

Ergebnisse aus der Überwachung von einstufigen Biofiltern in der Schweinemast und mögliche verfahrenstechnische Anpassungen zur Minderung von Ammoniakemissionen

Jochen Hahne

In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse aus der Überprüfung von 81 einstufigen und eignungsgeprüften Biofiltern zur Reinigung von Abluft aus Schweinehaltungen im Zeitraum Oktober 2019 bis März 2022 vorgestellt. Bei Filterflächenbelastungen von 42 bis 486 m³ m⁻² h⁻¹, Rohgastemperaturen von 3,9 bis 28,4 °C und Rohgasfeuchten von 57,0 bis 80,0 % wurden reinluftseitig bei keiner Anlage prozesstypische Rohgasgerüche wahrgenommen. Das Alter der Hackschnitzelschicht lag bei 5,4 ± 3,6 Monaten bei den Vorortüberprüfungen. Eine Überschreitung der maximalen Nutzungsdauer des Filtermaterials wurde in keinem Fall festgestellt. Die Homogenität des Filtermaterials war durchweg gegeben und auch die Befeuchtungsanlagen waren weitgehend mangelfrei. Die Druckverluste waren vergleichsweise gering und lagen bei 25,6 ± 20,3 Pa bei Filterschichtdicken von durchschnittlich 24 cm (Hackschnitzel, Korngröße 30–60 mm). Der Frischwasserverbrauch bei 24 Anlagen mit zusammenhängenden Datensätzen von mehr als 365 Tagen lag zwischen 0,24 und 2,11 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Im Mittel betrug er 1,02 ± 0,53 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Anhand von Filtermaterialanalysen über die 12-monatige Nutzungsdauer wurde die N-Abscheidung der untersuchten Filter auf rund 13 % abgeschätzt. Berechnungen zeigen, dass eine N-Abscheidung von rund 40 % durch eine Verdopplung der Filterschichthöhe und eine Reduzierung der Filterflächenbelastung von 440 auf 330 m³ m⁻² h⁻¹ bei bereits N-reduzierter Fütterung möglich ist, wenn das Filtermaterial jährlich gewechselt wird.

Schlüsselwörter

Biofilter, Schweinehaltung, Funktionssicherheit, Wasserverbrauch, Ammoniak, Minderung

Problemstellung und Zielsetzung

Zur Reinigung von Abluft aus einstreulosen Schweinehaltungen sind eignungsgeprüfte Biofilter verfügbar, die inzwischen auch in großer Zahl in der Praxis betrieben werden. Nach den Eignungsprüfungen gewährleisteten diese Filter bei sachgerechter Auslegung und ordnungsgemäßem Betrieb eine weitgehende Geruchsminderung und einen hohen Abscheidegrad für Staub. Es fehlen jedoch Ergebnisse und Kennzahlen zum Anlagenbetrieb, zur Funktionssicherheit und zum Wasserverbrauch dieser Anlagen in der Praxis.

Ein Ziel dieses Beitrages ist die Dokumentation des aktuellen Sachstandes zum Einsatz und Betrieb von einstufigen Biofiltern in der Praxis sowie die Darstellung von Ergebnissen aus der Anlagenüberwachung. Ein weiteres Ziel ist die Abschätzung der Stickstoffabscheidung, die mit diesen Filtern bei regelmäßigem Filtermaterialwechsel und weiteren verfahrenstechnischen Anpassungen erreicht

werden kann. Da viele Tierhalter mit der Umsetzung der Neuen TA Luft eine höhere Ammoniakminderung gewährleisten müssen, ist die Antwort auf die Frage von Bedeutung, inwieweit bestehende Biofilter entsprechend angepasst werden können.

Stand des Wissens

Einstufige Biofilter werden seit vielen Jahren zur Geruchsminderung bei der Reinigung von Abluft aus einstreulosen Schweinehaltungen eingesetzt (Fachberichte LUA 2003, HARTUNG et al. 1997, SCHIRZ 2003, VDI 3477 1991, HAHNE et al. 2002, UMWELTBUNDESAMT 2016). Auf der Grundlage des DLG-Prüfrahmens wurde im Jahr 2006 eine Eignungsprüfung für einen einstufigen Biofilter zur Reinigung von Abluft aus einstreulosen Schweinehaltungen abgeschlossen (DLG 2006). Die Ergebnisse der insgesamt 16 Geruchsmessungen unter Winter- und Sommerbedingungen ergaben bei Filterflächenbelastungen von 115 bis 371 m³ m⁻² h⁻¹ und Geruchsstoffkonzentrationen von 1.025 bis 9.413 GE m⁻³ im Rohgas hohe Reinigungsleistungen. Im Reingas wurden keine prozesstypischen Gerüche wahrgenommen. Im Regelfall wurden im Reingas Geruchsstoffkonzentrationen von weniger als 300 GE m⁻³ gemessen. Die Minderung der Gesamtstaubkonzentration lag bei 12 durchgeführten Messungen zwischen 80 und 100 % bei Staubkonzentrationen von 0,5 bis 1,4 mg m⁻³ im Rohgas. Bei den Messungen wurde ein Frischwasserverbrauch von rund 5,5 Litern je 1.000 m³ Abluft ermittelt. Bezogen auf 250 angeschlossene Mastplätze entspricht das einem Verbrauch von 2,25 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Als Filtermaterial kamen Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 60 bis 70 % zum Einsatz. Vergleichbare Verbrauchsdaten von 5 bis 7 Liter je 1.000 m³ Abluft wurden auch in der KTBL-Schrift 451 „Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen“ empfohlen (KTBL 2006).

Nach Angabe eines Herstellers eignungsgeprüfter Biofilter sind bis 2022 insgesamt 266 Anlagen in Deutschland errichtet worden (Hagola Biofilter GmbH, persönliche Mitteilung, 09.08.2022), was die Bedeutung dieser Filtertechnik für die Tierhaltung unterstreicht. 82 Anlagen wurden allein im Landkreis Cloppenburg errichtet (LANDKREIS CLOPPENBURG 2022). Anders als in der aktuellen Fassung der VDI-Richtlinie 3477 empfohlen (VDI 2016), findet in der Tierhaltung im Regelfall keine Vorbefeuchtung des Rohgases statt. Die Vorkonditionierung über einen Vorbefeuchter oder Abluftwäscher soll im Regelfall eine relative Feuchte von mindestens 95 % im Rohgas sicherstellen. Die Abluft aus Schweineställen weist Temperaturen von 14 bis 28 °C und relative Feuchten von 57 bis 80 % auf. Daher kann es insbesondere in den Sommermonaten zur Austrocknung der rohluftseitig angeströmten Filterschicht kommen. Zu geringe Feuchtegehalte können neben einer stark reduzierten Reinigungsleistung auch zur Freisetzung von Bioaerosolen führen (MÄULE und FISCHER 2004). Die Autoren empfehlen daher eine kontinuierliche Überwachung der Filterfeuchte.

Über den Wasserverbrauch von Biofiltern liegen sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. Hartung et al. (1997) kamen bei ihren Versuchen mit zwei Biofilteranlagen, die mit einem ein Jahr alten Kokosfaser-Fasertorf-Gemisch und einer Schütthöhe von 0,5 m ausgestattet waren und ohne Vorbefeuchtung betrieben wurden, zu Verbrauchsdaten von 0,8 Liter je 1.000 m³ Rohluft bei einer Filtermaterialfeuchte von 20 %. Bei Materialfeuchten von 50 % ergaben sich Verbrauchswerte von 1,1 bis 1,9 Liter je 1.000 m³ Rohluft.

Bei einem weiteren DLG-Test zur Anerkennung von Biofiltern in der Schweinemast mit einer Stickstoffabscheidung wurde ein Frischwasserverbrauch von 1,5 m³ TP⁻¹ a⁻¹ ermittelt (DLG 2016). Auch in diesem Fall kamen Hackschnitzel als Filtermaterial mit einer Schütthöhe von 0,25 m und einem

Wassergehalt von 60 bis 70 % zum Einsatz. Bei einer durchschnittlichen Auslastung von 50 % der Maximalluftfrate würde dies einem Wasserverbrauch von rund 3,9 Litern je 1.000 m³ Abluft entsprechen.

