DLG-Prüfbericht 7371

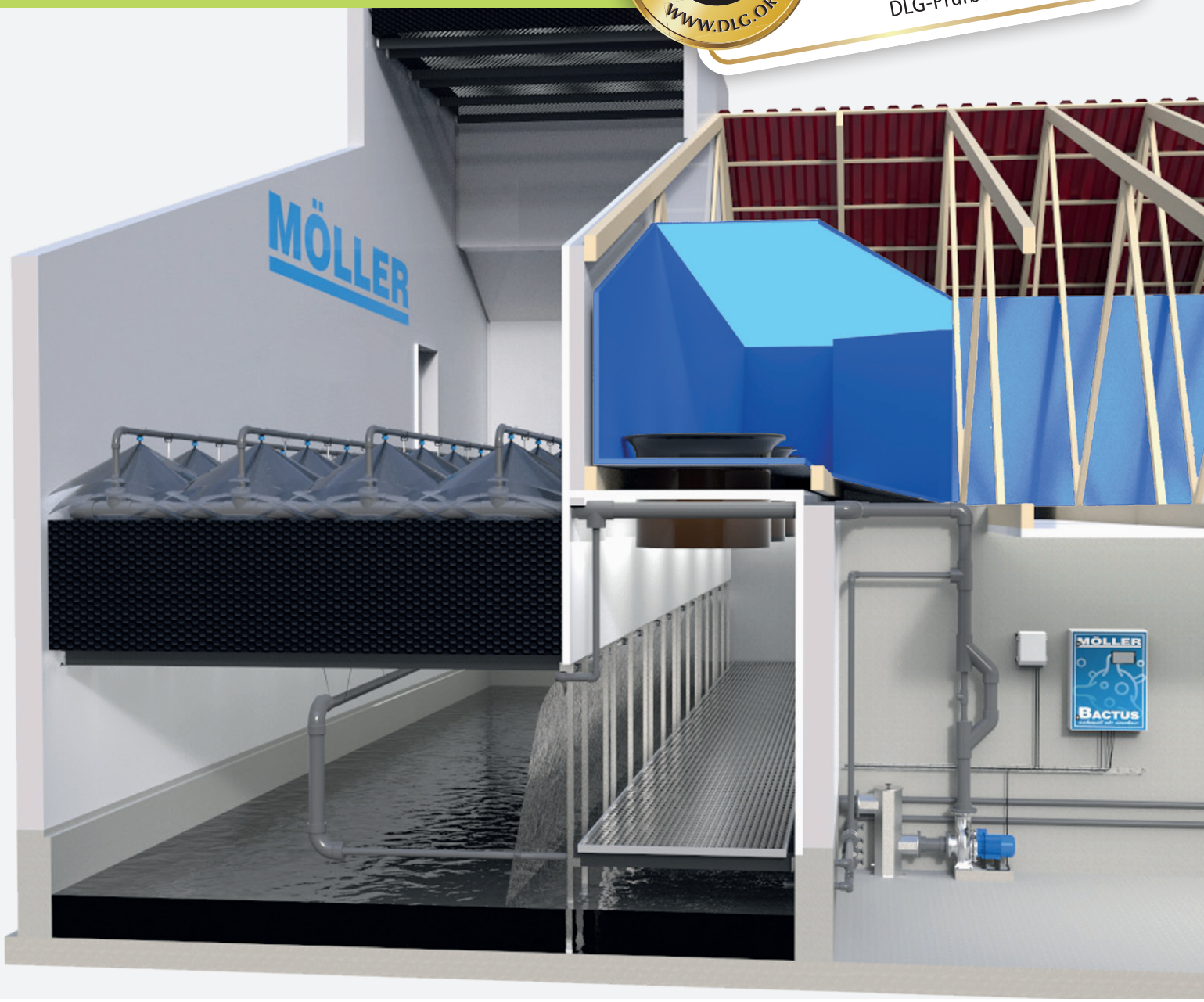
Möller GmbH

Abluftreinigungsanlage Bactus

für die einstreulose Schweinehaltung

ANERKANNT 2022 · DLG · WWW.DLG.ORG ·

GESAMT-PRÜFUNG
MÖLLER ABLUFTREINIGUNGS-ANLAGE BACTUS
DLG-Prüfbericht 7371



www.DLG-Test.de

Überblick

Ein Prüfzeichen „DLG-ANERKANNT GESAMTPRÜFUNG“ wird für landtechnische Produkte verliehen, die eine umfassende Gebrauchswertprüfung der DLG nach unabhängigen und anerkannten Bewertungskriterien erfolgreich absolviert haben. In dieser Prüfung werden neutral alle aus Sicht des Praktikers wesentlichen Merkmale eines Produkts bewertet. Die Prüfung umfasst Untersuchungen auf Prüfständen und unter verschiedenen Einsatzbedingungen, zusätzlich muss sich der Prüfgegenstand bei der praktischen Erprobung im Einsatzbetrieb bewähren. Die Prüfbedingungen und -verfahren wie auch die Bewertung der Prüfungsergebnisse werden von einer unabhängigen Prüfungskommission in einem Prüfrahmen festgelegt und laufend den anerkannten Regeln der Technik sowie den wissenschaftlichen und landwirtschaftlichen Erkenntnissen und Erfordernissen angepasst. Die erfolgreiche Prüfung schließt mit der Veröffentlichung eines Prüfberichtes sowie der Vergabe des Prüfzeichens ab, das fünf Jahre ab dem Vergabedatum gültig ist.

Zur Erlangung des Prüfzeichens wurden die Abluftreinigungsanlage „Bactus“ der Firma Möller GmbH auf ihre Eignung zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak und Geruch aus dem Abluftstrom einstreuloser Schweinehaltungsanlagen geprüft. Grundlage für die Prüfung ist eine Auslegung der Lüftungsanlage in Anlehnung an die DIN 18910, die Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter zur Abscheidung von Ammoniak, Stickstoff und Staub zu jeweils mindestens 70 % sowie eine Geruchsminderung auf unter 300 Geruchseinheiten pro Kubikmeter Reingas ohne Rohgasgeruch im Reingas.

Die Anlage wurde erstmals 2005 geprüft. Im Jahr 2020 wurden herstellerseitig einige Änderungen an der Anlage durchgeführt, wodurch eine Nachmessung notwendig wurde.

Beurteilung – kurz gefasst

Die Abluftreinigungsanlage „Bactus“ der Firma Möller GmbH ist ein einstufiger, biologisch arbeitender Rieselbettfilter zur Abscheidung von Staub, Ammoniak und Geruch in der einstreulosen Schweinehaltung bei Oberflur-Entlüftung. Die Anlage wird im Druckprinzip betrieben, d.h. der Abluftvolumenstrom passiert zuerst den Ventilator und anschließend die Abluftreinigungsanlage.

Nach einer Vorbedüsung gelangt die Abluft senkrecht von unten kommend in eine horizontal positionierte Füllkörperpackung, die über ein Berieselungssystem kontinuierlich bewässert wird. Nach oben tritt die gereinigte Abluft dann über einen Tropfenabscheider nach außen.

Die Vorbedüsung entfernt zunächst grobe Staubpartikel aus der Abluft und sorgt für eine zusätzliche Befeuchtung. In der 90 cm dicken Füllkörperpackung (Rieselbett) findet die eigentliche biologische Umsetzung des Ammoniaks und der Geruchsstoffe statt. Zudem werden hierbei auch Staubpartikel zurückgehalten. Der nachgeschaltete Tropfenabscheider verhindert den Austrag von stickstoffhaltigen Aerosolen und reduziert somit auch den Wasserverlust.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage „Bactus“ im Winter einen Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub von 80,8 %, im Sommer 71,2 %.

Feinstaub PM_{10} wurde im Winter zu mindestens 83,3 % und im Sommer zu mindestens 75,0 % zurückgehalten. Durch biologische Umsetzungsprozesse wurden im Winter mindestens 83,5 % und im Sommer mindestens 83,9 % an Ammoniak abgeschieden. Der Stickstoff konnte im Sommer zu 70,5 % aus dem System entfernt werden.

Im ordnungsgemäßen Betrieb wurden immer weniger als 300 GE/m³ gemessen und kein Rohgas im Reingas wahrgenommen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1:
Ergebnisse der Abluftreinigungsanlage „Bactus“ im Überblick

PRÜFKRITERIUM	Ergebnis	Bewertung*
Ergebnisse der Emissionsmessungen		
Gesamtstaub (gravimetrisch)[1]		
Winter (2 Messungen), Mindestabscheidegrad [%][2]	80,8	■■■■□
Sommer (2 Messungen), Mindestabscheidegrad [%][2]	71,2	■■■□□
Feinstaub PM_{10} (gravimetrisch)[3]		
Winter (2 Messungen), Mindestabscheidegrad [%][2],[4]	83,3	■■■■□
Feinstaub $PM_{2,5}$ (gravimetrisch)[3]		
Winter (2 Messungen), Mindestabscheidegrad [%][2],[4]	75,0	k.B.
Ammoniak (jeweils 4 Wochen kontinuierlich gemessen)		
Winter, Mindestabscheidegrad [%][2]	83,5	■■■■□
Sommer, Mindestabscheidegrad [%][2],[5]	83,9	■■■■□
N-Entfrachtung[6]		
Sommer [%]	70,5	■■■□□
Geruch		
Winter (2 Messungen)	< 300 GE/m³ und kRw	✓
Sommer (2 Messungen)	< 300 GE/m³ und kRw	✓
Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr)[7]		
Frischwasserverbrauch gesamt		
Winter [m³/d] / [m³/(TP · a)]	3,6 / 1,25	k.B.
Sommer [m³/d] / [m³/(TP · a)]	4,0 / 1,58	k.B.
Jahresmittel [m³/d] / [m³/(TP · a)]	3,8 / 1,42	k.B.
Abschlämmvolumen (leitfähigkeitsgesteuert)[8]		
Winter [m³/d] / [m³/(TP · a)]	1,4 / 0,489	k.B.
Sommer [m³/d] / [m³/(TP · a)]	1,5 / 0,597	k.B.
Jahresmittel [m³/d] / [m³/(TP · a)]	1,5 / 0,543	k.B.
Säureverbrauch (bezogen auf 96 %ige Schwefelsäure)		
Winter [kg/d] / [kg/(TP · a)]	3,2 / 1,09	k.B.
Sommer [kg/d] / [kg/(TP · a)]	8,4 / 3,33	k.B.
Jahresmittel [kg/d] / [kg/(TP · a)]	5,8 / 2,21	k.B.
Nitrifikationshemmer N-Lock (bezogen auf den Reinwirkstoff)		
Winter [g/d] / [g/(TP · a)][9]	0,0 / 0,0	k.B.
Sommer [g/d] / [g/(TP · a)][9]	33,7 / 13,3	k.B.
Jahresmittel [g/d] / [g/(TP · a)][9]	16,9 / 6,7	k.B.
Elektrischer Energieverbrauch		
Abluftreinigung		
Winter [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	66,0 / 22,7	k.B.
Sommer [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	70,9 / 28,0	k.B.
Jahresmittel [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	68,5 / 25,3	k.B.
Ventilatoren		
Winter [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	22,1 / 7,6	k.B.
Sommer [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	66,1 / 26,1	k.B.
Jahresmittel [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	44,1 / 16,8	k.B.

