

DLG-Prüfbericht 7243

Big Dutchman International GmbH

# PURO-X für die eingestreute Schweinehaltung



**GESAMT-PRÜFUNG**  
**BIG DUTCHMAN**  
**ABLUFTREINIGUNGS-**  
**ANLAGE PURO-X**  
DLG-Prüfbericht 7243



## 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 Prüfergebnisse werden von einer unabhängigen Prüfungskommission in einem Prüfrahen 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 PURO-X der Firma Big Dutchman auf ihre Eignung zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak und Geruch aus dem Abluftstrom eingestreuter 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.

Für das neuartige eingestreuete Haltungsverfahren mit der erhöhten Wärmeproduktion aus der Mistmatratze wurde abweichend von der DIN 18910 eine Mindestluftfrate von 125 m<sup>3</sup>/(Tier · h) festgelegt.



**GESAMT-PRÜFUNG**  
**BIG DUTCHMAN**  
**ABLUF TREINIGUNGS-**  
**ANLAGE PURO-X**

DLG-Prüfbericht 7243

## Beurteilung – kurz gefasst

Die Abluftreinigungsanlage PURO-X der Firma Big Dutchman ist ein dreistufiger, chemisch-biologisch arbeitender Abluftwäscher zur Abscheidung von Staub, Ammoniak und Geruch in der eingestauten Schweinehaltung. Nach einer Vorentstauung gelangt die Abluft in eine saure Waschstufe mit pH 3,3 und verlässt über Tropfenabscheider und die biologische Reinigungsstufe die Anlage.

Die Vorentstauung entfernt zunächst grobe und feine Staubpartikel aus der Abluft. In der chemisch arbeitenden Reinigungsstufe werden hauptsächlich Ammoniak und darüber hinaus Staubpartikel abgeschieden, die den Staubfilter noch passiert haben. Der Tropfenabscheider verhindert ein Austreten von größeren Wassertröpfchen (Aerosolen) in die nächste Stufe. Dort befindet sich die biologische Stufe, die die Geruchsstoffkonzentration im Abluftstrom reduziert.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage PURO-X im Winter einen Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub von 78,5 %, im Sommer 85,8 %.

Feinstaub PM<sub>10</sub> wurde im Winter zu mindestens 84,3 % und im Sommer zu mindestens 88,0 % zurückgehalten. In der chemischen Waschstufe wurden im Winter mindestens 88,7 % und im Sommer 74,1 % Ammoniak abgeschieden. Stickstoff konnte im Jahresmittel zu 78,3 % aus dem System entfernt werden. Sofern das Prozesswasser der Biostufe abweichend von der beschriebenen Anlage bei einer Leitfähigkeit von mehr als 5 mS/cm separat ausgeschleust und verwertet wird und zusätzlich die Frischwassereinspeisung der Biostufe auf maximal 20 % der Gesamtfrischwasserzugabe begrenzt wird, kann ein Mindestabscheidegrad von Ammoniak nach der Biostufe von 90,9 % (Winter) und 85,4 % (Sommer) angegeben werden. Im ordnungsgemäßen Betrieb wurden immer weniger als 300 GE/m<sup>3</sup> gemessen und kein Rohgas im Reingas wahrgenommen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1:

## Ergebnisse der Abluftreinigungsanlage PURO-X im Überblick

PRÜFKRITERIUM	ERGEBNIS	Bewertung*
<b>Ergebnisse der Emissionsmessungen</b>		
<b>Gesamtstaub</b> (gravimetrisch)		
Winter (5 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	78,5	■ ■ ■
Sommer (4 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	85,8	■ ■ ■ ■
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub></b> (gravimetrisch) <sup>[2]</sup>		
Winter (3 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	84,3	■ ■ ■ ■
Sommer (3 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	88,0	■ ■ ■ ■
<b>Feinstaub PM<sub>2,5</sub></b> (gravimetrisch) <sup>[2]</sup>		
Winter (3 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	96,4	k.B.
Sommer (3 Messungen), Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	98,1	k.B.
<b>Ammoniak</b> (jeweils 8 Wochen kontinuierlich gemessen)		
Winter, Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	88,7	■ ■ ■ ■
Sommer, Mindestabscheidegrad [%] <sup>[1]</sup>	74,1	■ ■ ■
<b>N-Entfrachtung</b>		
Jahresmittel [%]	78,3	■ ■ ■
<b>Geruch</b>		
Winter (8 Messungen)	< 300 GE/m <sup>3</sup> und k.R.w.	✓
Sommer (8 Messungen)	< 300 GE/m <sup>3</sup> und k.R.w.	✓
<b>Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr)<sup>[3]</sup></b>		
<b>Frischwasserverbrauch Chemostufe</b>		
Winter [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,42 / 0,33	k.B.
Sommer [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,52 / 0,35	k.B.
Jahresmittel [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,47 / 0,34	k.B.
<b>Frischwasserverbrauch Biostufe</b>		
Winter [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,42 / 0,34	k.B.
Sommer [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	1,30 / 0,87	k.B.
Jahresmittel [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,86 / 0,61	k.B.
<b>Frischwasserverbrauch gesamt</b>		
Winter [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,84 / 0,67	k.B.
Sommer [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	1,82 / 1,12	k.B.
Jahresmittel [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	1,33 / 0,95	k.B.
<b>Abschlämmvolumen (leitfähigkeitsgesteuert)<sup>[4]</sup></b>		
Winter [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,072 / 0,049	k.B.
Sommer [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,079 / 0,053	k.B.
Jahresmittel [m <sup>3</sup> /d] / [m <sup>3</sup> /(TP · a)]	0,076 / 0,051	k.B.
<b>Säureverbrauch</b> (bezogen auf 96%ige Schwefelsäure)		
Winter [kg/d] / [kg/(TP · a)]	12,6 / 8,5	k.B.
Sommer [kg/d] / [kg/(TP · a)]	13,0 / 8,7	k.B.
Jahresmittel [kg/d] / [kg/(TP · a)]	12,8 / 8,6	k.B.
<b>Elektrischer Energieverbrauch</b>		
<b>Abluftreinigung</b>		
Winter [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	57,0 / 38,3	k.B.
Sommer [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	55,3 / 37,0	k.B.
Jahresmittel [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	56,2 / 37,6	k.B.
<b>Ventilatoren</b>		
Winter [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	27,3 / 21,6	k.B.
Sommer [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	60,5 / 40,5	k.B.
Jahresmittel [kWh/d] / [kWh/(TP · a)]	43,9 / 31,1	k.B.

k.B. = keine Bewertung

\* Der DLG-Prüfrahmen gibt folgende Bewertungsmöglichkeiten 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] Der Mindestabscheidegrad bezüglich Staub ist der niedrigste Wert, der im Messzeitraum ermittelt wurde. Der Mindestabscheidegrad bezüglich Ammoniak ist der gemittelte Abscheidegrad abzüglich der Standardabweichung.

[2] 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<sub>10</sub> bewirken. Die Partikelfraktion PM<sub>2,5</sub> ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM<sub>10</sub>.

[3] 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. Die in der Tabelle angegebenen Verbrauchsdaten beziehen sich auf 546 Mastschweine. Für diese Anlage werden aber nur 440 Mastschweine zugelassen. Bei 440 Tieren werden sich die angegebenen Verbrauchszahlen um den Faktor 1,24 erhöhen.

[4] Es wurde immer bei einer Leitfähigkeit von max. 250 mS/cm abgeschlämt.

## Das Produkt

### Hersteller und Anmelder

Big Dutchman International GmbH, Auf der Lage 2, 49377 Vechta, Deutschland

Kontakt: [www.bigdutchman.de](http://www.bigdutchman.de), [big@bigdutchman.de](mailto:big@bigdutchman.de), Telefon +49 (0)4447-8010, Fax +49 (0)4447-801237

Produkt: Dreistufige Abluftreinigungsanlage PURO-X

### Zusätzlicher Vertrieb und Service

INNO+ BV, Maasbreeseweg 50, 5981 NB Panningen, Niederlande

Kontakt: Telefon +31 (0)77 465 7360, [info@inno-plus.nl](mailto:info@inno-plus.nl), [www.inno-plussystems.com](http://www.inno-plussystems.com)

### Beschreibung und Technische Daten

Die Abluftreinigungsanlage PURO-X ist ein dreistufiges System mit einer Vorentstaubung, einer chemischen Waschstufe und einer nachgeschalteten biologischen Reinigungsstufe zur Reinigung der Abluft aus den Ställen eingestreuter Schweinehaltung. Dieses System wird im Druckbetrieb gefahren.