Neben dem Nachweis der Eignung eines Biofilters zur Reinigung von Abluft aus Schweinehaltungen ist zukünftig und insbesondere für genehmigungspflichtige Anlagen ein Nachweis über dessen dauerhafte Funktion zu erbringen. Nach der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) müssen die Anlagen über ein elektronisches Betriebstagebuch verfügen und in Hinblick auf ihre Funktion jährlich von einer anerkannten Prüfstelle überprüft werden (TA LUFT 2021).

Über die Funktionssicherheit von Biofilteranlagen in der Schweinehaltung liegen nur wenige repräsentative Erfahrungen aus der Praxis vor. In den Jahren 2008, 2009 und 2010 wurden im Landkreis Vechta jeweils 20 % der vorhandenen Abluftreinigungsanlagen (damals 240 Anlagen, 75 % Wäscher, 25 % Biofilter) überprüft (LAMPING 2011). Die Überprüfungen wurden jeweils eine Woche vorher angemeldet. Bei 35 % der überprüften Anlagen wurden keine oder nur geringe Mängel festgestellt, während 45 % der Anlagen erhebliche Mängel und 20 % schwere Mängel aufwiesen oder gar funktionslos waren. Als Hauptursachen wurden mangelnde Wartung durch den Betreiber, mangelnde Unterweisung durch den Anlagenhersteller, die fehlende Wartungsfreundlichkeit sowie zu geringe Materialstandzeiten angeführt. Wesentliche Mängel bei Biofiltern waren abgesackte Materialschüttungen, eine unzureichende Befeuchtung und die Überschreitung der Standzeiten für das Biofiltermaterial. Bei 7 Anlagen zur Schweinemast und Ferkelaufzucht wird von einer hohen Geruchsminderung von 91 % bei einer mittleren Geruchsstoffkonzentration von 1.360 GE m⁻³ im Rohgas berichtet (SCHILLING 2022).

Zur Überwachung wurden im Auftrag des Landkreises Cloppenburg Prüfprotokolle entwickelt, anhand derer die Anlagenfunktion inzwischen jährlich überprüft wird. Die Prüfprotokolle für Biofilter ohne Stickstoffabscheidung sind auf der Homepage des Landkreises abrufbar (LANDKREIS CLOPPENBURG 2023). Sie erlauben eine überbetrieblich vergleichbare Anlagenbewertung, auch wenn die Vorortprüfungen von verschiedenen Prüfstellen durchgeführt wurden.

Material und Methoden

Für die Bewertung der Funktionsfähigkeit von einstufigen Biofiltern zur Reinigung von Abluft aus Schweinemastanlagen wurden im Zeitraum von Oktober 2019 bis März 2022 insgesamt 81 Prüfberichte einstufiger Biofilter ausgewertet. Die Überprüfung umfasste Ergebnisse der Vorortmessungen, die von anerkannten Prüfstellen durchgeführt wurden sowie die vertiefende Auswertung der elektronischen Betriebstagebücher (EBTB).

Beschreibung der untersuchten Biofilter

Bei dem DLG-anerkannten Biofilter (DLG 2006) wird die Abluft über ausreichend druckstabile Ventilatoren (1) in die Druckkammer (2) gefördert und über einen perforierten Tragboden (3) gleichmäßig durch die Filterschichten (4–6) gedrückt (Abbildung 1). Diese bestehen aus kreuzweise verlegten Holzschwarten (4), einer Recyclatschicht aus geschreddertem Kunststoff (5) sowie einer Schicht aus Hackschnitzeln (6) mit einer Schichtdicke von 25 cm und einer Körnung von 35 bis 65 mm. Zum maschinellen Wechsel der Hackschnitzelschicht kann diese mit einem Nylonnetz ausgestattet sein. Das Filtermaterial muss jährlich gewechselt werden. Die regelmäßige, intermittierende Befeuchtung erfolgt mit Frischwasser über eine Wasserverteilsystem (7). Ein Freibord (8) soll die Drift von Aerosolen bei der Befeuchtung reduzieren. Die maximale Filterflächenbelastung darf 440 m³ m⁻² h⁻¹ nicht überschreiten. Vertiefende Informationen zum Filteraufbau können dem DLG-Prüfbericht entnom-

men werden (DLG 2006). Der Biofilter ist zur Abscheidung von Staub und zur Beseitigung prozess-typischer Gerüche anerkannt, jedoch nicht zur Ammoniakabscheidung.

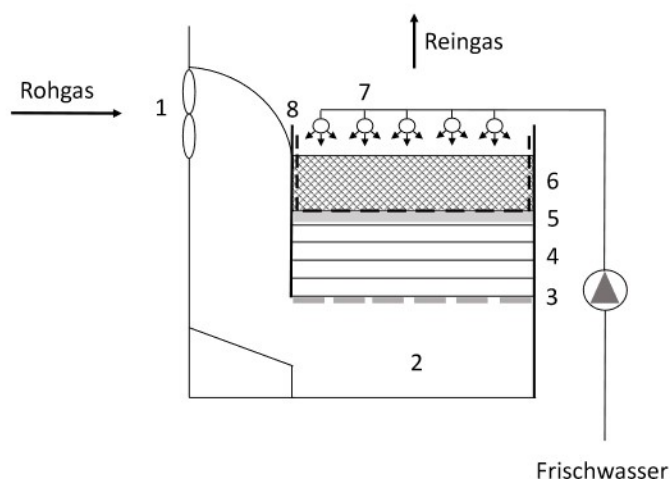


Abbildung 1: Schematische Darstellung des einstufigen Biofilters zur Reinigung von Abluft aus einstreulosen Schweinehaltungen mit wesentlichen Funktionselementen (Ventilator (1); Druckkammer (2); Tragboden (3); Holzschwarten (4); Recyclatschicht (5); Biofiltermaterial (6); Befeuchtungssystem (7) und Freibord (8))

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Biofilter für 132 bis zu 1.344 Mastplätzen mit maximalen Luftraten von 13.358 bis zu 118.272 m³ h⁻¹ geprüft (Tabelle 1). Die durchschnittliche Auslegungsluftrate je Tier lag bei 86,0 m³ h⁻¹ und die mittlere Schütthöhe der Hackschnitzelschicht betrug 24 cm.

Tabelle 1: Wesentliche Kenndaten der untersuchten Biofilter in der Schweinemast (n = 81)

| Parameter | Einheit | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standard-Abweichung | Median |
|-----------------------------------|---|---------|---------|------------|---------------------|--------|
| Genehmigte Mastplätze | n | 132 | 1.344 | 544 | 276,6 | 560 |
| Maximale Luftrate ¹⁾ | m ³ h ⁻¹ | 13.358 | 118.272 | 46.505 | 23.507,8 | 44.000 |
| Filterfläche | m ² | 30,4 | 273,2 | 109,3 | 54,3 | 101,2 |
| Auslegungs-Luftrate/ Tierplatz | m ³ h ⁻¹ TP ⁻¹ | 68,5 | 101,2 | 86,0 | 7,6 | 88,0 |
| Schütthöhe Filtermaterial | m | 0,20 | 0,30 | 0,24 | 0,016 | 0,24 |

¹⁾ Nach Herstellerangabe.

Auswertung der Prüfberichte

Zur Beurteilung der Anlagenfunktion der Biofilter hat das Thünen-Institut für Agrartechnologie Prüfprotokolle entwickelt, die u. a. im Landkreis Cloppenburg zu Anwendung kommen. Der gesamte Prüfungsumfang kann dem Protokoll entnommen werden (LANDKREIS CLOPPENBURG 2023). Die von verschiedenen anerkannten Prüfstellen erstellten Prüfberichte wurden in einer Datenbank zusammengeführt und für die 81 untersuchten Biofilter ausgewertet. Die Daten repräsentieren jeweils Ergebnisse von Einzelmessungen am Tag der Vorortprüfung. Für die Parameter Volumenstrom, Filterflächenbelastung, Temperatur, relative Feuchte und Ammoniak-Konzentration im Rohgas sowie für

den Druckverlust wurden jeweils Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima, Maxima und Mediane berechnet. Abweichungen der Anzeigeräte vor Ort gegenüber den Messergebnissen der Prüfstellen wurden geprüft und bewertet.

