

Devriecom b. v.

Chemischer Abluftwäscher „Pura aer II“

für die Legehennenhaltung und Junghennenaufzucht



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 chemisch arbeitende Abluftreinigungssystem der Firma Devriecom b. v. auf seine Eignung zur Emissionsminderung von Staub, Bioaerosolen und Ammoniak 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 (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), Bioaerosolen und Ammoniak erbracht werden. Eine 70 %-ige N-Abscheidung (N-Entfrachtung) muss innerhalb der N-Bilanz nachgewiesen werden und der Aerosolaustrag darf $0,5 \text{ mg N/m}^3$ Abluft nicht überschreiten.

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

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 chemisch arbeitender Abluftwäscher mit Tropfenabscheider und Vorwäsche zur Abscheidung von Staub, Ammoniak und Stickstoff 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 wurde als biologisch arbeitendes System bezüglich der Parameter Geruch, Ammoniak und Staub im September 2016 zertifiziert (Prüfbericht Nr. 6397). Aus diesem Grund wurde, nach einstimmigem Beschluss der Prüfungskommission für den Chemo-betrieb, der Untersuchungsrahmen und -umfang, zur Anerkennung der Ammoniak- und Staubabscheideleistungen, reduziert.

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 gereinigt (Vorwäsche). Nach dieser Vorbefeuchtung, die kontinuierlich betrieben werden muss, trifft die Abluft auf die Wasseroberfläche des Wasserbeckens A, wird zweimal um 90° umgelenkt, um dann senkrecht von unten nach oben in den eigentlichen Füllkörper zur Staub- und Ammoniakabscheidung einströmen zu können.

Der Füllkörper liegt auf einer Edelstahlgitterkonstruktion und wird kontinuierlich über einen Düsenbalken von oben befeuchtet. 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 $\text{pH} \geq 3,5$ und $\text{pH} \leq 4,0$ eingeregelt. Eine zu installierende Säuredosiertechnik gewährleistet, dass dieser pH-Wertbereich nicht überschritten wird.

Um die nachfolgend genannten Abscheideleistungen dauerhaft zu erzielen, muss das Prozesswasser zur Berieselung der Füllkörper bei einem maximalen Leitwert von 100 mS/cm abgeschlämmt werden. Eine maximale Filterflächenbelastung von $3.200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ darf nicht überschritten werden.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage eine mittlere Abscheideleistung für Ammoniak im Winter von $91,5 \%$ mit einer nachgewiesenen N-Entfrachtung von $82,1 \%$. Im Sommer wurden im Mittel $92,2 \%$ Ammoniak abgeschieden sowie eine N-Entfrachtung von $97,6 \%$ ermittelt.

Da bei dem getesteten Filtersystem Pura aer zwischen dem biologischen (Pura aer I) und chemischen (Pura aer II) Betrieb keine relevanten Unterschiede hinsichtlich der Staubabscheidung zu erwarten waren, wurde nach einstimmigen Votum der Prüfungskommission, darauf verzichtet weitere Staubmessungen durchzuführen. Die Ergebnisse aus dem Prüfbericht Nr. 6397 werden daher anerkannt. Die Mindestabscheidung für Gesamtstaub liegt bei $70,7 \%$, die für PM_{10} bei $82,2 \%$ und $\text{PM}_{2,5}$ bei $98,0 \%$.

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

Da in der Junghennenaufzucht die Emissionsfaktoren nach VDI 3894-1 für Ammoniak und Staub 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 II im Überblick