Die Abluft gelangt aus dem Tierbereich in eine Vorkammer, wo eine erste grobe Entstaubung (Staubfilter StuffNix) stattfindet. Mittels Ventilatoren wird die Abluft dann über eine Gleichrichterfolie gedrückt, womit eine gleichmäßige Anströmung der Filterflächen gewährleistet werden soll. Direkt dahinter befindet sich die chemische Reinigungsstufe. Das angesäuerte Wasch- oder Prozesswasser wird hier mit pH 3,3 permanent im Kreis gefahren, wobei es aus dem Vorlagebecken abgepumpt und über den Füllkörpern verrieselt wird. In den Füllkörpern wird sowohl Staub als auch Ammoniak abgeschieden. Ammoniak reagiert hierbei zu Ammoniumsulfat und reichert sich als Salz im Waschwasser solange an, bis es durch die Abschlammung aus dem System ausgeschleust wird. Im Anschluss an die chemische Stufe wird die Abluft durch einen Tropfenabscheider gedrückt, der der Aerosolrückhaltung dient. In der dritten Stufe befindet sich eine 60 cm dicke Wurzelholzschüttung. Die biologische Stufe dient dem Abbau von Geruchsstoffen. Dieser erfolgt durch Mikroorganismen, die auf dem Biofiltermaterial immobilisiert sind. Anschließend verlässt die gereinigte Abluft den Wäscher und verteilt sich in der Umgebung.

Die Abluftreinigungsanlage PURO-X arbeitet im Druckprinzip, d.h. die Ventilatoren befinden sich im Sammelkanal bzw. in der Verbindungswand zwischen Tierbereich und Wäscher. Die Abluft wird somit durch die Abluftreinigungsanlage gedrückt. Die Ventilatoren werden synchron angesteuert, fördern also alle denselben Abluftstrom. Die Auslegung der Abluftreinigungsanlage darf eine maximale Filterflächenbelastung von  $2.850 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  nicht überschreiten.

Entgegen Tierhaltungsverfahren ohne Einstreu findet hier eine Vorentstaubung als erste Reinigungsstufe statt. Es handelt sich hierbei um ein Trockenstaubreinigungsverfahren (StuffNix), wobei kein Wasser oder sonstige Additive eingesetzt werden. Die Filterwand der Trockenentstaubung ist 7,20 m lang und 2,80 m hoch. Sie besteht aus Polypropylen (PP-H) und wird über die gesamte Wäscherbreite montiert. Sofern genügend Platz vorhanden ist, kann der Filter im Praxiseinsatz auch in Zick-Zack-Form verbaut werden, um eine größere Fläche zu erhalten. An der Referenzanlage wurde die Trockenfilterwand parallel zur Ventilatorwand installiert.

Die Trockenreinigungsstufe muss nach jedem Durchgang und bei Bedarf gereinigt werden. Zusätzlich zu anderen Verfahren ist zudem der Einbau einer Gleichrichterfolie (Maschenweite 7,0 mm x 7,0 mm) erforderlich, die eine homogene Anströmung der chemischen Reinigungsstufe gewährleisten soll.

Die zweite Reinigungsstufe (Chemostufe) hat keine separate Vorbedüsung. Das komplette Prozesswasser wird oben auf die Füllkörper aufgegeben und verteilt sich nach unten hin über die Oberfläche. Die spezifische Oberfläche der Füllkörperpackung von  $80 \text{ m}^2/\text{m}^3$  dient zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Stallabluft und Prozesswasser zur wirksamen Abscheidung von Ammoniak und Staub. Reinluftseitig ist nach der Chemostufe ein Tropfenabscheider verbaut, der die Rückhaltung von stickstoffhaltigen Aerosolen sicherstellt und Wasserverluste reduziert.

Pro Sektion (2,43 m Breite) sind 11 Tangential-Vollkegeldüsen an der Referenzanlage gleichmäßig verbaut, die einen feinen Wassernebel auf die Filterwand aufbringen und so für die Berieselung der Füllkörper sorgen. Die Umwälzpumpen sind mit einem Frequenzumformer ausgestattet und können auf den erforderlichen Volumenstrom eingestellt werden. Um ein Eindringen von Störstoffen zu minimieren, ist saugseitig an jeder Pumpe ein Filter verbaut, der Partikel bis 2 mm zurückhalten soll.

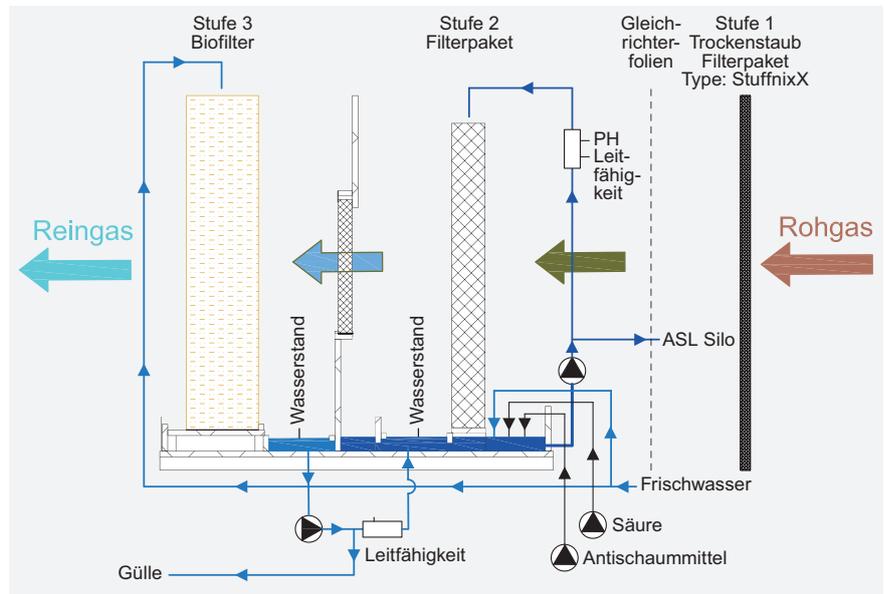


Bild 2: Funktionsbeschreibung Abluftreinigungsanlage PURO-X (Prinzipiskizze)

Um ein Ansteigen des pH-Wertes im Prozesswasser während des Betriebes zu verhindern, wird bei Überschreiten des maximal erlaubten pH-Wertes über eine Säuredosiertechnik Säure zur Absenkung des pH-Wertes zudosiert. Für einen ordnungsgemäßen Betrieb muss Säure in ausreichender Menge vorgehalten werden. Eine dauerhafte Säureversorgung muss sichergestellt sein.

Im Gegensatz zu biologisch arbeitenden Abluftreinigungsanlagen ist bei chemisch arbeitenden Systemen eine deutlich höhere Aufsalzung möglich. Sowohl in der Winter- als auch in der Sommermessung wurde jeweils bei einer Leitfähigkeit von 250 mS/cm ein Teil des Prozesswassers abgeschlämmt und in einen externen Behälter gepumpt. Dieser Vorgang erfolgt automatisiert über eine Tauchpumpe bei Erreichen des genannten Leitwertes. Die Waschwasserwanne wird anschließend über eine automatisch arbeitende Frischwasser-einspeisung bis zum Normfüllstand aufgefüllt.

Da es durch den Wäscherbetrieb auch zu erhöhten Wasserverdunstungen kommt, werden beide Verbrauchswerte (Frischwasser, Abschlämzung) im Elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) aufgezeichnet. Die Kontrolle des Wasserstandes wird mittels eines elektronischen Füllstandsensors durchgeführt, der eine Alarmmeldung an die SPS weiterleitet. Ein zusätzlich eingebauter Schwimmerschalter schützt die eingesetzten Umwälzpumpen vor dem Trockenlaufen.

Die nachgeschaltete, biologische Reinigungsstufe besteht aus gerissenem Wurzelholz mit einer Schichtdicke von 0,6 m, welche in einem Rahmengerüst bis auf eine Höhe von 3,17 m aufgefüllt ist. Dieses Wurzelholz wird in Abhängigkeit von Stall- und Umgebungsbedingungen zyklisch mit Düsen befeuchtet, die Frischwasser auf die Biostufe aufbringen.

Die Leitfähigkeit der biologischen Stufe muss permanent gemessen und im EBTB gespeichert werden. Bis zu einem Leitwert von 5 mS/cm kann das Wasser in das Vorlagebecken der Chemostufe zurückgeführt werden. Bei höheren Leitwerten muss das Wasser in einen externen Behälter abgepumpt werden, um Bildung von nitrosen Gasen zu verhindern.

Zur Sicherstellung der in Tabelle 1 beschriebenen Abscheideleistungen ist es erforderlich, dass die Abluftreinigungsanlage kontinuierlich betrieben wird.

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. Auf alle Anlagenteile, die keinem normalen Verschleiß unterliegen, wird eine Gewährleistung von zwei Jahren gegeben.

