

DLG-Prüfbericht 6397

Devriecom b. v.

# Biologischer Abluftwäscher „Pura aer I“

für die Legehennenhaltung und Junghennenaufzucht



**DLG** **SIGNUM  
TEST**

09/16 **bestanden**

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



Der SignumTest ist die umfassende Gebrauchswertprüfung der DLG nach unabhängigen und anerkannten Bewertungskriterien für landtechnische Produkte. Der DLG-SignumTest bewertet neutral die wesentlichen Merkmale des Produktes von der Leistungsfähigkeit und Tiergerechtigkeit über die Haltbarkeit bis hin zur Arbeits- und Funktionssicherheit. Diese werden auf Prüfständen sowie unter verschiedenen Einsatzbedingungen genauso geprüft und bewertet wie die Bewährung des Prüfgegenstands bei einer praktischen Erprobung im Einsatzbetrieb.



Die genauen Prüfbedingungen und -verfahren, wie auch die Bewertung der Prüfungsergebnisse werden von den jeweiligen unabhängigen Prüfungskommissionen in entsprechenden Prüfraumen festgelegt und laufend auf den anerkannten Stand der Technik sowie den wissenschaftlichen Erkenntnissen und landwirtschaftlichen Erfordernissen angepasst. Die Prüfungen erfolgen nach Verfahren, die eine objektive Beurteilung aufgrund reproduzierbarer Werte gestatten. Die erfolgreiche Prüfung schließt mit der Veröffentlichung eines Prüfberichtes sowie der Vergabe des Prüfzeichens ab.

In diesem DLG-Signum Test wurde das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem der Firma Devriecom b. v. auf seine Eignung zur Emissionsminderung von Staub, Bioaerosolen, Ammoniak und Geruch aus dem Abluftvolumenstrom einer Legehennenhaltungsanlage mit Volierensystem geprüft. Grundlage für die Prüfung ist eine Auslegung der Lüftungsanlage in Anlehnung an die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV), die einen Abluftvolumenstrom von  $4,5 \text{ m}^3/(\text{kg Lebendgewicht} \cdot \text{h})$  vorsieht. 70 % dieses berechneten Abluftvolumenstroms müssen über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden. Dieser Abluftvolumenstrom liegt immer über dem erforderlichen Abluftvolumenstrom, der nach der DIN 18910 ( $3,9 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Tier})$  bei  $\Delta T = 3 \text{ K}$ ) für Legehennen erforderlich wäre.

Nach dem DLG-Prüfraumen für Abluftreinigungsanlagen (03/2016) müssen in der Legehennenhaltung der Nachweis zur Emissionsminderung von mindestens 70 % Gesamtstaub, Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ), Bioaerosolen und Ammoniak sowie eine maximale Geruchsstoffkonzentration von  $300 \text{ GE}/\text{m}^3$  Abluft im Reingas, wobei ein rohgastypischer Geruch (Geflügel) nicht mehr wahrgenommen werden darf (k.R.w.), erbracht werden. Eine 70 %-ige N-Abscheidung (N-Entfrachtung) muss innerhalb der N-Bilanz nachgewiesen werden und der Aerosolaustrag darf  $0,5 \text{ mg N}/\text{m}^3$  in der Abluft nicht überschreiten.

Zum Nachweis der Abscheidung von Bioaerosolen muss eine Abscheideleistung von mindestens 70 % in jeder durchgeführten Messung für die drei zu untersuchenden Parameter nachgewiesen werden (Gesamt-bakterien, mesophile Pilze, Staphylokokken).

Die genannten Mindestanforderungen wurden bis auf die Abscheideleistung der Bioaerosole erreicht und zum Teil übertroffen. Bei der Bioaerosolabscheidung wurde eine deutliche Minderung nachgewiesen jedoch konnte nicht an jedem Messtag eine Abscheidung von mindestens 70 % aller drei Parameter erreicht werden. Daher wird die Bioaerosolabscheidung nicht anerkannt.

## Beurteilung – kurz gefasst

Die Abluftreinigungsanlage der Firma Devriecom b. v. ist ein biologisch arbeitender Abluftwäscher mit Tropfenabscheider und Vorwäsche zur Abscheidung von Staub, Ammoniak, Stickstoff und Geruch aus Legehennenhaltungsanlagen mit Volierensystem und Kotbandentmistung. Die Volieren sind mit Sitzstangen, Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen ausgerüstet. Die Innenscharräume (Kontrollgänge) werden mit Hobelspänen eingestreut. Die Entmistung des Stallgebäudes wird mindestens zweimal wöchentlich über die Kotbänder, die im Volierensystem integriert sind, durchgeführt.

Das Abluftreinigungssystem kann im Druck- oder Saugprinzip betrieben werden. Wird die Abluftreinigungsanlage im Saugprinzip betrieben muss sichergestellt sein, dass der Abstand zwischen dem Tropfenabscheider und Abluftventilatoren bei  $\geq 1,5$  Meter liegt, um eine gleichmäßige Durchströmung des Tropfenabscheiders sicherzustellen. Die Untersuchungen wurden an einer Anlage durchgeführt, die im Druckprinzip betrieben wurde (siehe Bild 2).

Der Rohgasabluftvolumenstrom aus dem Stallgebäude wird über Abluftventilatoren, die alle über einen Frequenzumrichter in ihrer Drehzahl geregelt werden, von oben in das Abluftreinigungssystem eingeblasen (Vorkammer). Unterhalb der Ventilatoren wird über eine Düsenleitung die eintretende Stallabluft vom Grobstaub befreit (Vorwäsche). Nach dieser Vorbefeuchtung, die kontinuierlich betrieben werden muss, trifft die Abluft auf die Wasseroberfläche des Wasserbeckens A, wird zweimal um  $90^\circ$  umgelenkt, um dann senkrecht von unten nach oben in den eigentlichen Füllkörper zur Staub-, Ammoniak- und Geruchsstoffabscheidung, einströmen zu können.

Der Füllkörper liegt auf einer Edelstahlgitterkonstruktion und wird kontinuierlich über einen Düsenbalken von oben nach unten befeuchtet (Gegenstrom). Über dem Wäscherpaket ist ein Tropfenabscheider angebracht, um den Aerosolaustrag zu vermindern und entstehende Wasserverluste zu minimieren. Das Prozesswasser (Kreislaufwasser) zur Berieselung der Füllkörperpackung wird auf einen pH-Wert zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\text{pH} \leq 6,8$  eingeregelt. Eine zu installierende Säure- und Laugendosiertechnik gewährleistet, dass dieser pH-Wertbereich nicht über- oder unterschritten wird.

Um die nachfolgend genannten Abscheideleistungen dauerhaft zu erzielen, muss das Prozesswasser zur Berieselung der Füllkörper bei einem maximalen Leitwert von 20 mS/cm abgeschlämmt werden. Eine maximale Filterflächenbelastung von  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  darf nicht überschritten werden.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage eine mittlere Abscheideleistung für Ammoniak im Winter von 83,9 % mit einer nachgewiesenen N-Entfrachtung von 83,0 %. Im Sommer wurde im Mittel 77,7 % Ammoniak abgeschieden sowie eine N-Entfrachtung von 77,6 % ermittelt. Die Mindestabscheideleistung für Gesamtstaub liegt bei 76,7 %, die für  $\text{PM}_{10}$  bei 82,2 % und  $\text{PM}_{2,5}$  bei 98,0 %.

Die maximale Geruchsstoffkonzentration von  $300 \text{ GE}/\text{m}^3$  Abluft im Reingas wurde in allen Messungen sichergestellt. Die Mehrheit des Probandenkollektivs konnte in den Reingasproben nach der Konzentrationsauswertung keinen typischen Rohgasgeruch (hier Geflügel) mehr wahrnehmen (k.R.w.).

Die Zertifizierung umfasst die Hauptparameter Ammoniak, Staub und Geruch. Weitere Ergebnisse und die ermittelten Verbrauchsdaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Da in der Junghennenaufzucht die Emissionsfaktoren nach VDI 3894-1 für Ammoniak, Staub, und Geruch deutlich unter den Emissionsfaktoren der Legehennenhaltung (Volierensystem mit Kotbandentmistung) liegen und der zu erwartende Emissionsmassenstrom geringer ist, können die erzielten Abscheideleistungen auf eine Junghennenaufzuchtanlage übertragen werden.

Tabelle 1:

## Ergebnisse der biologischen Abluftreinigungsanlage Pura aer I im Überblick

| Prüfkriterium  | Ergebnis             |                 | Bewertung*                 |      |      |
|--|----------------------|-----------------|----------------------------|------|------|
| <b>Emissionsmessungen</b>  |                      |                 |                            |      |      |
| <b>Gesamtstaub</b> (gravimetrisch, 16 Messtermine) <sup>1)</sup>                           |                      |                 |                            |      |      |
| Wintermessungen (8x): Mindestabscheidegrad   | [%]                  | 79,8            |                            |      | ○    |
| Sommermessungen (8x): Mindestabscheidegrad <sup>2)</sup>                                   | [%]                  | 76,7            |                            |      | ○    |
| <b>Feinstaub</b> (gravimetrisch, 4 Messtermine)  |                      |                 |                            |      |      |
| Wintermessungen (2x): Mindestabscheidegrad PM <sub>10</sub>                                | [%]                  | 84,9            |                            |      | +    |
| Wintermessungen (2x): Mindestabscheidegrad PM <sub>2,5</sub> <sup>3)</sup>                 | [%]                  | 98,0            |                            |      | ++   |
| Sommermessungen (2x): Mindestabscheidegrad PM <sub>10</sub>                                | [%]                  | 82,2            |                            |      | +    |
| Sommermessungen (2x): Mindestabscheidegrad PM <sub>2,5</sub>                               | [%]                  | 98,1            |                            |      | ++   |
| <b>Ammoniak</b> (kontinuierl. gemessen, Halbstundenmittelwerte) <sup>4)</sup>              |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (2.632 gültige Messwerte): Abscheidegrad ø  | [%]                  | 83,9            |                            |      | +    |
| Sommer (1.761 gültige Messwerte): Abscheidegrad ø  | [%]                  | 77,7            |                            |      | ○    |
| <b>N-Bilanzierung, N-Entfrachtung</b>  |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (Bilanzierungszeitraum 27 Tage): N-Entfrachtung                                     | [%]                  | 83,0            |                            |      | +    |
| Sommer (Bilanzierungszeitraum 21 Tage): N-Entfrachtung                                     | [%]                  | 76,6            |                            |      | ○    |
| <b>Geruch</b>  |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (8 Messungen)   | [GE/m <sup>3</sup> ] | ≤ 300 u. k.R.w. |                            |      | ○    |
| Sommer (8 Messungen)   | [GE/m <sup>3</sup> ] | ≤ 300 u. k.R.w. |                            |      | ○    |
| <b>Verbrauchsmessungen</b> (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr) <sup>5)</sup> |                      |                 |                            |      |      |
| <b>Frischwasserverbrauch</b>   |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Kontrolltage)   | [m <sup>3</sup> /d]  | 4,75            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,06 | k.B. |
| Sommer (56 Kontrolltage)   | [m <sup>3</sup> /d]  | 8,83            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,11 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [m <sup>3</sup> /d]  | 6,79            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,08 | k.B. |
| <b>Abschlämmung</b> (maximal 20 mS/cm)   |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Messtage)   | [m <sup>3</sup> /d]  | 2,45            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,03 | k.B. |
| Sommer (56 Messtage)   | [m <sup>3</sup> /d]  | 1,78            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,02 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [m <sup>3</sup> /d]  | 2,12            | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,03 | k.B. |
| <b>Säureverbrauch</b> (bezogen auf 96 % Schwefelsäure)                                     |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Kontrolltage)   | [kg/d]               | 3,22            | [kg/(TP · a)]              | 0,04 | k.B. |
| Sommer (56 Kontrolltage)   | [kg/d]               | 16,83           | [kg/(TP · a)]              | 0,20 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [kg/d]               | 10,03           | [kg/(TP · a)]              | 0,12 | k.B. |
| <b>Laugenverbrauch</b> (bezogen auf 33 % Natronlauge)                                      |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Kontrolltage)   | [kg/d]               | 0,00            | [kg/(TP · a)]              | 0,00 | k.B. |
| Sommer (56 Kontrolltage)   | [kg/d]               | 13,31           | [kg/(TP · a)]              | 0,16 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [kg/d]               | 6,66            | [kg/(TP · a)]              | 0,08 | k.B. |
| <b>Elektrischer Energieverbrauch</b>   |                      |                 |                            |      |      |
| <b>Abluftreinigung Umwälzpumpen</b>  |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Kontrolltage)   | [kWh/d]              | 115,4           | [kWh/(TP · a)]             | 1,37 | k.B. |
| Sommer (56 Kontrolltage)   | [kWh/d]              | 155,7           | [kWh/(TP · a)]             | 1,85 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [kWh/d]              | 135,6           | [kWh/(TP · a)]             | 1,61 | k.B. |
| <b>Ventilatoren Stall</b>  |                      |                 |                            |      |      |
| Winter (78 Kontrolltage)   | [kWh/d]              | 52,5            | [kWh/(TP · a)]             | 0,62 | k.B. |
| Sommer (56 Kontrolltage)   | [kWh/d]              | 147,9           | [kWh/(TP · a)]             | 1,75 | k.B. |
| Jahresmittelwert   | [kWh/d]              | 100,2           | [kWh/(TP · a)]             | 1,19 | k.B. |

\* Bewertungsbereich: ++ / + / ○ / - / -- (○ = Standard, k.B. = keine Bewertung)

- Nach dem DLG-Prüfrahmen für Abluftreinigungsanlagen wird bei der Reinigungsleistung zur Staubabscheidung die Mindestabscheideleistung anerkannt, die sich aus der kleinsten gemessenen Abscheideleistung ergibt, welche in allen Messungen zur Staubabscheidung (Gesamtstaub, Feinstaub) erzielt wurde.
- Am 20.07.2016 (siehe Tabelle 3) wurde eine Gesamtstaubabscheideleistung von nur 70,7 % ermittelt. Da diese Staubmessung bei einem Abluftvolumenstrom von 235.000 m<sup>3</sup>/h stattgefunden hat (Filterflächenbelastung von 3.270 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h)), jedoch nur eine Filterflächenbelastung von maximal 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h) anerkannt wird, wird die ermittelte Staubmindestabscheideleistung vom 13.07.2016 anerkannt.
- 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>.
- Nach dem DLG-Prüfrahmen für Abluftreinigungsanlagen wird bei der Reinigungsleistung zur Ammoniakreduzierung die Abscheideleistung anerkannt, die sich aus dem mittleren Abscheidegrad aller gemessenen Werte abzüglich deren Standardabweichung ergibt.
- Die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen im Sommer und Winter werden auf 365 Tage normiert und auf die genehmigte Tierplatzzahl im Stallgebäude (30.800 Legehennen) bezogen. Das Jahresmittel ergibt sich aus dem Mittelwert der Winter- und Sommerverbrauchsmessungen.



durch wird eine simultan arbeitende Lüftungssteuerung, bei der alle Ventilatoren zu jedem Zeitpunkt die gleiche Luftrate in das Abluftreinigungssystem fördern, sichergestellt. Die Auslegung der Abluftreinigungsanlage darf eine maximale Filterflächenbelastung von  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  nicht überschreiten.