Die Schütthöhe des biologisch aktiven Filtermaterials (Hackschnitzel) und die Gleichmäßigkeit der Schüttung werden von den Prüfstellen vor Ort anhand eines vorgegebenen Bewertungssystems überprüft. Die Schütthöhe, die mindestens 20 cm betragen muss, wird an verschiedenen Stellen gemessen und die Gleichmäßigkeit der Schüttung qualitativ bewertet. Zur Beurteilung einer gleichmäßigen Durchströmung wäre zukünftig auch der Einsatz von Wärmebildkameras denkbar. Die Hackschnitzel müssen im Regelfall nach 12 Monaten, spätestens jedoch nach 15 Monaten gewechselt werden. Die Nutzungsdauer wird von den Prüfstellen kontrolliert. Von erheblicher Bedeutung für die Biofilterfunktion ist die gleichmäßige Befeuchtung der gesamten Biofilterfläche. Der Wirkungsgrad (WG) der Biobeet-Befeuchtung (BB) wird im Rahmen der Prüfung mit Gleichung 1 als Prozentwert berechnet:

$$WG_{BB} = ((\text{Alle Düsen} - \text{defekte Düsen}) / \text{Alle Düsen}) \cdot 100 \quad (\text{Gl. 1})$$

mit:

Wirkungsgrad der Biobeet-Befeuchtung (WG_{BB}) in %

Zur Bewertung dient ein vorgegebenes Ampelsystem. Mindestens 90 % der Düsen müssen einwandfrei funktionieren. Die Bewertung der Geruchsminderung erfolgt durch die Prüfstellen nur qualitativ. Sie entnehmen Geruchsproben und bewerten in neutraler Umgebungsluft, ob in der Reingasprobe prozesstypische Gerüche wahrnehmbar sind. Da die Olfaktometrie teuer und zeitaufwendig ist, wurde zur routinemäßigen Überwachung von Abluftreinigungsverfahren diese Vorgehensweise gewählt.

Auswertung der elektronischen Betriebstagebücher (EBTB)

Zur Beurteilung der dauerhaften Anlagenfunktion sind Vorortmessungen allein nicht ausreichend. Daher müssen alle DLG-anerkannten Abluftreinigungsanlagen über ein lückenlos geführtes EBTB verfügen. Bei den Biofiltern müssen neben der Außentemperatur die Rohgastemperatur, der Luftvolumenstrom, der Differenzdruck und der Frischwasserverbrauch in 30-Minuten-Intervallen aufgezeichnet werden. Aufgrund fehlender repräsentativer Messpunkte in der Biofilterreinluft (große Filterflächen, nicht gleichmäßige Durchströmung, Windeinflüsse) werden die Reinlufttemperatur und die Reinluftfeuchte nicht gemessen und dementsprechend auch keine Abspeicherung im EBTB gefordert.

Die Daten müssen den Zeitraum seit der letzten Prüfung umfassen. Da sich insbesondere Volumenströme, Temperaturen und Wasserverbräuche über das Jahr verändern, ist zur Gewinnung repräsentativer Daten die Auswertung vollständiger Jahresgänge erforderlich.

Für die weitere Auswertung wurden von den 81 Prüfberichten 24 elektronische Betriebstagebücher mit zusammenhängenden Datensätzen von mindestens 365 Tagen herangezogen. Für jede Anlage wurden aus den elektronischen Betriebstagebüchern die Minima, Maxima und Mittelwerte für die Parameter Rohgastemperatur, Differenzdruck und Volumenstrom berechnet. Aus den mittleren Volumenströmen wurde dann die mittlere Anlagenauslastung (mAA) mit Gleichung 2 berechnet:

$$mAA = (\text{Mittlerer Volumenstrom} / \text{Maximaler Luftvolumenstrom}) \cdot 100 \quad (\text{Gl. 2})$$

mit:

Anlagenauslastung (mAA) in %

Mittlerer Volumenstrom in m³/h

Maximaler Luftvolumenstrom in m³/h

Der maximale Luftvolumenstrom wurde jeweils der Herstellerbeschreibung entnommen. Da die ausreichende Befeuchtung des Biofilters für seine Funktion von entscheidender Bedeutung ist, wurde exemplarisch der Frischwasserverbrauch von 13 der 24 Biofilter im Verhältnis zum geförderten Luftvolumenstrom je Kalendertag aus den 30-Minutenwerten berechnet. Aus der am jeweiligen Kalendertag dosierten Frischwassermenge und dem geförderten Volumenstrom konnte dann der durchschnittliche Wasserverbrauch je Kubikmeter geförderter Luft für jeden Kalendertag bestimmt werden. Die verfügbaren Daten je Kalendertag der einzelnen Anlagen wurden dann zu Tagesmittel- und Monatsmittelwerten zusammengefasst.

Aus den 30-Minutenwerten des elektronischen Betriebstagebuches wurden nach Zuordnung zu den Kalendertagen auch die Außen- und Rohgastemperaturen zu Tagesmittel- und Monatsmittelwerten zusammengefasst.

Für die kalkulatorischen Berechnungen des erforderlichen Frischwasserverbrauches zum ordnungsgemäßen Biofilterbetrieb wurde ein Online-Rechner zur Bestimmung des Wasserdampfgehaltes (BAURATGEBER 2022) verwendet. Die zur Berechnung erforderlichen Reingastemperaturen und Reingasfeuchten wurden aus den Datensätzen entnommen, die im Rahmen einer weiteren DLG-Prüfung (DLG 2016) an einem Biofilter erhoben wurden. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, weil die entsprechenden Werte über den gesamten Prüfzeitraum unter repräsentativen und ordnungsgemäßen Betriebsbedingungen durchgehend erhoben wurden.

Ergebnisse

Die Vorortprüfungen durch die Prüfstellen wurden über das Jahr verteilt durchgeführt, was zu sehr unterschiedlichen Filterflächenbelastungen bei den Prüfungen geführt hat (Tabelle 2). Im Mittel lag die Filterflächenbelastung bei 242 m³ m⁻² h⁻¹, was einer durchschnittlichen Auslastung von 55 %, bezogen auf die maximale Auslastung (440 m³ m⁻² h⁻¹) entspricht. Die Rohgastemperaturen zeigten mit 13,9 bis zu 28,4 °C eine relevante Schwankungsbreite und lagen im Mittel bei 22,5 °C. Rohgastemperaturen von maximal 18 °C, 18,1 bis 20 °C, 20,1 bis 25 °C bzw. mehr als 25 °C wurden bei 6, 11, 44 bzw. 20 Anlagen gemessen. Die Temperaturerfassung der Vorort-Messgeräte zeigte im Mittel mit 0,9 °C eine nur geringe Abweichung von den Daten, die die Prüfstellen ermittelten. Nur in Einzelfällen wurden mit maximal 6,2 °C erhebliche Abweichungen festgestellt. Bei der relativen Feuchte wurden im Rohgas Werte von 57 bis 80 % gemessen. Im Mittel lag sie bei 70,6 %. Die Ammoniakkonzentrationen im Rohgas waren unproblematisch. Die Grenzwerte der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung von maximal 20 ppm Ammoniak wurden in keinem Fall erreicht oder überschritten. Im Mittel lag die mit Prüfröhrchen gemessene NH₃-Konzentration im Rohgas bei 11,9 ppm. Der Druckverlust über die Filterschüttung lag im Mittel bei vergleichsweise niedrigen 25,6 Pascal (Pa) und damit auf dem Niveau der Wintermessungen der DLG-Prüfung. Nur bei zwei Anlagen wurden Druckverluste von mehr als 80 Pa gemessen. Im Mittel zeigten die Vorort-Messgeräte mit 4,7 Pa eine

vertretbare Abweichung gegenüber den Messungen durch die Prüfstelle. Die maximale Abweichung betrug 15 Pa. Die qualitative Geruchsbewertung durch die Prüfstellen ergab für alle 81 Prüfungen, dass im Reingas keine rohgastypischen Gerüche wahrnehmbar waren.