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

Tabelle 2:

## Verfahrenstechnische Parameter der Abluftreinigungsanlage PURO-X

<b>Merkmal</b>	<b>Ergebnis / Wert</b>	
<b>Beschreibung</b>	chemisch und biologisch arbeitendes System mit kontinuierlicher Befeuchtung	
<b>Eignung</b>	Reinigung von Abluft aus der eingestreuten Schweinehaltung durch Minderung von Geruch, Staub und Ammoniak	
<b>Dimensionierungsparameter Referenzanlage an 3 Sektionen (3 x 2,43 m Breite), maximale Luftrate: 55.062 m<sup>3</sup>/h, Werte gerundet<sup>[1]</sup></b>		
<b>Vorentstaubung (StuffNix)</b>		
Filterlänge / Filterhöhe	[m/m]	7,20 / 2,80
Anströmfläche <sup>[2]</sup>	[m <sup>2</sup> ]	20,16
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	0,76
maximale Filterflächenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	2.730
Abstand StuffNix – Ventilator	[m]	2,0
<b>Filterwand/Chemostufe</b>		
Filterlänge / Filterhöhe / Filterdicke	[m/m/m]	7,29 / 2,65 / 0,30
Anzahl der Tangential-Vollkegeldüsen		33
Anströmfläche / Filtervolumen	[m <sup>2</sup> ] / [m <sup>3</sup> ]	19,32 / 5,80
minimale Verweilzeit bei Sommerluftraten	[s]	0,38
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	0,79
maximale Filterflächenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	2.850
maximale Filtervolumenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]	9.500
Berieselungsdichte	[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	2,45
Abstand Ventilator – Filterwand	[m]	3,50
Abstand Filterwand – Tropfenabscheider	[m]	0,878
<b>Tropfenabscheider</b>		
Filterlänge / Filterhöhe / Filterdicke	[m/m/m]	7,29 / 0,76 / 0,12
Anströmfläche / Filtervolumen	[m <sup>2</sup> ] / [m <sup>3</sup> ]	5,54 / 0,66
minimale Verweilzeit bei Sommerluftraten	[s]	0,04
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	2,76
maximale Filterflächenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	9.930
maximale Filtervolumenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]	82.730
Abstand Tropfenabscheider – Biofilter	[m]	0,658
<b>Wurzelholz/Biostufe</b>		
Filterlänge / Filterhöhe / Filterdicke	[m/m/m]	7,29 / 3,05 / 0,60
Anströmfläche / Filtervolumen	[m <sup>2</sup> ] / [m <sup>3</sup> ]	22,23 / 13,34
minimale Verweilzeit bei Sommerluftraten	[s]	0,87
maximale Anströmgeschwindigkeit	[m/s]	0,69
maximale Filterflächenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	2.480
maximale Filtervolumenbelastung	[m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]	4.130
<b>Abschlammung Chemostufe</b>		
Fassungsvermögen Wasserspeicher	[m <sup>3</sup> ]	3,0
Abschlammrate am Referenzbetrieb Winter / Sommer	[m <sup>3</sup> /(TP·a)]	0,049 / 0,053
pH-Wert im Umlaufwasser	[-]	3,3
maximale Leitfähigkeit im Umlaufwasser	[mS/cm]	250
<b>Abschlammung Biostufe<sup>[3]</sup></b>		
Fassungsvermögen Wasserspeicher	[m <sup>3</sup> ]	1,87
maximale Leitfähigkeit im Umlaufwasser	[mS/cm]	5
<b>Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen (Mastschweinebetrieb, eingestreut, Rein-Raus-Verfahren)</b>		
Tierplätze	[Anzahl]	440
Einstallgewicht	[kg]	40
Ausstallgewicht	[kg]	120
maximal notwendige Sommerluftrate [m <sup>3</sup> /h] <sup>[1]</sup>	[m <sup>3</sup> /h]	55.062
max. inst. Luftleistung der Abluftreinigungsanlage bei 120 Pa <sup>[1]</sup>	[m <sup>3</sup> /h]	60.564
maximaler Druckverlust ARA bei 55.000 m <sup>3</sup> /h <sup>[4]</sup>	[Pa]	30
maximaler Druckverlust Biostufe bei 55.000 m <sup>3</sup> /h <sup>[4]</sup>	[Pa]	25
maximaler Druckverlust Stall+ARA bei 55.000 m <sup>3</sup> /h <sup>[5]</sup>	[Pa]	115
Anzahl der Lüfter	[Stck]	3
Nutzungsdauer des Biofiltermaterials	[Monate]	60

<b>Merkmal</b>	<b>Ergebnis / Wert</b>	<b>Bewertung*</b>
<b>Betriebsverhalten</b>		
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.
<b>Handhabung</b>		
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 soll mindestens zweimal im Jahr durchgeführt werden. Sie beinhaltet im Wesentlichen die Kalibrierung der eingesetzten Messtechnik und die Kontrolle des Sprühbildes der Füllkörperpackung. Neben der täglichen Kontrolle der Anlagensteuerung sind wöchentliche Sichtkontrollen durchzuführen. Diese Kontrollen sind zu dokumentieren.	k.B.
Reinigung der gesamten Anlage	Die Anlage ist mit einer Störmeldung ausgerüstet, die dem Anlagenbetreiber mitteilt, wann die Füllkörperpackung zu reinigen ist. Die Reinigung wird erforderlich, wenn ein Druckverlust von 70 Pa über die Abluftreinigungsanlage aufgezeichnet wird.	k.B.
Füllkörperwechsel	Laut Hersteller ist bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und dem regelmäßigen Durchführen der notwendigen Wartungsarbeiten kein Wechsel des Füllkörpermateriale notwendig	k.B.
<b>Arbeitszeitbedarf (Herstellerangaben)</b>		
tägliche Kontrollen	ca. 15 Minuten	k.B.
wöchentliche Kontrollen	ca. 30 Minuten	k.B.
Reinigung der gesamten Anlage	ca. 6 Arbeitszeitstunden, jährlich gefordert	k.B.
<b>Dokumentation</b>		
Technische Dokumentation	Anforderungen erfüllt	✓
Elektronisches Betriebstagebuch	Anforderungen erfüllt	✓
<b>Sicherheit</b>		
Maschinen- und Anlagensicherheit	Bestätigt durch einen anerkannten Gutachter für Arbeitssicherheit	k.B.
Feuersicherheit	Ein Brandschutzkonzept ist vom Betreiber im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens für den Gesamtstall zu erstellen.	k.B.
Umweltsicherheit	Das Waschwasser muss in einem dafür vorgesehenen Lagerbehälter gemäß AwSV zwischengelagert 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.
<b>Gewährleistung</b>		
Herstellergarantie	1 Jahr Garantie, danach 1 Jahr Gewährleistung auf alle Anlagenteile, die keinem normalen Verschleiß unterliegen	k.B.

k.B. = keine Bewertung

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

[1] Aufgrund der hohen Wärmeproduktion und der zwischenzeitlich geänderten TierSchNutzTV muss die Lüftung abweichend von der DIN 18910 mindestens 125 m<sup>3</sup>/(Tier · h) fördern. In dieser Tabelle ist der PURO-X mit 3 Sektionen und einer genehmigten Tierzahl von 440 beschrieben und dimensioniert.

[2] Der Filter für die Vorentstaubung wurde in der Vorkammer parallel zur Ventilatorwand installiert. Im Praxis-Einsatz ist auch eine Zick-Zack-Form denkbar.

[3] An der Referenzanlage wurde das Wasser aus der Biostufe permanent in die chemische Stufe überführt, so dass keine Abschlämzung aus der Biostufe festgestellt werden konnte. Das dargestellte Fassungsvermögen des Wasserspeichers beinhaltet ein oberirdisch installiertes Wasservorlagebecken, welches je nach Tierzahl bzw. Anzahl an Sektionen ausgelegt wird.

[4] Der Filterdruckverlust kann in Abhängigkeit von der Betriebsdauer des Filtermaterials und dem Staubeintrag deutlich schwanken.

[5] In diesem Wert enthalten ist der zusätzliche Druckverlust durch die Vorentstaubung (StuffNix) sowie der Gleichrichterfolie. Bei 52.000 m<sup>3</sup>/h muss mit ca. 30 Pa gerechnet werden.

## Die Methode

Die Messungen wurden an einer Referenzanlage in Friesoythe durchgeführt. Die Prüfung umfasste eine Winter- und eine Sommermessung. Eine Umfrage bei Besitzern typengleicher Abluftreinigungsanlagen konnte während des Prüfungszeitraums nicht durchgeführt werden, da es sich bei der geprüften Anlage um eine Prototypanlage handelt. Am Referenzbetrieb wurden 546 Mastschweine auf Einstreu gehalten.

Die Luft wurde an der Giebelseite des Stalles aus den beiden Abteilen über drei Ventilatoren abgesaugt und durch die Abluftreinigungsanlage geleitet. Die Lüftung wurde anfänglich gemäß DIN 18910 ausgelegt, allerdings hat sich im Laufe der Prüfung herausgestellt, dass eine höhere Lüfrate notwendig ist. Berechnungsgrundlage für die Auslegung ist ein maximaler Luftvolumenstrom von  $125 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Tier})$  bei einem Mastendgewicht von 120 kg im Rein/Raus-Betrieb. Bei 3 Wäscher-Sektionen dürfen somit nicht mehr als 440 Tiere eingestallt sein. Die Abluftreinigungsanlage ist für den Druckbetrieb zugelassen.