Über eine Vorbedüsung, die an der gesamten Längsseite der Wäscheranlage unterhalb der Ventilatoren montiert ist, wird die rohgasseitig eintretende Stallabluft kontinuierlich im Gleichstrom befeuchtet und vom Grobstaub (Federn, Futter- und Einstreustaub) befreit. Pro Abluftventilator (10 Abluftventilatoren an der Referenzanlage) wird je eine Vollkegeldüse zentral unterhalb des entsprechenden Ventilators in einem Abstand von 0,25 m montiert, so dass die Stallabluft durch den sich bildenden Sprühnebel gedrückt werden muss. Sollten sich die Ventilatoren im Dachraum hinter dem Tropfenabscheider befinden (Saugprinzip), werden in den Dachraum der Vorwäsche offene Abluftrohre eingebaut, über die der zu fördernde Abluftvolumenstrom in die Wäscheranlage gesogen wird. Unterhalb dieser Öffnungen werden die Vollkegeldüsen im gleichen Abstand (0,25 m) montiert. Die Befeuchtungsintensität muss so ausgelegt werden, dass pro Düse eine Fördermenge von mindestens  $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$  eingehalten wird.

Aus der Vorkammer (Vorwäsche) gelangt die Abluft in den Druckraum unterhalb der Füllkörperpackung (Wäscherpaket), wird um  $90^\circ$  umgelenkt und durchströmt den auf einer Edelstahlkonstruktion liegenden Füllkörper. Die Füllkörperpackung wird im Gegenstrom von oben über einen Düsenbalken (drei Düsenstränge mit Vollkegeldüsen) mit Prozesswasser aus dem Wasserspeicher B kontinuierlich berieselt. Die Berieselungsdichte der Füllkörperpackung wird automatisch entsprechend des zu fördernden Abluftvolumenstroms geregelt, muss aber zwischen  $\geq 0,81 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (Winterbetrieb) und  $\leq 0,92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (Sommerbetrieb) liegen.

Um grobe Staubpartikel und Federn im Wasserspeicher A zurückzuhalten, wird dieser über einen Sockel vom Wasserspeicher B abgetrennt. Im Bodenbereich (Betonsohle) des Abluftreinigungssystems werden beide Wasserspeicher A und B über Öffnungen miteinander verbunden.

Da die Abschlammung des Prozesswassers (max.  $20 \text{ mS/cm}$ ) immer über den Wasserspeicher A erfolgt, wird in regelmäßigen Abständen der sich absetzende Schlamm mit ausgetragen, so dass das Risiko einer Verstopfung der Düsen reduziert wird.

Um die erforderliche Befeuchtungsintensität in der Vorkammer ( $1,8 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Düse})$ ) und die nötige Berieselungsdichte der Füllkörperpackung ( $\geq 0,81 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  und  $\leq 0,92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ) einzuhalten werden im Wasserspeicher A eine Umwälzpumpe, im Wasserspeicher B zwei Umwälzpumpen eingesetzt. Jede dieser Pumpen besitzt ein Ansaugsieb um grobe Staub- und Federpartikel abzuscheiden. In den erforderlichen wöchentlichen Funktionskontrollen der Abluftreinigungsanlage müssen diese Siebe mit Frischwasser gereinigt werden. Durch diesen Abscheide- und Reinigungsvorgang kann eine Verstopfung der eingesetzten Düsen (Vorwäsche, Füllkörperberieselung) so gut wie ausgeschlossen werden.

Um den Energieverbrauch zu reduzieren werden die Umwälzpumpen im Wasserspeicher B über einen Frequenzumrichter in ihrer Förderleistung eingeregelt. Vor Inbetriebnahme der Abluftreinigungsanlage wird die minimale Förderleistung der Pumpen auf 75 % festgelegt. Dies entspricht einem zu fördernden Abluftvolumenstrom von 0 %. Steigt der Abluftvolumenstrom nun auf eine Förderleistung von 100 % an, wird über den Frequenzumrichter der Pumpen, parallel zum Abluftvolumenstrom, die Pumpenförderleistung von 75 % auf maximal 100 % Förderleistung angehoben. Durch diese Steuerung kann die Berieselungsdichte der Füllkörperpackung von minimal  $0,81 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  bis maximal  $0,92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  eingeregelt werden und an den zu fördernden Abluftvolumenstrom angepasst werden.

Das Prinzip des Rieselbettfilters zur Abscheidung von Ammoniak, Staub und Geruchsstoffen beruht auf der biologischen Oxidation der Abluftinhaltsstoffe durch intensiven Kontakt mit dem im Kreislauf geführten Prozesswasser und der großen spezifische Oberfläche der Füllkörperpackung ( $125 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). Durch die Ansiedelung von Mikroorganismen auf der Kontaktfläche unter Bildung eines Biofilms werden die im Prozesswasser gelösten Abluftinhaltsstoffe von den Mikroorganismen in ihrem zelleigenen Stoffwechsel und zum Aufbau neuer Biomasse verarbeitet. Oberhalb des Füllkörpers befindet sich ein Tropfenabscheider, der die Abscheidung von stickstoffhaltigen Aerosolen sicherstellt und entstehende Wasserverluste reduziert.

Der pH-Wert des Prozesswassers liegt zwischen pH 6,5 und maximal pH 6,8 und muss als Halbstundenmittelwert im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) abgespeichert werden. Bei Überschreitung des maximal

erlaubtem pH-Wertes wird über eine Säuredosiertechnik Säure in das Prozesswasser zur Absenkung des pH-Wertes dosiert. Bei Unterschreitung des minimalen pH-Wertes muss eine Anhebung des pH-Wertes über eine Alkalisierung erfolgen. Hierdurch wird die Bildung nitroser Gase ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) vermieden. Zur Alkalisierung wurde 33 %-ige Natronlauge eingesetzt.

Die Ammoniakabscheidung wird über die biologische Säureproduktion von Nitrifikanten erreicht, die das im Prozesswasser gelöste Ammoniak aufnehmen und dann zu Nitrit und in geringem Umfang zu Nitrat oxidieren. Durch den Nitrifikationsprozess kommt es zur Aufsalzung im Prozesswasser. Die Aufsalzung wird durch einen Leitfähigkeitsmesssensor erfasst und in mS/cm im EBTB als Halbstundenmittelwert abgespeichert.

Für die sichere Stickstoffabscheidung ist eine ausreichende Abschlammung bei einstufigen, biologisch arbeitenden Wäschern erforderlich. Die Leitfähigkeit des Prozesswassers wird daher auf maximal 20 mS/cm begrenzt. Wird diese erreicht, erfolgt eine automatische Abschlammung über eine Tauchpumpe und eine darauf folgende Frischwasserauffüllung. Hierdurch wird das Prozesswasser verdünnt und die Leitfähigkeit herabgesetzt. In der Regel werden rund 25 % der gesamten Wasservorlage entnommen und mit Frischwasser aufgefüllt.

Da es durch den Wäscherbetrieb auch zu erhöhten Wasserverdunstungen kommt, werden beide Verbrauchswerte (Frischwasser, Abschlammung) im EBTB hinterlegt. Die Kontrolle des Wasserstandes wird mittels elektronischem Füllstandsensordurchgeführt, der eine Alarmmeldung "Niveau Wasserstand" an die SPS weiterleitet. Ein zusätzlich eingebauter Schwimmerschalter schützt die eingesetzten Umwälzpumpen vor dem Trockenlaufen.

Während den Sommermessungen wurde am 13.06.2016 festgestellt, dass sich das Prozesswasser in den beiden Düsensträngen des Düsenbalkens im pH-Wert unterscheiden ( $\text{pH} = 6,5$  und  $\text{pH} = 7,3$ ). Durch diese ungleichmäßige Berieselung der Füllkörperpackung wurde insbesondere die Ammoniakabscheideleistung derart beeinflusst, dass der Mindestabscheidegrad von 70 % nicht mehr sichergestellt wurde.

Um diesem Problem entgegenzuwirken muss die Säure und Lauge in einem Rohr (KG DN 125) dosiert werden, welches im Wasserspeicher B positioniert wird. Das KG Rohr mit einer Länge von mindestens 2,0 m wird so verlegt, dass ein Ende vor den beiden Ansaugöffnungen der Umwälzpumpen (Pumpensumpf) liegt, um am anderen Ende die Dosiereinrichtungen für die Säure und Lauge zu montieren. Die beiden Chemikalien müssen immer getrennt zu dieser Injektionsstelle geführt werden. Hierdurch hat die Säure oder Lauge deutlich mehr Zeit sich mit dem Prozesswasser, welches über die Umwälzpumpen angesogen wird, zu vermischen. Ein gleichmäßiger pH-Wert im Prozesswasser der Düsenstränge, kann somit sichergestellt werden.

Um eine gleichzeitige Dosierung von Lauge und Säure zu vermeiden ist jede Dosierpumpe mit einem elektronischen Verriegelungsmechanismus ausgerüstet.

Nach einer Neuinstallation bzw. nach Einstellung einer neuen Tierherde benötigt das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem der Firma Devriecom b.v. eine Anlaufphase von 4 bis maximal 8 Wochen um genügend Biomasse aufzubauen damit die Anforderungen der Geruchsstoffreduzierung eingehalten werden. Die Ammoniakabscheideleistung funktioniert auf Grund der pH-Wert geregelten Steuerung, die ab dem ersten Betriebstag erfolgen muss, sofort. Dies gilt auch für die Mindestanforderung der Staubabscheidung.

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

### **Gewährleistung**

Der Hersteller gibt eine Garantie von zwei Jahren, welche den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage voraussetzt. Die Installation und Wartung muss durch einen von Devriecom b.v. schriftlich anerkannten Installateur durchgeführt werden.

Tabelle 2:

## Verfahrenstechnische Parameter der biologischen Abluftreinigungsanlage Pura aer I

| Merkmale   | Ergebnis/Wert                                   |               |
|--|---|---------------|
| <b>Beschreibung</b>  |   |               |
| Biologisch arbeitender Abluftwäscher (Rieselbettfilter) mit Tropfenabscheider  |   |               |
| <b>Eignung</b>   |   |               |
| Reinigung der Stallabluft aus der Legehennenhaltung in Volieren mit Kotbandentmischung (2 x pro Woche) und Einstreu im Kontrollgang zur Minderung von Staub, Ammoniak und Geruch. Zugelassen für die Junghennenaufzucht. |   |               |
| <b>Dimensionierungsparameter, Maßangaben der Füllkörper und Tropfenabscheider (Referenzanlage)</b>   |   |               |
| <b>Füllkörper</b>  |   |               |
| Länge/Breite/Höhe  | [m]   | 16,7/4,3/0,9  |
| Anströmfläche/Volumen  | [m <sup>2</sup> ]                               | 71,81/64,63   |
| spezifische Füllkörperoberfläche   | [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]               | 125           |
| maximal möglicher Abluftvolumenstrom   | [m <sup>3</sup> /h]                             | 201.000       |
| maximale Filterflächenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]           | 2.800         |
| maximale Filtervolumenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]           | 3.110         |
| Durchströmung bei max. Sommerluft rate   | [m/s]   | 0,78          |
| Verweilzeit bei maximaler Sommerluft rate  | [s]   | 1,16          |
| <b>Tropfenabscheider</b>   |   |               |
| Länge/Breite/Höhe  | [m]   | 5/4,3/0,25    |
| Anströmfläche/Volumen  | [m <sup>2</sup> ] / [m <sup>3</sup> ]           | 21,50/5,38    |
| maximale Flächenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]           | 9.349         |
| maximale Volumenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]           | 37.395        |
| Durchströmung bei max. Sommerluft rate   | [m/s]   | 2,60          |
| Verweilzeit bei maximaler Sommerluft rate  | [s]   | 0,10          |
| <b>Mindestabstände der Bauteile</b>  |   |               |
| Abluftventilatoren/Vorbefeuchtung (Düsen)  | [m]   | ≥ 0,25        |
| Betonsohle/Füllkörper  | [m]   | ≥ 1,80        |
| Füllkörper/Berieselungseinrichtung   | [m]   | ≥ 0,80        |
| Füllkörper/Tropfenabscheider   | [m]   | ≥ 1,80        |
| <b>Berieselungsdichte (kontinuierlich)</b>   |   |               |
| <b>Füllkörper</b>  |   |               |
| Berieselungsmenge (Sommer/Winter)  | [m <sup>3</sup> /h]                             | 66,2/57,9     |
| Berieselungsdichte (Sommer/Winter)   | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]           | 0,92/0,81     |
| Anzahl der Düsen   | [Stck/m <sup>2</sup> ]                          | 0,50          |
| <b>Vorbefeuchtung</b>  |   |               |
| Berieselungsmenge (Sommer/Winter)  | [m <sup>3</sup> /h]                             | 18,3/17,6     |
| Anzahl der Düsen   | [Stck/Ventilator]                               | 1,0           |
| Förderleistung pro Düse  | [m <sup>3</sup> /h]                             | 1,80          |
| <b>Abschlämmung</b>  |   |               |
| Fassungsvermögen Waschwasservorlagebecken <sup>1)</sup>  | [m <sup>3</sup> ]                               | 93,40         |
| Abschlämmrate pro Jahr (Referenzbetrieb)   | [m <sup>3</sup> /a]                             | 773,80        |
| durchschnittliche Abschlämmrate (Referenzbetrieb)  | [m <sup>3</sup> /d]<br>[m <sup>3</sup> /(TP·a)] | 2,12<br>0,025 |
| pH-Wert des Kreislaufwassers (Prozesswasser)   |   | 6,50 – 6,80   |
| maximale Leitfähigkeit im Kreislaufwasser (Prozesswasser)  | [mS/cm]   | ≤ 20          |
| <b>Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen</b>   |   |               |
| Legehennenstall (Haltungssystem)   | [System]  | Voliere       |
| Maximale Tieranzahl im Stall   | [Anzahl]  | 30.800        |
| Maximal-Lebendgewicht (vor der Ausstallung)  | [kg/Tier]                                       | 2,00          |
| Maximale Sommerluft rate gemäß DIN 18910 (ΔT = 3 K)  | [m <sup>3</sup> /Tier]                          | 3,90          |
| Maximal nötige Abluftrate über die Abluftreinigungsanlage gemäß TierSchNutzV   | [m <sup>3</sup> /h]                             | 194.040       |
| Maximal installierte Luftleistung über die Abluftreinigungsanlage bei 100 Pa Druckverlust  | [m <sup>3</sup> /h]                             | 252.900       |
| Anzahl der Lüfter  | [Stck]  | 10            |
| Maximal ermittelter Abluftvolumenstrom (Sommer)  | [m <sup>3</sup> /h]                             | 243.000       |
| Maximaler Druckverlust Füllkörper (Sommer) <sup>2)</sup>   | [Pa]  | 13            |
| Maximaler Druckverlust Tropfenabscheider (Sommer) <sup>2)</sup>  | [Pa]  | 34            |
| Gesamtdruckverlust Stall und Abluftreinigung (Sommer) <sup>2)</sup>  | [Pa]  | 77            |

