

Abluftreinigung in der Schweinehaltung - internationale Erfahrungen aus der Praxis

Michael Kropsch^{1*}

Zusammenfassung

Die nutztierhaltende Landwirtschaft ist seit geraumer Zeit mit im Blickfeld, wenn es um die Verursachung von luftgetragenen Emissionen geht. Im Baugenehmigungsverfahren bzw. in nachbarschaftlichen Belangen liegt der Fokus in erster Linie auf der Reduktion von belästigenden Geruchsstoffen und emittiertem Staub, in umwelttechnischer Hinsicht auf der Reduktion von Ammoniak; eine der Möglichkeiten diese Emissionen zu reduzieren, ist die Verwendung von Abluftreinigungsanlagen. Diese Technologien werden jedoch nach wie vor kontrovers diskutiert – Befürworter stellen den Nutzen für die Luftreinhaltung klar in den Vordergrund, Kritiker sehen eine Vielzahl an offenen Fragen hinsichtlich deren Funktionssicherheit in der Praxis und den hohen Kosten.

Praxisuntersuchungen an deutschen Betrieben haben gezeigt, dass die Abscheideleistung zum Teil hinter

den Anforderungen einer Zertifizierung zurückbleibt. In diesem Zusammenhang – und auf Grund der hohen Kosten - ist zu hinterfragen, ob die Verwendung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung zum Stand der Technik erklärt werden kann.

Zur Vorbeugung nachbarschaftlicher Probleme oder für die Erlangung einer baurechtlichen Genehmigung für Stallneubauten oder Erweiterungen an heiklen Standorten, kann der Einsatz einer Abluftreinigungsanlage im Einzelfall sinnvoll sein. Essentiell sind jedoch eine fachgerechte Planung und Errichtung der Anlage sowie ein ordnungsgemäßer Betrieb.

Schlagwörter: Abluftreinigung, Entwicklung, Praxisuntersuchungen, Betriebsstabilität

1 Einleitung

In Österreich wird der „Ruf“ nach Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung zunehmend lauter. Eine Handvoll Betriebe ist bereits gezwungen diese Technologien anzuwenden; die Aufstellung wurde im Rahmen von Betriebserweiterungen oder Stallneubauten, auf Grund nachbarlicher Einsprüche, erforderlich. Hier zu Lande ist der Kenntnisstand bezgl. der Betriebssicherheit, der Anwenderfreundlichkeit und der Langzeitstabilität, auf Grund des relativ kurzen Einsatzes, jedoch noch äußerst gering – ein Blick über die österreichischen Grenzen lohnt hier. Auf Grund des mehr als zwanzigjährigen Einsatzes von Abluftreinigungsanlagen in Deutschland liegen umfassende Erfahrungen vor, die im Rahmen dieses Beitrags beleuchtet werden.

Neben einem Blick auf die Entwicklung der Abluftreinigung in der Schweinehaltung in Deutschland, auf die zur Verfügung stehenden Technologien und deren Marktanteil sowie den Anforderungen hinsichtlich der zur erbringenden Reinigungsleistung wird der Fokus auf bis dato publizierte Berichte zur Funktionstüchtigkeit von Praxisanlagen gerichtet. Dem Autor liegen drei Veröffentlichungen deutscher Kollegen aus den letzten Jahren vor (LAMPING, 2011; BROER, 2015; NESER et al., 2016), die einen Einblick in mögliche Problembereiche in der Praxis geben. Es tritt bspw. zu Tage, dass auch Anlagen, die sämtlichen Anforderungen an die Reinigungsleistung entsprechen (Zertifizierung gem. „Cloppenburg Leitfaden“, DLG Testung), im realen Be-

trieb diesen z. T. nicht gerecht werden; die Gründe hierfür sind vielfältig. Essentiell ist es, diese „Schwachstellen“ zu kennen um – aus österreichischer Sicht – derartigen Problemen, vor einer zunehmenden Anwendung von Abluftreinigungsanlagen, vorzubeugen.

