BERKNER und LORENZ (1987) wird die Raumluft in einen Sammelkanal unter dem Kontrollgang gesaugt und nicht stirnseitig. Nach KECK (1997) hat die Unterflurabsaugung den großen Vorteil, dass die aus dem Flüssigmist kommenden Schadgase nicht durch den Tierbereich gesaugt werden, sondern vorher schon seitlich in den Sammelkanal. Dadurch sind die Innenraum-Luftqualitäten im Sinne des Tier- und Arbeitsschutzes vorteilhaft niedriger im Vergleich zur Oberflur-Absaugung. Auch PEDERSEN (1977 und 1978) weist darauf hin, dass, wie in *Abbildung 3* dargestellt, Sammelkanäle unter dem Kontrollgang eingesetzt werden sollten. Eine punktuelle, stirnseitige Absaugung unter dem Spaltenboden hat nur punktuelle, und keine „ganzräumige“ Wirkung.

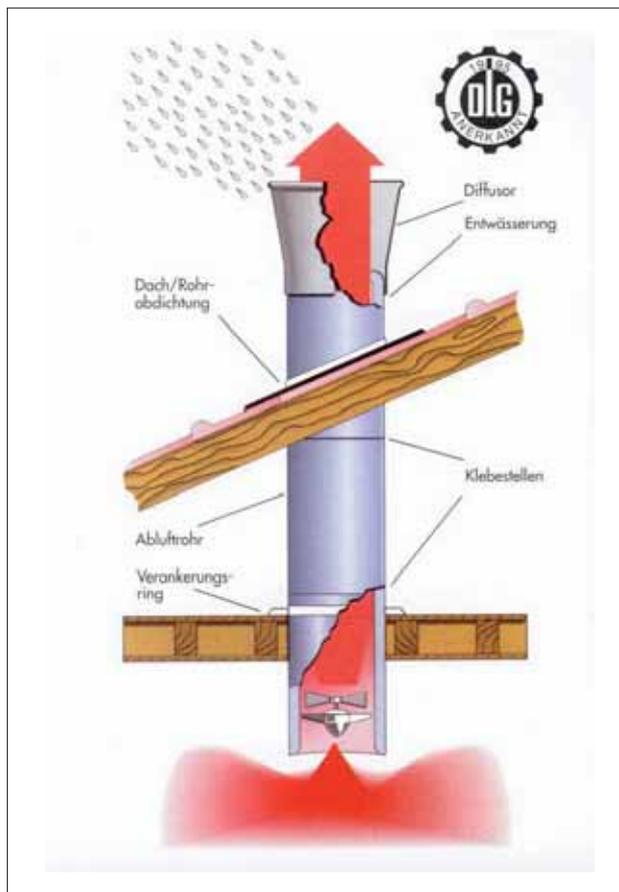


Abbildung 2: Prinzipskizze für eine dezentrale oberflurseitige Abluftführung

Der Druckgewinn durch beide Maßnahmen kann unter Vollast bis zu 30 Pa betragen (*Abbildung 1*).

Bei Luftkanälen ist besonders auf eine strömungstechnisch günstige Ausführung zu achten, weil durch hohe Strömungswiderstände der Luftdurchsatz der Ventilatoren abgesenkt wird und hohe Widerstände den Energieverbrauch und somit die Stromkosten für den Luftwechsel steigern.

Ventilatoren

Das Kernstück von Zwangslüftungsanlagen sind die Ventilatoren (DALY, 1985). Sie fördern den notwendigen Luftvolumenstrom, abgestimmt auf die verschiedenen Jahreszeiten. In der Praxis werden fast ausschließlich Axialventilatoren eingesetzt. Die Ventilatorbauart hat einen großen Einfluss auf den Strombedarf. Die geforderte Druckstabilität

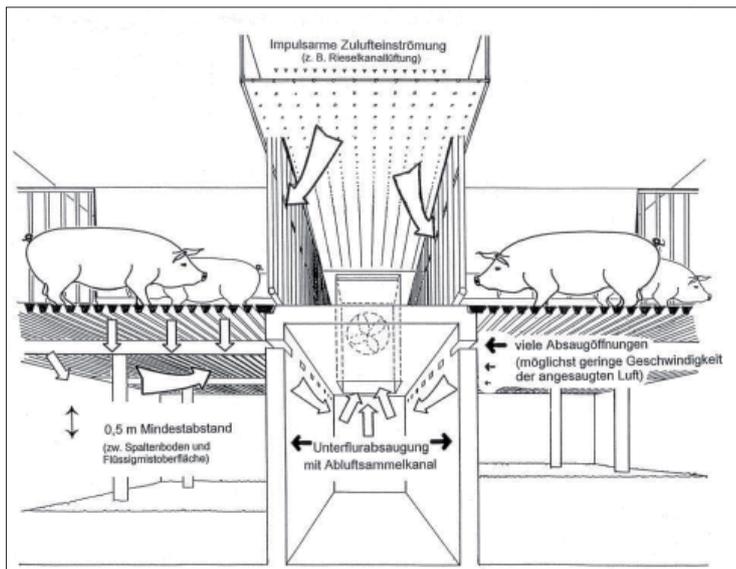


Abbildung 3: Bei der klassischen Form der Unterflurabsaugung wird mit Sammelkanälen die Raumluft über zahlreiche Öffnungen breitflächig und mit niedriger Geschwindigkeit zwischen Spaltenboden und Flüssigmist abgesaugt