| Merkmal  |  | Bewertung* |
|--|--|------------|
| <b>Betriebsverhalten</b>                       |  |            |
| <b>Technische Betriebssicherheit</b>           | Um die erforderlichen Abscheideleistungen sicherzustellen werden alle Ventilatoren stufenlos über einen Frequenzsumrichter geregelt. Die Anlage muss über eine Störmeldung (Gesamtdruckverlust Füllkörper und Tropfenabscheider) verfügen, die den Anlagenbetreiber über den Verschmutzungsgrad der Füllkörperpackung informiert und zu den entsprechenden Reinigungsarbeiten auffordert.  | ○          |
| <b>Haltbarkeit</b>                             | Während des Untersuchungszeitraums wurde kein nennenswerter Verschleiß festgestellt.   | +          |
| <b>Handhabung</b>                              |  |            |
| <b>Betriebsanleitung</b>                       | Die Betriebsanleitung ist ausführlich und übersichtlich aufgebaut. Durchzuführende Wartungsarbeiten sowie die automatische Steuerung werden gut beschrieben und durch Fotos unterstützt.   | ○          |
| <b>Bedienung</b>                               | Die Anlage läuft im bestimmungsgemäßen Betrieb vollautomatisch. Der Anlagenbetreiber muss die Anlage über das Regelsystem täglich kontrollieren. Die Anlage muss kontinuierlich betrieben werden.  | ○          |
| <b>Wartung</b>                                 | Ein Wartungsvertrag zwischen Hersteller und Anlagenbetreiber wird seitens des Herstellers dringend empfohlen. Die Wartung soll mindestens zweimal im Jahr durchgeführt werden und beinhaltet im Wesentlichen die Kalibrierung der eingesetzten Messtechnik und die Kontrolle des Sprühbildes der Füllkörperpackung. Optional ist eine Fernüberwachung der Anlage und des elektronischen Betriebstagebuches (EBTB) durch den Hersteller möglich.  | ○          |
| <b>Reinigung der gesamten Anlage</b>           | Die Anlage ist mit einer Störmeldung ausgerüstet, die dem Anlagenbetreiber mitteilt wann die Füllkörperpackung zu reinigen ist. Die Reinigung wird erforderlich, wenn ein dauerhafter Druckverlust von 80 Pa (> 2 Stunden) über den Füllkörper und Tropfenabscheider aufgezeichnet wird. Ein kompletter Wechsel der Waschwasservorlage ist nach einer Füllkörperreinigung nicht erforderlich. Die Reinigung während einer Haltungsperiode erfolgt mit dem Prozesswasser aus dem Wasserspeicher. Nach Abschluss einer Haltungsperiode wird die Abluftreinigung mit Prozesswasser und falls erforderlich mit Frischwasser mittels Hochdruckreiniger gesäubert. | ○          |
| <b>Füllkörperwechsel</b>                       | Laut Hersteller ist bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und den erforderlichen Reinigungsarbeiten bei Störmeldungen kein Wechsel des Füllkörpermaterials notwendig.  | k.B.       |
| <b>Arbeitszeitbedarf</b>                       |  |            |
| <b>Tägliche Kontrollen</b>                     | ca. 2 Minuten (mit Fernzugriff)/ca. 5 Minuten (ohne Fernzugriff)   | + / ○      |
| <b>Wöchentliche Kontrollen</b>                 | ca. 30 Minuten (Messtechnik und Sprühbild der Füllkörperpackung)   | ○          |
| <b>Wöchentliche Säuberung</b>                  | ca. 5 Minuten (Ansaugsiebe der Umwälzpumpen)   | ○          |
| <b>Reinigung der Düsen<sup>3)</sup></b>        | ca. 1,0 Stunden (Vorbefeuchtung und Berieselung der Füllkörper nach Bedarf)  | ○          |
| <b>Reinigung der Füllkörper<sup>3)</sup></b>   | ca. 3,0 Stunden (nach Störmeldung)   | ○          |
| <b>Gesamtreinigung der Anlage<sup>3)</sup></b> | ca. 6 Stunden (nach Haltungsperiode)   | ○          |
| <b>Dokumentation</b>                           |  |            |
| <b>Technische Dokumentation</b>                | Anforderungen erfüllt  | +          |
| <b>Elektronisches Betriebstagebuch</b>         | Anforderungen erfüllt  | +          |
| <b>Sicherheit</b>                              |  |            |
| <b>Arbeitssicherheit</b>                       | Bestätigt durch DPLF (Deutsche Prüf- und Zertifizierungsstelle für Land- und Forsttechnik)   | k.B.       |
| <b>Feuersicherheit</b>                         | Wird nicht gefordert   | k.B.       |
| <b>Umweltsicherheit</b>                        | Das Waschwasser muss in einem dafür zugelassenen Lagerbehälter 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  | ○          |
| <b>Gewährleistung</b>                          |  |            |
| <b>Herstellergarantie</b>                      | 2 Jahre Garantie auf bewegte Teile; Dies gilt nicht für normale Verschleißteile (z.B. pH-Elektrode) und Verbrauchsmaterialien  | k.B.       |

\* Bewertungsbereich: + + / + / ○ / - / - - (○ = Standard, k.B. = keine Bewertung)

- 1) Das Fassungsvermögen des Wasserspeichers bezieht sich auf den Referenzbetrieb und kann an anderen Anlagen im Volumen reduziert werden. Ein minimales Fassungsvermögen des Wasserspeichers B von 8 m<sup>3</sup> darf nicht unterschritten werden.
- 2) Druckverlustangabe bezieht sich auf eine Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h)
- 3) Die Zeitangabe bezieht sich auf den Referenzbetrieb und verkürzt sich bei kleineren Anlagen.

## Die Methode

Die Messungen wurden an einer Referenzanlage in 7681 SJ Vroomshoop durchgeführt. Die Prüfung umfasste eine 8-wöchige Winter- und Sommermessperiode. Die Wintermessungen wurden vom 19.11.2015 bis 04.02.2016 durchgeführt. Nach dieser Wintermessperiode wurden die Legehennen ausgestallt und das Abluftreinigungssystem komplett gesäubert. Da die Abluftreinigungsanlage der Firma Devriecom b.v. ein biologisch arbeitender Rieselbettfilter ist, musste sich zuerst die Biologie wieder aufbauen bevor die Sommermessungen gestartet wurden. Nach einer Einlaufphase von 5 Wochen begann die Sommermessung am 01.06.2016 und endete am 27.07.2016. Bei der geprüften Anlage handelte es sich um eine Prototypanlage.

Im Referenzstall, an dem die Messungen durchgeführt wurden, waren etwa 30.800 Legehennen in Volieren mit Kotbandentmistung eingestallt. Die Entmistung wurde zweimal wöchentlich durchgeführt. Als Einstreu in den Scharräumen (Kontrollgänge) wurden Hobelspäne (ca. 1,0 kg/m<sup>2</sup>) eingesetzt. Die Frischluft strömte über Zuluftventile, die an beiden Längsseiten des Stallgebäudes angeordnet waren in das Stallgebäude ein. Über 10 Abluftventilatoren wurde die Stallabluft in die Wäscheranlage gedrückt (Überdrucksystem). Bei einem kalkulierten Gesamtdruckverlust von 100 Pa fördern die eingesetzten Ventilatoren nach Herstellerangaben einen maximalen Luftvolumenstrom von 252.900 m<sup>3</sup>/h.

Grundlage für die Prüfung der Abluftreinigungsanlage ist eine Auslegung der Lüftungsanlage in Anlehnung an die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV), die einen Abluftvolumenstrom von 4,5 m<sup>3</sup>/(kg Lebendgewicht · h) vorsieht. Gemäß DLG Prüfrahmen müssen 70 % dieses berechneten Abluftvolumenstroms über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden. Bei einer Stallbelegung von 30.800 Legehennen mit einem durchschnittlichen Lebendgewicht von 2,0 kg müssen daher mindestens 194.040 m<sup>3</sup>/h aus dem Stall über die Abluftreinigungsanlage abgereinigt werden. Die Auslegung übertrifft den Abluftvolumenstrom der gemäß DIN 18910 (3,90 m<sup>3</sup>/Tier bei  $\Delta T = 3K$ ) erforderlich wäre. Während des Untersuchungszeitraums wurde im Sommer ein maximaler Abluftvolumenstrom von 243.000 m<sup>3</sup>/h ermittelt. Bei einer Filtergrundfläche von 71,81 m<sup>2</sup> entspräche dies einer Filterflächenbelastung von 3.380 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h).

Um eine sichere Ammoniakabscheideleistung bei niedrigen Rohgaskonzentrationen (< 4,0 ppm) von mindestens 70 % zu gewährleisten wird aber nur eine maximale Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h) anerkannt. Im Referenzbetrieb ist dies bei einer Filtergrundfläche von 71,81 m<sup>2</sup> ein maximaler Abluftvolumenstrom von 201.068 m<sup>3</sup>/h, der über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden könnte.

Zur Beurteilung des Abluftreinigungssystems wurden folgende Parameter herangezogen:

### Staub

Die Probenahme von Gesamtstaub 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 Glasfaser Rundfilter mit Ø 45 mm ausgewählt.

Die Feinstaubbestimmung (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) 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 Glasfaser Rundfilter, jedoch mit einem Filterdurchmesser von 50 mm, eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung.

Nach dem DLG-Prüfrahmen darf ein Abscheidegrad von 70 % nicht unterschritten werden. Dies gilt für alle Gesamtstaub- und Feinstaubmessungen (PM<sub>10</sub>-Fraktion und PM<sub>2,5</sub>-Fraktion). Als Mindestabscheidegrad wird die kleinste Abscheideleistung anerkannt, die sich aus allen durchgeführten Messungen an den Messtagen ergibt.

### Bioaerosole

In diesem Prüfverfahren wurden Gesamtbakterien, mesophile Pilze und Staphylokokken (Leitkeim in der Geflügelhaltung) 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 m<sup>3</sup>/h bis 1,8 m<sup>3</sup>/h bzw. 16 l/min bis 30 l/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, die Bestimmung der mesophilen Pilze nach VDI 4253 Blatt 2 und die als Leitbakterium für die Geflügelhaltung bekannten Staphylokokken wurden nach DIN EN ISO 6888-1 bestimmt.

Nach dem DLG-Prüfrahmen darf ein Abscheidegrad von 70 % nicht unterschritten werden. Dies gilt für die Gesamtbakterien, mesophilen Pilze und Staphylokokken. 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.

Zum Nachweis der Einhaltung der Nutztierhaltungsverordnung (max. 20 ppm NH<sub>3</sub> im Tierbereich) wurden bei regelmäßigen Begehungen Messungen im Stall auf Tierhöhe mittels Dräger Röhrchen durchgeführt.

Nach dem DLG-Prüfrahmen darf die NH<sub>3</sub>-Abscheidung keinen Wert von 70 % unterschreiten, muss also dauerhaft über 70 % liegen. Der anzuerkennende Abscheidegrad wird aus dem mittleren Abscheidegrad aller Ergebnisse abzüglich deren Standardabweichung ermittelt.

### **Aerosol-Austrag**

Zur Ermittlung des N-Austrages der Aerosole wurden während der Wintermessung eine und während der Sommermessphase zwei nasschemische Ammoniakmessungen auf der Roh- und Reingasseite nach dem Impingement Messverfahren durchgeführt. Die Probenahme erfolgte nach VDI 3496-1 (Messen gasförmiger Emissionen). Die Abluft wurde rund 30 Minuten mit einem Volumenstrom von 2 m<sup>3</sup>/h über Waschflaschen mit 100 ml Absorptionslösung (0,05 n Schwefelsäure, Impinger-Messverfahren) geleitet. Die Analytik erfolgte nach dem Indophenol-Verfahren. Die Konzentration an Ammoniumstickstoff wurde photometrisch bestimmt.