Im Rahmen der Bautagung 2017 wurde das „Pilotprojekt Versuchsstall: Abluftwäscher für Mast Schweineeställe“ vorgestellt (KROPSCH, 2017); zur gegenständlichen Thematik wird es wertvolle, ergänzende Informationen liefern. Ein wesentlicher Beurteilungspunkt im Test der drei unterschiedlichen Abluftreinigungsanlagen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist die Betriebs- und Leistungsstabilität über mehrere Mastdurchgänge.

2 Entwicklung der Abluftreinigung in Deutschland

In Deutschland hat sich die Abluftreinigung in der Schweinehaltung in den letzten Jahren sukzessive weiterentwickelt – dies betrifft nicht nur die Anzahl an Herstellern mit Zertifizierungen seitens der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), sondern auch die Anzahl der in Deutschland gefertigten Abluftreinigungsanlagen. Nach einer Umfrage des Umweltbundesamtes wurden seit dem Jahr 1997 in der Schweinehaltung insgesamt 1012 Anlagen zur Abluftreinigung errichtet. Der jährliche Anstieg seit 2005 beträgt im Schnitt 93 Anlagen (UBA, 2016).

¹ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Tierhaltungssysteme, Technik und Emissionen, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

* Ansprechperson: Michael KROPSCH; michael.kropsch@raumberg-gumpenstein.at



2.1 Am Markt erhältliche Abluftreinigungsanlagen

Biofilter

Druckstabile Ventilatoren saugen die Abluft aus dem Stall und führen diese über eine große Fläche mit feuchtgehaltenem, organischem Material (Holzhackschnitzel oder Wurzelholz), ab. Im Frischwasser aus der Befeuchtungsanlage lösen sich geruchsaktive Stoffe, die durch Mikroorganismen auf dem Material des Biofilters abgebaut werden. Konventionelle Biofilter eignen sich zur Abscheidung von Geruch und Staub in der einstreulosen Schweinehaltung. Neuartige Biofilter bieten zusätzlich die Möglichkeit, durch Weiterentwicklung des Verfahrens, Ammoniak abzuscheiden.

Rieselbettfilter

Dieses System eignet sich zur Abreinigung von Geruch, Ammoniak und Staub in einer Stufe. Der Rieselbettfilter ist ein Wäscherverfahren mit einer Füllkörperstufe, der im Gegenstromverfahren betrieben wird. Mikroorganismen, die sich an der großen Oberfläche der Füllkörper ansiedeln, besitzen die Fähigkeit, gelöste Abluftinhaltsstoffe aus dem Prozesswasser zu verwerten und diese in ihrem Zellstoffwechsel bzw. zum Aufbau neuer Biomasse, zu nutzen.

Chemowäscher

Bei Chemowäschern handelt es sich um Abluftreinigungsanlagen, bei denen das Waschwasser durch Zudosierung von Schwefelsäure auf einem niedrigen pH-Wert gehalten wird. Der Aufbau eines Chemowäschers gleicht im Prinzip dem eines Rieselbettfilters, mit dem großen Unterschied, dass hier ein Abbau von Geruchsstoffen nicht in nennenswertem Umfang stattfindet. Durch den Betrieb dieser Anlagen in einem stark sauren Bereich kommt es zu einer massiven Abreinigung des Ammoniaks aus der Stallluft; eine Abscheidung des Gesamtstaubs wird ebenso erreicht. Ist darüber hinaus eine Entfernung geruchsaktiver Stoffe erforderlich, so ist die Nachschaltung einer Biofiltereinheit unerlässlich.

Mehrstufige Anlagen

Ein Beispiel für eine mehrstufige Anlage zeigt die nachfolgende *Abbildung 4*. In einem ersten Schritt wird die Abluft aus dem Stallgebäude durch eine Chemostufe (Trommel) geführt, in der die Abscheidung von Ammoniak und Staub stattfinden. Nachfolgend gelangt die vorgereinigte Abluft über eine Biofilterstufe (Zellulose Pad), in der die mikrobielle Aufspaltung von geruchsaktiven Substanzen stattfindet, ins Freie.