entscheidet, ob ein Schnell- oder Langsamläufer eingesetzt wird. Entscheidend für die Leistung ist weiterhin die Anzahl der Flügel, deren Anstellwinkel sowie der Wirkungsgrad. Einen besonders günstigen Wirkungsgrad haben sog. „Energiesparventilatoren“. Eine veränderte Antriebstechnik (ETA-Vent) sorgt bei diesem Ventilortyp im Teillastbereich für eine wesentlich geringere Stromaufnahme als bei den herkömmlichen Ventilatoren. Es kann sich eine Energieeinsparung von 30 – 50 % ergeben. Trotz des höheren Anschaffungspreises hat sich ein solcher Ventilator bereits nach 3-4 Jahren amortisiert. DLG-Prüfberichte geben hier wertvolle Entscheidungshilfen.

Zentrale Abluftführung mit Abluftreinigung

Derzeit werden Abluftreinigungsverfahren in Deutschland schon bei vielen Ställen eingesetzt, weil die Mindestabstände unterschritten werden, Nachbarschaftsbeschwerden vorliegen oder die Hintergrundbelastung bereits vor der Beantragung sehr hoch war. Eine Besonderheit sind die Landkreise Cloppenburg, Vechta und Emsland in Deutschland, weil dort neue Ställe grundsätzlich nur noch mit Abluftreinigungsanlagen betrieben werden dürfen. Beim Einsatz von Abluftreinigungsanlagen wird in der Regel eine zentrale Abluftführung eingesetzt.

Wenn die Behörden eine Abluftreinigungsanlage für den geplanten Standort fordern, muss die Technik bereits zertifiziert sein; das heißt, sie muss eine DLG-Prüfung nach einem Standard-Untersuchungsprotokoll durchlaufen haben. DLG-Prüfberichte der bisher zertifizierten Anlagen befinden sich im Internet unter: <http://www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft>.

Sehr kritisch ist die Anwendung des Begriffes „Stand der Technik“ in Deutschland, weil durch das BImSchG die Genehmigungsbehörden nach dem Vorsorgeprinzip ermächtigt sind, Auflagen zu erteilen, die dem „Stand der Technik“ entsprechen. Bisher konnte die Landwirtschaft die Genehmigungsbehörden in der Regel davon überzeugen,

dass Abluftreinigungsanlagen nicht „dem Stand der Technik“ entsprechen, weil sie die Wirtschaftlichkeit stark mindern, die Funktionsfähigkeit des Stalles bei Störungen beeinträchtigen können und durch ihre komplexe Funktionsweise zusätzliche Qualifikationen an den Betreiber gestellt werden. Diese Argumentation wird allerdings zunehmend in Frage gestellt, weil es mittlerweile viele Anlagen gibt, die bei sachgemäßer Handhabung eine dauerhaft zufrieden stellende Funktion nachweisen. Auch die hohen Zusatzkosten schrecken viele wachstumsbereite Landwirte vor der Investition und dem Betrieb dieser Anlagen nicht mehr ab.

Die Anlagentechnik von Biofiltern ist in der VDI-Richtlinie 3477 (2004), von Rieselbettreaktoren (sog. „Biowäschern“) in der VDI-Richtlinie 3478, Blatt 1 (2011) und (2008) beschrieben. Nicht deutsche Industrieunternehmen, die zukünftig Abluftreinigungsanlagen für Tierställe auf dem europäischen Markt bringen wollen, sollten sich der o. g. Zertifizierung unterziehen, weil zu erwarten ist, dass sich das Prüfverfahren auch in anderen Ländern zum Standard etablieren wird. Was die Kosten der Abluftreinigung angeht, wurde von

Seiten des KTBL eine Arbeitsgruppe gegründet, die ein einheitliches Berechnungsverfahren hierzu erarbeitet hat. Die Gesamtkosten ergeben sich aus den Investitionen und den Betriebskosten, die einen beträchtlichen Anteil (z. B. für die Energie der Umwälzpumpen) ausmacht. Vertiefende Informationen finden sich in der KTBL-Schrift 451 (2006).