### *Kurzbeschreibung des Haltungsverfahrens*

Der Xaletto-Stall stellt ein neuartiges Haltungsverfahren von Schweinen auf Stroh in einem wärmedämmten, zwangsbelüfteten Stallgebäude dar. Die Schweine werden dabei auf Tiefstreu gehalten. Das Stroh wird bei Bedarf nachgestreut. In diesem Haltungsverfahren baut sich eine Mistmatratze auf, in der eine so genannte Kaltrotte der beteiligten Stoffe (Stroh u. Exkrememente) erfolgt. Die im untersuchten Stall festgestellte Kaltrotte führt zu Temperaturen von 30 bis 40 °C in der Mistmatratze. Dadurch wird ein Großteil der Feuchtigkeit aus Kot und Harn aus der Mistmatratze verdunstet und reduziert so den Festmist- bzw. Wirtschaftsdüngeranfall dieses Verfahrens. Gleichzeitig sind die Tiere, insbesondere mit zunehmenden Mastendgewicht, dieser stallinternen, zwangsläufigen Wärmeentwicklung ausgesetzt. Dieses Stallsystem stellt deutlich höhere Anforderungen an das Lüftungsregime, besonders weil im Sommer neben der Wärmeabfuhr als bestimmender Faktor für die Bemessung der max. Sommerlüfrate auch die Luftfeuchtigkeit durch die notwendige Verdunstung der Feuchtigkeit aus der Mistmatratze für die Lüfrate bestimmend wird. Zur Vermeidung thermoregulatorischen Stresses (Hitzestress) hat die DLG-Prüfungskommission daher festgelegt, dass zukünftige Anlagen auf eine Maximallüfrate von  $125 \text{ m}^3/(\text{Tier} \cdot \text{h})$  auszulegen sind.

Zu Beginn jeder Mast werden etwa 20 kg Stroh pro Tier auf planbefestigten Betonboden aufgebracht. Während der Mastperiode streut ein programmierter Roboter einmal pro Tag nach. Hierbei fährt der Roboter 5 mal über alle Buchten und streut bedarfsweise aufbereitetes Stroh in den Tierbereich. Entsprechende Fehlstellen in der Mistmatratze werden automatisch erkannt und in den entsprechenden Buchten gezielt aufgefüllt. Als geeignet können Gersten-, Weizen- und Roggenstroh genannt werden, welche vorher jeweils mit handelsüblicher Presse komprimiert wurden. Die Feuchtigkeit des Strohs beim Pressen sollte 12 bis 14 % betragen. Das Stroh wird im Fein-Cut-Verfahren mit vollem Messersatz zerkleinert, wobei die Strohlänge auf 0,5 bis 30 cm geschnitten wird.

Die Messungen fanden von Januar bis März 2020 (Wintermessung) und vom Juni bis August 2020 (Sommermessung) statt. Im Anschluss an die Sommermessung (Oktober 2020) wurde die Ausstellung inklusive Entmistung messtechnisch begleitet.

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 ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) 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, jedoch mit einem Filterdurchmesser von 50 mm, eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung.

Nach DLG-Prüfrahmen darf ein Abscheidegrad von 70 % nicht unterschritten werden. Dies gilt für Gesamtstaub- und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ -Fraktion). Die Ergebnisse der  $\text{PM}_{2,5}$ -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 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 TierSchNutzV (max. 20 ppm  $\text{NH}_3$  im Tierbereich) wurde an den Messtagen die Ammoniakkonzentration auf Tierhöhe mittels Dräger-Prüfröhrchen 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. Die Ammoniakabscheidung an der geprüften Anlage wird prinzipiell auf die erste Reinigungsstufe bezogen. Sofern eine Frischwasserbegrenzung auf den Biofilter erfolgt und das Abwasser aus der Biostufe ausgeschleust und separat verwertet wird, kann ein Wirkungsgrad einschließlich der Biostufe anerkannt werden.

## Aerosolaustrag

Stickstoffhaltige Aerosole werden durch die Befuchtung 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 wurden die Staubfilter der Gesamtstaubmessungen auf Ammoniumsulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  untersucht. Die Umrechnung auf Ammoniumstickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) erfolgt über die molaren Massen der Verbindungen. Die molare Masse von Ammoniumsulfat beträgt 132,1332 g/mol und die molare Masse des enthaltenen Stickstoffes ( $2 \times \text{N}$ ) 28,0134 g/mol. Dies entspricht einem Anteil von 21,2 %. Somit wurde

der Gehalt an Ammoniumsulfat mit dem Faktor von 0,212 multipliziert um den Ammoniumstickstoffanteil zu ermitteln.

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 Winter bei 14 Tagen und im Sommer bei 23 Tagen.

Bei Bilanzierungen an chemisch betriebenen Wäschern wird das Prozesswasser nur hinsichtlich der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration untersucht, da in der Regel keine biologische Oxidation stattfindet.

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 Abschlammwassers 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 wurden 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 achtmal pro Messperiode Geruchsproben gezogen.

Nach DLG-Prüfrahmen muss die Geruchsstoffkonzentration bei jeder Messungen bei  $\leq 300 \text{ GE/m}^3$  liegen und es darf kein typischer Rohgasgeruch (Schwein) in der Probe vorhanden sein (k.R.w.).

### **Bioaerosole**

In der Schweinehaltung werden grundsätzlich Gesamtbakterien, mesophile Pilze und ggfs. Enterokokken (als Leitkeim für die Schweinehaltung) gemessen und zur Bestimmung des Abscheidegrades herangezogen.

Die Probenahme der Bioaerosole erfolgte nach VDI-Richtlinie 4257, Blatt 1 und 2. Hierzu wurde ein isokinetisches Probenahmesystem nach VDI 2066 Blatt 1 unter Verwendung eines Emissionsimpingers eingesetzt. Die Abscheidung der Mikroorganismen wurde mit einem Teilvolumenstrom von  $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$  bis  $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$  bzw.  $16 \text{ l}/\text{min}$  bis  $30 \text{ l}/\text{min}$  durchgeführt. Bei diesem Probenahmeverfahren handelt es sich um ein Konventionsverfahren zur Ermittlung der Gesamtemission.

Die Bestimmung der Gesamtbakterien erfolgte dann nach VDI-Richtlinie 4253 Blatt 3 und die Bestimmung der mesophilen Pilze nach VDI 4253 Blatt 2.

Abweichend zur Norm wurden die genannten Parameter nur bei  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  untersucht, um die realen Praxisbedingungen besser abbilden zu können.

Nach DLG-Prüfrahmen darf ein Abscheidegrad von  $70 \%$  nicht unterschritten werden. Dies gilt für die Gesamtbakterien, mesophilen Pilze und ggfs. ein Leitkeim. Als Mindestabscheidegrad wird die kleinste Abscheideleistung anerkannt, die sich aus allen durchgeführten Messungen an den Messtagen ergibt.

### **Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung**

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

Die Säure- und Antischaumverbräuche wurden mittels Wiegesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wiegezone 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 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- Pumpenlaufzeit (Umwälzung, Abschlammung) [h]
- Berieselungsmenge [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

- Gesamtfrischwasserverbrauch der Anlage [m<sup>3</sup>],  
kumulativ
- Abschlammmenge [m<sup>3</sup>], kumulativ
- Roh- und Reingastemperatur [°C]
- pH-Wert des Prozesswassers [-] und  
elektrische Leitfähigkeit der Chemo- und  
der Biostufe [mS/cm], jeweils als Halb-  
stundenmittelwerte
- Stromverbrauch [kWh], kumulativ

Des Weiteren sind Sprühbildkontrollen, Wartungs- und Reparaturzeiten, sowie Kalibrierungen der pH-Wertsonde zu erfassen. Nachweise über den Verbrauch von chemischen Betriebsstoffen (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, der stofflichen Verwertung anfallender Betriebsabfälle, hier beispielsweise das abgeschlammte 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

Mit einer Vorentstaubung und einer Düsenverteilung von 11 Düsen je Sektion wurden Abscheidegrade für Staub von mehr als 70 % nach der Biostufe erreicht.

Es kann nur der Abscheidegrad anerkannt werden, der nach der Biostufe gemessen wurde. Somit ist diese Anlage hinsichtlich Staub nur mit einer voll funktionsfähigen biologischen Reinigungsstufe (Stufe 3) zertifiziert.

Im Winter wurden insgesamt fünf Gesamtstaub- und drei Feinstaubmessungen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) durchgeführt. Im Sommer fanden vier Gesamtstaubmessungen und drei Feinstaubmessungen statt. Bei Gesamtstaub wurde ein Mindestabscheidegrad von 78,5 % (Winter) und 85,8 % (Sommer) gemessen. Es wurden zudem mindestens 84,3 % im Winter und 88,0 % im Sommer an Feinstaub PM<sub>10</sub> abgeschieden.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Staubmessungen wurden weitestgehend bei laufendem Betrieb des Einstreu-Roboters durchgeführt. Am 20.02.2020 fand eine zusätzliche Feinstaubmessung statt, die aber nicht in die Bewertung eingeflossen ist, da währenddessen eine außerplanmäßige Umbelegung stattfand, bei der stellenweise keine Tiere in den Abteilen anzutreffen waren.

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<sub>10</sub> bewirken. Die Partikelfraktion PM<sub>2,5</sub> ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM<sub>10</sub>.