k.B. = keine Bewertung

* Der DLG-Prüfrahmen gibt folgende Bewertungsmöglichkeiten in den Bewertungsschemata vor:
■■■ oder besser = erfüllt, übertrifft oder übertrifft deutlich den festgelegten DLG-Standard, ■■ = genügt den gesetzlichen Anforderungen für die Marktfähigkeit, ■ = nicht bestanden

* Bewertungsbereich: Anforderung erfüllt (✓) / Anforderung nicht erfüllt (✗)

[1] 2005 wurden bereits drei Gesamtstaubmessungen durchgeführt, die den DLG-Anforderungen entsprachen. Die hier dargestellten Messwerte sind Werte aus der Nachprüfung 2020 (Winter und Sommer).
[2] Der Mindestabscheidegrad bezüglich Staub ist der niedrigste Wert, der im Messzeitraum ermittelt wurde. Der Mindestabscheidegrad bezüglich Ammoniak ist der gemittelte Abscheidegrad abzüglich der Standardabweichung.
[3] Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM_{10} bewirken. Die Partikelfraktion $PM_{2,5}$ ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM_{10}.
[4] Aufgrund geringer Rohgaskonzentrationen während der Sommermessung konnten keine validen Messdaten unter Sommerbedingungen erhoben werden.
[5] Die Reingaswerte der Sommermessung wurden entsprechend des DLG-Prüfrahmens korrigiert. Ammoniakkonzentrationen unter 1,0 ppm wurden auf 1,0 ppm angehoben.
[6] Im Messzeitraum der Wintermessung wurde ein unplausibler Wert für die N-Entfrachtung erhalten. Ursache hierzu war vermutlich eine ungenaue Volumenstromaufzeichnung bei niedrigen Luftraten bzw. Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Wassermengen (Füllstände).
[7] Alle Jahresverbrauchsdaten beziehen sich auf eine Betriebsdauer von 365 Tagen im Jahr, um einen Vergleich mit anderen Anlagen zu ermöglichen. Aufgrund von Service- und Ruhezeiten kann der Verbrauch in der Praxis geringer ausfallen.
[8] Es wurde immer bei einer Leitfähigkeit von max. 20 mS/cm abgeschlämmt.
[9] Die gemessenen Verbrauchsdaten sind bezogen auf den enthaltenen Wirkstoff Nitrapyrin (17,7 %). An der Referenzanlage wurde vergleichsweise wenig des Einsatzstoffes verwendet. In der Praxis kann der Verbrauch ggfs. höher ausfallen.

Das Produkt

Hersteller und Anmelder

Möller GmbH, Im Fange 1, 49356 Diepholz, Deutschland

Kontakt:
Telefon +49 (0)54415959-0, info@moeller.eu, www.moeller.eu

Beschreibung und Technische Daten

Die Abluftreinigungsanlage „Bactus“ ist ein einstufiges System mit einer Vorbedüsung und einem Tropfenabscheider zur Reinigung der Abluft aus den Ställen einstreuloser Schweinehaltung mit Oberflur-Entlüftung. Dieses System wird im Druckverfahren betrieben.

Die Abluft gelangt aus dem Tierbereich in den Rohgas-Sammelkanal und über die synchron angesteuerten Ventilatoren in den unteren Wäscherbereich, wo über eine Vorbedüsung der Abluft eine erste grobe Entstaubung und Befeuchtung stattfindet. Unterhalb der Abluftreinigungsanlage wird die Luftströmung um 180° gedreht und senkrecht nach oben umgelenkt. Hier durchströmt die Abluft dann eine Füllkörperpackung mit einer Dicke von 90 cm. In der Füllkörperpackung finden biologische Prozesse statt, welche Ammoniak und Geruchstoffe oxidieren und aus dem Abluftstrom entfernen. Die Füllkörperpackung wird von oben mittels eines Berieselungssystems (Düsenstock) mit Wasser versorgt. Das Wasser wird mittels Säure und Nitrifikationshemmer

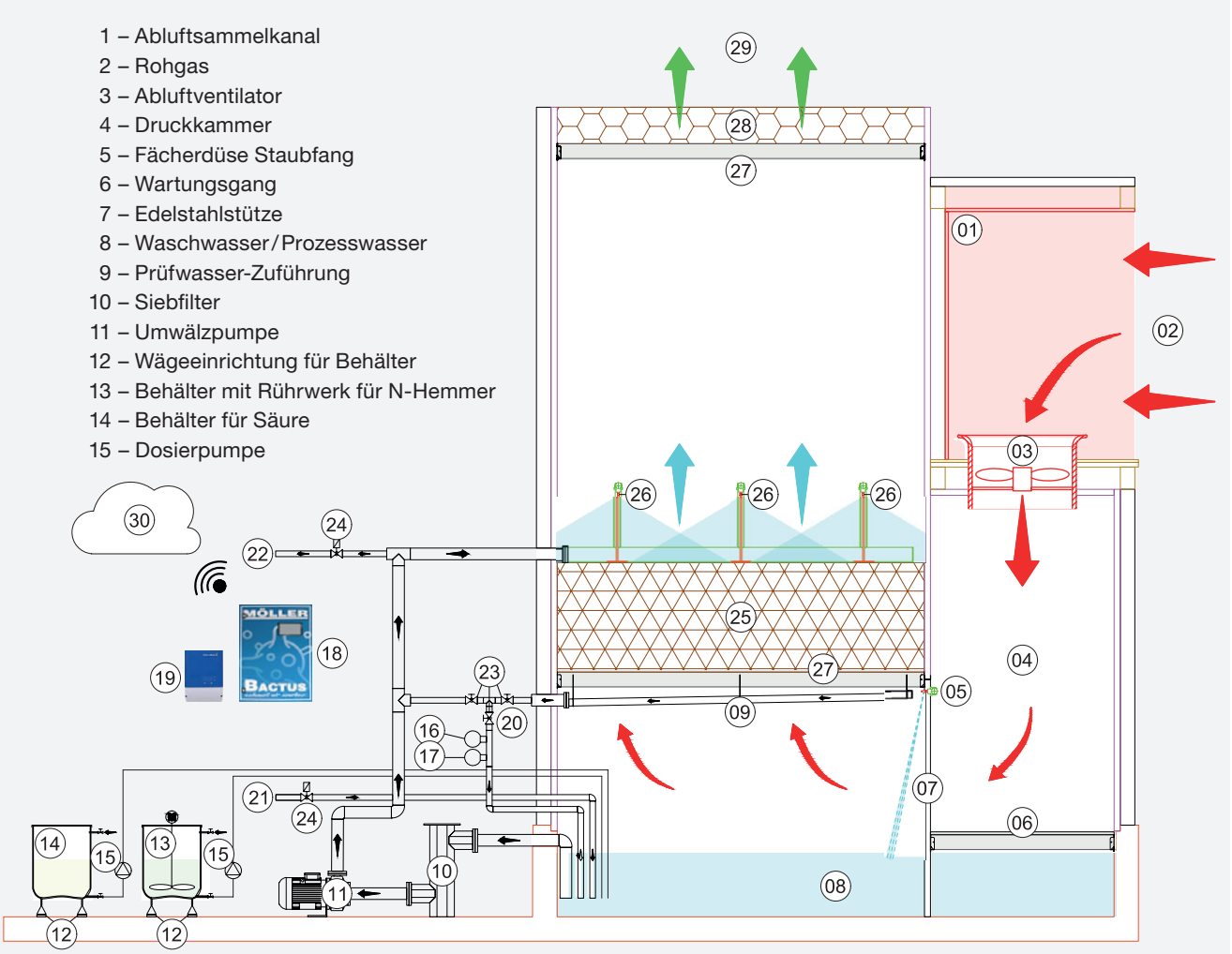


Bild 2:
Funktionsbeschreibung Abluftreinigungsanlage „Bactus“ (Prinzipskizze)

auf einen pH-Wert von 6,8 bis 7,1 eingestellt. Unterhalb der Füllkörperpackung befindet sich eine Wasservorlage, welche das Wasser auffängt. Aus dieser erfolgt die Berieselung des Filterbettes über eine Umwälzpumpe (Prozess- bzw. Umlaufwasser).

Das Prinzip des Rieselbettfilters beruht auf der biologischen Oxidation der Abluftinhaltsstoffe durch intensiven Kontakt mit dem im Kreislauf geführten Prozesswasser und der großen spezifischen Oberfläche von 240 m^2/m^3 des Füllkörpers. Durch die Ansiedelung von Mikroorganismen auf der Kontaktoberfläche unter Bildung eines Biofilms werden die im Prozesswasser gelösten Abluftinhaltsstoffe von den Mikroorganismen in ihrem zelleigenen Stoffwechsel und zum Aufbau neuer Biomasse verarbeitet.