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

### **N-Bilanz, N-Entfrachtung**

Die Ammoniakabscheidung der Abluftreinigungsanlage wurde über eine N-Bilanzierung unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (im Roh- und Reingas), der im Roh- und Reingas enthaltenen Stickoxide sowie der im Waschwasser gelösten anorganischen Stickstoffverbindungen verifiziert. Der Bilanzierungszeitraum im Winter lag bei 27 Tagen, im Sommer wurde über einen Zeitraum von 21 Tagen die N-Bilanzierung durchgeführt.

Bei einem biologisch arbeitenden Wäschersystem wird das Prozesswasser auf die Konzentration von Ammonium, Nitrit und Nitrat analysiert. Zur Bestimmung der eigentlichen N-Entfrachtung wird die entnommene anorganische N-Masse mit der rohgasseitig eintretenden N-Fracht ins Verhältnis gesetzt. Dies bedeutet, dass der durch die Abluftreinigungsanlage tatsächlich abgeschiedene Stickstoffanteil aus dem Ammoniak des Rohgases im Waschwasser sowie die Restemission von Ammoniak im Reingas nachgewiesen werden.

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

- alle relevanten Stickstoffverbindungen und deren Verbleib nachgewiesen werden,
- gemessen wird, ob nennenswerte Mengen an klimarelevanten Gasen wie NO, NO<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>O emittieren,
- bei Fehlfunktionen biologisch arbeitender Systeme nitrose Gase emittieren,
- der Stickstoffgehalt des Abschlammwassers bekannt und dessen Düngewert quantifiziert wird.

Nach dem DLG-Prüfrahmen muss die N-Entfrachtung innerhalb der Stickstoffbilanz während der Sommer- und Wintermessung jeweils  $\geq 70\%$  betragen.

## **Geruch**

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.

Die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration wurde mittels dynamischer Olfaktometrie in Anlehnung an die DIN EN 13725 durch Verdünnung bis zur Geruchsschwelle durchgeführt. Nach der Auswertung der Probe beurteilen die Probanden die Art des Geruches (wonach riecht es?) am Olfaktometer. In der Reinluft biologisch arbeitender Systeme soll ausschließlich biogener Geruch wahrzunehmen sein. Der typische Rohgasgeruch der Tierhaltung (hier Geflügel) darf nicht mehr wahrnehmbar sein (k.R.w.).

Zum Nachweis der Geruchsabscheidung wurden wöchentlich Geruchsproben gezogen. Nach dem DLG-Prüfrahmen muss die Reingaskonzentration bei  $\leq 300$  GE/m<sup>3</sup> liegen und es darf kein typischer Rohgasgeruch (Geflügel) in der Probe vorhanden sein (k.R.w.).

## **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 Alkaliverbräuche wurden mittels Wiegesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wiegezelle) ermittelt.

Zur Dokumentation der Umgebungsbedingungen wurden die Temperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten (Außen, Rohgas, Reingas) kontinuierlich erfasst, an den Messtagen der Staub- und Geruchsstoffkonzentrationen wurden zusätzlich folgende Parameter dokumentiert:

- Tierzahlen (Stallbuch)
- Frischwasser- und elektrischer Energieverbrauch (Zählerstände)
- absoluter Luftvolumenstrom (Lüftungssteuerung und DLG-Messventilatoren)
- Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage sowie Druckverlust über den Ventilator
- pH-Wert und Leitfähigkeit im Prozesswasser

Weiterhin wurden die Messwerte, die seitens des Herstellers im elektronischen Betriebstagebuchs 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, Arbeitszeitbedarf und Wartungsaufwand**

Eine detailgenaue Funktionsbeschreibung der Anlage mit einer bildlichen Darstellung sowie eine klare Beschreibung der regelmäßigen Wartungsarbeiten werden 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.

### **Dokumentation EBTB**

Im elektronischen Betriebstagebuch sind generell folgende Parameter als ½-Stunden Mittelwerte zu erfassen und abzuspeichern:

- Druckverlust über die Füllkörperpackung und den Tropfenabscheider in Pa
- Luftdurchsatz in m<sup>3</sup>/h
- Pumpenlaufzeit in Std.
- Berieselungsdichte in % der maximalen Pumpenförderleistung
- Gesamtfrischwasserverbrauch an der Anlage in m<sup>3</sup>
- Abschlammung in m<sup>3</sup>
- Roh- und Reingastemperatur in °C
- pH-Wert [-] und elektrische Leitfähigkeit in mS/cm
- Stromverbrauch der Abluftreinigungsanlage in kWh

Des Weiteren sind Sprühbildkontrollen, Wartungs- und Reparaturzeiten sowie Kalibrierungen der pH-Wert- und Leitwertsonde zu erfassen. Nachweise über den Chemikalienverbrauch sind zu erbringen (Säure, Alkalie).

Diese Daten dienen dem Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes der Abluftreinigungsanlage und wurden an der Abluftreinigungsanlage der Firma Devriecom b.v. überprüft.

### **Umweltsicherheit**

Der Prüfungsbereich Umweltsicherheit umfasste eine Beurteilung eventueller, für den Anlagenbetrieb nötiger Betriebsstoffe wie Säure und Alkalien, die stoffliche Verwertung anfallender Reststoffe, 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 Arbeitssicherheit durch die DPLF kontrolliert.

## Die Testergebnisse im Detail

### **Staub**

In den beiden Messperioden (Winter, Sommer) wurden je acht Gesamtstaub- und je zwei Feinstaubmessungen ( $PM_{10}$ /  $PM_{2,5}$ ) durchgeführt. Der anzuerkennende Mindestabscheidegrad dieser Staubfraktionen ist die kleinste Abscheideleistung, die in den jeweiligen Messperioden (Winter, Sommer) ermittelt wurde. Tabelle 3 fasst alle Ergebnisse der Staubmessungen zusammen.

Im Winter lag der Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub bei 79,8 % (16.12.2015), im Sommer bei 70,7 % (20.07.2016). Da die Messung Filterflächenbelastung von  $3.270 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  durchgeführt wurde, jedoch nur eine Filterflächenbelastung von maximal  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  anerkannt wird, kann die ermittelte Staubmindestabscheideleistung vom 13.07.2016 mit 76,70 % anerkannt werden.

Der anzuerkennende Mindestabscheidegrad für Feinstaub ( $PM_{10}$ ) lag bei 84,9 % im Winter (09.12.2015) und 82,2 % im Sommer (13.07.2016). Die Mindestabscheideleistung hinsichtlich der Feinstaubfraktion  $PM_{2,5}$  lag im Winter bei 98,0 % (09.12.2015) und im Sommer bei 98,1 % (15.06.2016).

Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis  $10 \mu\text{m}$  führen, welche bei der Staubmessung mit dem Impaktor 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 Staubfraktion  $PM_{10}$ .

Die Abscheideleistung der einzelnen Staubfraktionen in den Sommer- und Wintermessungen, lassen sich auf die vorgeschaltete Vorbedüse der einströmenden Stallabluft im Gleichstromverfahren mit einer Befeuchtungsintensität  $1,8 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Düse})$  (pro Ventilator eine Düse) sowie durch die intensive Berieselung des Füllkörperpaketes zwischen  $0,81 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (Minimum) und  $0,92 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  (Maximum) im Gegenstromverfahren erklären. Hinzu kommt, dass die Verweilzeit der Stallabluft im eigentlichen Füllkörper bei maximaler Belastung mit über einer Sekunde hoch ist, so dass die Abluft genügend Zeit hat, mit der befeuchteten spezifischen Oberfläche der eingesetzten Füllkörper ( $125 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) in Kontakt zu kommen und der Staub abgeschieden wird.

Die in Tabelle 3 dargestellten Randparameter wurden jeweils zum entsprechenden Messzeitraum an den Messtagen aufgenommen. Luftvolumenstrom und Druckverlustangaben sind Mittelwerte, die im Messzeitraum aus den Minuten-Messwerten der DLG-Datenaufzeichnungen berechnet wurden.

### **Bioaerosole**

In diesem Prüfverfahren wurden Gesamtbakterien, mesophile Pilze und als Leitkeim Staphylokokken gemessen und zur Bestimmung des Bioaerosolabscheidegrades herangezogen. In beiden Messperioden (Winter, Sommer) wurden je vier Bioaerosolmessungen durchgeführt. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse zusammen.

Eine Anerkennung erfolgt in Analogie zu den Parametern Staub und Feinstaub. Diese erfolgt jedoch nur, wenn eine Mindestabscheidung von 70 % in jeder durchgeführten Messung eines jeden Parameters (Gesamtkeime, mesophile Pilze, Staphylokokken) erreicht wird.

Wie Tabelle 4 zeigt gibt es eine deutliche Verringerung des Bioaerosolaustrages. Eine Anerkennung des Abluftreinigungssystems zur Bioaerosolabscheidung ist jedoch nicht möglich, da die Abscheidung der mesophilen Pilze am 02.12.2015 (Wintermessung) und am 20.07.2016 (Sommermessung) unter 70 % lag.

### **Ammoniak**

Eine mindestens den Anforderungen entsprechende Ammoniakabscheidung durch das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem kann nur sichergestellt werden, wenn das Prozesswasser bei einem maximalen Leitwert von  $20 \text{ mS/cm}$  abgeschlämmt und der pH-Wert zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\leq \text{pH} 6,8$  eingeregelt wird.

Eine Bewertung der Ammoniakabscheidung erfolgt erst ab einer Rohgaskonzentration von  $\geq 3,3 \text{ ppm}$ , da bei einer geforderten Mindestabscheideleistung von 70 % eine Reingaskonzentration von  $< 1,0 \text{ ppm}$  erforderlich wäre. Bei derartig niedrigen Ammoniakkonzentrationen ist jedoch eine erhöhte Messunsicherheit des eingesetzten Messgerätes zu berücksichtigen.

Tabelle 3:

## Messergebnisse zur Emissionsminderung (Staub) der Abluftreinigungsanlage Pura aer I

| <b>Wintermessung 2015/2016 (Einstellung der Tiere am 19.01.2015)</b> |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Datum</b>   |          | <b>25.11.15</b> | <b>02.12.15</b> | <b>09.12.15</b> | <b>16.12.15</b> | <b>07.01.16</b> | <b>11.01.16</b> | <b>21.01.16</b> | <b>28.01.16</b> |
| <b>Umgebungs-und Randbedingungen</b>                                 |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| rel. Außenluftfeuchte  | [%]      | 85              | 72              | 82              | 95              | 85              | 86              | 89              | 78              |
| Umgebungstemperatur  | [°C]     | 6,1             | 11,1            | 6,7             | 10,4            | 2,6             | 4,9             | 0,5             | 5,2             |
| Rohgas-/Reingasfeuchte   | [%]      | 78/96           | 68/96           | 68/96           | 80/99           | 64/96           | 78/96           | 75/98           | 65/95           |
| Rohgas-/Reingastemperatur  | [°C]     | 21,2/18,1       | 18,6/15,1       | 19,2/15,2       | 19,3/16,7       | 20,1/14,8       | 19,7/14,7       | 15,0/13,5       | 18,4/13,4       |
| Legehennen   | [Anzahl] | 29.510          | 29.489          | 29.443          | 29.292          | 29.286          | 29.220          | 29.163          | 29.100          |
| Durchschnittliches Tiergewicht                                       | [kg]     | 1,89            | 1,93            | 1,95            | 1,96            | 1,98            | 1,99            | 1,97            | 1,97            |
| Luftvolumenstrom gesamt  | [m³/h]   | 48.400          | 77.000          | 44.200          | 72.600          | 27.400          | 34.300          | 34.500          | 48.400          |
| Druckverlust Wäscher   | [Pa]     | 7               | 11              | 7               | 13              | 12              | 11              | 7               | 10              |
| Druckverlust Stall+ Wäscher  | [Pa]     | 27              | 34              | 28              | 34              | 22              | 23              | 26              | 27              |
| <b>Gesamtstaub (normiert)</b>  |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Rohgas   | [mg/m³]  | 12,07           | 9,58            | 9,55            | 9,99            | 12,66           | 13,34           | 7,19            | 9,62            |
| Reingas  | [mg/m³]  | 2,17            | 1,88            | 1,54            | 2,02            | 1,73            | 1,61            | 1,10            | 1,68            |
| Abscheidegrad  | [%]      | 82,0            | 80,4            | 83,9            | 79,8            | 86,3            | 87,9            | 84,7            | 82,5            |
| <b>Feinstaub (normiert)</b>  |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Rohgas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub>                           | [mg/m³]  |                 |                 | 4,44/1,96       |                 |                 |                 | 3,26/1,34       |                 |
| Reingas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub>                          | [mg/m³]  |                 |                 | 0,67/0,04       |                 |                 |                 | 0,27/0,02       |                 |
| Abscheidegrad  | [%]      |                 |                 | 84,9/98,0       |                 |                 |                 | 91,7/98,5       |                 |
| <b>Sommermessung 2016 (Einstellung der Tiere am 22.04.2016)</b>      |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| <b>Datum</b>   |          | <b>01.06.16</b> | <b>08.06.16</b> | <b>15.06.16</b> | <b>22.06.16</b> | <b>29.06.16</b> | <b>06.07.16</b> | <b>13.07.16</b> | <b>20.07.16</b> |
| <b>Umgebungs-und Randbedingungen</b>                                 |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| rel. Außenluftfeuchte  | [%]      | 70              | 54              | 72              | 70              | 73              | 69              | 75              | 46              |
| Umgebungstemperatur  | [°C]     | 22,0            | 19,8            | 18,5            | 21,0            | 18,2            | 17,0            | 18,0            | 31,0            |
| Rohgas-/Reingasfeuchte   | [%]      | 68/96           | 58/95           | 70/95           | 68/95           | 70/97           | 62/96           | 67/96           | 63/96           |
| Rohgas-/Reingastemperatur  | [°C]     | 24,8/20,6       | 22,6/18,2       | 21,0/17,7       | 22,9/19,5       | 21,1/18,0       | 20,7/17,2       | 22,7/19,0       | 27,5/22,0       |
| Legehennen   | [Anzahl] | 30.798          | 30.793          | 30.790          | 30.776          | 30.771          | 30.765          | 30.761          | 30.749          |
| Durchschnittliches Tiergewicht                                       | [kg]     | 1,57            | 1,59            | 1,62            | 1,67            | 1,67            | 1,69            | 1,69            | 1,69            |
| Luftvolumenstrom gesamt  | [m³/h]   | 222.900         | 117.500         | 128.100         | 212.900         | 122.800         | 128.000         | 103.100         | 235.000         |
| Druckverlust Wäscher   | [Pa]     | 54              | 18              | 17              | 38              | 17              | 22              | 11              | 59              |
| Druckverlust Stall+ Wäscher  | [Pa]     | 79              | 45              | 46              | 70              | 44              | 48              | 40              | 84              |
| <b>Gesamtstaub (normiert)</b>  |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Rohgas   | [mg/m³]  | 8,57            | 17,17           | 13,09           | 6,75            | 7,84            | 7,74            | 8,02            | 11,08           |
| Reingas  | [mg/m³]  | 1,42            | 2,90            | 2,08            | 0,95            | 1,44            | 1,35            | 1,87            | 3,25            |
| Abscheidegrad  | [%]      | 83,4            | 83,1            | 84,1            | 85,9            | 81,6            | 82,6            | 76,7            | 70,7            |
| <b>Feinstaub (normiert)</b>  |          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Rohgas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub>                           | [mg/m³]  |                 |                 | 4,73/2,10       |                 |                 |                 | 4,44/1,74       |                 |
| Reingas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub>                          | [mg/m³]  |                 |                 | 0,76/0,04       |                 |                 |                 | 0,79/0,03       |                 |
| Abscheidegrad  | [%]      |                 |                 | 83,9/98,1       |                 |                 |                 | 82,2/98,3       |                 |

