

Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen

KTBL-Schrift 451



Autoren

Friedrich Arends
Landwirtschaftskammer Niedersachsen | Oldenburg
Gerd Franke
Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen | Kassel
Ewald Grimm
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) | Darmstadt
Winfried Gramatte
DLG e. V., Testzentrum Technik & Betriebsmittel | Groß-Umstadt
Sven Häuser
DLG e. V., Testzentrum Technik & Betriebsmittel | Groß-Umstadt
Dr. Jochen Hahne
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) | Braunschweig

in Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgruppe „Stand der Verfahrenstechnik und Kosten der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung“

© 2006
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon 06151 7001-0 | Fax 06151 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn

Lektorat
Dr. Anita Heidenfelder | Uffing

Redaktion
Ewald Grimm | KTBL

Titelfoto
Ewald Grimm | KTBL

Vertrieb
KTBL | Darmstadt

Druck
Druckerei Lokay | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 13: 978-3-939371-15-1 (ab 1.1.2007)
ISBN 10: 3-939371-15-7

Mitglieder der Arbeitsgruppe „Stand der Verfahrenstechnik und Kosten der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung“

Friedrich Arends
Landwirtschaftskammer Niedersachsen | Oldenburg
Dr. Gunnar Brehme
Beratungsbüro | Coswig (Anhalt)
Prof. Dr. Wolfgang Büscher
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität | Bonn
Dr. Joachim Clemens
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität | Bonn
Franziska Eichler
Umweltbundesamt (UBA) | Dessau
Gerd Franke (Vorsitzender)
Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen | Kassel
Ewald Grimm (Geschäftsführer)
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) | Darmstadt
Dr. Jochen Hahne
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) | Braunschweig
Prof. Dr. Eberhard Hartung
Christian-Albrechts-Universität | Kiel
Dr. Michael Mußlick
Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt | Erfurt
Dr. Jens Seedorf
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover | Hannover
Prof. Dr. Herman Van den Weghe
Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen | Vechta

Vorwort

Verfahren zur Reinigung der Abluft aus Ställen werden seit mehr als 35 Jahren als eine Möglichkeit zur Lösung der Immissionsschutzprobleme von Tierhaltungsanlagen diskutiert. Jedoch erst in den letzten Jahren hat die Abluftreinigung in der Praxis an Bedeutung gewonnen. Ursache hierfür sind strengere Regelungen zum Immissionsschutz, aber auch das Wachsen der Betriebe, das mit größeren und weiter reichenden Umweltwirkungen einhergeht, bei gleichzeitiger Verknappung entwicklungsfähiger Standorte. So ist die Abluftreinigung zwischenzeitlich neben der Standortverlagerung zu einer wichtigen Option geworden, um entwicklungsfähigen Betrieben die Zukunft zu sichern.

Parallel dazu hat sich auch die Verfahrenstechnik weiterentwickelt. Neben den klassischen Biofiltern und Rieselbettreaktoren haben sich Chemowäscher und mehrstufige Reinigungsverfahren etabliert. Darüber hinaus ist die Einführung einer freiwilligen bundesweiten Zertifizierungsprüfung für Abluftreinigungsanlagen im Rahmen des DLG-SignumTests ein wichtiger Beitrag, um die Qualität der Anlagen zu gewährleisten und zu verbessern. Mittlerweile haben die Anlagen einen technischen Standard erreicht, der dauerhaft einen zuverlässigen Betrieb und eine wirksame Minderung der Emissionen an Geruch, Ammoniak und Staub ermöglicht.

Diese Entwicklung war in der gesamten Zeit von kontroversen Diskussionen zu Wirksamkeit und insbesondere den Kosten der Verfahren begleitet und der Frage, ob Abluftreinigung nun allgemein Stand der Technik sei oder nicht.

Um diese Diskussion zu versachlichen, wurden erstmals der aktuelle Entwicklungsstand und die Kosten von Abluftreinigungsverfahren zum Einsatz für Tierhaltungsanlagen zusammengefasst. Diese Erläuterungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen machen die Schrift im Vorfeld von Investitionsentscheidungen, bei denen der Einsatz einer Abluftreinigung in Erwägung gezogen wird, zu einer unverzichtbaren Informationsquelle sowohl für Betreiber von Tierhaltungsanlagen als auch für landwirtschaftliche Berater. Aber auch für Genehmigungsbehörden, Planer und Gutachter ist sie eine Grundlage, um die verschiedenen Verfahren objektiv hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten und -bedingungen in der Tierhaltung beurteilen zu können.