Nach der biologischen Reinigungsstufe verlässt die gereinigte Abluft den Wäscher und gelangt über einen Tropfenabscheider ins Freie. Hierbei werden Aerosole zurückgehalten, wodurch sich der Wasserverlust im Wäscherbereich reduziert.

Die Ventilatoren werden synchron angesteuert, fördern also alle denselben Abluftstrom. Die Auslegung der Abluftreinigungsanlage darf eine maximale Filterflächenbelastung von 1.980 $m^3/(m^2 \cdot h)$ nicht überschreiten.

Um eine hohe biologische Aktivität und einen stabilen Prozessablauf innerhalb des Systems aufrecht zu erhalten, ist eine kontinuierliche Berieselung der Füllkörperpackung mit Umlaufwasser unerlässlich. Die erforderliche Berieselungsdichte des Filterbetts muss mindestens bei 0,71 $m^3/(m^2 \cdot h)$ liegen, wobei zusätzlich noch 0,06 $m^3/(m^2 \cdot h)$ für die Vorbedüsung aufgebracht werden müssen.

Der pH-Wert des Prozesswassers liegt zwischen pH 6,8 und 7,1 und muss als Halbstundenmittelwert im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) abgespeichert werden. Bei Überschreitung des maximal erlaubten pH-Wertes wird über eine Säuredosierung Säure in das Prozesswasser zur Absenkung des pH-Wertes zudosiert. Bei Unterschreitung des minimalen pH-Wertes muss ein weiteres Absinken des pH-Wertes durch Zugabe eines Nitrifikationshemmers verhindert werden. Durch den weiteren Ammoniakeintrag mit der Rohluft und durch die Hemmung der Nitrit- und Nitratbildung steigt der pH-Wert wieder an. Bei Erreichen von pH 6,5 beginnt die Dosierung der Nitrifikationshemmers, welche erst wieder bei pH 6,8 aufhört. Durch die Ammoniakabscheidung und den Nitrifikationsprozess kommt es zur Aufsalzung im Waschwasser. Die Aufsalzung wird durch einen induktiven Leitfähigkeitssensor erfasst und als mS/cm im EBTB als Halbstundenmittelwert abgespeichert.

Für die sichere Stickstoffabscheidung ist zudem eine ausreichende Abschlämmung bei einstufigen, biologisch arbeitenden Wäschern erforderlich. Die Leitfähigkeit des Umlaufwassers wird daher auf 20 mS/cm begrenzt. Wird diese im Umlaufwasser erreicht, erfolgt eine automatische Abschlämmung und eine darauffolgende Frischwasserauffüllung. Hierdurch wird das Umlaufwasser verdünnt und die Leitfähigkeit herabgesetzt.

Da es durch den Wäscherbetrieb auch zu erhöhten Wasserverdunstungen kommt, müssen beide Verbrauchswerte (Frischwasser, Abschlämmung) im EBTB hinterlegt werden. Die Kontrolle des Wasserstandes wird über einen elektronischen Füllstandsensor durchgeführt, der auch die eingesetzten Umwälzpumpen vor dem Trockenlaufen schützt.

Nach einer Neuinstallation benötigt der „Bactus“ eine Anlaufphase von sechs bis maximal acht Wochen um die Anforderungen der Geruchsstoffreduzierung zu erzielen. Die Ammoniakabscheidung und N-Entfrachtung funktionieren aufgrund der pH-Wert geregelten Steuerung sofort. Dies gilt auch für die Staubabscheidung.

Die pH-Wert-Regelung des Prozesswassers muss daher immer ab dem ersten Betriebstag erfolgen. Dies gilt auch bei produktionsbedingten Stillstandszeiten, die im einem Rein-Raus-Verfahren der Mastschweinehaltung, der Ferkelaufzucht oder nach Reinigungsarbeiten vorkommen können. Um einer längeren Anlaufphase bei diesen Stillstandszeiten vorzubeugen (gilt nicht für Reinigungsarbeiten), muss die kontinuierliche Berieselung der Füllkörperpackung aufrechterhalten werden.

In Bild 2 ist das Verfahren schematisch dargestellt. Wichtige verfahrenstechnische Parameter sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Gewährleistung

Der Hersteller gibt eine Garantie von einem Jahr, welche den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage voraussetzt.

Die Installation und Wartung muss durch den Hersteller oder einer von ihm autorisierten Fachfirma erfolgen.

Tabelle 2:
Verfahrenstechnische Parameter der Abluftreinigungsanlage der Firma Möller

Merkmal	**Ergebnis / Wert***	
Beschreibung	einstufiger, biologischer Abluftwäscher (Rieselbettfilter) mit Tropfenabscheider	
Eignung	Reinigung von Abluft aus der einstreulosen Schweinehaltung mit Oberflurentlüftung und Einsatz von Standardfutter durch Minderung von Geruch, Staub und Ammoniak	
Dimensionierungsparameter der Referenzanlage (kontinuierlich betrieben)		
Füllkörper		
Filterlänge / Filterbreite / Filterhöhe	[m/m/m]	14,60 / 3,30 / 0,90
Anzahl der Spiral-Düsen	[Anzahl]	48
Anströmfläche / Filtervolumen	[m²] / [m³]	48,18 / 43,36
minimale Verweilzeit bei Sommerluftraten	[s]	1,71
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	0,53
maximale Filterflächenbelastung[1]	[m³/(m² · h)]	1.980
maximale Filtervolumenbelastung[1]	[m³/(m³ · h)]	2.194
Berieselungsdichte Füllkörper	[m³/(m² · h)]	0,71
Berieselungsdichte Vorbedüsung	[m³/(m² · h)]	0,06
Abstand Füllkörperpackung – Tropfenabscheider	[m]	6,5
Tropfenabscheider		
Filterlänge / Filterbreite / Filterhöhe	[m/m/m]	4,60 / 3,30 / 0,30
Anströmfläche / Filtervolumen	[m²] / [m³]	15,18 / 4,55
minimale Verweilzeit bei Sommerluftraten	[s]	0,18
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	1,67
maximale Filterflächenbelastung	[m³/(m² · h)]	6.000
maximale Filtervolumenbelastung	[m³/(m³ · h)]	20.000
Abschlämmung		
Fassungsvermögen Wasserspeicher	[m³]	29
durchschnittliche Abschlämmrate	[m³/(TP · a)]	0,543
pH-Wert im Umlaufwasser	[-]	6,8-7,1
maximale Leitfähigkeit im Umlaufwasser	[mS/cm]	20
Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen (Mastschweinebetrieb, einstreulos, abteilweise Rein-Raus-Verfahren)		
Tierplätze bei kontinuierlicher Belegung	[Anzahl]	1.100
durchschnittliches Mastgewicht	[kg]	77,5
Sommerluftrate gemäß DIN 18910	[m³/h]	99.000
inst. Abluftrate der Abluftreinigungsanlage bei 40 Pa[2]	[m³/h]	99.000
maximaler Druckverlust Füllkörper bei 91.000 m³/h[3]	[Pa]	10
maximaler Druckverlust Tropfenabscheider bei 91.000 m³/h[3]	[Pa]	5
maximaler Druckverlust Stall+ARA bei 91.000 m³/h	[Pa]	63
Anzahl der Lüfter	[Stck]	3

Merkmal	Ergebnis	Bewertung*
Betriebsverhalten		
Technische Betriebssicherheit	Während den Versuchsperioden konnten keine nennenswerten Störungen festgestellt werden. Die Ansteuerung der Ventilatoren muss synchron erfolgen.	✓
Haltbarkeit	Während des Untersuchungszeitraumes wurde kein nennenswerter Verschleiß festgestellt.	k.B.
Handhabung		
Betriebsanleitung	Die Betriebsanleitung ist ausführlich und übersichtlich aufgebaut. Durchzuführende Wartungsarbeiten sowie die automatische Steuerung werden gut beschrieben.	✓
Bedienung	Die Anlage läuft im bestimmungsgemäßen Betrieb vollautomatisch. Der Anlagenbetreiber muss die Anlagensteuerung täglich kontrollieren. Die Anlage muss kontinuierlich betrieben werden.	✓
Wartung	Ein Wartungsvertrag zwischen Hersteller und Anlagenbetreiber wird seitens des Herstellers dringend empfohlen. Die Wartung sollte mindestens einmal im Jahr durchgeführt werden. Genehmigungsbedingte Abweichungen haben Vorrang. Neben der täglichen Kontrolle der Anlagensteuerung sind wöchentliche Sichtkontrollen durchzuführen. Diese Kontrollen sind zu dokumentieren.	k.B.
Reinigung der gesamten Anlage	Optional kann die Anlage mit einer Störmeldefunktion ausgerüstet werden, welche dem Anlagenbetreiber mitteilt, wann der Differenzdruck über die Anlage 80 Pa erreicht.	k.B.
Füllkörperwechsel	Laut Hersteller ist bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und dem regelmäßigen Durchführen der notwendigen Wartungsarbeiten kein Wechsel des Füllkörpermaterials notwendig.	k.B.
Arbeitszeitbedarf (Herstellerangaben)		
tägliche Kontrollen	ca. 15 Minuten	k.B.
wöchentliche Kontrollen	ca. 30 Minuten	k.B.
Reinigung der gesamten Anlage	ca. 4 Arbeitszeitstunden, jährlich gefordert	k.B.
Dokumentation		
Technische Dokumentation	Anforderungen erfüllt	✓
Elektronisches Betriebstagebuch	Anforderungen erfüllt	✓
Sicherheit		
Maschinen- und Anlagensicherheit	Bestätigt durch einen anerkannten Gutachter für Arbeitssicherheit[4]	k.B.
Feuersicherheit	Ein Brandschutzkonzept ist vom Betreiber im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens für den Gesamtstall zu erstellen.	k.B.
Umweltsicherheit	Das Waschwasser kann in einem Güllebehälter zwischengelagert werden und darf zusammen mit der Gülle gelagert werden. Eine pflanzenbedarfsgerechte Verwertung des Waschwassers ist empfehlenswert. Der Nachweis der ordnungsgemäßen Verwertung erfolgt durch den Anlagenbetreiber. Die Entsorgung sonstiger Anlagenteile wird durch anerkannte Verwertungsbetriebe durchgeführt.	k.B.
Gewährleistung		
Herstellergarantie	1 Jahr Garantie ab der Anlieferung	k.B.

k.B. = keine Bewertung

* Bewertungsbereich: Anforderung erfüllt (✓) / Anforderung nicht erfüllt (✗)

[1] Angegeben ist die maximal zulässige Filterflächenbelastung bzw. Filtervolumenbelastung. In der Prüfung wurde ein vergleichbarer Wert ermittelt.
[2] Bei kontinuierlicher Belegung (abteilweise rein/raus).
[3] Der Druckverlust von Füllkörper und Tropfenabscheider kann in Abhängigkeit von der Betriebsdauer des Filtermaterials und dem Staubeintrag deutlich schwanken. In der Praxis können deshalb höhere Werte erreicht werden.
[4] Die Anlagensicherheit wurde bei der Erstprüfung im Jahr 2005 durchgeführt. Da sich die Anlagenbauweise nicht signifikant geändert hat, fand keine erneute Bewertung statt.