Prüfkriterium	Ergebnis		Bewertung*		
Emissionsmessungen					
Gesamtstaub (gravimetrisch, 16 Messtermine) ¹⁾					
Wintermessungen (8 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad	[%]	79,8	○		
Sommermessungen (8 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad	[%]	70,7	○		
Feinstaub (gravimetrisch, 4 Messtermine)					
Wintermessungen (2 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad PM ₁₀	[%]	84,9	+		
Wintermessungen (2 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad PM _{2,5}	[%]	98,0 ³⁾	++		
Sommermessungen (2 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad PM ₁₀	[%]	82,2	+		
Sommermessungen (2 x) ²⁾ : Mindestabscheidegrad PM _{2,5}	[%]	98,1 ³⁾	++		
Ammoniak (kontinuierlich gemessen, Halbstundenmittelwerte) ⁴⁾					
Winter (1.392 gültige Messwerte): Abscheidegrad ø	[%]	91,5	++		
Sommer (1.388 gültige Messwerte): Abscheidegrad ø	[%]	92,2	++		
N-Bilanzierung, N-Entfrachtung					
Winter (Bilanzierungszeitraum 21 Tage): N-Entfrachtung	[%]	82,1	+		
Sommer (Bilanzierungszeitraum 21 Tage): N-Entfrachtung	[%]	97,6	++		
Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr) ⁵⁾					
Frischwasserverbrauch					
Winter (32 Kontrolltage)	[m ³ /d]	1,60	[m ³ /(TP · a)]	0,02	k.B.
Sommer (52 Kontrolltage)	[m ³ /d]	6,99	[m ³ /(TP · a)]	0,08	k.B.
Jahresmittelwert	[m ³ /d]	4,30	[m ³ /(TP · a)]	0,05	k.B.
Abschlammung (maximal 100 mS/cm)					
Jahresmittelwert ⁶⁾	[m ³ /d]	0,43	[m ³ /(TP · a)]	0,005	k.B.
Säureverbrauch (bezogen auf 96 % Schwefelsäure)					
Winter (32 Kontrolltage)	[kg/d]	30,25	[kg/(TP · a)]	0,36	k.B.
Sommer (52 Kontrolltage)	[kg/d]	29,08	[kg/(TP · a)]	0,34	k.B.
Jahresmittelwert	[kg/d]	29,67	[kg/(TP · a)]	0,35	k.B.

Prüfkriterium	Ergebnis			Bewertung*	
Elektrischer Energieverbrauch					
Abluftreinigung Umwälzpumpen					
Winter (32 Kontrolltage)	[kWh/d]	113,3	[kWh/(TP · a)]	1,34	k.B.
Sommer (52 Kontrolltage)	[kWh/d]	158,0	[kWh/(TP · a)]	1,87	k.B.
Jahresmittelwert	[kWh/d]	135,7	[kWh/(TP · a)]	1,61	k.B.
Ventilatoren Stall					
Winter (32 Kontrolltage)	[kWh/d]	52,7	[kWh/(TP · a)]	0,63	
Sommer (52 Kontrolltage)	[kWh/d]	128,3	[kWh/(TP · a)]	1,52	
Jahresmittelwert	[kWh/d]	90,5	[kWh/(TP · a)]	1,08	

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

- 1) 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.
- 2) Der Nachweis zur Staubabscheidung wurde während der Prüfung des biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystems der Firma Devriecom b.v. erbracht. Vergleich Prüfbericht Nr. 6397.
- 3) Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM₁₀ bewirken. Die Partikelfraktion PM_{2,5} ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM₁₀.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) Ermittlung der Abschlämmrate über die Berechnung des Ammoniakmassenstroms aus den tatsächlich gemessenen Ammoniakkonzentrationen im Rohgas und den entsprechenden Abluftvolumenströmen (je 12 Wochen im Winter und Sommer).
Ausgangsdaten: 4.146 kg NH₃-N/a, 24 kg NH₃-N/m³ Prozesswasser (Abschlämmung bei 100 mS/cm), mittlere N-Entfrachtung 89,9 %.

Das Produkt

Hersteller und Anmelder

Devriecom b. v., Oosteinde 219, NL-7671 AX Vriezenveen, www.devrie.com

Produkt:

Chemischer Abluftwäscher Pura aer II

Kontakt:

Leonardo Dekker, Telefon: +31 (0)546 564951, Mobil D: +49 (0)175 5969240, Mobil NL: +31 (0)650 507663

Telefax: +31 (0)546 565115, info@devrie.com, l.dekker@devrie.com

Beschreibung und Technische Daten

Das Abluftreinigungssystem der Firma Devriecom b. v. ist ein im Druck- oder Saugbetrieb chemisch arbeitender Abluftwäscher zur Reinigung der Abluft aus Legehennenställen. Die Haltung der Legehennen erfolgte in Volieren mit einer wöchentlich zweimal durchgeführten Kotbandentmistung und eingestreutem Kontrollraum (Scharraum) mit Hobelspänen (ca. 1 kg/m²). Die Volieren sind mit Sitzstangen, Fütterungs- und Tränkeeinrichtungen ausgerüstet.