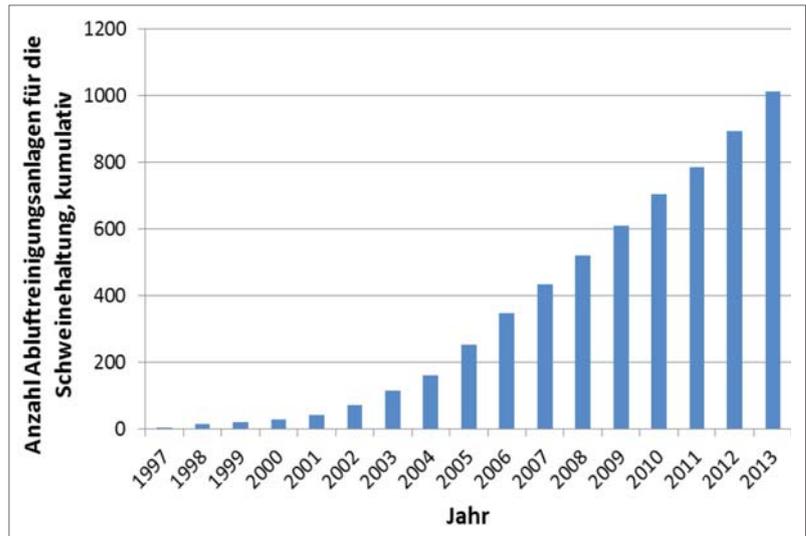


Abbildung 1: Anzahl insgesamt errichteter Abluftreinigungsanlagen in Deutschland, Quelle UBA, 2016

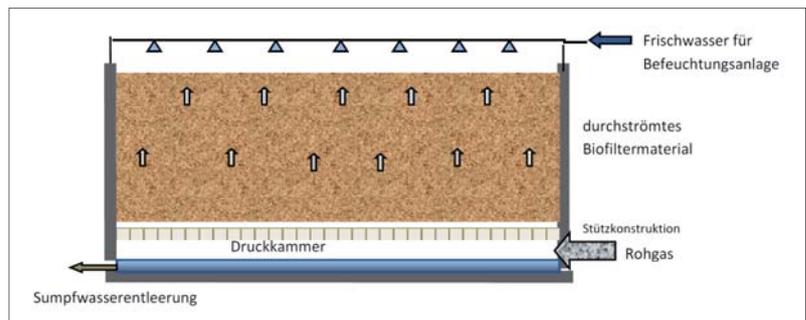


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Biofilters, Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2016

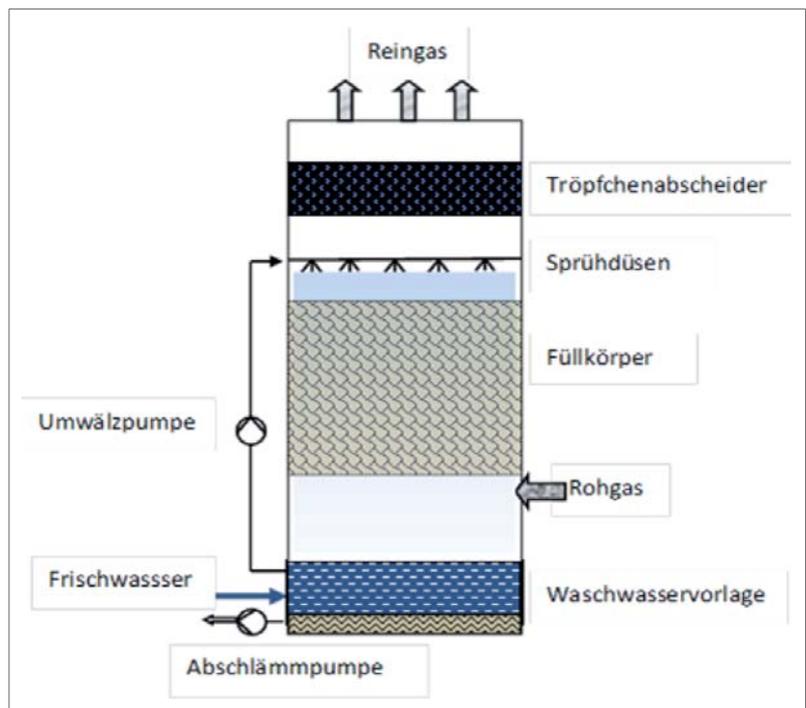


Abbildung 3: Skizze eines Rieselbettfilters, Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2016