Die Schrift ist das abgestimmte Ergebnis der KTBL-Arbeitsgruppe „Stand der Verfahrenstechnik und Kosten der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung“, deren Mitglieder als Wissenschaftler, Berater und Gutachter sowie Mitarbeiter in der Prüfungskommission zur Zertifizierung von Abluftreinigungsanlagen an vorderster Front mit dem Thema befasst sind. Die Arbeitsgruppe hat das gleichnamige, im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen 2003“ geförderte Projekt betreut, das in Kooperation der Universitäten Hohenheim und Bonn durchgeführt wurde. Darüber hinaus hat sie den Anstoß gegeben, der Zertifizierung von Abluftreinigungsanlagen, die zuvor nur im Landkreis Cloppenburg durchgeführt wurde, bundesweit Geltung zu verschaffen.

Mein herzlicher Dank gilt allen, die an dieser Schrift mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank gilt den Herstellern von Abluftreinigungsanlagen für die Bereitstellung anlagenspezifischer Informationen.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN
IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (KTBL)

Dr. Heinrich de Baey-Ernsten
Hauptgeschäftsführer

Inhalt

1	Einleitung.	9
2	Welche Verfahren gibt es?	12
2.1	Verfahrenprinzipien.	12
2.2	Biofilter.	14
2.2.1	Funktionsweise	14
2.2.2	Aufbau eines Biofilters und wesentliche Funktionselemente	16
2.2.3	Kenndaten zur Auslegung von Biofiltern	18
2.2.4	Reinigungsleistungen von Biofiltern	19
2.3	Rieselbettreaktoren	21
2.3.1	Funktionsweise	21
2.3.2	Aufbau eines Rieselbettreaktors und wesentliche Funktionselemente	21
2.3.3	Kenndaten zur Auslegung von Rieselbettreaktoren	23
2.3.4	Reinigungsleistungen von Rieselbettreaktoren	24
2.4	Chemowäscher	25
2.4.1	Funktionsweise	25
2.4.2	Aufbau eines Chemowäschers und wesentliche Funktionselemente	25
2.4.3	Kenndaten zur Auslegung von Chemowäschern	27
2.4.4	Reinigungsleistungen von Chemowäschern.	28
2.5	Mehrstufige Verfahren.	28
2.5.1	Übersicht.	28
2.5.2	Zweistufige Abluftreinigungsanlagen	28
2.5.3	Dreistufige Abluftreinigungsanlagen.	31
2.6	Allgemeine Anforderungen	35
2.6.1	Lüftungstechnische Anforderungen.	35
2.6.2	Betriebsüberwachung und -dokumentation.	36
2.6.3	Anforderungen an die Wartung und den Betrieb.	38
2.6.4	Abwasserverwertung.	43
2.7	Eignung verschiedener Abluftreinigungsverfahren	43
3	Ausgewählte Anlagenbeispiele und Erfahrungen der Betreiber.	46
3.1	Beispiel für einen Rieselbettreaktor.	46
3.2	Beispiel für eine dreistufige Abluftreinigungsanlage.	51

4	Kosten	57
4.1	Grundsätzliche Hinweise	57
4.2	Kalkulationsmethode	58
4.3	Kalkulationsgrundlagen.	59
4.4	Investitionsbedarf und jährliche Kosten	61
4.5	Einsparpotenziale bei der Verwertung des Abwassers	66
5	Berücksichtigung der Abluftreinigung bei der Genehmigung . .	68
6	Zertifizierungsprüfung von Abluftreinigungsanlagen (DLG-SignumTest)	72
6.1	Ablauf und Prüfungsanforderungen	72
6.2	Anforderungen an die Eigenkontrolle und die behördliche Überwachung.	73
7	Zusammenfassung und Empfehlungen	76
7.1	Zusammenfassung und Bewertung	76
7.2	Empfehlungen.	80
8	Literatur.	82
	KTBL-Veröffentlichungen	85