Tabelle 4:

## Messergebnisse zur Abscheidung von Bioaerosolen der Abluftreinigungsanlage Pura aer I

| Wintermessung 2015/2016 (Einstellung der Tiere am 19.01.2015) |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
|---|--|------------|--------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| Datum   |  | 02.12.2015 |                    | 16.12.2015 |         | 11.01.2016 |         | 28.01.2016 |         |
| Messpunkt   |  | Rohgas     | Reingas            | Rohgas     | Reingas | Rohgas     | Reingas | Rohgas     | Reingas |
| rel. Luftfeuchte  | [%]                                    | 69         | 96                 | 81         | 98      | 76         | 96      | 65         | 95      |
| Temperatur  | [°C]                                   | 18,6       | 15,1               | 19,1       | 16,7    | 19,6       | 14,7    | 18,4       | 13,4    |
| V <sub>Norm</sub>   | [l]                                    | 563,5      | 729,8              | 492,7      | 584,6   | 616,9      | 540,9   | 671,9      | 712,1   |
| Abluftvolumenstrom  | [m <sup>3</sup> /h]                    | 71.900     |                    | 60.300     |         | 40.300     |         | 46.300     |         |
| Filterflächenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> · h)] | 1.001      |                    | 840        |         | 561        |         | 645        |         |
| Durchströmung Füllkörper                                      | [m/s]                                  | 0,28       |                    | 0,23       |         | 0,16       |         | 0,18       |         |
| Durchströmung Tropfenabscheider                               | [m/s]                                  | 0,93       |                    | 0,78       |         | 0,52       |         | 0,60       |         |
| Konzentration unter Normbedingungen <sup>1)</sup>             |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
| Gesamtbakterien   | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 9.049.792  | 616.578            | 11.163.087 | 949.358 | 22.695.257 | 647.123 | 6.697.346  | 280.852 |
| Mesophile Pilze   | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 19.164     | 6.577              | 51.553     | 15.053  | 14.590     | 924     | 11.162     | 421     |
| Staphylococcen  | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 10.114     | 534                | 16.440     | 1.539   | 424.726    | 11.833  | 29.022     | 2.247   |
| Abscheidegrad   |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
| Gesamtbakterien   | [%]                                    | 93         |                    | 91         |         | 97         |         | 96         |         |
| Mesophile Pilze   | [%]                                    | 66         |                    | 71         |         | 94         |         | 96         |         |
| Staphylococcen  | [%]                                    | 95         |                    | 91         |         | 97         |         | 92         |         |
| Sommermessung 2016 (Einstellung der Tiere am 22.04.2016)      |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
| Datum   |  | 08.06.2016 |                    | 22.06.2016 |         | 06.07.2016 |         | 20.07.2016 |         |
| Messpunkt   |  | Rohgas     | Reingas            | Rohgas     | Reingas | Rohgas     | Reingas | Rohgas     | Reingas |
| rel. Luftfeuchte  | [%]                                    | 58         | 95                 | 69         | 95      | 62         | 95      | 63         | 96      |
| Temperatur  | [°C]                                   | 22,6       | 18,2               | 22,7       | 19,3    | 20,7       | 17,2    | 27,5       | 22,0    |
| V <sub>Norm</sub>   | [l]                                    | 653,7      | 699,3              | 557,6      | 628,6   | 529,9      | 655,2   | 531,2      | 451,5   |
| Abluftvolumenstrom  | [m <sup>3</sup> /h]                    | 93.800     |                    | 179.700    |         | 112.000    |         | 205.000    |         |
| Filterflächenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> · h)] | 1.306      |                    | 2.502      |         | 1.560      |         | 2.855      |         |
| Durchströmung Füllkörper                                      | [m/s]                                  | 0,36       |                    | 0,70       |         | 0,43       |         | 0,79       |         |
| Durchströmung Tropfenabscheider                               | [m/s]                                  | 1,21       |                    | 2,32       |         | 1,45       |         | 2,65       |         |
| Konzentration unter Normbedingungen <sup>1)</sup>             |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
| Gesamtbakterien   | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 27.536.742 | 2.488.229          | 10.760.771 | 954.577 | 10.191.492 | 641.027 | 8.282.106  | 908.087 |
| Mesophile Pilze   | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 2.601      | k.N. <sup>2)</sup> | 2.152      | 477     | 1.699      | 458     | 2.636      | 1.107   |
| Staphylococcen  | [KBE/Norm-m <sup>3</sup> ]             | 504.840    | 20.163             | 448.365    | 3.341   | k.N        | k.N     | 160.015    | 6.645   |
| Abscheidegrad   |  |            |                    |            |         |            |         |            |         |
| Gesamtbakterien   | [%]                                    | 91         |                    | 91         |         | 94         |         | 89         |         |
| Mesophile Pilze   | [%]                                    | > 80       |                    | 78         |         | 73         |         | 58         |         |
| Staphylococcen  | [%]                                    | 96         |                    | 99         |         | k.N        |         | 96         |         |

1) KBE = Kolonie bildende Einheit

2) Die Ergebnisse lagen unter der Nachweisgrenze des Analyse-Verfahrens.

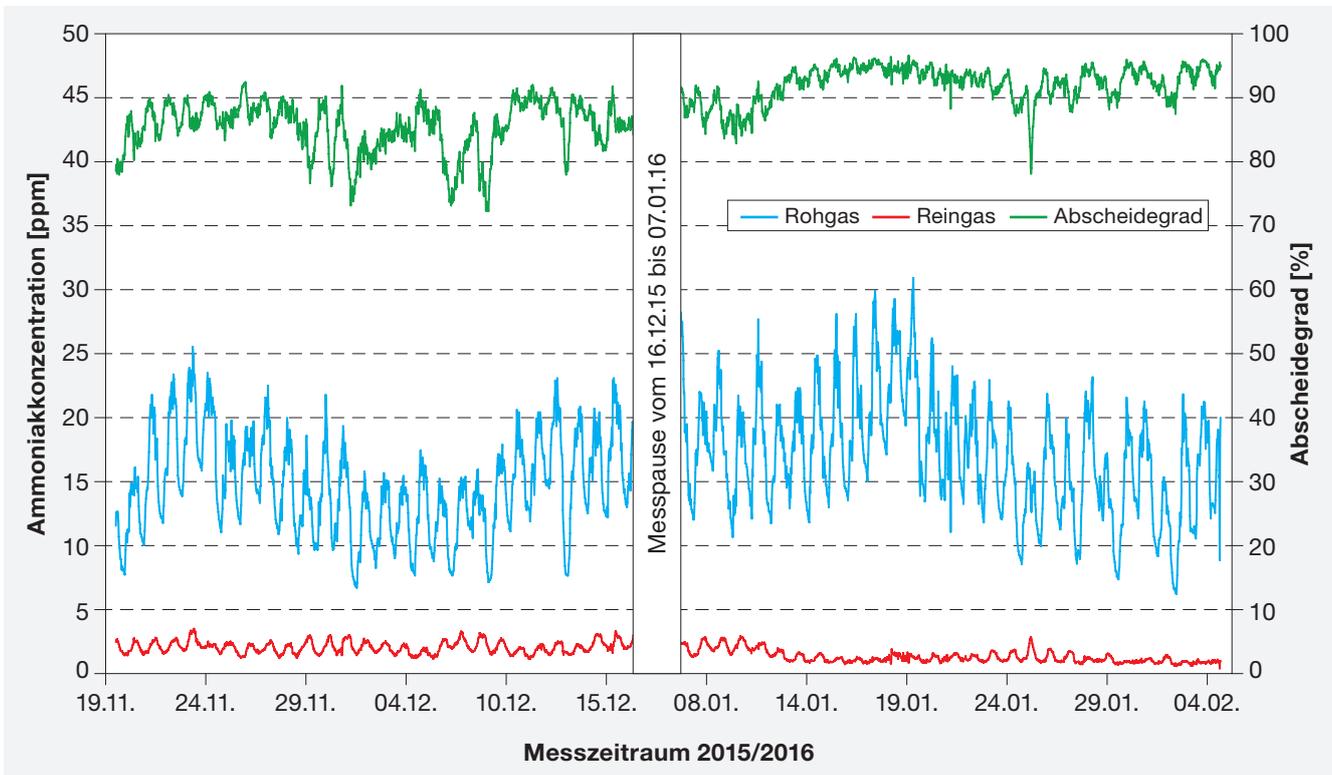


Bild 3:  
Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas während der Wintermessung (19.11.2015 bis 04.02.2016)

Im Winter lagen 432 Werte im Reingas unterhalb der Nachweisgrenze der hier mit vertretbarem Aufwand einzusetzenden Messtechnik (1 ppm). Zur Bewertung der Abscheideleistungen wurden diese Werte auf 1 ppm gesetzt. Liegen die Abscheideleistungen dann wegen zu geringer Rohgaskonzentrationen ( $\leq 3,3$  ppm) unter 70 %, bleiben diese Wertepaare unberücksichtigt. Rohgasseitig wurden keine Ammoniakkonzentrationen von  $\leq 3,3$  ppm gemessen, so dass für die Auswertung der Abscheideleistung 2.632 Wertepaare als Halbstundenmittelwerte zur Verfügung standen. Bild 3 zeigt den Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas während der Wintermessung (19.11.2015 bis 04.02.2016). Der berechnete mittlere Abscheidegrad für Ammoniak lag im Winter bei 83,9 %.

Im Rohgasbereich wurden während der Wintermessung Ammoniakkonzentrationen zwischen 6,0 ppm und maximal 31,0 ppm gemessen. Diese hohen Konzentrationen wurden an wenigen Tagen für rund 5 Stunden tagsüber ermittelt. Durch eine erhöhte Tieraktivität am Tag kam es zu einer höheren Freisetzung von Ammoniak aus dem Scharraum. Die zu fördernde Abluftmenge wurde auf Grund der zu niedrigen Außentemperaturen und fehlenden Heizung auf ein Minimum begrenzt (Standard in der Legehennenhaltung), so dass es kurzzeitig zur Überschreitung der Ammoniakkonzentration von 20 ppm kam, die nach der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung einzuhalten ist. Die Reingaswerte lagen unter 3,5 ppm und teilweise unter der Nachweisgrenze des Messgerätes ( $< 1,0$  ppm).

Während der gesamten Wintermessung kam es zu keinen Störungen an der Anlage, die eine Auswirkung auf die geforderte Ammoniakmindestabscheideleistung von 70 % hatte. Vom 16.12.2015 bis zum 07.01.2016 wurde eine Messpause bezüglich der Ammoniakkonzentration eingelegt. Die Kontrolle des ordnungsgemäßen Betriebes über das EBTB und über die DLG-Messdaten wurde in diesem Zeitraum weiter durchgeführt.

Im Gegensatz zur Wintermessperiode wurden in der Sommermessung 1.537 Reingaskonzentrationen auf 1,0 ppm angehoben. Bei diesen 1.537 Reingaskonzentrationen wurden gleichzeitig 562 Rohgaskonzentration von  $\leq 3,3$  ppm gemessen. Diese Wertepaare bleiben bei der Ermittlung des Mindestabscheidegrades unberücksichtigt.

In den Sommermonaten lagen die abzuführenden Luftraten deutlich über den Luftraten, die während der Wintermonate aus dem Stallgebäude über die Abluftreinigungsanlage gefördert wurden. In diesem Zeitraum

wurden die maximalen Filterflächenbelastungen erzielt, bei denen das Abluftreinigungssystem eine Ammoniakabscheideleistung von mindestens 70 % sicherstellen muss. In diesem Messzeitraum wurde jedoch festgestellt, dass bei Filterflächenbelastungen von  $> 2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  und gleichzeitig sehr niedrigen Rohgaskonzentrationen (3,3 ppm bis 5,6 ppm) dieser Abscheidegrad nicht dauerhaft nachgewiesen wurde.

Eine Einhaltung der Ammoniakabscheidung von dauerhaft 70 % war nur bis zu einer maximalen Filterflächenbelastung von  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  gewährleistet. Diese Auslegungsgröße ist als Voraussetzung für die Anerkennung der Ammoniakabscheideleistung anzusetzen.

Im Sommermesszeitraum wurden am 20.06.2016 Unregelmäßigkeiten der Säuredosiertechnik festgestellt. Dies konnte anhand der Säureverbräuche über die DLG Messdaten (Säureverbrauchsdaten) nachgewiesen werden. Der tägliche Säureverbrauch stieg innerhalb von 24 Stunden von durchschnittlich 33 kg/d auf 63 kg/d an. Nach Überprüfung der Säuredosierpumpe am 22.06.2016 durch die Firma Devriecom b. v. wurde ein Defekt der Säuredosierpumpe festgestellt. Am 24.06.2016 wurde die Säuredosierpumpe ausgetauscht. In diesem Zeitraum werden 10 Wertepaare zur Ermittlung der Ammoniakabscheideleistung nicht berücksichtigt.