Hierbei können die Ammoniak- und Staubemissionen aus der Legehennenhaltung mit Volierensystem abgereinigt werden. In Bild 2 ist das Prinzip des Wäschers schematisch dargestellt. Die wichtigsten verfahrenstechnischen Parameter sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Abluft aus dem Stallgebäude wird über Abluftventilatoren, die vor der gesamten Breite des Wäschers gleichmäßig angeordnet sind angesogen und in eine Vorkammer des Wäschers eingeblasen. Die Ventilatoren müssen gleichmäßig mit einem Abstand von mindestens einem Meter untereinander im Deckenbereich dieser

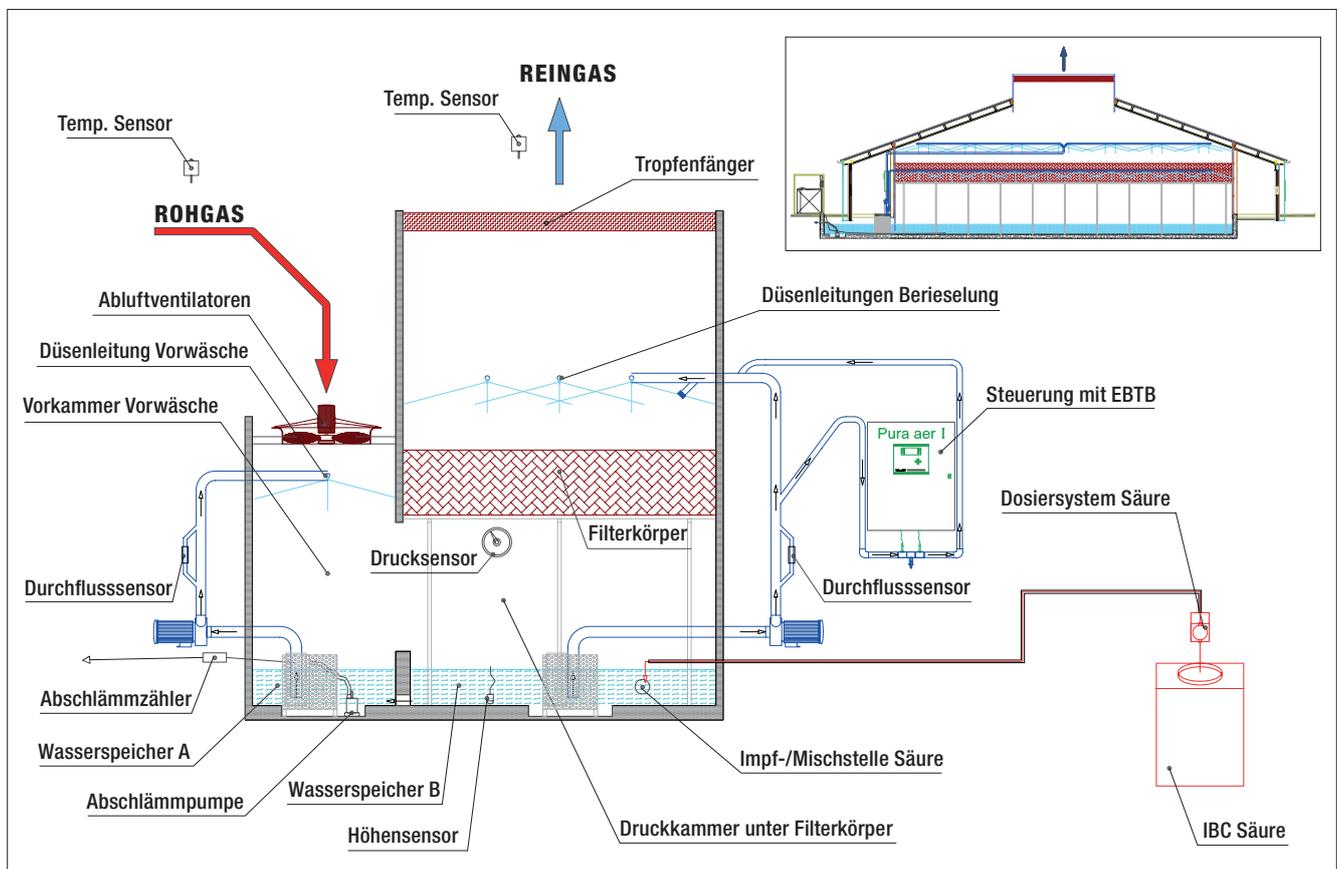


Bild 2:

Schematische Darstellung der chemisch betriebenen Abluftreinigungsanlage Pura aer II

Vorkammer angeordnet sein. Alle Abluftventilatoren werden über einen Frequenzumrichter in der Drehzahl stufenlos hoch und runter geregelt, um die erforderliche Abluftrate aus dem Stallgebäude zu fördern. Hierdurch 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 $3.200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ nicht überschreiten.

Über eine Vorbedüsung, die an der gesamten Längsseite der Wäscheranlage unterhalb der Ventilatoren montiert ist und kontinuierlich betrieben werden muss, wird die rohgasseitig eintretende Stallabluft 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° 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 $\geq 0,77 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (Winterbetrieb) und $\leq 0,96 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (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.

Um die erforderliche Befeuchtungsintensität in der Vorkammer ($1,8 \text{ m}^3/\text{h}$ und Düse) und die nötige Berieselungsdichte der Füllkörperpackung ($\geq 0,77 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ und $\leq 0,96 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$) einzuhalten werden im Wasserspeicher A eine Umwälzpumpe, im Wasserspeicher B zwei Umwälzpumpen eingesetzt. Jede dieser Pumpen besitzt ein Ansaugsieb um grobe Staub- und Federpartikel abzuschneiden. 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 $0,77 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bis maximal $0,96 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ eingeregelt werden und an den zu fördernden Abluftvolumenstrom angepasst werden.

Die große spezifische Oberfläche der Füllkörperpackung ($125 \text{ m}^2/\text{m}^3$) dient zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Stallabluft und Prozesswasser zur wirksamen Abscheidung von Ammoniak und Staub. 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 3,5 und maximal pH 4,0 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 zu dosiert.

Das einströmende Ammoniak wird im Prozesswasser als Ammoniumsulfat gebunden und verflüchtigt sich nicht. Mikrobiologische Prozesse, die zur Bildung von Nitrit und Nitrat führen, finden nicht statt. Durch die Bildung von Ammoniumsulfat kommt es zur Aufsalzung im Prozesswasser. Die Aufsalzung wird durch einen induktiven Leitfähigkeitsmesssensor erfasst und in mS/cm im EBTB als Halbstundenmittelwert abgespeichert.

Im Gegensatz zu biologisch arbeitenden Abluftreinigungsanlagen ist eine deutlich höher Aufsalzung bei chemisch arbeitenden Wäschern möglich. Im Sommer wurde ein maximaler Leitwert von 100 mS/cm gemessen der auch als Maximalwert anerkannt wird. Wird dieser Leitwert erreicht, erfolgt eine automatische Abschlämmung 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, Abschlämmung) im EBTB hinterlegt. Die Kontrolle des Wasserstandes wird mittels elektronischem Füllstandsensoren durchgeführt, der eine Alarmmeldung „Niveau Wasserstand“ an die SPS weiterleitet. Ein zusätzlich eingebauter Schwimmerschalter schützt die eingesetzten Umwälzpumpen vor dem Trockenlaufen.

Um einer ungleichmäßigen Berieselung der Füllkörperpackung über die Düsenstränge entgegenzuwirken (unterschiedliche pH-Werte in den Düsensträngen) muss die Säure in einem Rohr (KG DN 125) zu 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 Dosiereinrichtung für die Säure zu montieren. Hierdurch hat die Säure 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.

Zur Sicherstellung der in Tabelle 1 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 darf durch einen von Devriecom b.v. schriftlich anerkannten Installateur durchgeführt werden.