Tabelle 2: Wesentliche Ergebnisse der Vorortprüfung durch die Prüfstellen (n = 81)

| Parameter | Einheit | Minimum | Maximum | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|---------------------------------|--|---|---------|------------|--------------------|--------|
| Volumenstrom | m ³ h ⁻¹ | 3.802 | 82.426 | 26.463 | 18.089 | 22.939 |
| Filterflächenbelastung | m ³ m ⁻² h ⁻¹ | 42 | 486 | 242 | 95,2 | 259 |
| Temperatur, Rohgas | °C | 13,9 | 28,4 | 22,5 | 3,1 | 22,3 |
| Relative Feuchte, Rohgas | % | 57,0 | 80,0 | 70,6 | 3,8 | 71,0 |
| Ammoniak, Rohgas | ppm | 5,0 | 19,0 | 11,9 | 3,9 | 12,0 |
| Druckverlust | Pa | 2,0 | 112,0 | 25,6 | 20,3 | 19,0 |
| Bewertung durch die Prüfstellen | | | | | | |
| Rohgasgeruch im Reingas | - | Bei 81 Prüfungen kein Rohgasgeruch im Reingas | | | | |

Die Prüfung auf Homogenität des Filtermaterials bei den 81 geprüften Berichten ergab in keinem Fall Beanstandungen. Alle Filterschüttungen wurden von den Prüfstellen als homogen bewertet. Etwas schlechter fiel das Ergebnis zur Düsenfunktion bei der-Biobeet-Befeuchtung aus. Die Werte lagen zwischen 85 und 100 %. Im Mittel war die ordnungsgemäße Düsenfunktion aber mit 98,4 % auf einem guten Niveau. Nur bei zwei Anlagen waren die Werte mit je 85 % mangelhaft.

Die Nutzungsdauer der Hackschnitzel bei den untersuchten Biofiltern lag zwischen 0,5 und 15 Monaten. Im Mittel der verfügbaren Daten (n = 78) lag sie bei 5,4 ± 3,6 Monaten.

Aufgrund jahreszeitlicher Schwankungen der Betriebsbedingungen wurden zur Bestimmung repräsentativer Jahresdaten 24 elektronische Betriebstagebücher ausgewertet, bei denen ein fortlaufender Datensatz von mindestens 365 Tagen verfügbar war. Da insbesondere der Frischwasserverbrauch jahreszeitlichen Veränderungen unterliegt, wurden elektronische Betriebstagebücher, die einen kürzeren zusammenhängenden Zeitraum widerspiegeln, bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Die Gründe für kürzere Messzeiträume sind u. a. in der zeitlichen Abstimmung von Messterminen mit den Prüfstellen, in Hard- und Software-Anpassungen sowie in zwischenzeitlichen Leerstandszeiten zu sehen.

Die Auswertung der elektronischen Betriebstagebücher ergab, dass diese durchweg vollständig vorlagen und die Aufzeichnung der geforderten Parameter lückenlos erfolgte. Die mittlere Anlagenauslastung der 24 Anlagen lag zwischen 28,7 und 80,7 %, bezogen auf die maximale Lufrate nach Herstellerangabe. Im Mittel aller Anlagen lag sie bei 51,1 % (Tabelle 3). Die mittlere Rohgastemperatur bei den 24 Anlagen schwankte zwischen 16,7 und 24,9 °C. Im Mittel aller Anlagen lag sie bei 21,5 °C. Die mittleren Druckverluste bei den Anlagen schwankten zwischen 5,3 und 61,4 Pascal (Pa). Im Mittel aller Anlagen lag dieser bei 23,2 Pa. Eine ähnliche Schwankungsbreite zeigte auch der Frischwasserverbrauch mit Werten von 0,24 bis 2,11 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Im Mittel aller Anlagen lag er bei 1,02 m³ TP⁻¹ a⁻¹ bei einer Standardabweichung von 0,53 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Der Frischwasserverbrauch wurde auf der Grundlage des mittleren Tierbestandes im Bewertungszeitraum berechnet. Dieser wurde anhand der Aufzeichnungen in den handschriftlichen Betriebstagebüchern bestimmt.

Tabelle 3: Wesentliche Ergebnisse aus der Auswertung elektronischer Betriebstagebücher von Biofiltern mit zusammenhängenden Daten von mindestens 365 Tagen (n = 24)

| Parameter | Einheit | Minimum | Maximum | Mittelwert | SA | Median |
|-----------------------------|---|---------|---------|------------|------|--------|
| Mittlere Anlagenauslastung | % | 28,7 | 80,8 | 51,1 | 13,4 | 47,3 |
| Mittlere Temperatur, Rohgas | °C | 16,7 | 24,9 | 21,5 | 1,9 | 21,8 |
| Mittlerer Druckverlust | Pa | 5,3 | 61,4 | 23,2 | 13,9 | 18,3 |
| Frischwasserverbrauch | m ³ TP ⁻¹ a ⁻¹ | 0,24 | 2,11 | 1,02 | 0,53 | 0,99 |

SA: Standardabweichung

Bei 13 Biofilteranlagen wurde der Frischwasserverbrauch exemplarisch aus den Aufzeichnungen im EBTB für die vollständig vorliegenden Kalendermonate berechnet. Unter Verwendung des ebenfalls aufgezeichneten Volumenstromes und der Umrechnung des monatlich durchgesetzten Volumenstromes konnte der spezifische Wasserverbrauch je m³ Luft für die einzelnen Monate berechnet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass der Frischwasserverbrauch einen ausgeprägten Jahresgang aufweist (Abbildung 2). Während der Frischwasserverbrauch in den Monaten November bis Februar zwischen 0,9 und 1,6 g m⁻³ und in den Übergangsmonaten (März, April, September und Oktober) zwischen 2,1 und 2,9 g m⁻³ Rohgas schwankte, betrug er in den Monaten Mai bis August 2,8–3,2 g m⁻³ Rohluft. Im Jahresdurchschnitt betrug der Frischwasserverbrauch 2,39 g m⁻³ Rohluft (2020) bzw. 2,24 g m⁻³ (2021), im Mittel beider Jahre lag er bei 2,3 g m⁻³ Rohluft.

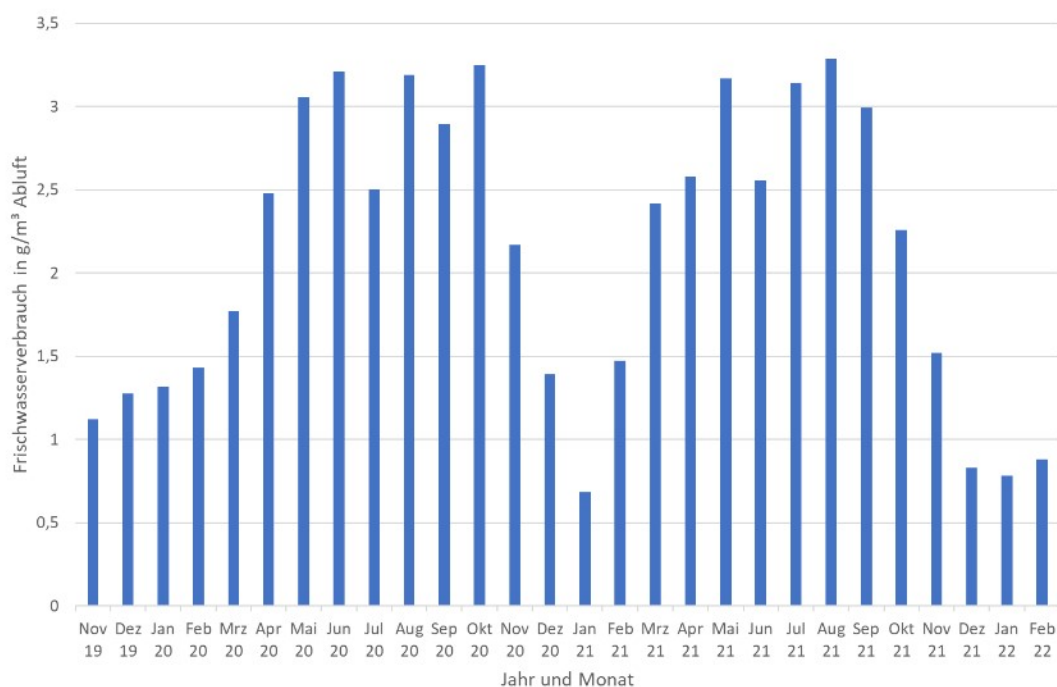


Abbildung 2: Durchschnittlicher Frischwasserverbrauch je m³ Rohluft im Jahresverlauf bei Biofiltern (n = 13)

Die in den Monaten November 2019 bis Februar 2022 errechneten durchschnittlichen Außen- und Rohgastemperaturen zeigt Abbildung 3. In den Monaten November bis Februar lagen die durchschnittlichen Außentemperaturen zwischen 1,3 und 5,9 °C. In den Monaten März, April und Mai stiegen sie auf Werte von 5,8 bis 13,5 °C, wobei sich die Werte in den verschiedenen Jahren teilweise erheblich unterschieden (siehe April 2020 und 2022). Außentemperaturen von durchschnittlich 16,8–20,7 °C wurden in den Monaten Juni bis August gemessen. Die höchsten Monatsmittelwerte für die Außentemperatur wurden 2020 im August mit 20,7 °C und 2021 im Juni mit 19,9 °C ermittelt. In den Übergangsmonaten September und Oktober fielen die Außentemperaturen auf Werte von 10,3 bis 15,4 °C.