2.2 Marktanteile einzelner Reinigungsverfahren in Deutschland

Die Auswertung von Herstellerangaben – zu den Marktanteilen der unterschiedlichen Abluftreinigungsverfahren in den Jahren 2009 bis 2013 – durch das deutsche Umweltbundesamt ergab eine klare Mehrheit für einstufige Rieselbettfilter, gefolgt von mehrstufigen Anlagen und einstufigen Biofiltern.

3 Anforderungen an die Reinigungsleitung

Im Rahmen der DLG-Signum Tests findet in Deutschland eine umfassende Untersuchung von Abluftreinigungsanlagen statt. Basis jeder Untersuchung ist die Vorlage adäquater Unterlagen (detaillierte Anlagenbeschreibung, Wartungspläne, elektronisches Betriebstagebuch etc.) seitens der Herstellerfirmen. In Absprache mit einer akkreditierten Prüfstelle, der Prüfungskommission und Vertretern der DLG wird in der Folge der Messplan für die Erhebungen an einer Praxisanlage erstellt – Grundlage ist die Testung der Anlage unter realen Sommer- und Winterbedingungen sowie unter repräsentativen minimalen und maximalen Betriebsbedingungen. Während der Testphasen werden sämtliche relevanten Verbräuche (Frischwasser, Säure, Lauge, Energiebedarf etc.) aufgezeichnet sowie die Menge des Abschlämmwassers erfasst und eine Stickstoffbilanzierung durchgeführt.

Der DLG-Prüfrahmen des Signum-Tests beinhaltet vier zentrale Anforderungen an die Reinigungsleistung von Abluftreinigungsverfahren: Eine höchstzulässige Geruchsstoffkonzentration von 300 GE/m³ im Reingas (und kein rohgastypischer Geruch) sowie einen Abscheidegrad von mindestens 70 % für Ammoniak, Gesamtstaub (und PM₁₀) und die Stickstoff-Entfrachtung. Die angeführten Abreinigungsleistungen zu Ammoniak, Staub und Geruch werden zudem von einigen deutschen Bundesländern - als Beispiel sei hier Nordrhein-Westfalen genannt - im Rahmen eines immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens eingefordert.

4 Untersuchungen zu Abluftreinigungsanlagen

Publikationen aus den Bundesländern Niedersachsen und Bayern setzen sich eingehend mit der Betriebssicherheit von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung auseinander – in erster Linie wurde hier der Frage nachgegangen, in wie weit in der Praxis in Betrieb stehende Apparaturen, vorgegebene Reinigungsleistungen einhalten. Die diesen Berichten zu Grunde liegenden Untersuchungen stammen aus den Jahren 2008 - 2010 sowie aus 2014 und 2015.

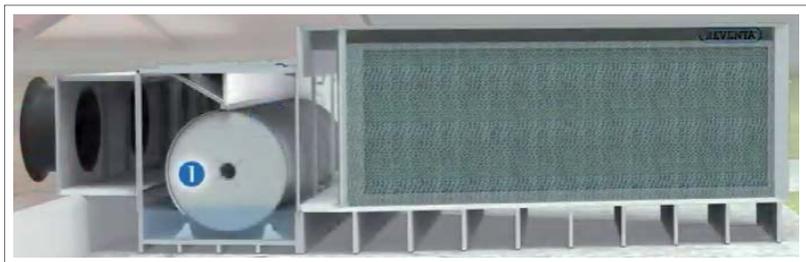


Abbildung 4: Schematische Darstellung einer mehrstufigen Abluftreinigungsanlage, Quelle: Fa. Reventa