Tabelle 3:

Messergebnisse zur Emissionsminderung (Gesamt- und Feinstaub) an der Abluftreinigungsanlage PURO-X

Wintermessung 2020								
Datum	22.01.	29.01.	05.02.	06.02.	19.02.	05.03.	11.03.	26.03.
Bemerkungen	--	--	--	keine Randparameter verfügbar	--	--	--	--
Mastverlauf	101. Masttag	108. Masttag	115. Masttag	116. Masttag	129. Masttag	14. Masttag	20. Masttag	35. Masttag
Messposition	hinter Biostufe							
<b>Umgebungs- und Randbedingungen<sup>[1]</sup></b>								
rel. Außenluftfeuchte [%rF]	78	85	76	80	86	71	67	85
Umgebungstemperatur [°C]	5,5	4,8	5,1	3,9	7,0	8,5	13,2	11,0
Rohgas-/Reingasfeuchte [%rF]	73/100	70/100	63/100	--	71/100	74/100	71/100	57/99
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	18,0/14,4	16,5/13,0	15,2/11,0	--	13,5/10,6	19,6/16,4	21,6/17,3	18,5/13,8
Tierzahl im Stall [Stck]	545	509	402	402	116	544	543	542
Mittleres Tiergewicht [kg] <sup>[2]</sup>	103	106	110	110	120	50	58	65
Luftvolumenstrom gesamt [m³/h]	27.100	28.100	26.180	--	8.000	7.960	10.870	11.620
Druckverlust Chemo- u. Biostufe [Pa]	19	17	13	--	4	1	6	4
Druckverlust Stall+ARA [Pa]	63	62	60	--	36	31	41	43
<b>Gesamtstaub (normiert)<sup>[3]</sup></b>								
Rohgas [mg/m³]		1,95	2,93		2,03	2,28		9,62
Reingas [mg/m³]		0,35	0,56		0,32	0,49		0,89
Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>		82,1	80,9		84,2	78,5		90,7
mittlerer Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>					83,3			
Mindestabscheidegrad [%]					78,5			
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> (normiert)<sup>[3]</sup></b>								
Rohgas [mg/m³]	1,13/0,83			1,00/0,72			1,08/0,64	
Reingas [mg/m³]	0,16/0,03			0,12/0,02			0,17/0,01	
Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>	85,8/96,4			88,0/97,2			84,3/98,4	
mittlerer Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>				86,0/97,3				
Mindestabscheidegrad PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> [%]				84,3/96,4				

Sommermessung 2020							
Datum	23.06.	24.06.	07.07.	08.07.	21.07.	23.07.	20.08.
Bemerkungen	--	--	--	--	--	--	--
Mastverlauf	19. Masttag	20. Masttag	33. Masttag	34. Masttag	47. Masttag	49. Masttag	77. Masttag
Messposition	hinter Biostufe						
<b>Umgebungs- und Randbedingungen<sup>[1]</sup></b>							
rel. Außenluftfeuchte [%rF]	56	42	85	89	65	53	86
Umgebungstemperatur [°C]	23,5	26,1	16,1	15,0	19,5	23,2	24,1
Rohgas-/Reingasfeuchte [%rF]	63/100	53/98	71/100	72/99	65/> 98	64/< 98	76/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	24,7/20,1	27,4/21,2	22,7/19,2	22,4/19,5	23,2/20,0	24,2/18,2	26,2/22,8
Tierzahl im Stall [Stck]	546	546	546	546	546	546	546
Mittleres Tiergewicht [kg] <sup>[2]</sup>	47	47	60	60	74	74	100
Luftvolumenstrom gesamt [m³/h]	35.450	58.100	21.750	15.230	37.100	44.870	57.840
Druckverlust Chemo- u. Biostufe [Pa]	30	57	10	2	26	37	56
Druckverlust Stall+ARA [Pa]	78	118	56	47	76	92	118
<b>Gesamtstaub (normiert)<sup>[3]</sup></b>							
Rohgas [mg/m³]	2,65	1,97	2,05	1,10			
Reingas [mg/m³]	0,29	0,28	0,28	0,13			
Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>	89,1	85,8	86,3	88,2			
mittlerer Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>				87,3			
Mindestabscheidegrad [%]				85,8			
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> (normiert)<sup>[3]</sup></b>							
Rohgas [mg/m³]		0,75/0,57	1,05/0,70			1,28/1,05	
Reingas [mg/m³]		0,09/0,01	0,09/0,01			0,14/0,02	
Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>		88,0/98,2	91,4/98,6			89,1/98,1	
mittlerer Abscheidegrad [%] <sup>[4]</sup>				89,5/98,3			
Mindestabscheidegrad PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> [%]				88,0/98,1			

[1] Daten wurden zum Zeitpunkt der Staubmessung erhoben.

[2] Mittlere Tiergewichte im Winter standen nur bruchstückhaft zur Verfügung.

[3] Da es sich um mineralischen Staub handelt, ist die Abscheideleistung nur nach der Biostufe dargestellt. Die Anlage ist nur inkl. aller Reinigungsstufen zertifiziert.

[4] Mögliche Abweichungen ergeben sich durch Rundungsungenauigkeiten.

## Ammoniak

Eine mindestens den Anforderungen entsprechende Ammoniakabscheidung durch die chemische Reinigungsstufe (Stufe 2) kann nur sichergestellt werden, wenn das Prozesswasser bei einem maximalen Leitwert von 250 mS/cm automatisch abgeschlämmt und der pH-Wert im Wasser bei 3,3 eingeregelt wird.

Es lagen im Winter 3302 Wertepaare als Halbstundenmittelwerte zur Bewertung vor. Aufgrund des Ausfalls eines Messgerätes konnten im Sommer nur 1441 Wertepaare herangezogen werden. Weiterhin wurden 93 Wertepaare zur Bewertung der Entmistingphase generiert.

Die regelmäßige Überprüfung der Ammoniakkonzentration auf Tierhöhe ergab kaum Auffälligkeiten. Einzelne Überschreitungen von über 20 ppm im Winter waren nur kurzzeitig und nur geringfügig über dem Grenzwert der TierSchNutzV. Im Sommer gab es keine Auffälligkeiten.

In der Wintermessung wurde ein Mindestabscheidegrad von 88,7 % nach der chemischen Stufe gemessen. Im Sommer wurden immer mindestens 74,1 % erreicht. Bei Anlagen, bei denen das Wasser aus der biologischen Reinigungsstufe separat ausgeschleust und entsorgt wird, kann ein Mindestabscheidegrad nach der Biostufe von 90,9 % im Winter und 85,4 % im Sommer angegeben werden. In diesem Fall würden sich die Verbrauchszahlen für Frischwasser und Abschlammung entsprechend erhöhen.

In Bild 3 sind die Ammoniakkonzentrationen am Beispiel der Sommermessung grafisch dargestellt. Hierbei wurden alle Messwerte korrigiert (Werte kleiner als 1 ppm wurden auf 1,0 ppm angehoben).

Am 30.07.2020 fand während des Prüfzeitraumes ein Säurefasswechsel statt. Aus diesem Grund konnte der Wäscher seine ordnungsgemäße Funktion nicht aufrechterhalten. An allen anderen Messtagen wurden immer mindestens 70 % abgeschieden. Eine wirkungsvolle Abscheidung des Ammoniaks bei eingestreuten Schweinehaltungsverfahren und ordnungsgemäßem Betrieb ist somit bei den beschriebenen Betriebsbedingungen sichergestellt.