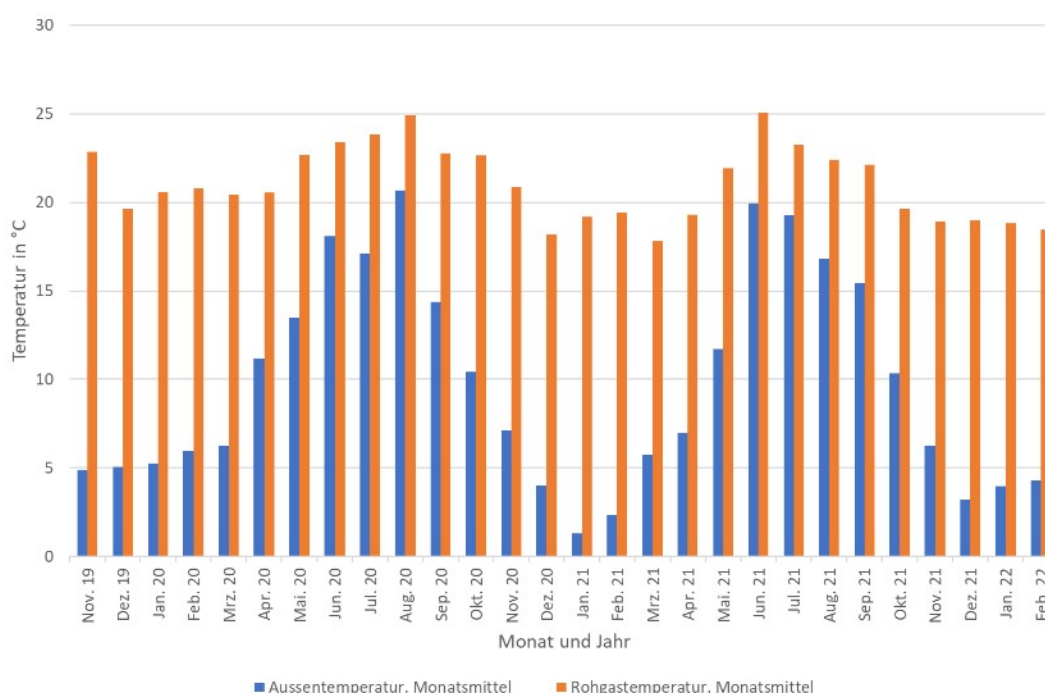


Abbildung 3: Verlauf der durchschnittlichen Monatsmittel-Temperaturen im Biofilter-Rohgas und in der Außenluft (n = 13)

Während die Außentemperaturen einen ausgeprägten Jahresgang aufwiesen, zeigten die Rohgastemperaturen deutlich geringere Schwankungen. Die geringsten durchschnittlichen Temperaturen wurden mit 17,8 °C im März 2021 gemessen, die höchsten mit 25,4 °C im Juni 2021. Erhöhte Rohgastemperaturen von mehr als 22 °C im Monatsmittel wurden überwiegend im Zeitraum Mai bis September erfasst, in Einzelfällen noch im Oktober und November.

Zur Bewertung des Frischwasserverbrauches wurden die verfügbaren Daten aus dem Zeitraum November 2019 bis Februar 2022 zu jeweiligen Monatsmittelwerten zusammengefasst. Die Abbildung 4 zeigt den mittleren gemessenen Frischwasserverbrauch von 13 Biofiltern (schwarze Kästchen) sowie den kalkulatorischen Frischwasserbedarf für relative Reingasfeuchten von 90, 95 und 100 %.

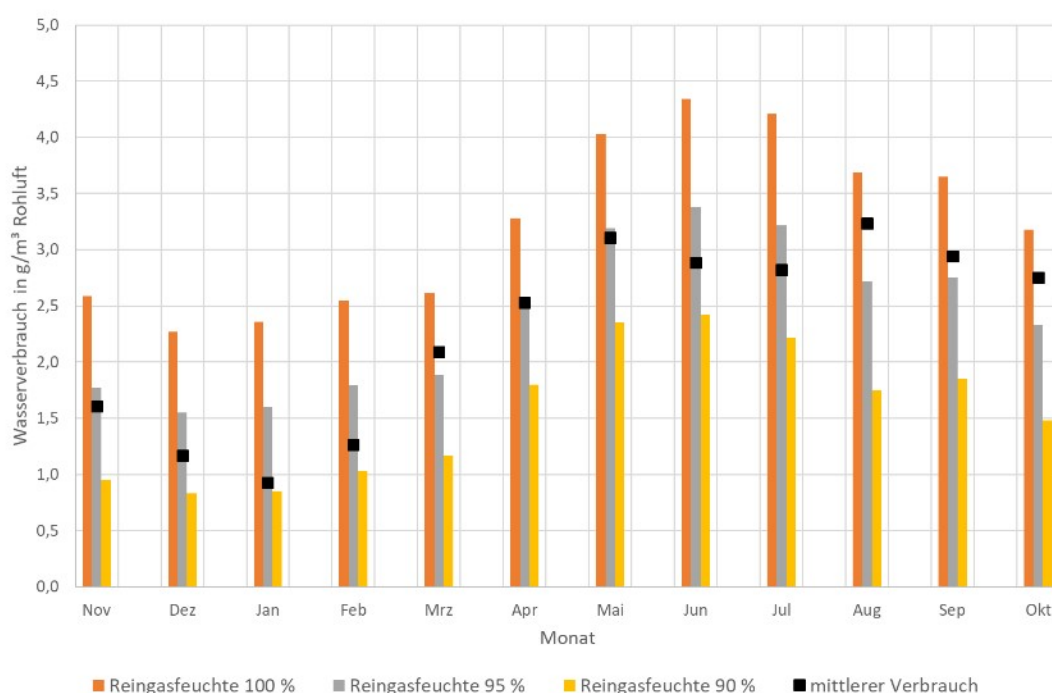


Abbildung 4: Mittlerer monatlicher Frischwasserverbrauch von Biofiltern (n= 13) im Vergleich zu kalkulierten Verbrauchsdaten bei Reingluftfeuchten von 90, 95 und 100 %

Die Ergebnisse zeigen, dass der mittlere gemessene Frischwasserverbrauch gut zu den jahreszeitlichen Bedingungen passt. Mit dem gemessenen Frischwasserverbrauch wurde in allen Monaten eine kalkulatorische Befeuchtung des Reingases auf mehr als 90 % sichergestellt. Für die Monate März und August bis Oktober läge die kalkulierte Reingluftfeuchte sogar bei mehr als 95 %. Eine 100%ige mittlere Befeuchtung wurde jedoch in keinem Monat erreicht. Im zweijährigen Mittel lag der Frischwasserverbrauch bei $2,3 \text{ g m}^{-3}$ Rohluft.

Für die Betreiber von Biofilteranlagen ist die Kalkulation des erforderlichen Wasserverbrauches in den einzelnen Monaten und im Jahr wichtig (Tabelle 4). Für 13 Biofilteranlagen wurde der mittlere monatliche Frischwasserverbrauch anhand verfügbarer Aufzeichnungen der Rohlufttemperaturen und Volumenströme sowie Feuchtemessungen im Rahmen der Vorortüberprüfungen berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Wasserverbrauch bei der Biofiltration je Mastschwein und Monat bei mittleren Volumenströmen von $29 \text{ bis } 41 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ TP}^{-1}$ zwischen 43 und 98 Liter schwanken kann. Hohe Verbräuche ergaben sich in den Monaten Mai bis Juli mit 82–98 Litern, während geringe Verbräuche mit 43–48 Litern für die Monate Dezember bis März errechnet wurden. Auf der Grundlage der Berechnungen muss der durchschnittliche Frischwasserverbrauch zur Befeuchtung des Biofilters auf 95 % Reingasfeuchte rund $0,77 \text{ m}^3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ betragen.