Ab dem 08.07.2016 wurde zur Anhebung des pH-Wertes auf  $\geq 6,5$  Natronlauge zudosiert. Der tägliche Verbrauch erhöhte sich rasch auf bis zu 67 kg/d. Auf Grund dieser sehr hohen Verbrauchsmengen wurde nach Empfehlung der Prüfungskommission am 20.07.2016 durch die LUFA der pH-Wert des Prozesswassers am Austritt der Düsenköpfe der Berieselungseinrichtung gemessen. Im Gegensatz zu einem anerkannten pH-Wertbereich von  $\geq 6,5$  und  $\leq 6,8$  im Prozesswasser des Abluftreinigungssystems wurde in einer der drei Leitungen ein pH-Wert von  $\text{pH} = 7,3$  ermittelt. Dieser abweichende pH-Wert verursachte eine ungleichmäßige Befeuchtung der Füllkörperpackung wodurch eine Abscheideleistung von  $> 70 \%$  nicht mehr sichergestellt werden konnte.

Diese unterschiedlichen pH-Werte in der Berieselungseinrichtung wurden nach Überprüfung auf eine unzureichende Vermischung der eingesetzten Chemikalien (Lauge oder Säure) mit dem Prozesswasser zurückgeführt. Nach Behebung dieses verfahrenstechnischen Mangels wurde die Ammoniakabscheideleistung nach kurzer Einlaufphase mit durchschnittlich 85,9 % wiederum sichergestellt.

Unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren konnten von insgesamt 2.686 Wertepaaren 1.761 Wertepaare zur Ermittlung des Ammoniakabscheidegrades verwertet werden. Dieser wird mit 77,7 % anerkannt.

Im Jahresmittel und bei einem ordnungsgemäßen Betrieb kann die Abluftreinigungsanlage in der Legehennenhaltung somit eine mittlere Ammoniakabscheidung von 80,8 % sicherstellen. Eine Vorlage der Chemikalien in Form eines ausreichend dimensionierten IBC-Containers (Säure und Lauge) ist hierbei erforderlich, sodass ein unnötig häufiger Wechsel der Vorlagebehälter vermieden werden kann.

### **Aerosol-Austrag**

Bei biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen können stickstoffhaltige Aerosole in Form von  $\text{NH}_3$  und auch  $\text{NO}_x$  aus den Vorlagebecken und der Füllkörperpackung ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen werden. So gelangt der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung. Die Ergebnisse der Aerosol-Impinger-Messungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Der Aerosol-Austrag lag im Winter bei  $0,34 \text{ mg/m}^3$  und im Sommer bei  $0,37 \text{ mg/m}^3$ . Im Winter wurden die Messungen bei einem Abluftvolumenstrom von rund  $36.500 \text{ m}^3/\text{h}$  im Sommer bei durchschnittlich  $100.200 \text{ m}^3/\text{h}$  durchgeführt. Aufgrund der höheren Abluftvolumenströme im Sommer liegen die Ammoniakmassenströme daher bei  $37,07 \text{ g/h}$  und im Winter bei nur  $10,22 \text{ g/h}$ .

### **N-Entfrachtung, N-Bilanz**

Um die tatsächliche Stickstoffabscheidung des biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystems bewerten zu können, wurden N-Bilanzierungen unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (im Roh- und Reingas), des anorganischen N-Anteils im Prozesswasser sowie des im Abschlammwasser gelösten anorganischen Stickstoffs im Winter und Sommer durchgeführt.

Gemäß des DLG-Prüfrahmens muss die N-Entfrachtung innerhalb der Stickstoffbilanz während des Untersuchungszeitraumes jeweils  $\geq 70\%$  betragen. Die N-Entfrachtung spiegelt nämlich die tatsächlich entnommene Stickstoffmenge aus der Stallabluft wider, die durch den Betrieb der Abluftreinigungsanlage ermöglicht wird. Tabelle 6 fasst die ermittelten Ergebnisse der mittleren  $\text{NH}_3$ -N Abscheideleistung (Rohgas- und Reingasemissionen) sowie die N-Entfrachtung zusammen, die in den N-Bilanzierungszeiträumen ermittelt wurden.

Im Winter lag die ermittelte N-Entfrachtung bei 82,7 %, im Sommermesszeitraum bei 77,6 %. Die Mindestanforderung eines 70 %-igen Nachweises der N-Entfrachtung wurde mit durchschnittlich 80,8 % übertroffen.

In biologischen funktionierenden Abluftreinigungsanlagen erfolgt die Ammoniakabscheidung über Nitrifikanten, die das im Prozesswasser gelöste Ammoniak aufnehmen und zu Nitrit und in geringem Umfang zu Nitrat oxidieren. Tabelle 7 fasst die Anreicherung der N-Fractionen ( $\text{NH}_4$ -N,  $\text{NO}_2$ -N und  $\text{NO}_3$ -N) zusammen, die im Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage in den Bilanzierungszeiträumen (Winter, Sommer) analysiert wurden.

*Tabelle 5:*

*Ergebnisse der nasschemischen Ammoniakmessungen an der Abluftreinigungsanlage Pura aer I*

| Datum   |                      | Wintermessung |            | Sommermessung |      |            |
|---|----------------------|---------------|------------|---------------|------|------------|
|   |                      | 11.01.2016    | 15.06.2016 | 5.01          | 5.01 | 13.07.2016 |
| $\text{NH}_3$ Rohgaskonzentration <sup>1)</sup>                 | [mg/m <sup>3</sup> ] | 22,99         | 4,64       | 5,01          | 5,85 | 5,68       |
| $\text{NH}_3$ Reingaskonzentration <sup>1)</sup>                | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,34          | 0,23       | 0,37          | 0,52 | 0,35       |
| Abscheidegrad   | [%]                  | 98,5          | 95,0       | 92,6          | 91,1 | 93,8       |
| $\bar{\sigma}$ $\text{NH}_3$ Reingaskonzentration <sup>1)</sup> | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,34          |            | 0,37          |      |            |
| Abluftvolumenstrom  | [m <sup>3</sup> /h]  | 36.500        |            | 100.200       |      |            |
| Massenstrom $\text{NH}_3$                                       | [g/h]                | 10,22         |            | 37,07         |      |            |

1) Angabe der Konzentration unter Normbedingungen

*Tabelle 6:*

*Ergebnisse der Abscheideleistung und N-Entfrachtung an der Abluftreinigungsanlage Pura aer I in der Winter- und Sommermessphase*

| Messzeitraum  |            | Wintermessung         | Sommermessung         |
|---|------------|-----------------------|-----------------------|
|   |            | 07.01.16 bis 03.02.16 | 22.06.16 bis 13.07.16 |
| $\text{NH}_3$ -N Rohgas-Eintrag                     | [kg]       | 297,8                 | 360,5                 |
| $\text{NH}_3$ -N Reingas-Austrag                    | [kg]       | 24,6                  | 54,8                  |
| Differenz   | [kg]       | 273,2                 | 305,7                 |
| <b>Abscheideleistung <math>\text{NH}_3</math>-N</b> | <b>[%]</b> | <b>91,7</b>           | <b>84,8</b>           |
| $\text{N}_{\text{anorg.}}$ -Prozesswasser           | [kg]       | 7,5                   | 114,2                 |
| $\text{N}_{\text{anorg.}}$ -Abschlammung            | [kg]       | 238,7                 | 165,7                 |
| $\text{NH}_3$ -N Reingas-Austrag                    | [kg]       | 24,6                  | 54,8                  |
| Reingas <sub>weitere gasf. N-Verbindungen</sub>     | [kg]       | 20,4                  | 27,4                  |
| Austrag Wasseranalysen                              | [kg]       | 246,2                 | 279,9                 |
| Austrag Gesamt                                      | [kg]       | 291,2                 | 362,2                 |
| <b>Wiederfindungsrate</b>                           | <b>[%]</b> | <b>97,8</b>           | <b>100,5</b>          |
| pH-Wert   | [-]        | 6,4 - 6,9             | 6,4 - 6,9             |
| Leitfähigkeit                                       | [mS/cm]    | 14 - 19               | 14 - 19               |
| Eintrag gesamt                                      | [kg]       | 297,8                 | 360,5                 |
| Austrag Wasseranalysen                              | [kg]       | 246,2                 | 279,9                 |
| <b>N-Entfrachtung</b>                               | <b>[%]</b> | <b>82,7</b>           | <b>77,6</b>           |

Tabelle 7:

Ergebnisse der N-Fractionen im Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage Pura aer I in der Winter und Sommermessphase

| Wintermessung 07.01.2016 bis 03.02.2016 |                          |                          |                          | Sommermessung 22.06.2016 bis 20.07.2016 |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Probennahmetag                          | NH <sub>4</sub> -N [g/l] | NO <sub>2</sub> -N [g/l] | NO <sub>3</sub> -N [g/l] | Probennahmetag                          | NH <sub>4</sub> -N [g/l] | NO <sub>2</sub> -N [g/l] | NO <sub>3</sub> -N [g/l] |
| 07.01.16 <sup>1)</sup>                  | 1,63                     | 1,85                     | 0,23                     | 22.06.2016 <sup>1)</sup>                | 1,46                     | 0,27                     | 0,26                     |
| 11.01.16 <sup>2)</sup>                  | 1,70                     | 1,42                     | 0,26                     | 29.06.2016 <sup>2)</sup>                | 2,06                     | 0,26                     | 0,33                     |
| 14.01.16 <sup>2)</sup>                  | 1,31                     | 1,09                     | 0,27                     | 06.07.2016 <sup>2)</sup>                | 2,33                     | 0,21                     | 0,46                     |
| 21.01.16 <sup>2)</sup>                  | 1,70                     | 1,42                     | 0,33                     | 13.07.2016 <sup>1)</sup>                | 2,08                     | 0,52                     | 0,48                     |
| 28.01.16 <sup>2)</sup>                  | 2,01                     | 1,78                     | 0,28                     |   |                          |                          |                          |
| 03.02.16 <sup>1)</sup>                  | 1,85                     | 1,73                     | 0,34                     |   |                          |                          |                          |

1) Probennahme aus dem Prozesswassers zu Beginn und am Ende des N-Bilanzierungszeitraumes

2) Probennahme des Abschlammwassers während der Abschlammung

## Geruch

Der Nachweis der im DLG Prüfrahmen festgelegten Mindestanforderungen zur Geruchsabscheidung in der Legehennenhaltung ( $\leq 300 \text{ GE/m}^3$  und k.R.w.) wird an dem biologisch arbeitendem Reinigungssystem der Firma Devriecom b. v. mit einer maximalen Filterflächenbelastung von  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  sicher eingehalten.

Zur Geruchsstoffabscheidung darf ein maximaler Leitwert von  $20 \text{ mS/cm}$  im Prozesswasser nicht überschritten und die pH-Wert-Regulierung muss zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\text{pH} \leq 6,8$  eingestellt werden. Tabelle 8 fasst die Ergebnisse der Winter- und Sommermessungen zusammen.

Es ist bekannt, dass biologisch arbeitende Abluftreinigungssysteme, die als Rieselbettfilter ausgeführt werden, eine Zeit zur Anpassung benötigen, um die Geruchsstoffabscheidung gemäß der DLG Anforderungen zu erzielen. Der Zeitraum liegt je nach Verfahren zwischen 4 und maximal 8 Wochen. Nach dem Aufbau des Biofilms auf der spezifischen Oberfläche der Füllkörperpackung bauen dann insbesondere die heterotrophen Bakterien den Geruch ab.

In allen Bewertungen der reingasseitig gezogenen Geruchsproben konnte im Winter kein typischer Geflügelgeruch wahrgenommen werden. Bei der Auswertung der Sommerproben wurde vereinzelt Geflügelgeruch angegeben. Mehrheitlich wurde bei jeder Einzelproben jedoch kein Geflügelgeruch wahrgenommen. Diese Abweichungen werden gemäß DLG Prüfrahmen akzeptiert.

Erst nach dem 08.07.2016 wurde erstmalig Lauge zu dosiert. Am 20.07.2016 wurde erkannt, dass über die Düsenstränge Prozesswasser mit unterschiedlichen pH-Werten über den Füllkörper verrieselt wurde. Der Dosierpunkt der Chemikalien wurde am 20.07.2016 verlegt. Nach dem Umbau haben sich sowohl die Abscheideleistung für Ammoniak, wie auch die Geruchsabscheidung verbessert.

## Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung

Die im Prüfbericht (siehe 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- zu Sommerverbrauchsdaten) wird nachfolgend nur auf den durchschnittlichen Jahresverbrauch eingegangen. Die Umrechnung auf die Verbräuche pro Tierplatz und Jahr beziehen sich auf den genehmigten Tierbestand von 30.800 Legehennen im Stallgebäude.

Die angegebenen Verbräuche müssen als Richtwerte verstanden werden, die sich je nach Standort, Haltungsverfahren, Betriebsmanagement und dem jeweiligen Emissionsmassenstrom für Ammoniak und Staub verändern können.