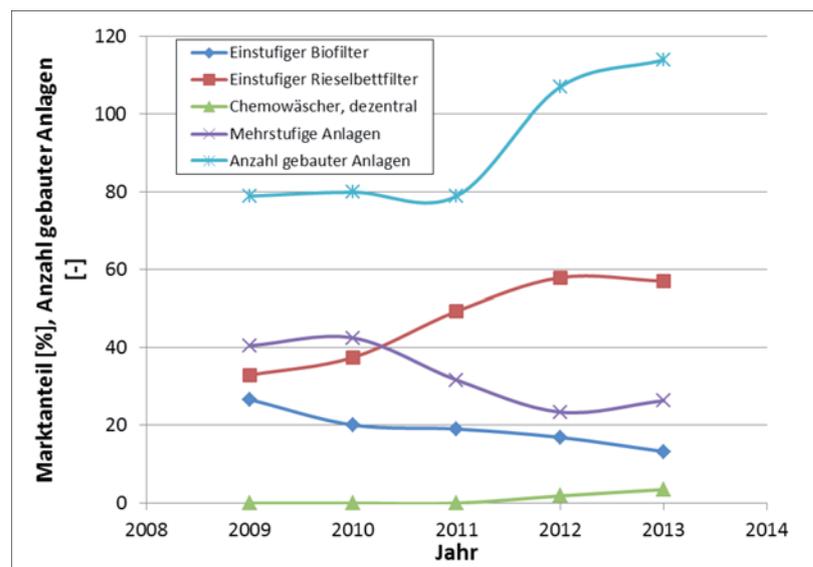


Abbildung 5: Marktanteile, bezogen auf die Anzahl gebauter Anlagen von 2009 - 2013, Quelle: UBA, 2016

4.1 Untersuchungen aus dem Landkreis Vechta

Im Landkreis Vechta (Bundesland Niedersachsen) waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen 240 Abluftreinigungsanlagen an Schweinehaltungen in Betrieb; 75 % entfielen dabei auf Wäschersysteme, 25 % auf Biofilter. In den Jahren 2008, 2009 und 2010 wurden jeweils rd. 20 % der vorhandenen Anlagen behördlich überprüft; das Ergebnis war ernüchternd: 20 % waren funktionslos oder wiesen schwere Mängel auf, 45 % hatten erhebliche Mängel und nur 35 % wurden als gering mangelhaft bzw. gut eingestuft (LAMPING, 2011). Lamping führt diesbezüglich als Hauptursachen mangelnde Wartung und Kontrolle durch den Betriebsführer, mangelnde Einschulung durch den Anlagenhersteller und eine wartungsunfreundliche Installation der Anlage an.

Die häufigsten vorgefundenen Fehler im Detail waren:

- abgesackte Wurzelholzschüttungen
- keine Kalibrierung der Messsonde und daraus resultierend ein Betrieb der Anlage mit falschem pH-Wert
- keine Säure für die Zudosierung vorhanden
- Wände der Abluftwäscher verdreckt sowie verstopfte Spülleitungen und Düsen
- Schüttungen bei Biofiltern nicht ausreichend befeuchtet
- Standzeiten von Bioschüttungen überschritten

4.2 Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in Niedersachsen

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz informiert in seiner Pressemitteilung 49/2015 über eine Umfrage bei den unteren Immissionsschutzbehörden in den Landkreisen, dass von den 364 großen Schweinebetrieben, 286 mit einer eignungsgeprüften Abluftreinigungsanlage ausgestattet sind; dies entspricht einem Anteil von rd. 80 %. Unter diesen 286 Anlagen finden sich 37 Biofilter, 131 Rieselbettreaktoren und 118 mehrstufige Kombinationsanlagen. Eine rein chemische Abluftreinigung steht auf keinem Betrieb in Verwendung.