Die Methode

Die ursprünglichen Messungen wurden an einer Referenzanlage in den Niederlanden durchgeführt (Sommermessung, 2005) und teilweise im Rahmen des Zulassungsverfahrens im Landkreis Cloppenburg in demselben Referenzbetrieb anerkannt (Wintermessung). Die Prüfungsergebnisse wurden im DLG-Prüfbericht 5702 niedergeschrieben, welcher nun durch den vorliegenden Prüfbericht ersetzt wurde.

Aufgrund von technischen Neuerungen (leitfähigkeitsgesteuerte Abschlämmung, pH-Wert-Regulierung im Waschwasser etc.) wurde 2019 eine Nachmessung beantragt, die 2020 als Winter- und Sommermessung durchgeführt wurde. In einer Entscheidung der DLG-Prüfungskommission wurden zweimal vier Wochen als Messzeitraum festgelegt. Als Referenzanlage diente eine Anlage in Niedersachsen. An diesem Betrieb wurden 1.100 Mastschweine einstreulos im abteilweisen Rein-Raus-Verfahren (kontinuierliche Mast) gehalten.

Eine Umfrage bei Besitzern typengleicher Abluftreinigungsanlagen konnte während des Prüfungszeitraums nicht durchgeführt werden, da es sich bei der geprüften Anlage um eine Anlage handelt, die in dieser Form noch nicht im Praxiseinsatz ist.

Die Abluftreinigungsanlage ist für den Druckbetrieb zugelassen.

Die Messungen fanden von März bis April 2020 (Wintermessung) und vom Juni bis Juli 2020 (Sommermessung) statt.

Zur Beurteilung der Abluftreinigungsanlage wurden folgende Parameter herangezogen:

Staub

Die Probenahme erfolgte nach VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1 und nach DIN EN 13284-1. Hierzu wurde ein isokinetisches Probenahmesystem nach Paul Gothe mit Planfilterkopfgerät (Ø 50 mm) installiert. Als Abscheidemedium wurde ein Rundfilter aus Glasfaser mit Ø 45 mm ausgewählt.

Die Feinstaubbestimmung (PM_{10} und $PM_{2,5}$) erfolgte nach VDI-Richtlinie 2066, Blatt 10 und nach DIN EN ISO 23210. Es wurde ein Kaskadenimpaktor Johnas II nach Paul Gothe mit drei Planfiltern (Ø 50 mm) eingesetzt. Als Abscheidemedium wurde wieder ein Rundfilter aus Glasfaser, nun mit einem Filterdurchmesser von 50 mm, eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung.

Nach DLG-Prüfrahmen darf ein Abscheidegrad von 70 % nicht unterschritten werden. Dies gilt für Gesamtstaub und Feinstaub (PM_{10}-Fraktion). Die Ergebnisse der $PM_{2,5}$-Messung werden informativ dargestellt. Als Mindestabscheidegrad wird die kleinste Abscheideleistung anerkannt, die sich aus allen durchgeführten Messungen an den Messtagen ergibt.

Ammoniak

Die Ammoniakmessungen im Roh- und Reingasbereich erfolgten über den gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich mittels FTIR-Spektroskopie in Anlehnung an die KTBL-Schrift 401 und die DIN EN 15483, wobei die Messungen mit einer Messzelle durchgeführt wurden. Um Kondensation in den gasführenden PTFE-Leitungen zu vermeiden, wurden die Messgasleitungen auf der Reingasseite auf ihrer Gesamtlänge beheizt. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf gemessene Werte. Sofern in der Abluft einer Abluftreinigungsanlage weniger als 1,0 ppm gemessen wird, wird dieser Wert auf 1,0 ppm angehoben. Dies hat seine Begründung in der Messunsicherheit des eingesetzten Messgerätes. Unterhalb dieses Wertes ist eine sichere Messung nicht quantifizierbar.

Zum Nachweis der Einhaltung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung TierSchNutztV (max. 20 ppm NH_3 im Tierbereich) wurde an den Messtagen die Ammoniakkonzentration auf Tierhöhe kontinuierlich erfasst.

Nach den Bewertungskriterien des DLG-Prüfrahmens muss die Ammoniakabscheidung dauerhaft über 70 % liegen. Der anzuerkennende Abscheidegrad wird aus dem mittleren Abscheidegrad aller Ergebnisse abzüglich deren Standardabweichung ermittelt.

Aerosolaustrag

Stickstoffhaltige Aerosole werden durch die Befeuchtung der Füllkörperpakete als Ammonium-Aerosole aus den Füllkörpern von Abluftreinigungsanlagen ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen. So gelangt der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung.

Zur Aerosolbestimmung während des Untersuchungszeitraumes wurde in der Winter- und Sommer-

messung jeweils eine Messung mittels Planfilter durchgeführt. Hierbei wurden zwei Probenahmeeinrichtungen installiert, wobei eine von beiden mit einem Partikelfilter zur Aerosolabscheidung vorgeschaltet wurde. Die Probenahme erfolgte nach VDI 3496-1 (Messen gasförmiger Emissionen).

Nach DLG-Prüfrahmen darf der Aerosolaustrag nicht über 0,50 mg Stickstoff pro Normkubikmeter liegen.

Stickstoffbilanz, N-Entfrachtung

Die Ammoniakabscheidung der Abluftreinigungsanlage wurde über eine N-Bilanzierung unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (im Roh- und Reingas), sowie der im Waschwasser gelösten, anorganischen Stickstoffverbindungen verifiziert. Der Bilanzierungszeitraum lag im Sommer bei 28 Tagen. Im Winter konnte keine plausible N-Bilanz erstellt werden, da die Messungenauigkeit der Erfassung von geringeren Volumenströmen an dieser Anlage zu hoch war.

Bei biologisch arbeitenden Wäschersystemen muss das Prozesswasser neben Ammonium (NH_4-N) auch noch auf Nitrit (NO_2-N) und Nitrat (NO_3-N) untersucht werden.

Zur Bestimmung der eigentlichen N-Entfrachtung wird die entnommene, anorganische N-Masse mit der rohgasseitig eintretenden N-Fracht ins Verhältnis gesetzt.

Eine Bilanzierung der Ströme des Stickstoffs innerhalb der Anlage ist deshalb wichtig, weil

– alle relevanten Stickstoffverbindungen und deren Verbleib nachgewiesen werden,
– der Stickstoffgehalt des Abschlämmwassers bekannt und dessen Düngewert quantifiziert wird.

Nach DLG-Prüfrahmen muss die N-Entfrachtung innerhalb der Stickstoffbilanz während der Winter- und Sommermessung jeweils mindestens 70 % betragen.

Die Wiederfindungsrate an Stickstoff (N-Bilanz) muss laut Prüfrahmen mindestens 80 %, höchstens jedoch 120 % betragen.

Geruch

Die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration wurde mittels dynamischer Olfaktometrie in Anlehnung an die DIN EN 13725 nach dem Ja/Nein-Verfahren durch Verdünnung bis zur Geruchsschwelle durchgeführt.

Die Probenentnahme auf der Roh- und Reingasseite wurde mittels Unterdruckprobennehmer (CSD-30) durchgeführt. Die Geruchsprobenauswertung fand an einem Olfaktometer T08 der Firma Ecoma GmbH statt. Die Überprüfung der Probanden mit Standardgeruchsstoff (n-Butanol) wurde an jedem Messtermin durchgeführt. Zum Nachweis der Geruchsabscheidung wurden zweimal pro Messperiode Geruchsproben gezogen.

Nach DLG-Prüfrahmen darf die Geruchsstoffkonzentration bei jeder Messungen nicht über 300 GE/m³ liegen und es darf kein typischer Rohgasgeruch (Schwein) in der Probe vorhanden sein (kRw).

Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung

Der Verbrauch von Frischwasser, Abschlämmung und elektrischer Energie wurde über die Erfassung der entsprechenden Zählerstände bestimmt (Stromzähler für die Abluftreinigung und separat für die Lüftung).

Der Säureverbrauch sowie der Verbrauch an Nitrifikationshemmern wurde mittels Wiegesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wiegezelle oder Waage) ermittelt.

Während den Messungen wurden die Umgebungsbedingungen (Temperatur außen/innen, relative Luftfeuchte außen/innen) erfasst. An den Tagen der Staub- und Geruchsstoffkonzentrationsmessungen wurden zusätzlich folgende Parameter dokumentiert:

– Tiergewichte (geschätzt) und Tierzahlen
– Frischwasser- und elektrischer Energieverbrauch (Zählerstände)
– absoluter Luftvolumenstrom (kalibrierte Messventilatoren und separate Lüfterkennlinie)
– Druckverlust über die Anlage sowie der Druckverlust über den Ventilator
– pH-Wert und Leitfähigkeit im Prozesswasser

Weiterhin wurden die Messwerte, die seitens des Herstellers im elektronischen Betriebstagebuch aufgezeichnet werden, auf Plausibilität überprüft.