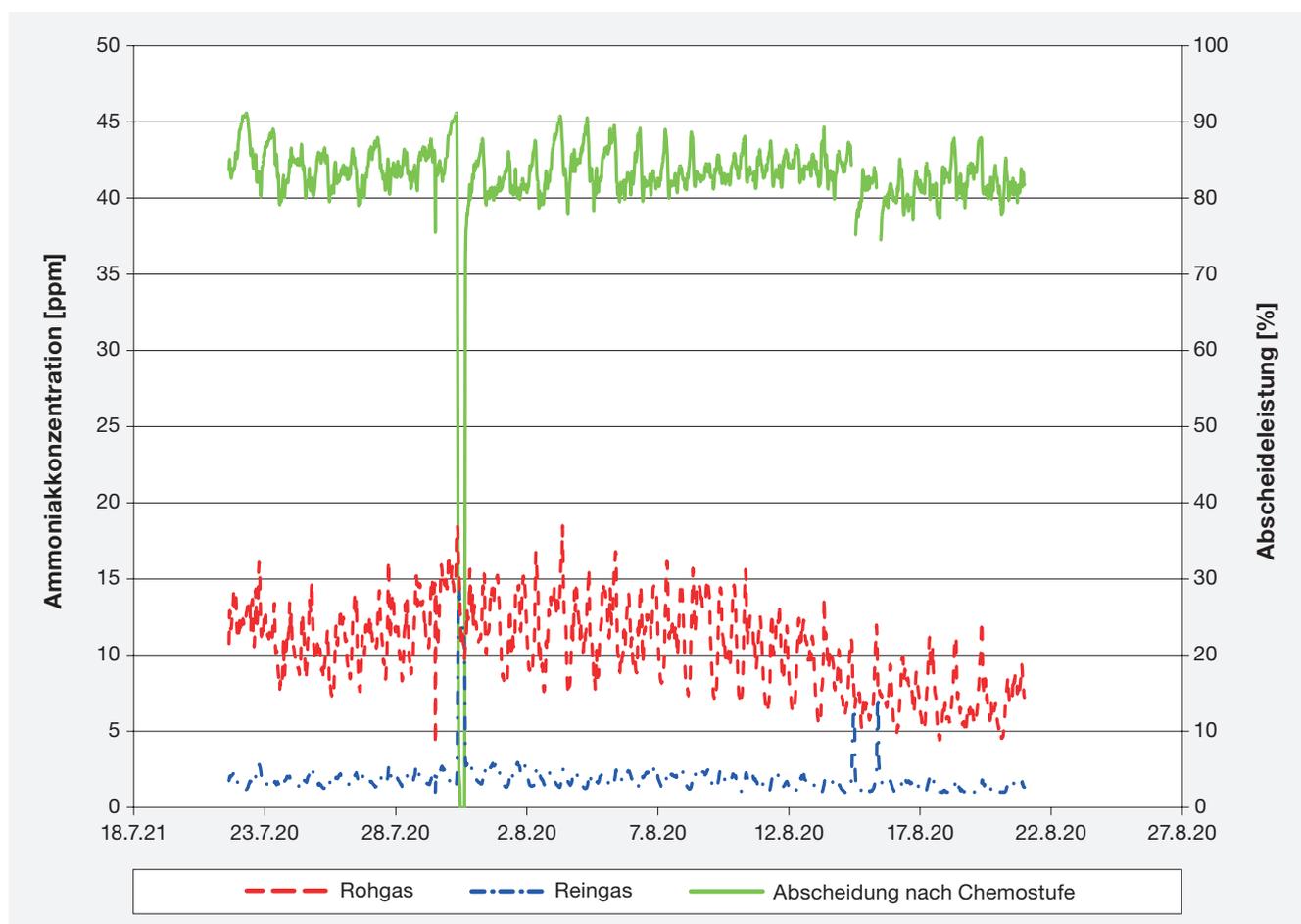


Bild 3:

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

## Geruch

Die Ergebnisse der im Rahmen des DLG-Prüfverfahrens genommenen Geruchsproben sind in Tabelle 4 dargestellt. In der Wintermessung wurden insgesamt acht Proben gezogen, wovon alle zur Bewertung herangezogen werden konnten.

Tabelle 4:

Messergebnisse zur Emissionsmessung (Geruch) an der Abluftreinigungsanlage PURO-X

Wintermessung 2020								
Datum	23.01.	05.02.	12.02.	19.02.	27.02.	05.03.	11.03.	23.03.
Bemerkungen	--	--	--	--	--	--	--	--
Bedingungen <sup>[1]</sup>								
rel. Außenluftfeuchte [%rF]	80	76	71	86	92	71	67	60
Umgebungstemperatur [°C]	4,2	5,1	6,1	7,0	3,4	8,5	13,2	8,5
Rohgas-/Reingasfeuchte [%rF]	72/100	63/100	72/100	70/100	74/100	73/100	70/100	58/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	17,8/15,9	15,3/11,1	15,0/11,8	14,4/11,0	16,6/13,5	19,8/16,2	21,3/16,7	18,1/13,1
Tierzahl im Stall [Stck]	545	402	234	116	546	544	543	542
Mittleres Tiergewicht [kg] <sup>[2]</sup>	103	110	115	40	43	50	58	65
Luftvolumenstrom [m³/h]	21.240	25.940	10.380	8.150	9.820	6.260	10.490	14.380
Filterflächenbelastung Chemostufe [m³/(m²·h)]	1.099	1.343	537	422	508	324	543	744
Filterflächenbelastung Biostufe [m³/(m²·h)]	955	1.167	467	367	442	282	472	647
Geruch <sup>[3]</sup>								
Rohgas [GE/m³]	334	349	122	104	122	362	527	471
Reingas hinter Biostufe [GE/m³]	153	185	61	68	115	102	170	122
Rohgas-Geruchsmassenstrom [Mio GE/h]	7,1	9,1	1,3	0,8	1,2	2,3	5,5	6,8
Reingas-Geruchsmassenstrom [Mio GE/h]	3,3	4,8	0,6	0,6	1,1	0,6	1,8	1,8
spez. Geruchsmassenstrom Rohgas [GE/(GV·s)]	18	28	7	25	7	12	24	27
spez. Geruchsmassenstrom Reingas [GE/(GV·s)]	8	15	3	17	7	3	8	7
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Sommermessung 2020								
Datum	17.06.	23.06.	01.07.	08.07.	13.07.	29.07.	21.08.	22.08.
Bemerkungen	--	--	--	--	Tropfen- abscheider zugesetzt	--	--	--
Bedingungen <sup>[1]</sup>								
rel. Außenluftfeuchte [%rF]	46	52	83	89	52	66	76	82
Umgebungstemperatur [°C]	25,0	24,8	19,1	15,0	21,0	16,5	29,0	24,5
Rohgas-/Reingasfeuchte [%rF]	68/98	62/100	77/99	70/99	68/100	72/98	76/100	70/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	23,9/19,4	24,6/19,9	23,3/20,3	22,5/19,7	23,7/19,5	22,8/18,2	25,8/22,1	25,2/20,5
Tierzahl im Stall [Stck]	546	546	546	546	546	546	546	546
Mittleres Tiergewicht [kg] <sup>[2]</sup>	41	47	54	60	67	81	100	100
Luftvolumenstrom [m³/h]	16.130	36.200	30.190	19.050	35.290	31.840	58.290	54.960
Filterflächenbelastung Chemostufe [m³/(m²·h)]	835	1.874	1.563	986	1.827	1.648	3.017	2.845
Filterflächenbelastung Biostufe [m³/(m²·h)]	726	1.628	1.358	857	1.587	1.432	2.622	2.472
Geruch <sup>[3]</sup>								
Rohgas [GE/m³]	260	367	283	334	415	205	136	306
Reingas hinter Biostufe [GE/m³]	212	154	179	246	359	146	124	150
Rohgas-Geruchsmassenstrom [Mio GE/h]	4,2	13,3	8,5	6,4	14,7	6,5	7,9	16,8
Reingas-Geruchsmassenstrom [Mio GE/h]	3,4	5,6	5,4	4,7	12,7	4,6	7,2	8,3
spez. Geruchsmassenstrom Rohgas [GE/(GV·s)]	26	72	40	27	56	21	20	43
spez. Geruchsmassenstrom Reingas [GE/(GV·s)]	21	30	25	20	48	15	18	21
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

[1] Daten wurden zum Zeitpunkt der Geruchsmessung erhoben

[2] Tiergewichte im Winter lagen nur bruchstückhaft vor und mussten teilweise interpoliert werden

[3] Geometrischer Mittelwert aus 3 Einzelmessungen

Unter Sommerbedingungen wurden ebenfalls acht Geruchsproben genommen. In der Zeit vom 13.07.2020 setzte sich der Tropfenabscheider zu, so dass eine sofortige Reinigung notwendig war. Aufgrund der Zusetzung des Tropfenabscheiders wurden offensichtlich Schimmelpilze auf die nachfolgende Biostufe übertragen, wodurch eine ordnungsgemäße Funktion nicht mehr gegeben war. Im Anschluss an die Reinigung wurden die DLG-Kriterien aber sicher eingehalten.

Insgesamt wurden die Kriterien des DLG-Prüfrahmens eingehalten (300 GE/m<sup>3</sup> und kRw). Bei allen Proben hat das Probandenkollektiv oder eine Mehrheit des Probandenkollektives keinen Rohgasgeruch im Reingas wahrgenommen.

### Aerosolaustrag

Die Ergebnisse der Aerosolmessungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Es wurden im Winter sechs und im Sommer vier Messungen durchgeführt.

Der Aerosolaustrag an den Messtagen im Winter lag teilweise deutlich über dem DLG-Kriterium. Auch im Mittel wurde der Grenzwert von 0,5 mg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> nicht eingehalten. Im Anschluss an die Wintermessungen wurde allerdings die Düsenanzahl in der chemischen Waschstufe von 8 auf 11 Düsen pro Sektion erhöht, wodurch der Druck an den Düsen abfiel und sich das Tröpfchenspektrum veränderte. Der Aerosolaustrag konnte durch den sinkenden Druck und das weniger feine Tröpfchenspektrum dauerhaft reduziert werden.

Im Sommer wurden gemittelt 0,16 mg NH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup> ausgetragen. Die Anforderungen nach DLG-Prüfrahmen konnten mit dem beschriebenen Düsensystem somit immer eingehalten werden.