Im Jahre 2015 wurden durch die LUFA Nord-West 61 dieser Abluftreinigungsanlagen einer Funktionsprüfung bzw. eines Check-ups unterzogen; die Ergebnisse waren auch hier ernüchternd: 26 % hatten die Überprüfungsmessungen nicht bestanden, 53 % hatten mit Nachmessung nicht bestanden und lediglich 21 % erfüllten die Vorgaben an die Reinigungsleistung (BROER, 2015). *Abbildung 6* zeigt die vorgefundenen Ursachen, für eine nicht bestandene Prüfung.

4.3 Untersuchung von Abluftreinigungsanlagen in Bayern

Im Rahmen eines Forschungsprojektes (NESER et al., 2016) wurden 2014 und 2015 an vier Mastschweineeställen in Bayern, Messungen durchgeführt; drei der vier Ställe sind jeweils mit zwei Wäschern ausgestattet. Bei den eingesetzten Technologien handelt es sich um Rieselbettreaktoren bzw. um dreistufige Anlagen von drei unterschiedlichen

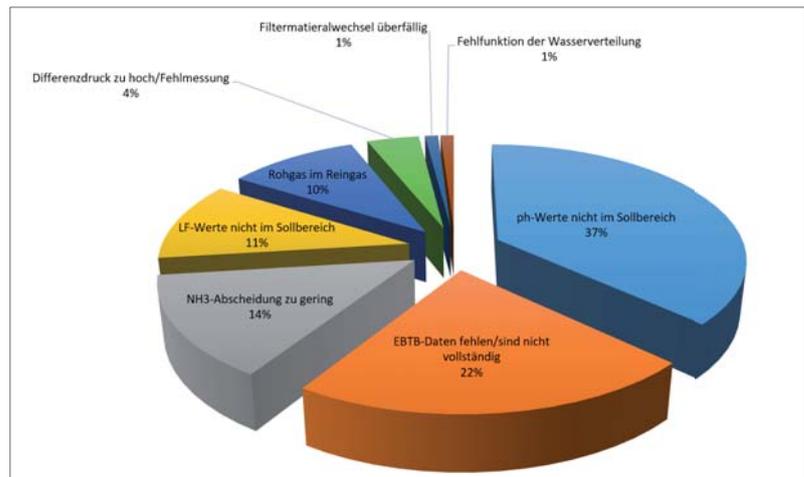


Abbildung 6: Gründe für eine nichtbestandene ARA-Überprüfung, Quelle: BROER, 2015; modif. Vockenhuber

Herstellern. Das Alter der Anlagen lag zum Untersuchungszeitpunkt zwischen drei und sechs Jahren, die eingesetzten Filter sind jeweils für 470 bis 1000 Tierplätze ausgelegt. Die Analysen betrafen die Abscheidung von Geruch und Ammoniak sowie den pH-Wert, die Leitfähigkeit und den Wert des Ammonium-Stickstoffgehaltes im Abschlammwasser sowie zusätzliche, anlagenrelevante Randparameter. Zur Beurteilung, ob die untersuchten Anlagen hinsichtlich ihrer Abreinigungsleistung dem Stand der Technik entsprechen, wurden die Kriterien der DLG (siehe Pkt. 3) herangezogen; nachfolgend wird auf die Messungen der Geruchsstoff- und Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas fokussiert. Durchgeführt wurden jeweils vier Messkampagnen mit Kurzzeitmessungen.

Die Vorgabe einer Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % wurde bei 20 von 27 Messungen nicht erreicht. Besonders auffällig waren die teilweise starken Schwankungen

Tabelle 1: Gesamtübersicht der Reinigungsleistung von Geruch, Quelle: Nesper et al., 2016; modif. Kropsch