Betriebssicherheit und Haltbarkeit

Die Betriebssicherheit und Haltbarkeit wurde beurteilt. Eventuell aufgetretene Störungen an der Gesamtanlage sowie an technischen Komponenten wurden im Prüfungszeitraum dokumentiert.

Betriebsanleitung, Handhabung und Arbeitszeitbedarf, Wartungsaufwand

Eine detailgenaue Funktionsbeschreibung der Anlage mit einer bildlichen Darstellung sowie eine klare Beschreibung der regelmäßigen Wartungsarbeiten wurden geprüft und aus Anwendersicht beurteilt.

Im Prüfbereich Handhabung und Arbeitszeitbedarf wird beurteilt, ob eine Unterweisung seitens des Herstellers bei Inbetriebnahme und welcher Aufwand für regelmäßig wiederkehrende Kontrollen und Arbeiten im Turnus von Tagen, Wochen, Monaten etc. beziehungsweise bei auftretenden Störungen nötig ist.

Beim Wartungsaufwand werden die Serviceintervalle sowie deren Pflichtenlisten beurteilt.

Dokumentation

Im elektronischen Betriebstagebuch sind folgende Parameter als Halbstundenmittelwerte oder Halbstundenwerte zu erfassen und abzuspeichern:

- Druckverlust über die Anlage [Pa]
- Luftdurchsatz [m³/h]
- Pumpenlaufzeit (Umwälzung, Abschlämmung) [h]
- Berieselungsmenge [m³/h]
- Gesamtfrischwasserverbrauch der Anlage [m³], kumulativ
- Abschlämmmenge [m³], kumulativ
- Roh- und Reingastemperatur [°C]
- pH-Wert [-] und elektrische Leitfähigkeit des Prozesswassers [mS/cm], jeweils als Halbstundenmittelwerte
- Stromverbrauch [kWh], kumulativ
- Verbrauch an Nitrifikationshemmer [kg], kumulativ

Des Weiteren sind Sprühbildkontrollen, Wartungs- und Reparaturzeiten, sowie Kalibrierungen der pH-Wertsonde zu erfassen. Nachweise über den Verbrauch von chemischen Betriebsstoffen (z.B. Säure, Antischaummittel) als Additive sind zu erbringen.

Diese Daten dienen dem Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebes der Abluftreinigungsanlage und wurden an der Referenzanlage überprüft.

Umweltsicherheit

Der Prüfungsbereich Umweltsicherheit umfasste eine Beurteilung eventueller, für den Anlagenbetrieb nötiger Betriebsstoffe wie Säuren und Alkalien bzw. Nitrifikationshemmern, der stofflichen Verwertung anfallender Betriebsabfälle, hier beispielsweise das abgeschlämmte Prozesswasser, sowie die Demontage und Entsorgung von Anlagenteilen. Außerdem wurde geprüft, in welche Verantwortungsbereiche diese Aspekte fallen.

Sicherheitsaspekte

Zur Beurteilung der Anlagensicherheit wurde die Übereinstimmung der Anlage mit den aktuell gültigen Vorschriften in den Bereichen Feuer- und Anlagensicherheit kontrolliert.

Die Testergebnisse im Detail

Staub

Die eingesetzte Minderungstechnik (Rieselbettfilter) konnte zusammen mit der Vorbedüsung die Anforderungen an den DLG-Prüfrahmen einhalten.

Im Winter wurden insgesamt zwei Gesamtstaub- und zwei Feinstaubmessungen (PM_{10} und $PM_{2,5}$) durchgeführt. Im Sommer fanden ebenfalls zwei Gesamtstaubmessungen und zwei Feinstaubmessungen statt, wobei die Feinstaubmessungen unter Sommerbedingungen letztendlich nicht verwertet werden konnten. Während des Prüfzeitraumes wurde die Rohgaskonzentration unter hohen Luftvolumenströmen so verdünnt, dass keine validen Abscheidegrade ermittelt werden konnten.

Bei Gesamtstaub wurde ein Mindestabscheidegrad von 80,8 % (Winter) und 71,2 % (Sommer) gemessen. Es wurden zudem mindestens 83,3 % im Winter an Feinstaub PM_{10} abgeschieden.

Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche bei der Staubmessung mit dem Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM_{10} bewirken. Die Partikelfraktion $PM_{2,5}$ ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM_{10}.

Tabelle 3:
Messergebnisse zur Emissionsminderung (Gesamt- und Feinstaub) an der Abluftreinigungsanlage der Firma Möller

		Wintermessung		Sommermessung	
Datum		**25.03.20**	**02.04.20**	**16.07.20**	**24.07.20**
Bemerkungen		– –	– –	– –	– –
Umgebungs-und Randbedingungen[1]					
rel. Außenluftfeuchte	[%rF]	44	47	52	64
Umgebungstemperatur	[°C]	11,0	11,6	21,4	23,5
Rohgas-/Reingasfeuchte	[%rF]	63/99	69/98	75/97	80/96
Rohgas-/Reingastemperatur	[°C]	18,6/12,6	18,9/14,5	22,1/21,0	23,5/17,2
Tierzahl im Stall	[Stck]	1.104	1.102	970	1.100
Mittleres Tiergewicht	[kg]	77,5	77,5	77,5	77,5
Luftvolumenstrom gesamt	[m³/h]	20.930	19.640	71.110	70.600
Druckverlust ARA	[Pa]	1	2	8	12
Druckverlust Stall+ARA	[Pa]	14	18	44	46
Gesamtstaub (normiert)					
Rohgas	[mg/m³]	1,5	1,8	0,5	0,4
Reingas	[mg/m³]	0,3	0,3	0,1	0,1
Abscheidegrad[2]	[%]	80,8	85,5	77,5	71,2
mittlerer Abscheidegrad[2]	[%]	83,2		74,4	
Mindestabscheidegrad	[%]	80,8		71,2	
Feinstaub $PM_{10}/PM_{2,5}$ (normiert)					
Rohgas $PM_{10}/PM_{2,5}$	[mg/m³]	0,7/0,5	0,6/0,4	– –[3]	– –[3]
Reingas $PM_{10}/PM_{2,5}$ [mg/m³]	[mg/m³]	0,1/0,1	0,1/0,1	– –[3]	– –[3]
Abscheidegrad $PM_{10}/PM_{2,5}$[2]	[%]	85,7/80,0	83,3/75,0	– –[3]	– –[3]
mittlerer Abscheidegrad $PM_{10}/PM_{2,5}$[2]	[%]	84,5/77,5		– –[3]	
Mindestabscheidegrad $PM_{10}/PM_{2,5}$	[%]	83,3/75,0		– –[3]	

[1] Die Messdaten wurden zum Zeitpunkt der Staubmessung erhoben.
[2] Mögliche Abweichungen ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten.
[3] Aufgrund niedriger Rohgaskonzentrationen konnten für Feinstaub im Sommer keine Werte generiert werden.

Ammoniak

Eine mindestens den Anforderungen entsprechende Ammoniakabscheidung am „Bactus“ kann nur sichergestellt werden, wenn das Prozesswasser bei einem maximalen Leitwert von 20 mS/cm automatisch abgeschlämmt und der pH-Wert im Wasser bei 6,8 bis 7,1 eingeregelt wird.

Es lagen im Winter 1619 und im Sommer 1816 Wertepaare als Halbstundenmittelwerte zur Bewertung vor. Die regelmäßige Überprüfung der Ammoniakkonzentration auf Tierhöhe ergab kaum Auffälligkeiten. Einige wenige Überschreitungen von mehr als 20 ppm im Winter waren nur kurzzeitig aufgrund von Tieraktivitäten zu beobachten. Durchschnittlich betrug die Ammoniakkonzentration 12,1 ppm. Im Sommer gab es keine Überschreitungen der TierSchNutztV.

In der Wintermessung wurde ein Mindestabscheidegrad von 83,5 % gemessen. Im Sommer wurden immer mindestens 83,9 % erreicht.

In Bild 3 sind die Ammoniakkonzentrationen am Beispiel der Sommermessung grafisch dargestellt. Hierbei wurden alle Messwerte korrigiert, d.h. Werte unter 1,0 ppm wurden auf 1,0 ppm angehoben. Dies betrifft fast alle Reingasmesswerte, deshalb wurde die Grafik in Bild 3 entsprechend dargestellt.

An allen Messtagen wurden immer mindestens 70 % abgeschieden. Eine wirkungsvolle Abscheidung des Ammoniaks bei einstreulosen Schweinehaltungsverfahren und ordnungsgemäßem Betrieb ist somit bei den beschriebenen Betriebsbedingungen sichergestellt.