Tabelle 2:

Verfahrenstechnische Parameter der chemischen Abluftreinigungsanlage Pura aer II

Merkmal	Ergebnis/Wert	
Beschreibung		
Chemisch arbeitender Abluftwäscher mit Tropfenabscheider		
Eignung		
Reinigung der Stallabluft aus der Legehennenhaltung in Volieren mit Kotbandentmistung (2 x pro Woche) und Einstreu im Kontrollgang zur Minderung von Staub und Ammoniak. Zugelassen für die Junghennenaufzucht.		
Dimensionierungsparameter, Maßangaben der Füllkörper und Tropfenabscheider (Referenzanlage)		
Füllkörper		
Länge/Breite/Höhe	[m]	16,7/4,3/0,9
Anströmfläche/Volumen	[m ²]	71,81/64,63
spezifische Füllkörperoberfläche	[m ² /m ³]	125
maximal möglicher Abluftvolumenstrom	[m ³ /h]	229.700
maximale Filterflächenbelastung	[m ³ /(m ² · h)]	3.200
maximale Filtervolumenbelastung	[m ³ /(m ³ · h)]	3.554
Durchströmung bei max. Sommerluft rate	[m/s]	0,89
Verweilzeit bei maximaler Sommerluft rate	[s]	1,01
Tropfenabscheider		
Länge/Breite/Höhe	[m]	5/4,3/0,25
Anströmfläche/Volumen	[m ²] / [m ³]	21,50/5,38
maximale Flächenbelastung	[m ³ /(m ² · h)]	10.684
maximale Volumenbelastung	[m ³ /(m ³ · h)]	42.735
Durchströmung bei max. Sommerluft rate	[m/s]	2,97
Verweilzeit bei maximaler Sommerluft rate	[s]	0,08
Mindestabstände der Bauteile		
Abluftventilatoren/Vorbefeuchtung (Düsen)	[m]	≥ 0,25
Betonsohle/Füllkörper	[m]	≥ 1,80
Füllkörper/Berieselungseinrichtung	[m]	≥ 0,80
Füllkörper/Tropfenabscheider	[m]	≥ 1,80
Berieselungsdichte (kontinuierlich)		
Füllkörper		
Berieselungsmenge (Sommer/Winter)	[m ³ /h]	68,6/55,3
Berieselungsdichte (Sommer/Winter)	[m ³ /(m ² · h)]	0,96/0,77
Anzahl der Düsen	[Stck/m ²]	0,50
Vorbefeuchtung		
Berieselungsmenge (Sommer/Winter)	[m ³ /h]	18,3/17,5
Anzahl der Düsen	[Stck/Ventilator]	1,0
Förderleistung pro Düse	[m ³ /h]	1,80
Abschlämmung		
Fassungsvermögen Waschwasservorlagebecken ¹⁾	[m ³]	46,7
Abschlämmrate pro Jahr (Referenzbetrieb) ²⁾	[m ³ /a]	155,3
durchschnittliche Abschlämmrate (Referenzbetrieb)	[m ³ /d] [m ³ /(TP · a)]	0,425 0,005
pH-Wert des Kreislaufwassers (Prozesswasser)		3,5 – 4,0
maximale Leitfähigkeit im Kreislaufwasser (Prozesswasser)	[mS/cm]	≤ 100

Fortsetzung von Tabelle 2 siehe Seite 10.

Merkmal		Ergebnis/Wert	
Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen (Betrieb mit 30.800 Legehennen in Volierenhaltung)			
Legehennenstall (Haltungssystem)		[System]	Voliere
maximale Tieranzahl im Stall		[Anzahl]	30.800
maximal-Lebendgewicht (vor der Ausstallung)		[kg/Tier]	2,00
maximale Sommerluftfrate gemäß DIN 18910 ($\Delta T = 3 \text{ K}$)		[m ³ /Tier]	3,90
maximal nötige Abluftrate über die Abluftreinigungsanlage gemäß TierSchNutzV		[m ³ /h]	194.040
maximal installierte Luftleistung über die Abluftreinigungsanlage bei 100 Pa Druckverlust		[m ³ /h]	252.900
Anzahl der Lüfter		[Stck]	10
maximal ermittelter Abluftvolumenstrom (Sommer)		[m ³ /h]	238.000
maximaler Druckverlust Füllkörper (Sommer)		[Pa]	15
maximaler Druckverlust Tropfenabscheider (Sommer)		[Pa]	37
Gesamtdruckverlust Stall und Abluftreinigung (Sommer)		[Pa]	82