Tabelle 4: Monatsmittelwerte von Rohgastemperatur, relativer Feuchte, Anlagenauslastung und Volumenstrom sowie berechneter Frischwasserverbrauch für die Sicherstellung einer relativen Feuchte von 95 % im Reingas bei Biofiltern mit zusammenhängenden Daten von mindestens 365 Tagen (n = 13)

| Monat | Temp. Rohgas °C | Relative Feuchte, Rohgas % | Auslastung der Anlage % | Volumenstrom m ³ h ⁻¹ TP ⁻¹ | Wasserverbrauch, Rohluft ¹⁾ g/m ³ | Wasserverbrauch, Rohluft ¹⁾ L TP ⁻¹ Monat ⁻¹ |
|--|--------------------|-------------------------------|----------------------------|---|--|--|
| November | 20,9 | 72,7 | 45,4 | 40,0 | 1,77 | 51,0 |
| Dezember | 18,9 | 72,6 | 42,5 | 37,4 | 1,55 | 43,1 |
| Januar | 19,5 | 72,7 | 42,4 | 37,3 | 1,6 | 44,5 |
| Februar | 19,6 | 71,7 | 44,9 | 39,5 | 1,79 | 47,5 |
| März | 18,9 | 70,6 | 34,7 | 30,5 | 1,89 | 42,9 |
| April | 19,2 | 67,0 | 33,4 | 29,4 | 2,54 | 53,8 |
| Mai | 21,3 | 65,6 | 39,4 | 34,7 | 3,19 | 82,3 |
| Juni | 23,5 | 67,0 | 45,6 | 40,1 | 3,38 | 97,7 |
| Juli | 24,0 | 68,7 | 46,3 | 40,7 | 3,22 | 97,5 |
| August | 23,5 | 70,5 | 41,9 | 36,8 | 2,72 | 74,5 |
| September | 22,4 | 69,4 | 40,5 | 35,6 | 2,75 | 70,6 |
| Oktober | 21,5 | 70,2 | 44,5 | 39,1 | 2,33 | 67,8 |
| Mittelwert, Jahr | 21,1 | 69,9 | 41,8 | 36,8 | 2,4 | 64,4 |
| Summe, Jahr L TP ⁻¹ a ⁻¹ | | | | | | 773,1 |

¹⁾ Für 95 % Reingas-Feuchte.

Abschätzung der möglichen Ammoniakabscheidung einstufiger Biofilter mit regelmäßigem Filtermaterialwechsel

Biofilter der nach Abbildung 1 beschriebenen Bauart sind nicht zur Ammoniakabscheidung anerkannt. Für eine Anerkennung nach den DLG-Bewertungskriterien wäre hierfür eine Mindestabscheidung von 70 % für Ammoniak und Stickstoff erforderlich (DLG 2022). Eine derartige Ammoniakminderung ist mit diesen Filtern angesichts der hohen Ammoniakfrachten in der Schweinehaltung dauerhaft nicht möglich.

Dennoch können diese Filter bei durchgehend ausreichender Feuchte im Filtermaterial und einem regelmäßigen Filtermaterialwechsel Ammoniak und Stickstoff in gewissem Umfang abscheiden. Ohne einen regelmäßigen Wechsel des Biofiltermaterials ist jedoch keine Ammoniak- und Stickstoffabscheidung gegeben. Bereits in einer früheren Publikation wurde auf die Stickstoffanreicherung im Biofiltermaterial hingewiesen (HAHNE und PFEIFER 2017). Die Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Zunahme des Stickstoffgehaltes der Hackschnitzel über die Nutzungsdauer bei ordnungsgemäßer Befeuchtung.

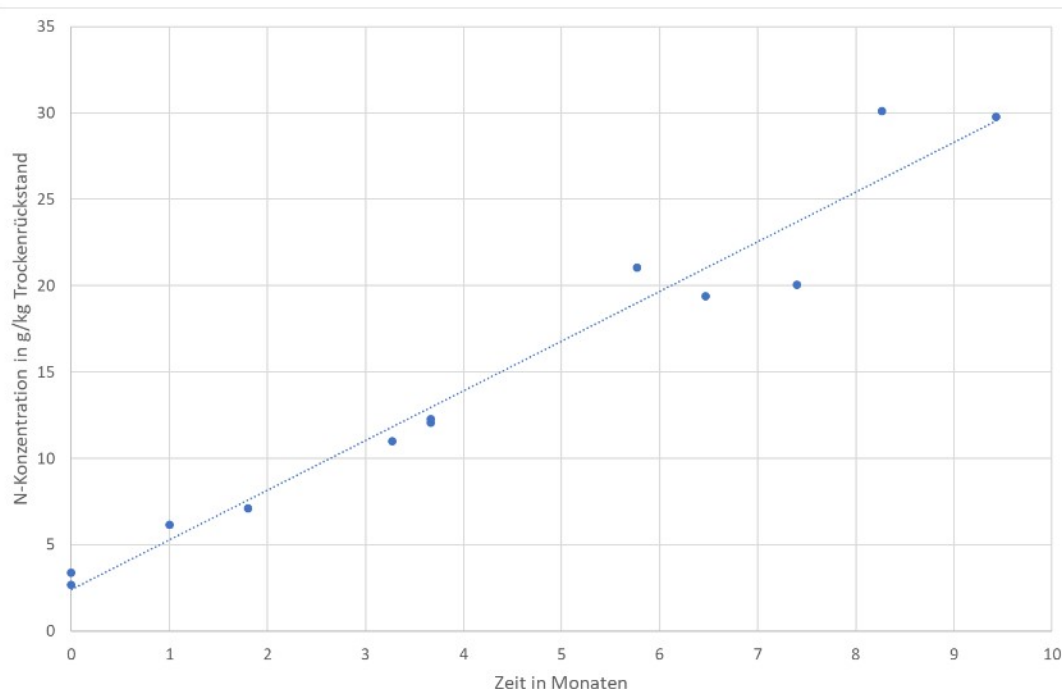


Abbildung 5: Beispiel für die zeitliche Zunahme des Stickstoffgehaltes in der Hackschnitzelschicht von einstufigen Biofiltern in der Schweinehaltung bei ordnungsgemäßem Anlagenbetrieb

Mit der Neufassung der TA Luft müssen genehmigungsbedürftige Anlagen (V-Anlagen) spätestens ab 2029 neben einer N-Reduzierung über die Fütterung in Höhe von 20 % mindestens noch weitere 40 % ihrer Ammoniakemissionen reduzieren (TA Luft 2021). Dies bedeutet, dass der bisherige Emissionsfaktor von $3,64 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf $2,91 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ über die Fütterung dann noch auf $1,74 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ über geeignete Maßnahmen reduziert werden muss. Es stellt sich nun die Frage, ob und wie die einstufigen Biofilter mit einer entsprechend effizienteren Fütterung diese Minderungsziele erreichen können.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden mehrere Szenarien auf der Grundlage eigener Messungen und unter folgenden Annahmen berechnet:

- Die N-Konzentration in frischen Hackschnitzeln beträgt $3,21 \text{ g kg}^{-1}$ Trockenrückstand (TR)
- Die Masse der Hackschnitzel je Schüttraummeter (srm) beträgt 250 kg
- Das Filtermodul hat eine Fläche von $5,06 \text{ m}^2$ und eine Hackschnitzel-Schütthöhe von 0,25 m bei einer maximalen Filterflächenbelastung von $440 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Ausgangssituation)
- Das Filtermodul ist bei einer Auslegungsrate von $88 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ TP}^{-1}$ für 25,3 Mastschweine ausgelegt (Ausgangssituation)
- Der Trockenrückstand (TR) der Hackschnitzelmasse je Modul beträgt 284,6 kg und bleibt im Anlagenbetrieb unverändert
- Die Zunahme der N-Konzentration im Biofiltermaterial beträgt bei ordnungsgemäßer Befeuchtung $0,096 \text{ g kg TR}^{-1} \text{ d}^{-1}$

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Ist-Situation entspricht einem Emissionsfaktor von $3,64 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $3,0 \text{ kg N TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und einer maximalen Filterflächenbelastung von $440 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Im Szenario 1 wird nun eine N-Minderung über 20 % durch die Fütterung zugrunde gelegt. Im Szenario 2 wird zusätzlich die Filterhöhe von 0,25 m auf 0,5 m erhöht. Im Szenario 3 wird neben der Erhöhung der Filterhöhe zusätzlich noch die Filterflächenbelastung von 440 auf $330 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ reduziert.