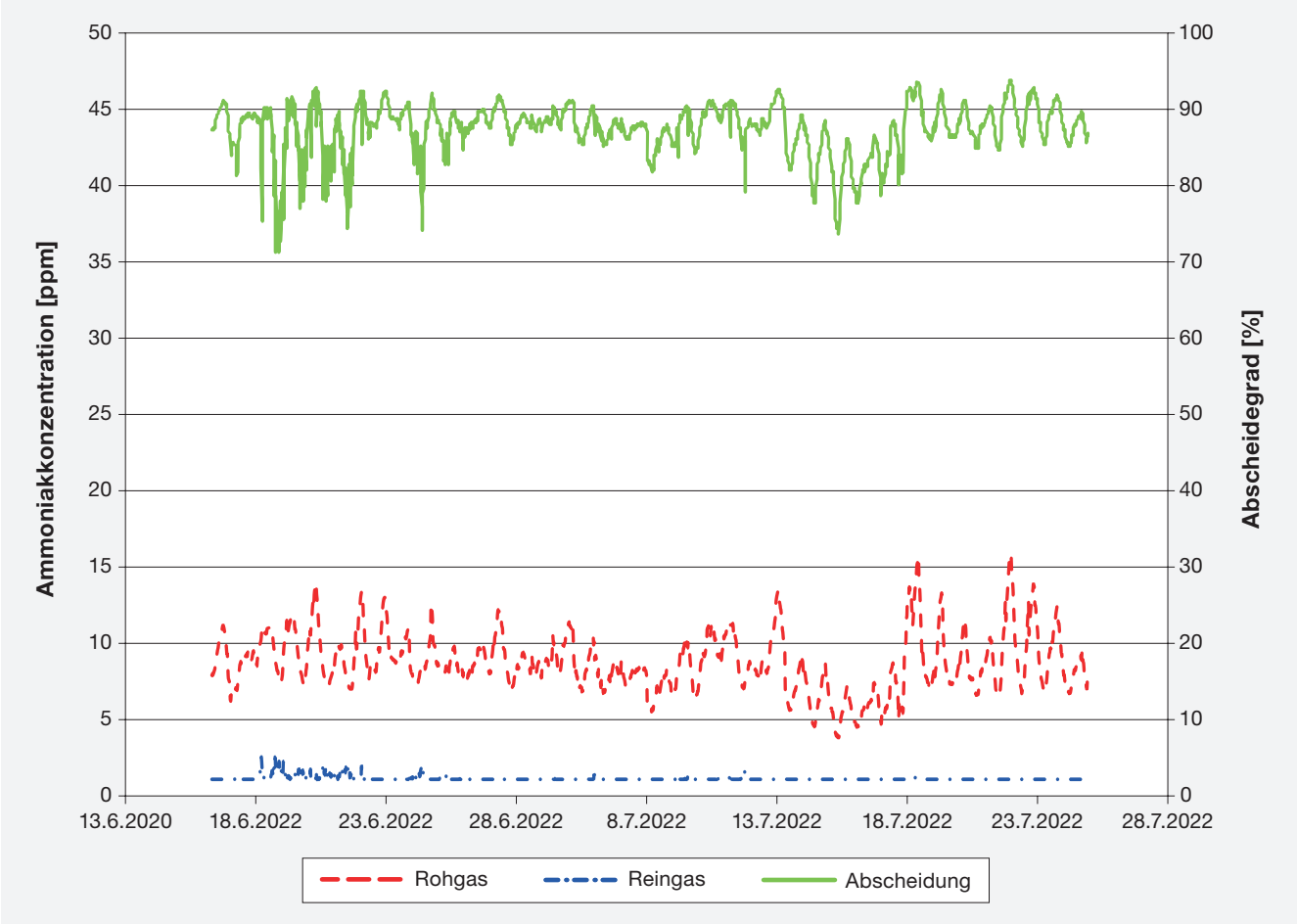


Bild 3:
Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniakkonzentrationen im Roh- und Reingas (Sommermessphase)

Geruch

Da es sich bei der Prüfung um die Nachmessung eines bestehenden, aber überarbeiteten Systems handelte, hat sich die DLG-Prüfungskommission einstimmig für ein reduziertes Messprogramm entschieden. Sowohl im Winter als auch im Sommer wurden jeweils zwei Messtermine festgelegt.

Bei Rohgaskonzentrationen von bis zu 1390 GE/m³ im Winter und bis zu 1642 GE/m³ unter Sommerbedingungen wurden an allen vier Messtagen 300 GE/m³ im Reingas unterschritten. Rohgasgeruch wurde nie wahrgenommen (kRw).

Bei einer dritten Messung im Winter wurde aufgrund von ungeplanten Güllerührvorgängen unter dem Zentralgang bis zu 3000 GE/m³ im Rohgas gemessen. An diesem Tag wurden 300 GE/m³ im Reingas überschritten und im Reingas wurde zudem Rohgas wahrgenommen. Die Anforderungen an die Geruchsminderung (≤ 300 GE/m³ und kRw) sind im Standardbetrieb der Schweinehaltung einzuhalten. Bei dem Aufrühren von Gülle im Güllekeller oder der Entleerung des Güllekellers können kurzzeitig erhöhte Geruchsemissionen auftreten, die nur teilweise von der Abluftreinigungsanlage beseitigt werden können. Deren vollständige Reinigung würde deutlich längere Verweilzeiten und damit entsprechend größere Abluftreinigungsanlagen erforderlich machen, die aber angesichts der Kürze ihres Auftretens auch wirtschaftlich unverhältnismäßig wären.

Insgesamt wurden die Kriterien des DLG-Prüfrahmens eingehalten (≤ 300 GE/m³ und kRw). Bei allen Proben hat das Probandenkollektiv oder eine Mehrheit des Probandenkollektives keinen Rohgasgeruch im Reingas wahrgenommen.

Die Ergebnisse der im Rahmen des DLG-Prüfverfahrens genommenen Geruchsproben sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4:
Messergebnisse zur Emissionsmessung (Geruch) am „Bactus“ der Firma Möller

		Winter		Sommer	
Datum		**02.03.20**	**24.03.20**	**26.06.20**	**03.07.20**
Bemerkungen		– –	– –	– –	– –
Bedingungen[1]					
rel. Außenluftfeuchte [%rF]	[%rF]	76	41	40	70
Umgebungstemperatur	[°C]	4,0	-2,0	22,0	18,7
Rohgas-/Reingasfeuchte	[%rF]	68/99	60/99	68/99	68/99
Rohgas-/Reingastemperatur	[°C]	16,8/11,0	21,4/13,0	22,8/20,2	21,6/– –[2]
Tierzahl im Stall	[Stck]	1.002	1.107	777	1.022
Mittleres Tiergewicht	[kg]	77,5	77,5	77,5	77,5
Luftvolumenstrom gesamt	[m³/h]	12.030	11.570	63.630	44.780
Filterflächenbelastung	[m³/(m²·h)]	251	241	1.326	933
Geruch[3]					
Rohgas	[GE/m³]	1.126	1.390	1.366	1.642
Reingas	[GE/m³]	265	238	181	254
Rohgas-Geruchsmassenstrom	[Mio GE/h]	13,5	16,1	86,9	73,5
Reingas-Geruchsmassenstrom	[Mio GE/h]	3,2	2,7	11,5	11,4
spez. Geruchsmassenstrom Rohgas	[GE/(GV·s)]	24	26	200	129
spez. Geruchsmassenstrom Reingas	[GE/(GV·s)]	6	4	27	20
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?		nein	nein	nein	nein

[1] Alle Daten wurden zum Zeitpunkt der Geruchsmessung erhoben.
[2] Zum Messzeitpunkt sind keine Daten verfügbar.
[3] Angegeben ist der geometrische Mittelwert aus drei Einzelmessungen.

Aerosolaustrag

Die Ergebnisse der Aerosolmessungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Es wurde im Winter und im Sommer jeweils eine Messung durchgeführt.

Der Aerosolaustrag wurde messtechnisch nur auf den Ammonium-N-Anteil hin untersucht. Hier wurden in allen Messungen 0,1 mg N/m³ gemessen. Durch eine nachträgliche Analyse des Umlaufwassers konnte festgestellt werden, dass der Ammonium-N-Anteil des Aerosolaustrages etwa 60 % des gesamten Stickstoffs im Aerosol ausmacht, wodurch ein kalkulierter Gesamtstickstoffanteil von etwa 0,2 mg N/m³ für alle Messungen angegeben werden kann. Der im DLG-Prüfrahmen angegebenen Grenzwert von 0,5 mg N/m³ wurde also an jedem Messtag deutlich unterschritten.

Tabelle 5:
Ergebnisse des Aerosolaustrages an der Abluftreinigungsanlage der Firma Möller

		Wintermessung	Sommermessung
Datum		**02.04.2020**	**16.07.2020**
Luftvolumenstrom	[m³/h]	21.900	71.160
Ammoniak mit Aerosol	[mg/m³]	1,0	0,8
Ammoniak ohne Aerosol	[mg/m³]	0,9	0,7
NH_4-Aerosolaustrag	[mg/m³]	0,1	0,1
N-Aerosolanteil[1]	[mg/m³]	0,2	0,2

[1] Im Rahmen der Messung wurde als Analysenparameter zunächst nur die NH_4-Konzentration im Wasser herangezogen. Da es sich um einen biologischen Betrieb handelt, müssen jedoch auch zusätzlich noch die NO_2- und NO_3-Gehalte im Aerosol berücksichtigt werden. Hierzu wurde nachträglich die Analyse des Umlaufwassers herangezogen und mit dem Aerosolaustrag verrechnet. Dies ist mit hinreichender Genauigkeit möglich. Der NH_4-N-Anteil liegt bei etwa 60 % bezogen auf den Gesamt-N-Anteil. Somit kann mit hinreichender Genauigkeit ein Konzentrationswert von 0,2 mg N/m³ (Winter bzw. Sommer) abgeschätzt werden. Die Anforderungen an den DLG-Prüfrahmen konnten somit eingehalten werden.

Stickstoffbilanz/N-Entfrachtung

Die Ergebnisse der Stickstoffbilanz und der sich ergebenden N-Entfrachtung sind in Tabelle 6 angegeben.

In der Sommermessung ergab sich eine Wiederfindungsrate des Stickstoffs von 98,3 %. Im Rahmen der Messgenauigkeit liegt die Bilanz in einem sehr guten Bereich.

Im Waschwasser der Sommermessung wurden 70,5 % an Stickstoff wiedergefunden.

Die Werte sind plausibel und zeigen einen insgesamt stabilen und funktionssicheren Anlagenbetrieb.
Die N-Bilanzierung im Winter ergab keine plausiblen Ergebnisse. Es wurde ein höherer N-Austrag mit der Abschlämmung gemessen als NH_3-N mit dem Rohgas eingetragen wurde.

Für diesen Befund sind folgende Ursachen denkbar:

- Ungenauigkeiten bei den Volumenstrommessungen im Winter an dieser Anlage (Einbausituation der Messventilatoren, höhere Schwankungen bei insgesamt geringen Luftvolumenströmen)
- Ungenaue Erfassung des Volumens der Sumpftasse (Füllstand) und der Abschlämmung bei der Wintermessung

Da die Sommerbilanzierung plausible Ergebnisse erbrachte und eine Wiederholung der Wintermessung nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich gewesen wäre, wurde im vorliegenden Fall auf eine Wiederholungsmessung verzichtet.