2 Welche Verfahren gibt es?

JOCHEN HAHNE

2.1 Verfahrensprinzipien

Zur Reinigung der Abluft aus Tierhaltungsanlagen werden überwiegend Biofilter, Abluftwäscher und mehrstufige Verfahren eingesetzt. Biofilter sind technische Einrichtungen, bei denen die Abluft über ein organisches Material wie z.B. Wurzelholz oder Holzhackschnitzel geleitet und gereinigt wird (Abb. 2.1). Bei den Abluftwäschern (Abb. 2.2) wird die Abluft durch eine Waschflüssigkeit geleitet, so dass die Abluftinhaltsstoffe von der Gasphase in die Flüssigphase überführt werden. Als Waschmedien kommen bislang Wasser und verdünnte Säuren zum Einsatz. Beim Einsatz von Wasser werden die abgetrennten Abluftinhaltsstoffe von den in der Waschflüssigkeit wachsenden Mikroorganismen abgebaut, so dass sich ein „biologischer“ Abluftwäscher ausbildet. Wird dieser Prozess gezielt genutzt, in dem Aufwuchsflächen in Form von Füllkörperschüttungen oder -packungen für die Mikroorganismen bereitgestellt und diese mit Wasser berieselt werden, handelt es sich um einen Rieselbettreaktor.



Abb. 2.1: Biofilter unterschiedlicher Bauweise (links: Wurzelholzschüttung, rechts: Strohbett mit Holzhackschnitzelaufgabe)

Bei Biofiltern und Rieselbettreaktoren erfolgt der Abbau von Abluftinhaltsstoffen simultan. Das heißt, die Abtrennung dieser Stoffe und deren mikrobielle Umsetzung erfolgen gleichzeitig und in einer Anlage. Demgegenüber arbeiten Biowäscher mit zwei Stufen, wobei in einer Waschstufe Abluftinhaltsstoffe gezielt ausgewaschen und in einer zweiten, davon getrennten Stufe mikrobiell umgesetzt werden. Biowäscher dieser Bauart werden in der Landwirtschaft bislang aus Kostengründen nicht eingesetzt. Es ist dringend zu beachten, dass bei Anlagen mit biologischen Reinigungsstufen die Abluft keine



Abb. 2.2: Abluftwäscher (links: Außenansicht, rechts: Innenansicht mit Füllkörpern)

Desinfektionsmittel, Antibiotika oder andere für Mikroorganismen giftige Stoffe enthalten darf.

Wird als Waschmedium verdünnte Säure eingesetzt, wird das Abluftreinigungssystem als Chemo- oder Säurewäscher bezeichnet. Dieser Wäschertyp dient vor allem einer verbesserten Ammoniakabscheidung und wird zur Steigerung des Stoffaustausches ebenfalls mit Füllkörperschüttungen oder -packungen ausgestattet. Ein mikrobieller Stoffumsatz findet bei diesen Systemen, insbesondere durch den erforderlichen geringen pH-Wert, praktisch nicht statt.

Mehrstufige Abluftreinigungsverfahren (Abb. 2.3) können beispielsweise die Vorteile der verbesserten Ammoniakabscheidung eines Chemowäschers und die des optimalen Geruchsstoffabbaus in Biofiltern verbinden.

Wird in einem Abluftreinigungsverfahren oder in einer Verfahrensstufe eine anorganische Säure, wie z.B. Schwefelsäure, zur pH-Wert-Regelung eingesetzt, sind eine Reihe von Sicherheitsbestimmungen zu beachten (vgl. auch Kapitel 2.6.3). Diese betreffen insbesondere die baulichen Anforderungen an die Lagerung und den Umgang mit Säuren entsprechend der VAWS (Verordnungen der Bundesländer über Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) sowie die Arbeits- und Chemikaliensicherheit (Unfallverhütungsvorschriften, Gefahrstoffverordnung). Die jeweiligen Vorschriften sind bei den Länderbehörden zu erfragen.

Neben den beschriebenen Verfahren werden auch andere Techniken angeboten und entwickelt. Beispielsweise werden der Abluft Desodorierstoffe, Enzyme und andere Additive zugesetzt, die die typischen Geruchsstoffe aus der Tierhaltung „neutralisieren“ sollen. Grundsätzlich sind Verfahren, die die Abluft verdünnen bzw. die Abluftinhaltsstoffe nicht abreinigen im Sinne der vorliegenden Schrift keine Abluftreinigungsverfahren.



Abb. 2.3: Mehrstufige Abluftreinigungsverfahren (links: Außenansicht mit Biofilterwand, rechts: Innenansicht mit Filterwänden)

Ferner gibt es Versuchsanlagen, in denen mit UV-Strahlung und/oder Ozon eine Oxidation von Geruchsstoffen erzielt werden soll. Diese und weitere in der Entwicklung befindliche Verfahren werden hier aufgrund ihres bislang fehlenden Wirkungsnachweises für die Praxis nicht weiter behandelt. Die vorliegende Beschreibung beschränkt sich auf Techniken, die nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand die erforderlichen Emissionsminderungen für Staub, Ammoniak und Geruch dauerhaft leisten können, eine größere Bedeutung für die Praxis in der Tierhaltung haben und zu vertretbaren Kosten zu betreiben sind.