*Tabelle 5:*

*Ergebnisse des Aerosolaustrages an der Abluftreinigungsanlage PURO-X*

Datum	Wintermessung 2020						Sommermessung 2020			
	29.01.	05.02.	19.02.	05.03.	23.03.	26.03.	23.06.	08.07.	21.07.	20.08.
Luftvolumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	28.100	26.180	8.000	7.960	14.050	11.620	35.450	15.230	37.100	57.840
Sulfat Laborergebnis [mg/l]	153,9	26,67	20,23	52,21	8,88	24,2	0,35	0,85	0,72	0,29
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Ammonium [mg]	10,58	1,83	1,39	3,59	1,22	1,66	0,48	1,17	0,99	0,4
Aerosolanteil NH <sub>4</sub> -N [mg/m <sup>3</sup> ]	1,25 <sup>[1]</sup>	0,54 <sup>[1]</sup>	0,30	0,69 <sup>[1]</sup>	0,24	0,36	0,07	0,25	0,07	0,25

[1] Die gekennzeichneten Daten wurden vor der Anpassung der Düsenanzahl erhoben und deshalb nicht zur Bewertung herangezogen.

## Stickstoffbilanz/N-Entfrachtung

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

In der Wintermessung ergab sich eine Wiederfindungsrate des Stickstoffs von 95,0 %. In der Sommermessung wurden 98,4 % gemessen. Im Rahmen der Messgenauigkeit liegen beide Bilanzen in einem sehr guten Bereich.

Im Waschwasser der Wintermessung wurden 82,7 % an Stickstoff wiedergefunden. Im Sommer konnten 73,9 % des Stickstoffs bezogen auf den gasförmigen N-Eintrag wiedergefunden werden.

Beide Messwerte sind plausibel und geben einen insgesamt stabilen und funktionsfähigen Anlagenbetrieb wieder. Die letztlich untypisch niedrige N-Entfrachtung im Sommer lässt sich möglicherweise folgendermaßen erklären. Während der DLG-Prüfung wurde relativ viel Frischwasser über den Biofilter eingebracht (und damit auch in die Waschstufe zurückgeführt). Insbesondere Nitrite werden bei der Rückführung in schwefelsaure Waschlösung teilweise in nitrose Gase umgewandelt, die den Wäscher mit dem Reingas verlassen. Im Sommer ist dieses Problem deutlich stärker als im Winter. Um dieses Phänomen im Praxiseinsatz zu minimieren, muss die Leitfähigkeit in der Biostufe auf 5 mS/cm begrenzt werden und bei höheren Leitfähigkeiten in einen externen Behälter abgepumpt werden.

Tabelle 6:

Ergebnisse der Abscheideleistung des eingetragenen Stickstoffs an der Abluftreinigungsanlage PURO-X

Messzeitraum	Wintermessung 2020	Sommermessung 2020
	27.02. bis 11.03.	21.07. bis 13.08.
NH <sub>3</sub> -N Rohgas-Eintrag [kg]	37,6	177,4
N-Austrag gesamt [kg]	35,7	173,1
Differenz [kg]	1,9	4,3
Abscheideleistung NH <sub>3</sub> -N [%]	95,0	97,6
pH-Wert	3,3	2,6-3,4 <sup>[1]</sup>
Leitfähigkeit [mS/cm]	155-220	154-263
N-Aerosolaustrag [kg] <sup>[2]</sup>	0,41	0
N-Umlaufwasser (Austrag) [kg]	31,1	131,1
N-Abschlammung (Austrag) [kg]	0	0
NH <sub>3</sub> -N-Reinluft [kg]	2,2	2,65
N <sub>sonstige</sub> -Reinluft [kg]	2,0	39,4
N-Austrag ohne Aerosol [kg]	35,3	173,1
Wiederfindungsrate N [%]	95,0	97,6
N-Entfrachtung [%] <sup>[3], [4]</sup>	82,7	73,9

[1] Am 30.07.2020 kam es kurzzeitig zu einer Anhebung des pH-Wertes auf 6,5 aufgrund eines Säurefasswechsels.

[2] Der N-Anteil in den Aerosolen konnte nur abgeschätzt werden, da die Proben punktuell genommen wurden.

[3] Die N-Entfrachtung wurde ohne Berücksichtigung des Aerosolaustrages berechnet.

[4] Die N-Entfrachtung im Sommer ergab nur einen Wert von 73,9 %, da durch Rückführung des Wassers aus der Biostufe in die Chemostufe nitrose Gase entstanden.

## Bioaerosole

In diesem Prüfverfahren wurden Gesamtbakterien und mesophile Pilze gemessen und zur Bestimmung des Bioaerosolabscheidegrades herangezogen. In beiden Messperioden (Winter, Sommer) wurden je vier Bioaerosolmessungen durchgeführt. Tabelle 7 fasst die Ergebnisse zusammen.

Eine Anerkennung erfolgt in Analogie zum Parameter Staub. Es kann jedoch nur eine Anerkennung ausgesprochen werden, wenn eine Mindestabscheidung von 70 % in jeder durchgeführten Messung eines jeden Parameters (Gesamtbakterien, mesophile Pilze) erreicht wird.

Wie aus den Ergebnissen in Tabelle 7 deutlich wird, werden durch die Abluftreinigungsanlage die Bioaerosole signifikant reduziert. Eine Anerkennung ist jedoch nicht möglich, da die Gesamtbakterien am 22.07.2020 nicht zu mindestens 70 % abgeschieden wurden und der Abscheidegrad der mesophilen Pilze an mehreren Tagen unter 70 % lag.

Tabelle 7:

Messergebnisse zur Abscheidung von Bioaerosolen an der Abluftreinigungsanlage PURO-X

Wintermessung 2020								
Datum	05.02.		05.03.		23.06.		22.07.	
Bemerkungen	--	--	--	--	--	--	--	--
Uhrzeit	12:00-12:30		12:33-13:03		12:57-13:27		13:38-14:08	
Messpunkt	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
<b>Umgebungs- und Randbedingungen<sup>[1]</sup></b>								
rel. Luftfeuchte [%rF]	63	100	63	100	71	99	71	99
Temperatur [°C]	15,3	11,1	15,3	11,1	20,8	17,8	20,8	17,8
abgesaugtes Probevolumen $V_{Norm}$ [l]	780,9	806,4	745,7	808,7	757,0	775,9	764,3	762,7
Luftvolumenstrom gesamt [m <sup>3</sup> /h]	25.940			8.840				
Filterflächenbelastung Chemo [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	1.343			458				
Durchströmung Füllkörper [m/s]	0,37			0,13				
Durchströmung Tropfenabscheider [m/s]	1,31			0,45				
<b>Konzentrationen unter Normbedingungen</b>								
Gesamtbakterien <sup>[2]</sup> [KBE/m <sup>3</sup> ]	5.890.577	93.009	5.230.037	73.328	476.980	119.261	457.965	70.800
Mesophile Pilze <sup>[2]</sup> [KBE/m <sup>3</sup> ]	60.186	34.723	20.116	< 3.710	17.345	6.105	< 3.925	< 3.933
<b>Abscheidegrade</b>								
Gesamtbakterien [%]	98,4		98,6		75,0		84,5	
Mesophile Pilze [%]	42,3		81,6		64,8		0,0	
Sommermessung 2020								
Datum	23.06.		23.06.		22.07.		22.07.	
Bemerkungen	--	--	--	--	--	--	--	--
Uhrzeit	12:54-13:24		13:50-14:20		10:40-11:10		11:40-12:10	
Messpunkt	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
<b>Umgebungs- und Randbedingungen<sup>[1]</sup></b>								
rel. Luftfeuchte [%rF]	57	97	57	97	68	> 98	68	> 98
Temperatur [°C]	25,9	21,2	25,9	21,2	23,1	17,7	23,1	17,7
abgesaugtes Probevolumen $V_{Norm}$ [l]	429,7	673,2	645,1	638,8	537,1	550,4	651,5	595,9
Luftvolumenstrom gesamt [m <sup>3</sup> /h]	54.120			36.169				
Filterflächenbelastung Chemo [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	2.801			1.872				
Durchströmung Füllkörper [m/s]	0,78			0,52				
Durchströmung Tropfenabscheider [m/s]	2,74			1,83				
<b>Konzentrationen unter Normbedingungen</b>								
Gesamtbakterien <sup>[2]</sup> [KBE/m <sup>3</sup> ]	535.251	101.004	18.602.982	114.279	521.333	363.351	13.813.417	268.517
Mesophile Pilze <sup>[2]</sup> [KBE/m <sup>3</sup> ]	9.541	< 4.456	20.153	< 4.696	< 5.450	< 5.450	8.135	< 5.035
<b>Abscheidegrade</b>								
Gesamtbakterien [%]	81,1		99,4		30,3		98,1	
Mesophile Pilze [%]	53,3		77,7		0,0		38,1	

[1] Daten wurden zum Zeitpunkt der Bioaerosolmessung erhoben.

[2] KBE = Kolonie bildende Einheit

## 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 beziehen sich auf den genehmigten Tierbestand von 546 Mastschweinen im Stallgebäude.

Nach Beendigung der Prüfung wurde von der DLG-Prüfungskommission festgelegt, dass die erforderliche Maximalluftfrate zur Einhaltung der Vorgaben der TierSchNutzV nicht ausreichend war. Diese Anlage müsste also entsprechend größer gebaut werden (vier Sektionen statt drei) oder statt 546 Tiere dürfen nur 440 Tiere eingestallt werden. Die angegebenen Verbrauchswerte beziehen sich aber auf die vorgefundenen Tiere von 546. Bei 440 Tieren würden sich die tierplatzbezogenen Verbrauchsdaten um den Faktor 1,24 erhöhen.