Tabelle 6:
Ergebnisse der Abscheideleistung des eingetragenen Stickstoffs am „Bactus“ der Firma Möller

		Sommermessung
Messzeitraum		**26.06.20 bis 24.07.2020**
NH_3-N Rohgas-Eintrag	[kg]	201,35
NH_3-N Reingas-Austrag	[kg]	55,91
Differenz	[kg]	145,44
pH-Wert[1]	[-]	6,5…7,7
Leitfähigkeit[1]	[mS/cm]	13,9 - 20,4
N-Umlaufwasser-Austrag	[kg]	4,58
N-Abschlämmung-Austrag	[kg]	137,35
N-Austrag Wasser	[kg]	141,928
Wiederfindungsrate N	[%]	98,3
N-Entfrachtung[2]	[%]	70,5

[1] Die Daten des pH-Wertes und der Leitfähigkeit wurden aus dem EBTB entnommen. Vom 11. bis 13.07.2020 kam es zu einem vorübergehenden Ausfall des Leitfähigkeitssensors.
[2] Die N-Entfrachtung wurde ohne Berücksichtigung des Aerosolaustrages berechnet.

Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung

Die im Prüfbericht (Tabelle 1) angegebenen Verbrauchswerte pro Messzeitraum (Winter/Sommer) sind auf Jahresverbrauchswerte (365 Tage) normiert, um einen Vergleich mit Daten anderer Hersteller zu ermöglichen. Da sich diese zum Teil deutlich unterscheiden (Winter-/Sommerunterschiede) wird nachfolgend nur auf den durchschnittlichen Verbrauch (Mittelwert der Verbrauchsdaten Winter und Sommer) eingegangen. Die Umrechnung auf die Verbräuche pro Tierplatz und Jahr (TP · a) beziehen sich auf den genehmigten Tierbestand von 1.100 Mastschweinen an der Referenzanlage.

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch richtet sich nach der Abschlämmrate und der Verdunstung. Je mehr abgeschlämmt wird und je mehr verdunstet, desto mehr Frischwasser muss zugegeben werden, um die Prozesswassermenge im System konstant zu halten. Die Abschlämmrate richtet sich nach dem Stickstoffeintrag über den Abluftstrom sowie dem Grenzwert für die maximale Leitfähigkeit im Prozesswasser. Dieser lag bei 20 mS/cm. Aus dem Wasservorlagebecken wurden im Prüfzeitraum gemittelt 1,5 m³ pro Tag abgeschlämmt. Im Jahresmittel fallen 0,543 m³ pro Tierplatz an Abschlämmwasser an.

Der Gesamtverbrauch an Frischwasser lag bei 3,8 m³/d bzw. 1,42 m³/(TP·a). Das Frischwasser wurde direkt im Wasservorlagebecken zugegeben.

Der Anfall an Abschlämmwasser sowie der Frischwasserverbrauch entsprechen üblichen Werten an vergleichbaren Anlagen.

Verbrauch an elektrischer Energie

Der größte elektrische Verbraucher der Abluftreinigungsanlage „Bactus“ ist die kontinuierlich betriebene Umwälzpumpe. Im Stallbereich sind die Ventilatoren die größten Verbraucher. Im Referenzbetrieb wurden drei druckstabile Abluftventilatoren eingesetzt. Alle Ventilatoren waren an einem Frequenzumformer angeschlossen, um die Drehzahl der Ventilatoren an den zu fördernden Abluftvolumenstrom anzupassen.

Die maximal ermittelten Druckverluste über das Reinigungssystem lagen bei 10 Pa für die Füllkörperpackung und 5 Pa über den Tropfenabscheider, zusammen also 15 Pa über die Abluftreinigungsanlage. Einschließlich Stall und Abluftreinigungsanlage wurde ein maximaler Druckverlust von 63 Pa gemessen. Somit müssen die Ventilatoren mit mindestens 70 Pa für den Betrieb des Stalles und der Abluftreinigungsanlage ausgelegt werden. Am geprüften Standort waren die Ventilatoren etwas zu knapp bemessen.

Im Jahresmittel wurden insgesamt 44,1 kWh pro Tag für die Ventilation verbraucht. Bezogen auf Tierzahl und Jahr sind dies 16,8 kWh. Hierbei ist zu beachten, dass im Sommer deutlich mehr an elektrischer Energie verbraucht wurde.

Der Verbrauch an elektrischer Energie, die für die Abluftreinigungsanlage angefallen ist, lag im Jahresdurchschnitt bei 68,5 kWh pro Tag, was umgerechnet 25,3 kWh/(TP·a) entspricht. Hier ist zu erwähnen, dass im Sommer etwas mehr Strom verbraucht wurde, da die Anlage im Winter noch mit leicht geringerer Berieselungsdichte betrieben wurde. Der spezifische Energieverbrauch kann mit steigender Anlagengröße sinken.

Sonstige Verbrauchswerte

Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Wert-Regelung bei 6,8 bis 7,1 sowie einer Abschlämmung bei maximal 20 mS/cm möglich. Daher muss an der Anlage eine automatische Säuredosierung sowie eine Leitfähigkeitserfassung in allen Reinigungsstufen ordnungsgemäß installiert und betrieben werden. Zur Absenkung des pH-Wertes wurde an der Referenzanlage Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96 % eingesetzt.

Im Jahresdurchschnitt wurde ein Säureverbrauch von 5,8 kg/d gemessen, was umgerechnet 2,21 kg/(TP·a) entspricht.

Um ein Abfallen des pH-Wertes unter 6,8 zu verhindern, muss an der Anlage ein Nitrifikationshemmer eingesetzt werden. An der Referenzanlage wurde N-Lock mit dem Wirkstoff Nitrapyrin (Massenteil 17,7 %) eingesetzt.

In der Prüfung konnte im Winter kein Verbrauch an N-Lock festgestellt werden. Im Jahresmittel wurden 16,9 g/d des Wirkstoffes Nitrapyrin verbraucht. Bezogen auf Tierplatz und Jahr wären dies 6,7 g.

Im Vergleich zu anderen Anlagen ist dies relativ niedrig. Wenn man die vorhandenen Lieferscheine im Prüfungszeitraum zu Grunde legt, kommt man auf einen Jahresdurchschnittswert von 16,4 g Nitrapyrin/(TP·a), was realistischer erscheint.

Anstelle des N-Lock als Nitrifikationshemmer können ggfs. auch andere Stoffe eingesetzt werden. Da diese nicht geprüft wurden, kann über deren Verwendung und deren Verbrauchsmenge keine Aussage gemacht werden.

Betriebssicherheit und Haltbarkeit

Im Prüfungszeitraum wurden an der Anlagentechnik keine nennenswerten Störungen festgestellt.
Auch an der gesamten Abluftreinigungsanlage sind während der Prüfung keine nennenswerten Schäden oder Verschleißerscheinungen aufgetreten.

Der Korrosionsschutz der einzelnen Anlagenteile erscheint, soweit während der Prüfungsdauer zu beobachten war, ausreichend dauerhaft. Die Anlage ist als Komplettsystem fast vollständig aus Kunststoff (Ausnahme: GfK Unterzug aus Edelstahl) hergestellt.

Die Haltbarkeit konnte nur über die Dauer der Prüfung (Messzeitraum) beobachtet werden. Eine Umfrage bei Betreibern ähnlicher Anlagen fand nicht statt, da es sich hierbei um ein Pilotprojekt handelte.

Betriebsanleitung, Handhabung und Arbeitszeitbedarf, Wartungsaufwand

Die Betriebsanleitung ist umfassend und erklärt die Anlage eingehend. In Verbindung mit der Dokumentation erfährt der Betreiber, welche Arbeiten er an der Anlage in täglichem, wöchentlichem und jährlichem Turnus durchzuführen hat. Um die Bedienung besser verständlich zu machen, finden sich im Bedienungshandbuch Fotos der Anlagenteile.

Zur Bedienung der Anlage ist es erforderlich, sich einer Unterweisung durch den Hersteller zu unterziehen und sich mit der Bedienungsanleitung vertraut zu machen.

Nach erfolgter Inbetriebnahme und ausreichender Einlaufphase ist die Handhabung der Anlage dagegen als einfach anzusehen, da die Abluftreinigungsanlage im Regelbetrieb vollautomatisch läuft. Lediglich eine tägliche Kontrolle der Betriebsdaten und eine wöchentliche Kontrolle der gesamten Abluftreinigungsanlage einschließlich der Düsen sind durchzuführen.

Bei Fehlermeldungen der Steuerung sind in der Bedienungsanleitung jeweils Anweisungen zur Kontrolle der jeweiligen Anlagenteile beschrieben. Zur Vereinfachung der Handhabung und zur Verringerung des Arbeitszeitbedarfs empfiehlt sich der Abschluss eines Wartungsvertrages mit dem Hersteller.

Die Düsen müssen bei ungleichmäßigem Sprühbild gereinigt oder ausgetauscht werden. Eine wöchentliche Kontrolle ist daher notwendig. Diese Tätigkeit muss im manuellen Betriebstagebuch vermerkt werden.

Dokumentation

Das elektronische Betriebstagebuch ermöglicht eine regelmäßige und den Anforderungen entsprechende Aufzeichnung der für den sicheren Anlagenbetrieb erforderlichen Daten, die als Halbstundenmittelwerte (pH-Wert und Leitfähigkeit) bzw. Halbstundenwerte abgespeichert werden müssen. Die Aufzeichnung erfolgt automatisch und die Daten müssen über 5 Jahre gespeichert werden. Diese Daten können durch den Betreiber, den Hersteller, aber auch durch Behörden per Fernwartung oder mittels USB-Anschluss ausgelesen und in ein gängiges Tabellenformat überführt werden. Eine detaillierte Darstellung der aufgezeichneten Daten findet sich in Tabelle 7.