2.2 Biofilter

2.2.1 Funktionsweise

Biofilter werden überwiegend zur Beseitigung von Gerüchen eingesetzt. Bei einstreulosen Haltungsverfahren können sie auch zur Gesamtstaubabscheidung verwendet werden, wenn zumindest auf der Rohgasseite grob strukturiertes Filtermaterial verwendet wird, das nicht zur Verstopfung neigt.

Stallabluft enthält eine große Zahl verschiedener Geruchsstoffe mit ganz unterschiedlichen chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften. Diese Geruchsstoffe werden beim ordnungsgemäßen Betrieb von sachgerecht ausgelegten Anlagen über den Feuchtfilm des Biofiltermaterials absorbiert und im Regelfall von den Mikroorganismen, die auf dem feucht gehaltenen Filtermaterial leben, oxidiert bzw. abgebaut. Als Abbauprodukte entstehen neben Biomasse, Kohlendioxid, Wasser und Wärme auch oxidierte Salze, wie z.B. Sulfate und Nitrate aus dem Abbau schwefel- und stickstoffhaltiger Futterbestandteile.

Biofilter funktionieren bestimmungsgemäß, wenn

1. die zu reinigenden Komponenten wasserlöslich und biologisch abbaubar sind,
 2. die Verweilzeit der Abluft im Filtermaterial so groß ist, dass die Komponenten abgeschieden und von den Mikroorganismen abgebaut werden, ohne dass es zu einer Anreicherung dieser Komponenten oder von Reaktionsprodukten im Biofiltermaterial kommt und
 3. die Betriebsbedingungen eine ausreichende Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffversorgung der Mikroorganismen bei Temperaturen von etwa 10 bis 35 °C sicherstellen.
- Problematisch ist der Einsatz von Biofiltern in der Tierhaltung zur gezielten Ammoniakabscheidung. Ammoniak ist sehr gut wasserlöslich und wird somit bei feucht gehaltenem Biofiltermaterial zunächst gut abgeschieden. Durch seine Abscheidung steigt der pH-Wert im Filtermaterial an, bis bestimmte Bakterien (Nitrifikanten) Ammoniak zu Nitrit und Nitrat oxidieren und diese Stoffe im Filtermaterial anreichern. Durch die Bildung von salpetriger Säure und Salpetersäure sinkt der pH-Wert deutlich. Bei hohen Ammoniakfrachten – wie in der Tierhaltung üblich – kommt es im Rahmen dieser Prozesse im Regelfall zur Freisetzung umweltbelastender, sekundärer Spurengase wie Stickoxide und Distickstoffmonoxid (Lachgas). Außerdem tritt eine allmähliche Versalzung des Biofiltermaterials auf, die neben den nitrifizierenden Bakterien auch die geruchsstoffabbauenden Mikroorganismen in ihrer Funktion beeinträchtigen.

Die Nutzungsdauer von organischen Filtermaterialien hängt sehr stark ab von

- der Art des Materials und seiner Korngröße,
- der Feuchtigkeit und der Temperatur im Filtermaterial und
- von der Stickstoffversorgung als begrenzendem Faktor.

Bei einem hohen Ammoniakeintrag weisen holzige Biofiltermaterialien wie Wurzelholz mit einem weiten Kohlenstoff-zu-Stickstoff-Verhältnis (C : N-Verhältnis) von 100 bis 400 : 1 eine längere Nutzungsdauer auf als Rindenmulch oder Holzhackschnitzel mit einem engen C : N-Verhältnis. Ein hoher NH_3 -Eintrag führt bei diesen feinen Materialien zu einer beschleunigten Materialzersetzung durch Mikroorganismen (Kompostierung), die mit einer Erhöhung des Druckverlustes verbunden ist. Grobes, gerissenes Material wird sehr langsam zersetzt und hat daher eine längere Nutzungsdauer als feine Hackschnitzel.

Die genannten Gesichtspunkte haben dazu geführt, den Biofilter als alleinige Verfahrensstufe zur Ammoniakabscheidung im Bereich der Tierhaltung als nicht geeignet einzustufen (siehe Tab. 2.12). Wird ein Biofilter nur zur Geruchsstoff- und Gesamtstaubabscheidung eingesetzt, müssen die beschriebenen Prozesse dennoch berücksichtigt werden. Beispielsweise ist leicht kompostierbares Filtermaterial wie Stroh oder Hackschnitzel