Tabelle 8:

Ergebnisse der N-Fractionen im Prozesswasser im N-Bilanzierungszeitraum  
(Winter- und Sommermessung)

| Wintermessung 2015/2016 (Einstellung der Tiere am 19.01.2015) |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Datum   |             | 25.11.15  | 02.12.15  | 09.12.15  | 16.12.15  | 07.01.16  | 11.01.16  | 21.01.16  | 28.01.16  |
| Tiere   | [Anzahl]    | 29.510    | 29.489    | 29.443    | 29.292    | 29.286    | 29.220    | 29.163    | 29.100    |
| Gewicht   | [kg]        | 1,89      | 1,93      | 1,95      | 1,96      | 1,98      | 1,98      | 1,98      | 1,98      |
| Belegung Stall  | [GV]        | 111,5     | 113,8     | 114,8     | 114,8     | 116,0     | 115,7     | 115,5     | 115,2     |
| Umgebungs- und Randbedingung                                  |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Außentemperatur   | [°C]        | 6,1       | 11,1      | 6,7       | 10,4      | 2,6       | 4,9       | 0,5       | 5,2       |
| Außenluftfeuchte  | [%]         | 85        | 72        | 82        | 95        | 85        | 86        | 89        | 78        |
| Rohgas-/Reingastemperatur                                     | [°C]        | 21,0/18,0 | 18,6/15,2 | 19,2/15,2 | 19,3/16,7 | 20,1/14,8 | 19,7/14,7 | 15,0/13,5 | 18,4/13,4 |
| Rohgas-/Reingasfeuchte  | [%]         | 78/97     | 68/96     | 68/96     | 80/98     | 64/96     | 78/97     | 75/98     | 65/95     |
| Ø Abluftvolumenstrom  | [m³/h]      | 51.500    | 68.000    | 49.400    | 75.200    | 28.200    | 36.300    | 35.000    | 50.000    |
| Ø Filterflächenbelastung                                      | [m³/(m²*h)] | 717       | 947       | 688       | 1.047     | 393       | 506       | 487       | 696       |
| Geruchsstoffkonzentration                                     |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Ø GE-Rohgas <sup>1)</sup>                                     | [GE/m³]     | 232       | 114       | 93        | 155       | 296       | 335       | 134       | 213       |
| Ø GE-Reingas <sup>1)</sup>                                    | [GE/m³]     | 50        | 34        | 31        | 68        | 49        | 120       | 76        | 83        |
| Rohgas im Reingas wahrnehmbar                                 |             | Nein      |
| Geruchsstoffmassenstrom                                       |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Ø Rohgasmassenstrom   | [GE/(GV*s)] | 30        | 19        | 11        | 28        | 20        | 29        | 11        | 26        |
| Ø Reingasmassenstrom  | [GE/(GV*s)] | 6         | 6         | 4         | 12        | 3         | 10        | 6         | 10        |
| Sommermessung 2016 (Einstellung der Tiere am 22.04.2016)      |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Datum   |             | 08.06.16  | 15.06.16  | 22.06.16  | 29.06.16  | 06.07.16  | 13.07.16  | 20.07.16  | 27.07.16  |
| Tiere   | [Anzahl]    | 30.793    | 30.790    | 30.776    | 30.771    | 30.765    | 30.761    | 30.749    | 30.742    |
| Gewicht   | [kg]        | 1,59      | 1,62      | 1,67      | 1,67      | 1,69      | 1,69      | 1,69      | 1,69      |
| Belegung Stall  | [GV]        | 97,9      | 99,8      | 102,8     | 102,8     | 104,0     | 104,0     | 103,9     | 103,9     |
| Umgebungs- und Randbedingung                                  |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Außentemperatur   | [°C]        | 19,8      | 18,5      | 21,0      | 18,2      | 17,0      | 18,0      | 31,0      | 24,2      |
| Außenluftfeuchte  | [%]         | 54        | 72        | 70        | 73        | 69        | 75        | 46        | 62        |
| Rohgas-/Reingastemperatur                                     | [°C]        | 22,3/18,2 | 21,0/17,7 | 22,9/19,5 | 21,1/18,0 | 20,7/17,2 | 22,9/19,1 | 28,1/23,2 | 24,4/20,4 |
| Rohgas-/Reingasfeuchte  | [%]         | 58/95     | 70/95     | 68/95     | 70/97     | 62/96     | 66/96     | 62/96     | 66/96     |
| Ø Abluftvolumenstrom  | [m³/h]      | 121.100   | 104.500   | 216.000   | 118.100   | 129.200   | 74.600    | 235.100   | 182.600   |
| Ø Filterflächenbelastung                                      | [m³/(m²*h)] | 1.686     | 1.455     | 3.008     | 1.645     | 1.799     | 1.039     | 3.274     | 2.543     |
| Geruchsstoffkonzentration                                     |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Ø GE-Rohgas <sup>1)</sup>                                     | [GE/m³]     | 52        | 181       | 115       | 211       | 79        | 106       | 34        | 35        |
| Ø GE-Reingas <sup>1)</sup>                                    | [GE/m³]     | 49        | 86        | 63        | 98        | 58        | 99        | 38        | 49        |
| Rohgas im Reingas wahrnehmbar                                 |             | Nein      |
| Geruchsstoffmassenstrom                                       |             |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Ø Rohgasmassenstrom   | [GE/(GV*s)] | 18        | 52        | 67        | 67        | 27        | 21        | 21        | 17        |
| Ø Reingasmassenstrom  | [GE/(GV*s)] | 17        | 25        | 37        | 31        | 20        | 20        | 24        | 24        |

1) Die Messwerte werden als geometrischer Mittelwert aus drei Einzelproben bestimmt.

## Wasserverbrauch

Um die Wasserverluste durch Abschlammung und Verdunstung auszugleichen, muss dem System Frischwasser zugeführt werden. Der Frischwasserverbrauch und die Abschlammung müssen im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) hinterlegt werden. Hierdurch wird eine Differenzierung zwischen der Abschlammrate und der tatsächlichen Wasserverdunstung möglich. Die maximale Leitfähigkeit im Prozesswasser, welche die Abschlammrate bestimmt, darf bis auf 20 mS/cm ansteigen und wird im EBTB hinterlegt.

Im gesamten Messzeitraum (Winter- und Sommermessung) wurden durchschnittlich 2,12 m<sup>3</sup>/d aus dem Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage abgeschlammmt. Dies entspricht einer jährlichen Abschlammrate von 773,8 m<sup>3</sup>/a bzw. 0,025 m<sup>3</sup>/(TP · a).

Nach Abzug der Abschlammrate vom gesamten Frischwasserverbrauch kann die jährliche Verdunstungsrate berechnet werden. Diese liegt bei 4,67 m<sup>3</sup>/d und entspricht einem Verbrauch von rund 0,055 m<sup>3</sup>/(TP · a).

Zum Frischwasserverbrauch, der durch den Betrieb der Anlage entsteht (Verdunstung und Abschlammung), muss noch das Reinigungswasser hinzugerechnet werden. Muss der Füllkörper während einer Legeperiode gereinigt werden, wird dies mit Prozesswasser durchgeführt. Ein erhöhter Frischwasserverbrauch muss nicht einkalkuliert werden. Nach der Legeperiode wird die Anlage wiederum nur mit Prozesswasser gesäubert. Im Bedarfsfall kann die Reinigung auch mit Frischwasser und einem Hochdruckreiniger erfolgen. Nach Herstellerangaben sind für die Reinigung je nach Anlagengröße ca. 5 m<sup>3</sup> bis 10 m<sup>3</sup> Frischwasser erforderlich.

## Verbrauch an elektrischer Energie

Die größten elektrischen Verbraucher an der Abluftreinigungsanlage sind die kontinuierlich betriebenen Umwälzpumpen. Im Stallbereich sind die Ventilatoren die größten Verbraucher. Im Referenzbetrieb wurden 10 druckstabile Abluftventilatoren eingesetzt. Alle Ventilatoren waren an einem Frequenzumrichter angeschlossen um die Drehzahl der Ventilatoren an den zu fördernden Abluftvolumenstrom anzupassen und um eine gleichmäßige Anströmung der Füllkörperpackung sicherzustellen.

Es wird eine Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h) anerkannt. Die maximal ermittelten Druckverluste über das Abluftreinigungssystem lagen bei 13 Pa (Füllkörper) und 34 Pa (Tropfenabscheider). Der Druckverlust über den Stall wurde bei dieser Filterflächenbelastung mit 30 Pa ermittelt. Die Abluftventilatoren müssen daher die zu fördernde maximale Abluftmenge bei einem Gesamtdruckverlust von 150 Pa sicherstellen.

Die Stromverbräuche der Lüftung unterscheiden sich in der Winter- und Sommermessung deutlich, da die abzuführenden Luftraten im Sommer höher sind als die im Winter. In der Wintermessphase wurden nur durchschnittliche 20 % der maximal möglichen Abluftmenge aus dem Stallgebäude gefördert. Der Stromverbrauch lag bei rund 52,5 kWh/d. Im Sommer lag die geförderte Abluftmenge bei durchschnittlich 52 %. An mehreren Tagen wurde diese jedoch mit > 90 % aus dem Stallgebäude abgeführt. Der gemessene Stromverbrauch lag bei 147,9 kWh/d. Im Jahresmittel betrug der Stromverbrauch an der Referenzanlage 100,2 kWh/d bzw. 1,19 kWh/(TP · a).

Im Referenzbetrieb wurden Ventilatoren mit einer Stromaufnahme von 2,6 kW eingebaut. Dieser Ventilator ist sehr druckstabil (bis 270 Pa). Die Messergebnisse zeigen aber, dass ein Ventilator mit einer Druckstabilität bis maximal 150 Pa ausreichen würde, um die erforderlichen Abluftvolumenströme aus dem Stallgebäude zu fördern. Derartige Ventilatoren besitzen Stromaufnahmen von nur 1,9 bis 2,2 kW und könnten den ermittelten täglichen Stromverbrauch reduzieren.

Die Stromverbräuche der Umwälzpumpen in der Sommer- und Wintermessung unterscheiden sich auch. Da die Berieselungsdichte der Füllkörperpackung (siehe Tabelle 2) an den zu fördernden Abluftvolumenstrom angepasst wird, erhöht sich der Stromverbrauch von 115,4 kWh/d im Winter auf 155,7 kWh/d im Sommer. Im Jahresmittel muss ein Stromverbrauch der Umwälzpumpen von 135,6 kWh/d einkalkuliert werden. Dies sind rund 1,61 kWh/(TP · a).

### *Sonstige Verbrauchswerte*

Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Werte-Regelung zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\leq 6,8$  sowie einer Abschlammung bei maximal 20 mS/cm möglich. Daher muss an der Anlage eine automatische Säure- und Laugendosierung sowie Leitfähigkeits- erfassung ordnungsgemäß installiert und betrieben werden. Zur Absenkung des pH-Wertes wurde Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96 % eingesetzt. Die Alkalidosierung (pH-Wertanhebung) wurde mit Natronlauge (33 %) durchgeführt.

Im Jahresdurchschnitt wurde ein Säureverbrauch von 0,12 kg/(TP · a) ermittelt. In der Wintermessung lag dieser nur bei 3,22 kg/d und steigerte sich auf 16,83 kg/d in der Sommermessung.

Im Winter wurde im gesamten Messzeitraum keine Natronlauge zur pH Wertanhebung verbraucht. Im Sommer wurden Verbräuche von 13,31 kg/d gemessen. Im Jahresmittel kann daher ein Natronlaugenverbrauch von 0,08 kg/(TP · a) berechnet werden.

Die Verbrauchsdaten im Winter und Sommer unterscheiden sich deutlich. Hier zeigt sich, dass die Chemikalienverbräuche bei biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen im Wesentlichen von der sich bildenden Biomasse im Füllkörperpaket, der Wassertemperatur und von der Ammoniakfracht, die rohgasseitig in das Abluftreinigungssystem einströmt, abhängig ist.

Die deutlich höheren Säure- und Natronlaugenverbräuche in der Sommermessung lassen sich zum einen dadurch erklären, dass die Abluftreinigung vor Messbeginn komplett gesäubert wurde, da eine neue Legehenherde eingestallt worden ist und sich erst ein Biofilm auf den Oberflächen der Füllkörper bilden muss. Zum anderen wurde am 20.07.2016 festgestellt, dass die Dosiereinrichtungen von Säure und Lauge nicht optimal installiert wurden. In den Düsensträngen der Berieselungseinrichtung des Füllkörpers wurden unterschiedliche pH-Werte gemessen, die auf eine schlechte Vermischung der zu dosierten Chemikalie mit Prozesswasser zurückzuführen ist.

### **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 erschien, soweit während der Prüfungsdauer zu beobachten war, ausreichend dauerhaft. Die Anlagen waren als Komplettsystem vollständig mit Kunststoff von innen verkleidet. Wird die Anlage im Saugprinzip betrieben ist darauf zu achten, dass die eingesetzten Ventilatoren den Nachweis der Korrosionsbeständigkeit liefern.

Um ein schnelles Wachstum der Nitrifikanten bzw. einen sicheren biologischen Abbau der Geruchsstoffe und Ammoniak sicherzustellen muss die automatische Säure- und Laugendosierung ab dem ersten Betriebstag aktiviert werden. Die Zudosierung der Säure und Natronlauge muss in einer Entfernung von mindestens 2,0 Metern vom Ansaugpunkt der Umwälzpumpen im Wasserspeicher B erfolgen.

### **Betriebsanleitung, Handhabung und Arbeitszeitbedarf, Wartungsaufwand**

Die Betriebsanleitung ist ausreichend genau und erklärt 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.

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 Steuerung und Betriebsdaten sowie eine wöchentliche Kontrolle der gesamten Abluftreinigungsanlage einschließlich der Düsen sind durchzuführen. In den erforderlichen wöchentlichen Funktionskontrollen müssen zusätzlich die Ansaugsiebe der Umwälzpumpen mit Frischwasser gereinigt werden, damit

das Risiko einer Verstopfung der Befeuchtungsdüsen minimiert wird. Für diese Kontroll- und Reinigungsarbeiten muss eine wöchentliche Arbeitszeit von 30 Minuten einkalkuliert werden. In Abständen von vier bis sechs Wochen muss der Anlagenbetreiber zusätzlich die pH Elektrode kontrollieren und dies in einem Wartungsprotokoll dokumentieren. Der Arbeitszeitaufwand liegt hier bei rund 15 Minuten. Wird bei der Kontrolle eine Abweichung der Sensoren zum eingegebenen Sollwert festgestellt, muss eine Kalibrierung durch eine eingewiesene Person durchgeführt werden.

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. Bei Abschluss eines Wartungsvertrages werden die im Wartungsplan aufgeführten Wartungsarbeiten zweimal jährlich durchgeführt.