Eine besondere technische Herausforderung sind Anlagen, die sowohl Stäube, Gerüche und Ammoniak aus der Stallabluft abscheiden sollen. Diese so genannten „mehrstufigen Anlagen“ haben folgende drei funktionale Bestandteile, die von der Abluft (Rohgas) hintereinander durchströmt werden müssen:

- In der ersten Filterschicht, wird der Staub durch das Filtermaterial und das ständig zirkulierende Reinigungswasser abgeschieden → physikalische Reinigungsstufe.
- In der zweiten Filterschicht wird das umwälzende Wasser mit Säure (i. d. R. konzentrierte Schwefelsäure) auf einem pH-Wert von unter 5,0 gehalten, um Ammoniak aus der Stallluft zu binden → chemische Reinigungsstufe.
- In der dritten Filterschicht aus Wurzelholzschüttungen werden säurehaltige Aerosole gebunden und Geruchsstoffe mit Hilfe von Mikroorganismen beseitigt → biologische Reinigungsstufe.

Fazit

In diesem Beitrag werden Planungsaspekte für die Abluftführung und Techniken der Abluftreinigung aus dem Blickwinkel des Landwirts und des Beraters erläutert. Die geruchlichen Belastungen der Anwohner im näheren Umfeld der Stallanlagen lassen sich durch einfache Planungsgrundsätze und gezielte Gegenmaßnahmen in der Regel gut beherrschen. Häufig steigen jedoch die Energiekosten, was die Wirtschaftlichkeit nachteilig beeinflusst. Allerdings entwickelt sich die Genehmigungssituation in Deutschland insbesondere bei großen Stallanlagen zunehmend schwieriger, weil nicht nur die direkten Anwohner Bedenken äußern, sondern immer häufiger überregional

operierende Interessengruppen. Solche „Bürgerbewegungen“ versuchen über stark emotional geführte Diskussionen ständig neue Ablehnungsgründe (z. B. über die Wirkung von Bioaerosolen) anzuführen, um den Antragsteller zu teuren, zeitraubenden Sondergutachten zu zwingen. Somit läuft es in vielen Fällen auf eine Abluftreinigungstechnik für die Antragsteller hinaus, mit der hohe Emissionsminderungsgrade nachweislich erbracht werden können.

Literatur

- BERKNER, F.; J. LORENZ (1987): Besseres Stallklima, Unterflur – Unterdruck – Lüftung mit Zentralabsaugung. Agrartechnik, Heft 6, Seiten 21 – 24 und Seiten 32 – 34
- DIN 18 910-1 (2004): „Wärmeschutz geschlossener Ställe, Wärmedämmung und Lüftung - Planung und Berechnungsgrundlagen“ – Teil 1 (Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10772 Berlin)
- DALY, B. B. (1985): Woods Practical Guide to Fan Engineering. Third Impression, University Press, Cambridge
- KECK, M. (1997): Beeinflussung von Raumluftqualität und Ammoniakemissionen aus der Schweinehaltung durch verfahrenstechnische Maßnahmen. VDI-MEG Schrift 299, Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim
- KECK, M.; E. HARTUNG; W. BÜSCHER (1994):
- a) Ammoniak-Freisetzung bei Ober- und Unterflurabsaugung. DGS, H. 7; S. 25 – 27
 - b) Luftqualität und Energieverbrauch bei Oberflur- und Unterflurabsaugung. DGS, H. 9, S. 13 - 16
- KTBL-Schrift 451 (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen. Verfahren - Leistungen – Kosten, KTBL Selbstverlag, Darmstadt
- PEDERSEN, S. (1977): Dimensioning of a system for an exhaust air through slatted floors. Ugeskrift for Agronomer Hortonomer, Forstkandidater og Licentiater, 34, pp. 715 - 720
- PEDERSEN (1978): Air distribution in a ventilation system with extraction of exhaust air through slatted floors. Ugeskrift for Agronomer Hortonomer, Forstkandidater og Licentiater, 1 -2, pp. 3 - 8
- PEDERSEN, S. (2000): Zu- und Abluftführung aus dänischer Sicht. Tagungsschrift des Förderkreis Stallklima 1999, Tagung in Iden, Vertrieb Landwirtschaftskammer Hannover
- VDI 3471 (1986): Emissionsminderung; Tierhaltung; Schweine, Beuth Verlag Berlin
- VDI 3472 (1986): Emissionsminderung; Tierhaltung, Hühner, Beuth Verlag Berlin
- VDI 3477 (2004): Biologische Abgasreinigung – Biofilter, Beuth Verlag Berlin
- VDI 3478 Blatt 1 (2011): Biologische Abgasreinigung – Biowäscher, Beuth Verlag Berlin
- VDI 3478 Blatt 2 (2008): Biologische Abgasreinigung – Rieselbettreaktoren, Beuth Verlag Berlin
- Empfehlungen zur kostenlosen Vertiefung der Thematik per Internet:
- DLG-Arbeitsunterlage „Lüftung von Schweineställen“ unter: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/DLG-AU_lueftung.pdf
- DLG-Merkblatt 346 unter: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_346.pdf