Tabelle 5: Erreichbare N-Minderung bei eignungsgeprüften, einstufigen Biofiltern bei einer N-reduzierten Fütterung und verschiedenen, verfahrenstechnischen Anpassungen und jährlichem Filtermaterialwechsel

| Parameter | Ist-Situation | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 |
|--|---------------|------------|------------|------------|
| N-Emission $\text{kg TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | 3,0 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| N-Eintrag $\text{kg N Modul}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | 75,84 | 60,72 | 60,72 | 45,60 |
| N-Akkumulation $\text{kg N Modul}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | 9,80 | 9,80 | 19,60 | 19,60 |
| N-Abscheidegrad Biofilter bei jährlichem Filtermaterialwechsel % | 12,9 | 16,1 | 32,3 | 43,0 |

Szenario 1: 20 % N-Minderung über Fütterung

Szenario 2: N-Minderung über Fütterung und Verdopplung der Filterschichthöhe auf 0,5 m

Szenario 3: N-Minderung über Fütterung, Verdopplung der Filterschichthöhe und Reduzierung der Filterflächenbelastung von 440 auf $330 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$

Die Szenarien zeigen, dass die Reduzierung des N-Eintrages über die Fütterung bei gleichbleibender N-Akkumulation im Biofilter eine geringfügige Verbesserung des Abscheidegrades im Biofilter von 12,9 auf 16,1 % bewirken würde. Eine Verdopplung der Filterschichthöhe würde bei Verdopplung der N-Akkumulation einen Abscheidegrad von 32,3 % ermöglichen, der aber immer noch nicht ganz ausreichend wäre. Erst durch die Kombination der Maßnahmen Minderung des N-Eintrages über die Fütterung, Verdopplung der Filterschichthöhe und Reduzierung der maximalen Filterflächenbelastung von 440 auf $330 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ würde mit 43 % eine ausreichende N-Minderung sichergestellt werden.

Diskussion

Einstufige Biofilter werden nach den vorliegenden Auswertungen überwiegend für kleine und mittelgroße Schweinehaltungen errichtet. Einer der Gründe hierfür dürfte in dem hohen Platzbedarf für Biofilter zu sehen sein. Bei Anlagen für 1.500 Mastschweine wäre eine Filterfläche von 300 m^2 erforderlich. Weitere Aspekte dürften insbesondere die für kleinere Anlagen geringeren Investitions- und Betriebskosten im Vergleich zu Abluftwäschern oder mehrstufigen Verfahren sein (DLG 2018).

Die Vorortprüfungen durch anerkannte Messstellen bestätigen bei Filterflächenbelastungen von 42 bis $486 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ eine sichere Beseitigung prozesstypischer Rohgasgerüche. Mit diesem Ergebnis werden auch die Bewertungen des DLG-Prüfberichtes bestätigt (DLG 2006). Die relative Feuchte im Rohgas schwankte zwischen 57 und 80 % und die Temperaturen lagen zwischen 14 und $28 \text{ }^\circ\text{C}$ und passen somit gut zu früheren Untersuchungen (VDI 2016).

Bei Auswertung der elektronischen Betriebstagebücher mit zusammenhängenden Datensätzen von mindestens 365 d wurde eine mittlere Anlagenauslastung über das Jahr von 41,8 % der maximalen Auslegungsluft rate des Herstellers errechnet. Dieser Wert ist geringer als übliche Kennwerte, die von 50 % der Auslegungsluft rate ausgingen. Ursache hierfür dürfte die inzwischen etwas reduzierte Tierzahl in den Ställen in Hinblick auf verbesserte Vermarktungschancen sein (Haltungsform 2 – StallhaltungPlus 2022). Dementsprechend waren die mittleren Druckverluste mit rund 26 Pa vergleichsweise gering.

Eine vertiefende Auswertung des Wasserverbrauches dieses Biofiltertyps ergab je nach Kalendermonat Werte von 0,9 bis 3,2 g m⁻³ Rohluft, wobei der durchschnittliche 2-Jahresmittelwert bei 2,3 g m⁻³ Rohluft lag. Dieser Wert liegt deutlich unter früheren Empfehlungen (KTBL 2006) und den Verbrauchsdaten des ersten DLG-Prüfberichtes (DLG 2006) und auch noch unterhalb der Werte vom zweiten DLG-Bericht (DLG 2016) in Höhe von umgerechnet 3,9 g m⁻³. Der Mittelwert von 2,3 g m⁻³ Rohluft bei den aktuellen Auswertungen resultiert in nicht unerheblichem Maße von den vergleichsweise geringen Wasserverbrauchsraten von weniger als 1,5 g m⁻³ in den Monaten Dezember bis Februar (Abbildung 4). Es ist anzunehmen, dass sich die früheren Verbrauchsermittlungen sich auf kürzere Bewertungszeiträume bezogen haben und während den DLG-Prüfungen eine möglichst optimale Befeuchtung der Biofilter sichergestellt wurde. Die festgestellten Wasserverbräuche reichen rechnerisch für die Sicherstellung einer Reinluftfeuchte von 90 %, in vielen Fällen auch von 95 % aus. Eine vollständige Befeuchtung mit 100 % Sättigung wurde jedoch nie erreicht. Die empfohlene Rohluftfeuchte von 95 % (VDI 2016) wurde also weder im Roh- noch im Reingas dauerhaft gewährleistet. Dieses Ergebnis ist auch nachvollziehbar, weil die Biofilter über keine Sumpftasse zum Auffangen und zur Verwertung von überschüssigem Wasser verfügen. Eine Übersättigung des Filtermaterials kann außerdem zur Verdichtung des Filtermaterials und zur Erhöhung des Druckverlustes führen (VDI 2016) und sollte daher auch vermieden werden. Ferner kann die reinigungsaktive Oberfläche des Filtermaterials bei Übersättigung mit Wasser abnehmen und damit die Reinigungsleistung nachteilig beeinflussen (VDI 2016).

Der Frischwasserverbrauch bei den 13 intensiv untersuchten Biofiltern für die Schweinemast ergab einen mittleren Jahresverbrauch von rund 0,77 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Dieser Wert ist durchaus realistisch, wenn man vergleichend die Wasserverbräuche von einstufigen Biotrickling-Filtern betrachtet (Hahne 2022). Bei diesen Anlagen lag der Frischwasserverbrauch bei 1,2–1,5 m³ TP⁻¹ a⁻¹. Angesichts der erforderlichen und nachgewiesenen Abschlammung von 0,45 bis 0,57 m³ TP⁻¹ a⁻¹ würde sich bei Biotrickling-Filtern ein Wasserbedarf für die Verdunstung in Höhe von 0,63 bis 0,95 m³ TP⁻¹ a⁻¹ ergeben.

Biofilter der beschriebenen Bauart sind nicht für die Ammoniakabscheidung anerkannt. Die Gründe hierfür sind neben stark schwankenden Abscheidegraden für Ammoniak vor allem relevante Sekundärgasbildungen (NO_x, N₂O) im Anlagenbetrieb (HAHNE und PFEIFER 2017). Aufgrund des jährlichen Materialwechsels bei den hier beschriebenen Biofiltern ist jedoch eine gewisse N-Abscheidung gegeben. Nach eigenen Kalkulationen auf der Grundlage gemessener Stickstoffanreicherungen im Biofiltermaterial dürfte die Stickstoffabscheidung bei rund 13 % liegen, wenn das Filtermaterial durchgehend und ausreichend befeuchtet und jährlich gewechselt wird. Für Tierhaltungsanlagen im Geltungsbereich der Neuen TA Luft ist neben der Minderung der N-Emissionen über eine optimierte Fütterung (20 % Minderung) zusätzlich noch eine weitere NH₃-Minderung von mindestens 40 % zu erbringen (V-Anlagen). Die bisherige kalkulierte N-Minderung von 13 % bei ordnungsgemäß betriebenen Biofiltern reicht daher bei weitem nicht aus.