Wenn Stallentlüftung und Abluftreinigungsanlage von unterschiedlichen Herstellern installiert werden, werden seitens des Herstellers der Abluftreinigung die Lüftungsdaten als Kennlinie aufgenommen und ebenfalls in die Steuerung der Abluftreinigung zur Regelung integriert. Die maximale Lüfterleistung wird in der Steuerung gleich 100 % gesetzt. Eine Anpassung in einem weiteren Leistungsbereich erfolgt jedoch nicht. Da der Luftdurchsatz gemäß Prüfrahmen und den Anforderungen der TA Luft (Kapitel 5.4.7.1) absolut in m³/h angegeben werden soll, muss vor Inbetriebnahme eine Kennlinie der gesamten Lüftungsanlage (Stall plus Abluftreinigung) aufgenommen werden und in das elektronische Betriebstagebuch eingepflegt werden. Die Kennlinie sollte aus mindestens fünf unterschiedlichen Stützstellen zwischen einer Luftrate von 0 und 100 % bestehen.

Tabelle 7:
Erfüllung der Anforderung an das elektronische Betriebstagebuch der Abluftreinigungsanlage „Bactus“

	voll erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkungen
Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage	X		wird über einen Differenzdrucksensor erfasst
Luftdurchsatz Abluftreinigungsanlage	X		wird über eine Lüfterkennlinie (0-10V Signal) umgerechnet und gespeichert
Pumpenlaufzeit	X		kann über die Pumpenleistung abgelesen werden
Berieselungsintervalle und Berieselungsmenge	X		wird über einen Durchflusszähler erfasst und gespeichert
Frischwasserverbrauch des Filters	X		wird über einen Durchflusszähler bzw. Wasseruhr erfasst und gespeichert
Abgeschlämmte Wassermenge	X		wird über einen Durchflusszähler erfasst und gespeichert
Roh- und Reingastemperatur	X		es werden Roh- und Reingastemperatur über Thermofühler aufgezeichnet
Sprühbildkontrolle	X		wird in einen Datenlogger manuell eingetragen
Wartungs-und Reparaturzeiten	X		wird in einen Datenlogger manuell eingetragen
pH-Wert und Leitfähigkeit im Prozesswasser	X		werden über entsprechende Sensoren erfasst und gespeichert
Kalibrierung der pH-Wert-Sensoren	X		wird in einen Datenlogger manuell eingetragen
Säureverbrauch	X		das Gewicht des Säuretanks wird über eine Waage erfasst und gespeichert
Verbrauch an Nitrifikationshemmern	X		das Gewicht des eingesetzten Nitrifikationshemmers wird über eine Waage erfasst und gespeichert
Verbrauch an weiteren Additiven	X		werden über Einkaufsbelege nachgewiesen
elektr. Stromverbrauch ARA	X		wird über einen Stromzähler erfasst und gespeichert

Umweltsicherheit

Das abgeschlämmte Prozesswasser (pH-Wert 6,8 bis 7,1) aus dem Wasservorlagebecken unterliegt der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1 = schwach wassergefährdend) und kann in einem Güllebehälter oder im Stall zwischengelagert werden. Der Lagerzeitraum richtet sich nach der aktuellen Düngeverordnung, die den Lagerzeitraum von Flüssigmist vorschreibt. Die Verwertung erfolgt nach guter fachlicher Praxis auf landwirtschaftlichen Nutzflächen gemäß Düngeverordnung.

Eine pflanzenbedarfsgerechte landwirtschaftliche Verwertung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes ist aus fachlicher Sicht sinnvoll.

Die Demontage und Entsorgung sonstiger Anlagenteile kann laut Hersteller durch anerkannte Verwertungsbetriebe erfolgen.

Für den Anlagenbetrieb werden Säure und Nitrifikationshemmer benötigt. Der Umgang mit diesen Chemikalien ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers zu erklären und gemäß den EG-Sicherheitsdatenblättern für 96 %ige Schwefelsäure und Nitrifikationshemmer durchzuführen und liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers. Beim Umgang mit Nitrifikationshemmern (WGK 3 = stark wassergefährdend) sind die Herstellerhinweise zu beachten und die Vorgaben der AwSV zu berücksichtigen. Alle dazugehörigen Sicherheitseinrichtungen (Augendusche, Ganzkörperdusche, Schutzkleidung) sind vorzuhalten. Eine Säurevorlage in Form eines IBC-Containers ist empfehlenswert.

Sicherheitsaspekte

Die Feuersicherheit ist über ein entsprechendes Brandschutzkonzept nachzuweisen, welches vom Betreiber i.V.m. dem Hersteller zu erstellen und dem Bauantrag beizufügen ist.

Die Maschinen- und Anlagensicherheit des beschriebenen Abluftwäschers der Firma Möller wurde bei der Erstprüfung im Jahr 2005 durch die Deutsche Prüfstelle für Land- und Forsttechnik (DPLF) begutachtet. Gegen die Verwendung der Anlage bestehen aus arbeitssicherheitstechnischer Sicht keine Bedenken. Bis auf die Zugabe von Nitrifikationshemmern und einigen steuerungstechnischen Anpassungen ist der Abluftwäscher baulich mit der im Jahre 2005 geprüften Anlage identisch.

Fazit

Das Abluftreinigungssystem „Bactus“ der Firma Möller GmbH eignet sich zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak (einschließlich Stickstoff-Entfrachtung) und Geruch aus dem Abluftstrom von einstreulosen Schweinehaltungsanlagen mit Oberflurentlüftung und Standardfuttereinsatz.

Das System wird im Druckprinzip betrieben. In der Prüfung betrug der Abstand zwischen Füllkörperpackung und Tropfenabscheider 6,5m. Unter Einhaltung aller verfahrenstechnischen Parameter kann dieser Abstand in der Praxis auch reduziert werden (Abstand mindestens 2m bei symmetrisch angeordnetem Tropfenabscheider).

Für eine sichere Anlagenfunktion darf die Filterflächenbelastung von maximal 1.980 $m^3/(m^2 \cdot h)$ nicht überschritten werden. Der pH-Wert im Umlaufwasser des Rieselbettfilters muss auf 6,8 bis 7,1 eingeregelt sein und die Leitfähigkeit darf 20 mS/cm nicht überschreiten.

Bei Einhaltung der beschriebenen, verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderungen des DLG-Prüfrahmens zur Staub-, Ammoniak- und Geruchsreduktion eingehalten und zum Teil übertroffen.

Die anerkannten Mindestabscheideleistungen für Gesamtstaub liegen bei 80,8 % im Winter und 71,2 % im Sommer. Feinstaub PM_{10} wird im Winter zu 83,3 % reduziert. Im Winter liegt der Mindestabscheidegrad für Ammoniak bei 83,5 % und im Sommer bei 83,9 %. Stickstoff wird zu 70,5 % (Sommerwert) entfrachtet. Geruch wurde immer auf maximal 300 GE/m^3 im Reingas reduziert. Rohgasgeruch wurde nie wahrgenommen.

Weitere Informationen

Prüfungsdurchführung

DLG TestService GmbH, Standort Groß-Umstadt

Die Prüfungen werden im Auftrag des DLG e.V. durchgeführt.

Labor- und Emissionsmessungen

SGS Institut Fresenius GmbH,
Im Paesch 1a, 54340 Longuich

BUB Braunschweiger Umwelt-Biotechnologie GmbH,
Hamburger Straße 273 a, 38114 Braunschweig

DLG-Prüfrahmen

DLG-Gesamtprüfung
„Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen“
(Stand 03/2016)

Fachgebiet

Landwirtschaft

Projektleiter

Dr. Ulrich Rubenschuh

Prüfingenieur(e)

Dipl.-Ing. (FH) Tommy Pfeifer*

Prüfungskommission

Friedrich Arends, LWK Niedersachsen
Christian Dohrmann, Landwirt
Doris Düsing, LK Cloppenburg
Bernhard Feller, LWK Nordrhein-Westfalen
Ewald Grimm, KTBL Darmstadt
Dr. Jochen Hahne, TI Braunschweig
Andreas Schlichting, TÜV Nord Hamburg
Thomas Üffing, Landwirt

* Berichterstatter

DLG. Offenes Netzwerk und fachliche Stimme.

Die DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1885 von Max Eyth gegründet, ist eine Fachorganisation der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Leitbild ist der Wissens-, Qualitäts- und Technologietransfer zur Förderung des Fortschritts. Dabei fungiert die DLG als offenes Netzwerk und fachliche Stimme in der Agrar- und Ernährungswirtschaft.

Als eine der führenden Organisationen ihrer Branche organisiert die DLG internationale Messen und Veranstaltungen in den Kompetenzfeldern Pflanzenbau, Tierhaltung, Land- und Forsttechnik, Energieversorgung und Lebensmitteltechnologie. Ihre Qualitätsprüfungen für Lebensmittel sowie Landtechnik und Betriebsmittel erfahren weltweit hohe Anerkennung.

Ein weiteres wichtiges Leitmotiv der DLG ist es seit über 130 Jahren den Dialog zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft über Fach- und Ländergrenzen hinweg zu fördern. Als offene und unabhängige Organisation erarbeitet ihr Expertennetzwerk mit Praktikern, Wissenschaftlern, Beratern, Fachleuten aus Verwaltung und Politik aus aller Welt zukunftsorientierte Lösungen für die Herausforderungen der Agrar- und Ernährungswirtschaft.

Test-Kompetenz in Agrartechnik und Betriebsmitteln

Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel ist mit seinen Methoden, Prüfrahmen und Auszeichnungen führend in der Prüfung und Zertifizierung von Agrartechnik und Betriebsmitteln. Die Methoden und Testprofile sind praxisbezogen, herstellerunabhängig und von neutralen Prüfungskommissionen erarbeitet. Sie beruhen auf modernsten Mess- und Prüfverfahren, auch internationale Standards und Normen werden berücksichtigt.

Interne Prüfnummer DLG: 2209-0070
Copyright DLG: © 2022 DLG

DLG TestService GmbH
Standort Groß-Umstadt
Max-Eyth-Weg 1 • 64823 Groß-Umstadt
Telefon: +49 69 24788-600 • Fax: +49 69 24788-690
Tech@DLG.org • www.DLG.org

Download aller DLG-Prüfberichte kostenlos unter: www.DLG-Test.de