In den regelmäßigen Wartungsüberprüfungen werden die Ammoniakkonzentrationen im Roh- und Reingas, die Luftgeschwindigkeit durch die Füllkörperpackung, die Spülwassermenge und die Stromaufnahme der Pumpe erfasst. Zusätzlich wird die pH-Wert- und Leitfähigkeitsmesseinrichtung kontrolliert und kalibriert. Der Zustand der Füllkörperpackung und das Sprühbild der eingesetzten Düsen werden bewertet und das elektronische Betriebstagebuch auf Plausibilität überprüft.

Eine unabhängige Überprüfung der Anlage durch eine Messstelle nach § 29a BImSchG kann durch die Behörde angeordnet werden. Der „Checkup“ beinhaltet eine regelmäßige Funktionskontrolle der Abluftreinigungsanlage mit einer graphischen Darstellung des pH-Wert- und Leitfähigkeitsverlaufs im Waschwasser. Dieser Checkup wird in einigen Landkreisen verpflichtend an jeder Anlage durchgeführt. Weitere Informationen können von der Homepage des Landkreises Cloppenburg heruntergeladen werden.

Steigt der Druckverlust mehr als 20 Pa über den Wert der vom Hersteller für einen ordnungsgemäßen Betrieb angegeben wird, muss eine Reinigung der Füllkörper und des Tropfenabscheiders durch Fachpersonal erfolgen. Die Reinigung wird fast immer mit Prozesswasser durchgeführt werden (siehe Seite 13, „Wasserverbrauch“). Auf Grund der Füllkörperstruktur ist lt. Hersteller ein Ausbau der Füllkörperpackung zur Reinigung nicht erforderlich.

Eine Desinfektion der Füllkörper nach der Reinigung muss vermieden werden. Nur bei einem Krankheitsfall im Tierbestand (Seuchenausbruch) sollte eine mögliche Desinfektion mit dem zuständigen Veterinär abgeprochen werden.

Nach Abschluss eines Reinigungsvorganges benötigt das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem (Rieselbettfilter) wiederum eine Anlaufphase von 4 bis maximal 8 Wochen, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zur Geruchsstoffabscheidung sicher zu stellen. Während der Wiederanlaufphase muss das Prozesswasser sofort auf den erforderlichen pH-Wert zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\leq 6,8$  eingeregelt werden um eine sofortige Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % zu erzielen.

## **Dokumentation**

Das elektronische Betriebstagebuch ermöglicht eine lückenlose Aufzeichnung der für den sicheren Anlagenbetrieb erforderlichen Daten, die als Halbstundenmittelwerte abgespeichert werden müssen. Die Aufzeichnung erfolgt automatisch und wird über 5 Jahre gespeichert. Diese Daten können durch den Landwirt oder durch den Hersteller per Fernwartung ausgelesen werden. Für die unabhängige Überprüfung der Anlage mittels „Checkup“ müssen die Daten in ein gängiges Tabellenprogramm überführt werden können. Behörden haben die Möglichkeit über eine SD-Karte die abgespeicherten Daten herunterzuladen. Eine detaillierte Darstellung der aufgezeichneten Daten fasst Tabelle 9 zusammen.

## **Umweltsicherheit**

Das Prozesswasser biologisch arbeitender Abluftreinigungsanlagen enthält in erster Linie Ammonium-, Nitrit- und Nitratverbindungen sowie zum Teil auch Spuren von gelöstem Ammoniak. Das Verhältnis der einzelnen Stickstofffraktionen ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  und  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) hängt im Wesentlichen von der Temperatur, dem pH-Wert, dem Leitwert und von der Ammoniakfracht im Rohgas ab.

Tabelle 9:

Erfüllung der Anforderungen an das elektronische Betriebstagebuch  
der Abluftreinigungsanlage Pura aer I

|  | voll<br>erfüllt | teilweise<br>erfüllt | nicht<br>erfüllt | Bemerkungen   |
|--|-----------------|----------------------|------------------|---|
| <b>Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage</b>        | X               |                      |                  | elektronische Differenzdruckdose hinter dem Tropfenabscheider vor den Abluftventilatoren<br>Aufzeichnung des Druckverlustes über das Wäschesystem in Pa, um den Verschmutzungsgrad beurteilen zu können |
| <b>Abluftvolumenstrom</b>                                  | X               |                      |                  | Einsatz von frequenzgeregelten Abluftventilatoren<br>Aufzeichnung und Speicherung der Abluftvolumenströme in m <sup>3</sup> /h nach Aufnahme der Lüfterkennlinie  |
| <b>Pumpenlaufzeit</b>                                      | X               |                      |                  | ermittelt über den Stromverbrauch der Pumpen und der Abspeicherung kWh  |
| <b>Berieselungsdichte</b>                                  | X               |                      |                  | Berechnung über die maximale Förderleistung der eingesetzten Pumpen unter Angabe in prozentualen Förderleistung<br>Abspeicherung im EBTB als Berieselungsdichte in m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)  |
| <b>Frischwasserverbrauch des Wäschers</b>                  | X               |                      |                  | Aufzeichnung in m <sup>3</sup> über einen Wasserzähler mit Impulsgeber  |
| <b>Abgeschlämmte Wassermenge</b>                           | X               |                      |                  | Ermittlung über eine Durchflussmesseinrichtung und Abspeicherung in m <sup>3</sup>  |
| <b>Roh- und Reingastemperatur</b>                          | X               |                      |                  | die Roh- und Reingastemperaturen (°C) werden aufgezeichnet, zusätzlich wird die Wassertemperatur (Prozesswasser) in °C mit erfasst  |
| <b>Sprühbildkontrolle</b>                                  | X               |                      |                  | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch   |
| <b>Wartungs- und Reparaturzeiten</b>                       | X               |                      |                  | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch und Abspeicherung (im EBTB hinterlegt)  |
| <b>pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessung im Prozesswasser</b> | X               |                      |                  | wird in einem Bypass der Hauptdruckleitung zur Berieselung der Füllkörper erfasst und in mS/cm bzw. [-] gespeichert   |
| <b>Kalibrierung der pH-Wert-Sensoren</b>                   | X               |                      |                  | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch   |
| <b>Nachweis Chemikalienverbräuche</b>                      |                 | X                    |                  | Ermittlung der Säure- und Alkaliverbräuche erfolgt über Einkaufsbelege  |
| <b>Stromverbrauch</b>                                      | X               |                      |                  | Stromverbrauch des Wäschers wird über geeignete Stromzähler erfasst und in kWh abgespeichert  |

Tabelle 7 zeigt, dass die Konzentration an Nitrit so hoch ist, dass das abzuführende Prozesswasser insgesamt in WGK 1 einzustufen ist (schwach wassergefährdend).

Die Anforderungen an die Lagerung sollten mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden. Es muss sichergestellt sein, dass der schwach wassergefährdende Stoff (Prozesswasser) nicht austreten kann, Undichtigkeiten sicher erkannt und ausgetretene Stoffe ordnungsgemäß und schadlos verwertet werden können.

Der Lagerzeitraum richtet sich nach der aktuellen Düngeverordnung, die den Lagerzeitraum von Flüssigmist vorschreibt. Eine pflanzenbedarfsgerechte landwirtschaftliche Verwertung unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes ist aus fachlicher Sicht zu empfehlen.

Für den Anlagenbetrieb werden Schwefelsäure und Alkalien 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 für 33 %-ige Natronlauge Nr. 1907/2006 Stand Februar 2015 (Schwefelsäure) bzw. November 2012 (Natronlauge) durchzuführen und liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers. Alle dazugehörigen Sicherheitseinrichtungen (Augendusche, Ganzkörperdusche, Schutzkleidung) sind immer funktionsbereit vorzuhalten.

Die Lagerung der Chemikalien hat nach den Anforderungen an die Lagerung wassergefährdender Stoffe zu erfolgen. Es muss sichergestellt sein, dass die Chemikalien nicht austreten können, Undichtigkeiten erkannt und ausgetretene Substanzen sicher zurückgehalten und ordnungsgemäß beseitigt werden können. Eine Säure- und Natronlaugevorlage in Form eines IBC-Containers ist erforderlich.

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

### **Sicherheitsaspekte**

Die Arbeitssicherheit des beschriebenen Abluftwäschers der Firma Devriecom b.v. wurde durch die Deutsche Prüf- und Zertifizierungsstelle für Land- und Forsttechnik (DPLF) begutachtet. Aus arbeitssicherheitstechnischer Sicht liegen keine Bedenken gegen den Betrieb der Abluftreinigungsanlage vor.

## Fazit

Das Abluftreinigungssystem Pura aer I der Firma Devriecom b. v. eignet sich zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak (N-Entfrachtung) und Geruch aus dem Abluftvolumenstrom von Legehennenställen mit einem Voliersystem. Die Anerkennung kann auf Junghennenaufzuchtanlagen übertragen werden.

Das System kann im Druck- und im Saugprinzip betrieben werden. Wird die Abluftreinigungsanlage im Saugprinzip betrieben muss sichergestellt sein, dass der Abstand zwischen dem Tropfenabscheider und Abluftventilatoren bei  $\geq 1,5$  Meter liegt, um eine gleichmäßige Durchströmung des Tropfenabscheiders sicherzustellen. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die eingesetzten Ventilatoren (Saugprinzip) den Nachweis der Korrosionsbeständigkeit liefern.

Für eine sichere Anlagenfunktion darf die Filterflächenbelastung maximal  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  betragen. Der pH-Wert im Prozesswasser muss zwischen pH 6,5 und pH 6,8 geregelt werden. Die Leitfähigkeit zur Abschlammung darf maximal 20 mS/cm betragen.

Bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderungen des DLG Prüfrahmens zur Geruchsstoffabscheidung eingehalten. Bezüglich der Staub- und Ammoniakmindestabscheideleistung werden diese sogar übertroffen. Die anerkannten Staubmindestabscheideleistungen liegen bei 76,7 % (Gesamtstaub), 82,2 % ( $\text{PM}_{10}$ ) und 98,0 % ( $\text{PM}_{2,5}$ ), die der mittleren Ammoniakabscheidung bei 80,8 %. Die mittlere N-Entfrachtung kann mit 80,3 % angegeben werden.

## Weitere Informationen

Weitere Tests zu Abluftreinigungsanlagen können unter [www.dlg-test.de/stallbau](http://www.dlg-test.de/stallbau) heruntergeladen werden. Der DLG-Fachausschuss für Technik in der Tierproduktion hat zum Thema „Lüftung von Schweineställen“ eine Arbeitsunterlage (Merkblatt) mit dem Titel „DLG-AU Lüftung“ herausgegeben. Diese ist kostenfrei unter [www.dlg.org/technik\\_tierproduktion.html](http://www.dlg.org/technik_tierproduktion.html) im PDF-Format erhältlich. Weitere DLG-Merkblätter bieten der DLG-Ausschüsse für Schweineproduktion unter [www.dlg.org/schweineproduktion.html](http://www.dlg.org/schweineproduktion.html) und für Tiergerechtigkeit unter [www.dlg.org/tiergerechtigkeit.html](http://www.dlg.org/tiergerechtigkeit.html).

### DLG-Prüfrahmen

SignumTest „Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen“(Stand 10/2010)

### Prüfungskommission

prüfungsbegleitend: Dr. Jochen Hahne, TI Braunschweig; Friedrich Arends, LWK Niedersachsen; Andreas Schlichting, TÜV Nord Hamburg

beratend: Gerd Franke, LLH Kassel; Ewald Grimm, KTBL Darmstadt; Christian Dohrmann, Landwirt, Thomas Üffing, Landwirt

Verwaltungsvollzug: Vertreter des Landkreises Cloppenburg

### Labor- und Emissionsmessungen

LUFA Nord-West, Jägerstr. 23-27, 26121 Oldenburg

### Prüfungsdurchführung

DLG e.V., Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt

### Fachgebiet

Erneuerbare Energien

### Projektleiter

Dipl.-Ing. S. Gäckler

### Prüfingenieur(e)

Dr. sc. agr. Volker Siemers\*

\* Berichterstatter

## Die DLG

Die DLG ist – neben den bekannten Prüfungen landwirtschaftlicher Technik, Betriebs- und Lebensmitteln – ein neutrales, offenes Forum des Wissensaustausches und der Meinungsbildung in der Agrar- und Ernährungsbranche.

Rund 180 hauptamtliche Mitarbeiter und mehr als 3.000 ehrenamtliche Experten erarbeiten Lösungen für aktuelle Probleme. Die über 80 Ausschüsse, Arbeitskreise und Kommissionen bilden dabei das Fundament für Sachverstand und Kontinuität in der Facharbeit. In der DLG werden viele Fachinformationen für die Landwirtschaft in Form von Merkblättern und Arbeitsunterlagen sowie Beiträgen in Fachzeitschriften und -büchern erarbeitet.

Die DLG organisiert die weltweit führenden Fachausstellungen für die Land- und Ernährungswirtschaft. Sie hilft so moderne Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu finden und der Öffentlichkeit transparent zu machen.

Sichern Sie sich den Wissensvorsprung sowie weitere Vorteile und arbeiten Sie am Expertenwissen der Agrarbranche mit! Weitere Informationen unter [www.dlg.org/mitgliedschaft](http://www.dlg.org/mitgliedschaft).

### Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel Groß-Umstadt ist der Maßstab für geprüfte Agrartechnik und Betriebsmittel und führender Prüf- und Zertifizierungsdienstleister für unabhängige Technik-Tests. Mit modernster Messtechnik und praxisnahen Prüfmethode stellen die DLG-Prüfingenieure Produktentwicklungen und Innovationen auf den Prüfstand.

Als mehrfach akkreditiertes und EU-notifiziertes Prüflabor bietet das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel Landwirten und Praktikern mit den anerkannten Technik-Tests und DLG-Prüfungen wichtige Informationen und Entscheidungshilfen bei der Investitionsplanung für Agrartechnik und Betriebsmittel.

Interne Prüfnummer DLG: 15-563

Copyright DLG © 2016 DLG



DLG e.V.

Testzentrum Technik & Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1 • 64823 Groß-Umstadt

Telefon: +49 69 24788-600 • Fax: +49 69 24788-690

Tech@DLG.org • [www.DLG.org](http://www.DLG.org)

Download aller  
DLG-Prüfberichte kostenlos  
unter: [www.DLG-Test.de](http://www.DLG-Test.de)