Vor diesem Hintergrund wurden die Effekte einer Verdopplung der Filterschichthöhe in Kombination mit einer verringerten maximalen Filterflächenbelastung bei N-reduzierter Fütterung kalkuliert. Danach wäre eine N-Minderung von 43 % bei der Verdopplung der Filterschichthöhe in Kombination mit einer Reduzierung der Filterflächenbelastung von 440 auf 330 m³ m⁻² h⁻¹ gegeben, wenn das Filtermaterial ordnungsgemäß befeuchtet und jährlich gewechselt wird. Durch die Verdopplung der Schichtdicke wird der Druckverlust ansteigen und nur teilweise durch die Verringerung der maximalen Filterflächenbelastung kompensiert werden. Die Umsetzung dieser Maßnahmen würde daher hinreichend druckstabile und leistungsfähige Ventilatoren voraussetzen. Da die in den Untersuchungen gemessenen Druckverluste der Biofilter im Bereich von 25,6 ± 20,3 Pa gelegen haben (Tabelle 2), sollte die Verdopplung der Filterschichtdicke jedoch prinzipiell möglich sein. Ferner kann es erforderlich sein, die Filterumrandung und das Freibord etwas zu erhöhen, um die doppelte Schichtdicke aufnehmen zu können.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die einstufigen Biofilter in der landwirtschaftlichen Praxis eine sehr gute Geruchsminderung gewährleisten und überwiegend gut funktionieren. Bei einzelnen Biofilter-Anlagen war die Befeuchtung jedoch nicht ausreichend und muss daher angehoben werden. Der Frischwasserverbrauch sollte eine Reingasfeuchte von 95 % gewährleisten. Berechnungen ergaben, dass der Wasserverbrauch in der Schweinemast unter dieser Vorgabe im Jahresmittel mindestens 0,77 m³ TP⁻¹ a⁻¹ betragen sollte. In den Sommermonaten ist der mittlere Frischwasserverbrauch je m³ Luft um den Faktor 2,3 höher als in den Wintermonaten. Darüber hinaus ist die Luftrate im Monatsmittel im Sommer um bis zu 38 % höher als im Winter, so dass der Mehrverbrauch an Wasser im Sommer um den Faktor 3,2 höher ausfallen kann als im Winter. Die Befeuchtungs-Steuerung von Biofiltern sollte entsprechend geprüft und ggfs. angepasst werden.

Wie eigene Berechnungen zeigen, ist die N-Abscheidung der einstufigen Biofilter bei Standardfütterung, ordnungsgemäßen Betrieb und jährlichem Filtermaterialwechsel mit rund 13 % in Hinblick auf die Umsetzung der Neuen TA Luft unzureichend, da neben einer N-Minderung von 20 % über die Fütterung eine weitere Reduktion der Ammoniakemissionen um 40 % (entspricht einer N-Minderung von rund 33 %) erforderlich wird. Um diese Minderung sicher erreichen zu können, wäre neben der Minderung über die Fütterung die Verdopplung der Filterschichtdicke, die Reduzierung der Filterflächenbelastung von 440 auf 330 m³ m⁻² h⁻¹ und ein jährlicher Filtermaterialwechsel erforderlich.

Literatur

- Bauratgeber24.de (2022): Die absolute Feuchte mit Berechnungsbeispiel und Online-Rechner, https://www.ib-rauch.de/bautens/formel/abs_luftfeucht.html, Zugriff am 01.07.2022
- DLG (2006): DLG-Prüfbericht 5699: Abluftreinigungssystem für die Schweinehaltung, <https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/pbdocs/5699.pdf>, Zugriff am 08.08.2022
- DLG (2016): DLG-Prüfbericht 6380: Abluftreinigungssystem Hagola NH360° für die Schweinehaltung, <https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/6380.pdf>, Zugriff am 08.08.2022
- DLG (2018): Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung, DLG-Merkblatt 403, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_403.pdf, Zugriff am 11.08.2022

- DLG (2022): Überblick über den DLG-Prüfrahmen „Abluftreinigung in der Tierhaltung“ (Stand: Juni 2022), <https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/tests/flyer/DLG-Pruefrahmen-Abluftreinigung.pdf>, Zugriff am 10.08.2022
- Fachberichte LUA NRW 3/2003 (2003): Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung, https://igsvtu.lanuv.nrw.de/vtu/doc.app?DATEI=13/dokus/fach903.pdf&USER_ID=37, Zugriff am 08.08.2022
- Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH (2022): Haltungsform 2 – StallhaltungPlus, <https://www.haltungsform.de/kriterien-und-mindestanforderungen/>, Zugriff am 15.08.2022
- Hahne, J. (2022): Bewertung der Wirksamkeit von Biotrickling-Filtern zur Abluftreinigung in der Mastschweinehaltung. *Gefahrstoffe* 82(5–6), S. 148–154
- Hahne, J.; Asendorf, W.; Vorlop, K-D. (2002): Abluftreinigung – Möglichkeiten und Grenzen. In *KTBL/UBA-Symposium: Emissionen aus der Tierhaltung*, *KTBL-Schrift* 406, Darmstadt, S. 106–122
- Hahne, J.; Pfeifer, T (2017): Ammoniakabscheidung in neuartigen Biofiltern. *Landtechnik* 72(2), S. 76–90, <https://www.landtechnik-online.eu/landtechnik/article/view/2017-72-2-076-090/2017-72-2-076-090-de-pdf>, Zugriff am 10.08.2022
- Hartung, E.; Martinec, M.; Jungbluth, Th. (1997): Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen aus Tierhaltungsanlagen der Landwirtschaft durch biologische Abluftfilter. *Forschungsbericht Agrartechnik*, Band 32, Hohenheim 1997
- KTBL (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen, *KTBL-Schrift* 451, Darmstadt, KTBL
- Lamping, H. (2011): Problematik der behördlichen Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. Vortrag auf dem Workshop „Emissionsminderung Tierhaltung – Abluftreinigung, 20. und 21. Juli 2011: http://www.buendnis-mut.de/mediapool/109/1096844/data/140222-Genehmigungsvoraussetzung-en/110620-LK_Vechta-Behoerdliche_Ueberwachung_von_Abluftreinigungsanlagen_in_der_Tierh.pdf, Zugriff am 18.01.2023
- Landkreis Cloppenburg (2023): Landwirtschaft – Abluftreinigungsanlagen Checkup- u. Funktionstest-Protokolle, <https://www.lkclp.de/unser-landkre/bauen-umwel/bauen/formulare-merkblaetter.php>, Zugriff am 24.01.2023
- Landkreis Cloppenburg (2022): Mitteilung über die Anzahl der im Jahr 2022 im Landkreis Cloppenburg betriebenen Biofilter, persönliche Anfrage vom 09.08.2022
- Mäule, J.; Fischer, K. (2004): Emissionsminderung von Biofiltern durch eine neuartige Methode zur Überwachung der Filterfeucht, <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/97642>, Zugriff am 09.08.2022
- Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
- TA Luft (2021): Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm, Zugriff am 11.08.2022
- Schilling, B. (2022): Erfahrungen zum Einsatz von Biofiltern in der Abfall- und Landwirtschaft, https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/abfall/7_Schilling_Biofilter.pdf, Zugriff am 10.08.2022
- Schirz, St. (2003): Biologische Abgasreinigung in der Landwirtschaft. *VDI-Berichte* 1777, Düsseldorf, VDI, S. 55–63
- Umweltbundesamt (2016): Aktuelle Entwicklung Kosten-Nutzenanalyse und Vollzugsempfehlungen für den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktuelle-entwicklung-kosten-nutzenanalyse>, Zugriff am 10.08.2022
- VDI (1991): VDI-Richtlinie 3477: Biologische Abgas-/Abluftreinigung, Biofilter. Düsseldorf, VDI
- VDI (2016): VDI-Richtlinie 3477: Biologische Abgasreinigung, Biofilter, Düsseldorf, VDI

Autor

Dr. Jochen Hahne ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Thünen-Institutes für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig. E-Mail: jochen.hahne@thuenen.de