Merkmal		Bewertung*
Betriebsverhalten		
Technische Betriebssicherheit	Um die erforderlichen Abscheideleistungen sicherzustellen werden alle Ventilatoren stufenlos über einen Frequenzumrichter 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.	○
Haltbarkeit	Während des Untersuchungszeitraums wurde kein nennenswerter Verschleiß festgestellt.	+
Handhabung		
Betriebsanleitung	Die Betriebsanleitung ist ausführlich und übersichtlich aufgebaut. Durchzuführende Wartungsarbeiten sowie die automatische Steuerung werden gut beschrieben und durch Fotos unterstützt.	○
Bedienung	Die Anlage läuft im bestimmungsgemäßen Betrieb vollautomatisch. Der Anlagenbetreiber muss die Anlage über das Regelsystem täglich kontrollieren. Die Anlage muss kontinuierlich betrieben werden.	○
Wartung	Ein Wartungsvertrag zwischen Hersteller und Anlagenbetreiber wird seitens des Herstellers dringend empfohlen. Die Wartung soll mindestens zweimal im Jahr durchgeführt werden 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.	○
Reinigung der gesamten Anlage	Die Anlage ist mit einer Störmeldung ausgerüstet, die dem Anlagenbetreiber mitteilt wann die Füllkörperpackung zu reinigen ist. Die Reinigung wird erforderlich, wenn ein 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 komplette Abluftreinigungsanlage mit Prozesswasser und falls erforderlich mit Frischwasser mittels Hochdruckreiniger gesäubert.	○
Füllkörperwechsel	Laut Hersteller ist bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und den erforderlichen Reinigungsarbeiten bei Störmeldungen kein Wechsel des Füllkörpermaterials notwendig.	k.B.

Merkmal		Bewertung*
Arbeitszeitbedarf		
Tägliche Kontrollen	ca. 2 Minuten (mit Fernzugriff) ca. 5 Minuten (ohne Fernzugriff)	+ / ○
Wöchentliche Kontrollen	ca. 30 Minuten (Messtechnik und Sprühbild der Füllkörperpackung)	○
Wöchentliche Säuberung	ca. 5 Minuten (Ansaugsiebe der Umwälzpumpen)	○
Reinigung der Düsen³⁾	ca. 1,0 Stunden (Vorbefeuchtung und Berieselung der Füllkörper)	○
Reinigung der Füllkörper³⁾	ca. 3,0 Stunden (nach Störmeldung)	○
Gesamtreinigung der Anlage³⁾	ca. 6 Stunden (nach Haltungsperiode)	○
Dokumentation		
Technische Dokumentation	Anforderungen erfüllt	+
Elektronisches Betriebstagebuch	Anforderungen erfüllt	+
Sicherheit		
Arbeitssicherheit	Bestätigt durch DPLF (Deutsche Prüf- und Zertifizierungsstelle für Land- und Forsttechnik)	k.B.
Feuersicherheit	Wird nicht gefordert	k.B.
Umweltsicherheit	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	○
Gewährleistung		
Herstellergarantie	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 m³ darf nicht unterschritten werden.
- 2) Ermittlung der Abschlämmrate über die Berechnung des Ammoniakmassenstroms aus den tatsächlich gemessenen Ammoniakkonzentrationen im Rohgas und den entsprechenden Abluftvolumenströmen (je 12 Wochen im Winter und Sommer).
Ausgangsdaten: 4.146 kg NH₃-N/a, 24 kg NH₃-N/m³ Prozesswasser (Abschlämmung bei 100 mS/cm), mittlere N-Entfrachtung 89,9%.
- 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. Diese Referenzanlage wurde im September 2016 als biologisch arbeitender Rieselbettfilter (Prüfbericht Nr. 6397) zertifiziert. Aus diesem Grund konnten die Messzeiträume zur Anerkennung eines chemisch arbeitenden Abluftreinigungssystems auf eine 4-wöchige Winter- und Sommermessperiode verkürzt werden (Gemeinsamer Beschluss der Prüfungskommission).

Die Wintermessungen wurden im Anschluss an die 8-wöchige Messperiode des biologischen Abluftreinigungsverfahrens vom 15.02.2016 bis 14.03.2016 durchgeführt. Die Abluftreinigungsanlage konnte vor Beginn dieser Messphase jedoch nicht gereinigt werden. Nach der Wintermessung wurden die Legehennen ausgestallt und erst dann wurde das Abluftreinigungssystem komplett gesäubert. Im Gegensatz zur Wintermessperiode wurde vor Beginn der "chemischen" Sommermessperiode (24.08.2016 bis 22.09.2016) die Anlage komplett gesäubert.