Anlage / Betrieb	Baujahr	Herbst 2014		Winter 2014/2015		Frühjahr 2015		Sommer 2015	
		Geruch ⁽⁷⁾	Kein ⁽⁸⁾ Rohgas						
A einst. Rieselbettreaktor ⁽¹⁾	2007	2 von 4	nein	nein	z. T.	nein	nein	nein	nein
B1 Dreistufiger Wäscher ⁽²⁾	2009	2 von 4	nein	nein	z. T.	nein	nein	_(6)	_(6)
B2 Dreistufiger Wäscher ⁽²⁾⁽³⁾	2009	ja	nein	3 von 4	z. T.	nein	nein	1 von 4	nein
C1 einst. Rieselbettreaktor ⁽⁴⁾	2012	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
C2 einst. Rieselbettreaktor ⁽⁴⁾	2012	nein	nein	nein	nein	Ja	nein	nein	nein
D1 einst. Rieselbettreaktor ⁽⁵⁾	2006	nein	nein	Ja	Ja	nein	nein	Ja	nein
D2 einst. Rieselbettreaktor ⁽⁵⁾	2006	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ja	nein

⁽¹⁾ Betrieb mit weniger als der vorgesehenen Filterelemente

⁽²⁾ Die drei Stufen setzen sich aus einer Wasserstufe, einer Chemostufe und einer Wurzelschüttung zusammen

⁽³⁾ Nur zweistufig betrieben, ohne Wasserstufe

⁽⁴⁾ Gemeinsamer Pumpensumpf Anlage/Betrieb C

⁽⁵⁾ Gemeinsamer Pumpensumpf Anlage/Betrieb D

⁽⁶⁾ Wäscher nicht in Betrieb

⁽⁷⁾ $\leq 300 \text{ GE/m}^3$ erfüllt

⁽⁸⁾ kein Rohgasgeruch im Reingas

in den Ergebnissen der einzelnen Untersuchungen. Die DLG-Vorgaben zur Abscheidung von Geruch erlauben eine maximale Konzentration von 300 GE/m³ und enthalten die zusätzliche Forderung, dass in der gereinigten Abluft (Reingas) kein Schweinegeruch (Rohgas) wahrgenommen werden darf. Diese Anforderung „kein Rohgasgeruch im Reingas“ wurde lediglich bei einer Messung an einem Filter vollständig erfüllt, die geforderten 300 GE/m³ wurden insgesamt fünf Mal eingehalten. Eine Zusammenfassung der olfaktometrischen Anlagenüberprüfung zeigt *Tabelle 1*.

Schlussfolgerungen

Hinsichtlich der Verwendung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung stehen wir in Österreich erst am Anfang. Ziel ist es keinesfalls diese Technologie in den nächsten Jahren im Gießkannenprinzip über die heimische Landwirtschaft zu verteilen, jedoch bietet sie in begründeten Einzelfällen die Möglichkeit, eine baurechtliche Genehmigung zu erhalten, im Rahmen eines Nachbarkonfliktes deeskalierend zu wirken oder einen Beitrag zur Entlastung des Feinstaubsanierungsgebietes in der Steiermark zu liefern (ÖTTL, 2013).

Aus dem Umstand, dass hier zu Lande bis dato nur eine Handvoll derartiger Anlagen in Betrieb stehen ergibt sich die große Chance, den aufgezeigten, möglichen „Fehlentwicklungen“ vorab entgegenzuwirken. Wie die deutschen Autoren betonen, fehlt es nicht an technisch geeigneten Anlagen am Markt die die Vorgaben einer Zertifizierung einhalten, vielmehr hakt es an anderen Stellen: Die in Betrieb stehenden Abluftreinigungsanlagen stellen für den Betreiber zumeist (nur) eine Last, in finanzieller und arbeitszeittechnischer Hinsicht, dar und durch den Einsatz kommt es zu keiner Verbesserung der Mastleistung und somit zu keinem Benefit im ökonomischen Sinne. Mangelnde Wartung oder ein Fehlbetrieb der Anlage, die zu teilweise gravierenden Funktionsmängeln in der Praxis führen, sind ev. in Zusammenhang mit einer Kostenersparnis seitens des Betreibers zu erklären. Ein nicht zertifizierungskonformes in Verkehr bringen (z. B. ohne erforderliche, automatische Säure und/oder Laugendosierung) könnte in Zusammenhang mit dem hart umkämpften Markt stehen (BROER, 2015).