### *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 im Messzeitraum bei 250 mS/cm. Aus der Chemostufe wurden im Prüfzeitraum täglich gemittelt 0,076 m<sup>3</sup> abgeschlämmt. Im Jahresmittel fallen 0,051 m<sup>3</sup> pro Tierplatz an Abschlammwasser an.

An der Abluftreinigungsanlage PURO-X wurde Frischwasser sowohl in der Chemo- als auch in der Biostufe zugegeben. Der Gesamtverbrauch an Frischwasser in der Chemostufe lag bei 0,47 m<sup>3</sup>/d bzw. 0,34 m<sup>3</sup>/(TP·a), der Frischwasserverbrauch in der Biostufe lag bei 0,86 m<sup>3</sup>/d bzw. 0,61 m<sup>3</sup>/(TP·a).

Der Gesamtfrischwasserverbrauch von 0,95 m<sup>3</sup>/(TP·a) entspricht üblichen Werten an vergleichbaren Anlagen.

### *Verbrauch an elektrischer Energie*

Der größte elektrische Verbraucher der Abluftreinigungsanlage PURO-X 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 55 Pa für Waschwand und Biostufe bzw. bei 25 Pa nur über die Biostufe. Einschließlich Stall und Abluftreinigungsanlage wurde ein maximaler Druckverlust von 115 Pa gemessen. Dieser Wert enthält zusätzlich den Druckverlust der Vorentstaubung und der Gleichrichterfolie. Somit müssen die Ventilatoren mit mindestens 130 Pa für den Betrieb des Stalles und der Abluftreinigungsanlage ausgelegt werden.

Im Jahresmittel wurden insgesamt 43,9 kWh pro Tag für die Ventilation verbraucht. Bezogen auf Tierzahl und Jahr wären dies 31,1 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, war im Winter und Sommer nahezu identisch. Im Durchschnitt wurden 56,2 kWh pro Tag verbraucht, was umgerechnet 37,6 kWh/(TP·a) entspricht.

### *Sonstige Verbrauchswerte*

Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist in der Chemostufe nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Wert-Regelung bei 3,3 sowie einer Abschlämmung bei maximal 250 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 Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96 % eingesetzt.

Im Jahresdurchschnitt wurde ein Säureverbrauch von 12,8 kg/d gemessen, was umgerechnet 8,6 kg/(TP-a) entspricht.

Für den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage ist zudem der Einsatz von Antischaummitteln vorgesehen. Während der Wintermessphase wurde kein Verbrauch festgestellt. Im Sommer wurden 0,17 kg/d bzw. 0,12 kg/(TP-a) gemessen. Im Praxiseinsatz kann die Anwendung eines Antischaummittels jedoch auch im Winter notwendig werden.

Bei diesem Haltungsverfahren wird grundsätzlich eine erhebliche Menge an Einstreu benötigt. Unter Winterbedingungen wurden insgesamt 210 kg/d bzw. 166 kg/(TP-a) an Einstreu verbraucht, im Sommer waren dies 202 kg/d bzw. 135 kg/(TP-a).

### **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 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 hinreichend genau und erklärt in groben Zügen die Funktionsweise der Anlage. 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 bzw. Halbstundenwerte abgespeichert werden müssen. Die Aufzeichnung erfolgt automatisch und die Daten müssen über 5 Jahre gespeichert werden. Diese Daten können durch den Landwirt, 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 8.

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 Prüfraumen und den Anforderungen der TA Luft (Kapitel 5.4.7.1) absolut in m<sup>3</sup>/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 Lüfrate von 0 und 100 % bestehen.

Tabelle 8:

Erfüllung der Anforderung an das Elektronische Betriebstagebuch der Abluftreinigungsanlage PURO-X

	voll erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkungen
Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage	X		wird für Gesamt-ARA und Biofilterwand getrennt mittels einer elektronischen Differenzdruckdose erfasst und gespeichert
Luftdurchsatz Abluftreinigungsanlage	X		wird über ein 0-10V-Signal und einer hinterlegten Kennlinie erfasst und gespeichert
Pumpenlaufzeit	X		ermittelt über den Stromverbrauch der Pumpen und der Abspeicherung in kWh
Berieselungsintervalle und Berieselungsmenge (Chemostufe)	X		wird über einen Durchflusszähler erfasst und gespeichert
Frischwasserverbrauch	X		wird für Chemo- und Biostufe getrennt mittels Wasserzähler aufgezeichnet
Abgeschlämmte Wassermenge	X		wird über einen Wasserzähler erfasst und gespeichert
Roh- und Reingastemperatur	X		die Roh- und Reingastemperaturen werden aufgezeichnet, zusätzlich wird die Außentemperatur über Thermofühler erfasst
Sprühbildkontrolle	X		nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch (Wartungsprotokoll)
Wartungs- und Reparaturzeiten	X		nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch (Wartungsprotokoll)
pH-Wert und Leitfähigkeit im Prozesswasser	X		werden erfasst und gespeichert
Leitfähigkeit im Wasser der Biostufe	X		wird erfasst und gespeichert
Kalibrierung der pH-Wert-Sensoren	X		ein Alarmprotokoll erinnert an die Sensorwartung, erst nach der Kalibrierung kann der Alarm quitiert werden
Nachweis Verbrauch an Additiven (Säure, Antischaum)	X		Säureverbrauch und Verbrauch an Entschäumer wird über Einkaufsbelege nachgewiesen; Software erkennt Leerstand des Säuregebundes
elektr. Stromverbrauch ARA	X		Stromverbrauch des Wäschers wird über geeigneten Stromzähler erfasst und gespeichert

## **Umweltsicherheit**

Das Prozesswasser chemisch arbeitender Abluftreinigungsanlagen enthält in erster Linie Ammoniumsulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Mikrobiologische Prozesse, die zur Bildung von Nitrit und Nitrat führen, finden im Regelfall nicht statt.

Ammoniumsulfat ist ein wassergefährdender Stoff und wird der Wassergefährdungsklasse WGK 1 (schwach wassergefährdend) zugeordnet.

Der Lagerzeitraum richtet sich nach der aktuellen Düngeverordnung, die den Lagerzeitraum von Flüssigmist vorschreibt. Die Zulaufleitung in den Abschlammbehälter und der Lagerbehälter selbst müssen für das Abschlammwasser geeignet sein. Hier ist länderspezifisch die Verwaltungsvorschrift für wassergefährdende Stoffe (Ammoniumsulfat) einzuhalten. Unmittelbar vor Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen kann das abgeschlammte Wasser außerhalb des Stalles mit Flüssigmist gemischt werden. Eine pflanzenbedarfsgerechte landwirtschaftliche Verwertung unter Berücksichtigung des Stickstoff- und Schwefelgehaltes ist aus fachlicher Sicht sinnvoll.

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

Für den Anlagenbetrieb wird Säure benötigt. Der Umgang mit dieser Chemikalie ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers zu erklären und gemäß den EG-Sicherheitsdatenblättern für 96 %ige Schwefelsäure durchzuführen und liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers. 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 Big Dutchman International GmbH wurde durch einen anerkannten Gutachter begutachtet. Gegen die Verwendung der Anlage bestehen aus arbeitssicherheitstechnischer Sicht keine Bedenken.

## Fazit

Das Abluftreinigungssystem PURO-X der Firma Big Dutchman International GmbH eignet sich zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak (einschließlich Stickstoff-Entfrachtung) und Geruch aus dem Abluftstrom von eingestreuten Schweinehaltungsanlagen.

Das System wird im Druckprinzip betrieben. Für eine sichere Anlagenfunktion darf die Filterflächenbelastung von maximal  $2.850 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  nicht überschritten werden. Der pH-Wert im Waschwasser der Chemostufe muss auf 3,3 eingeregelt sein und die Leitfähigkeit darf in der Chemostufe maximal  $250 \text{ mS/cm}$  nicht überschreiten.

Bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderun-

gen des DLG-Prüfrahmens zur Staub-, Ammoniak- und Geruchsreduktion eingehalten und zum Teil übertroffen.

Die anerkannten Mindestabscheideleistungen für Gesamtstaub liegen bei 78,5 % im Winter und 85,8 % im Sommer. Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  wird im Winter zu 84,3 % und im Sommer zu 88,0 % reduziert. Im Winter liegt der Mindestabscheidegrad für Ammoniak bei 88,7 % und im Sommer bei 74,1 %. Stickstoff wird zu 78,3 % (Jahresmittel) entfrachtet. Geruch wurde immer auf mindestens  $300 \text{ GE/m}^3$  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

LUFA Nord-West, Jägerstraße 23-27,  
26121 Oldenburg

### Anlagen- und Maschinensicherheit

Gutachter Klaus Ahlendorf GmbH,  
Von-Loe-Straße 40a, 47906 Kempen

### 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: 2019-00084

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](http://www.DLG-Test.de)