Neser et al. führen ins Treffen, dass für einen störungsfreien und ordnungsgemäßen Betrieb einer Abluftreinigungsanlage der Aufwand hinsichtlich der Betreuung um einiges zeitlich höher anzusetzen ist, als dies von den meisten Landwirten vorab erwartet wird. Ein Teil der untersuchten bayrischen Anlagen werden aus diesem Grunde in modifizierter Form betrieben; dies, um dem Betriebsführer zeitlich aufwändige Reinigungsarbeiten zu ersparen. Dass sich dies auf die Reinigungsleistung und die Funktion negativ auswirkt, liegt auf der Hand.

Ist im Einzelfall ein Einsatz einer geprüften Abluftreinigungsanlage erforderlich, so muss für den Landwirt von Beginn an klar sein, dass diese Technologie, neben erheblichen finanziellen Aufwendungen, ein beträchtliches Maß an regelmäßigen Betreuungs- und Wartungsarbeiten mit

sich bringt, die entsprechendes Fachwissen voraussetzt. Nur wenn zukünftigen Betreibern sämtliche relevanten Informationen frühzeitig zur Verfügung stehen und man sich der ganzen Tragweite der Entscheidung für den Einsatz einer Abluftreinigungsanlage bewusst ist, lässt sich sicherstellen, dass die Funktionsicherheit und die erforderliche Reinigungsleistung – auch auf lange Sicht – gegeben sind. Eine Abluftreinigungsanlage, die in der Praxis unter den erwartbaren Leistungen bleibt, ist nicht nur rausgeschmissenes Geld, sondern konterkariert im eigentliche Sinn den Zweck ihrer Anschaffung.

Literatur

- BROER, L. (2015): Erfahrungen beim Bau und Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in Niedersachsen. 12. KTBL-Vortragsveranstaltung „Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft. Ulm, 2. Juni 2015
- DLG (2015): 1-stufiger biologischer Abluftwäscher System RIMU für die Schweinehaltung. Prüfbericht 6284. 16 Seiten
- DLG (2015): Abluftreinigungssysteme in Tierhaltungsanlagen. Prüfrahmen. 8 Seiten
- DLG (2016): Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung. Merkblatt 403. 3. Auflage. 24 Seiten
- HAHNE, J. et al. (2017): Ammoniakabscheidung in neuartigen Biofiltern. *Landtechnik* 72(2) 2017. Seiten 76 – 90
- KROPSCH, M. et al. (2017): Pilotprojekt Versuchsstall: Abluftwäscher für Mastschweineeställe. Tagungsband Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2017. Irdning-Donnersbachtal. Seiten 81-84
- LAMPING, H. (2011): Problematik der behördlichen Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. Workshop Emissionsminderung Tierhaltung – Abluftreinigung. Bonn, 20. und 21. Juli 2011
- LANDKREIS CLOPPENBURG, Hrsg. (2002): Leitfaden der Landkreises Cloppenburg zur Feststellung und Eignung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung zur Anwendung in der Genehmigungspraxis und bei der Überwachung. 15 Seiten
- LFU (2015) Emissionsminderung durch Abgasreinigung in bayerischen Tierhaltungsanlagen. Endbericht Teil 2 zum Forschungsvorhaben P2110. 122 Seiten
- NESER, S. et al. (2016): Untersuchung von Abluftreinigungsanlagen in Bayern. Tagungsband der Schweinefachtagung – Jahrestagung. Ergolding, 28. November 2016. Seiten 53-64
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ, Hrsg. (2015): Filtererlass: Großer Erfolg für den Umweltschutz. Pressemitteilung 49/2015. 1 Seite
- ÖTTL, D. (2013): Factsheet – Ammoniakminderungsmaßnahmen im Sanierungsgebiet Mittelsteiermark. Amt d. Stmk. Landesregierung, A15 – Referat f. Luftreinhaltung. 7 Seiten
- UMWELTBUNDESAMT; Hrsg. (2016) Aktuelle Entwicklung – Kosten-Nutzenanalyse und Vollzugsempfehlungen für den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. Langfassung. UBA-Texte 61/2016. 123 Seiten.