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/m²) 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 m³/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 m³/(kg Lebendgewicht · h) vorsieht. Gemäß DLG Prüfraahmen 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 m³/h aus dem Stall über die Abluftreinigungsanlage abgereinigt werden. Die Auslegung übertrifft den Abluftvolumenstrom der gemäß DIN 18910 (3,90 m³/Tier bei $\Delta T = 3K$) erforderlich wäre. Während des Untersuchungszeitraums wurde im Sommer ein maximaler Abluftvolumenstrom von 238.000 m³/h ermittelt. Bei einer Filtergrundfläche von 71,81 m² entspräche dies einer Filterflächenbelastung von 3.314 m³/(m² · h).

Um eine sichere Ammoniakabscheideleistung bei niedrigen Rohgaskonzentrationen (< 4,0 ppm) von mindestens 80 % zu gewährleisten wird aber nur eine maximale Filterflächenbelastung von 3.200 m³/(m² · h) anerkannt. Im Referenzbetrieb wäre dies bei einer Filtergrundfläche von 71,81 m² ein maximaler Abluftvolumenstrom von 229.700 m³/h, der über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden darf.

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 (PM₁₀ und PM_{2,5}) erfolgte nach VDI-Richtlinie 2066, Blatt 10 und nach DIN EN ISO 23210. Es wurde ein Kaskadenimpaktor Johnas II nach Paul Gothe mit drei Planfiltern (Ø 50 mm) eingesetzt. Als Abscheidemedium wurde wieder ein Glasfaser Rundfilter, jedoch mit einem Filterdurchmesser von 50 mm, eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung.

Nach dem DLG-Prüfraahmen darf ein Abscheidegrad von 70 % nicht unterschritten werden. Dies gilt für alle Gesamtstaub- und Feinstaubmessungen (PM₁₀-Fraktion und PM_{2,5}-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 m³/h bis 1,8 m³/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 NH₃ im Tierbereich) wurden bei regelmäßigen Begehungen Messungen im Stall auf Tierhöhe mittels Dräger Röhrrchen durchgeführt.

Nach dem DLG-Prüfrahmen darf die NH₃-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

Stickstoffhaltige Aerosole werden durch die Befeuchtung der Füllkörperpakete als NH₃-Aerosole aus den Vorlagebecken von Abluftreinigungsanlagen ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen. So gelangt der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung.

Zur Ermittlung des N-Austrages der Aerosole wurden während der Winter- und Sommermessung je zwei Messungen mittels Planfilter im Reingas durchgeführt. Die Planfilter wurden nach der Rückwaage mit Wasser eluiert. Im Anschluss wurde das Eluat auf Sulfat analysiert und konnte dann stöchiometrisch auf Ammoniumstickstoff berechnet werden. Die Probenahme erfolgte nach VDI 3496-1 (Messen gasförmiger Emissionen).

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), des Aerosolaustrages sowie der im Waschwasser gelösten anorganischen Stickstoffverbindungen verifiziert. Der Bilanzierungszeitraum im Winter und Sommer lag bei 21 Tagen.

Bei Bilanzierungen an Chemo Wäschern wird das Prozesswasser nur hinsichtlich der NH₄-N Konzentration untersucht, da in der Regel keine biologische Oxidation stattfindet.

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

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 Säureverbräuche wurden mittels Wiegesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wiegezelle) ermittelt.

Zur Dokumentation der Umgebungsbedingungen wurden die Temperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten (Außen, Rohgas, Reingas) kontinuierlich erfasst, während der wöchentlichen Funktionskontrollen 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

Darüber hinaus wurden die im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) aufgezeichneten Daten auf Plausibilität geprüft.

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^3/h
- Pumpenlaufzeit in Std.
- Berieselungsdichte in % der maximalen Pumpenförderleistung
- Gesamtfrischwasserverbrauch an der Anlage in m^3
- Abschlammung in m^3
- Roh- und Reingastemperatur in $^{\circ}\text{C}$
- 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).

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, 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

Bei dem geprüften Verfahren wurde entschieden, dass die Staubabscheidung unabhängig von der Betriebsweise (biologisch oder chemisch) beurteilt werden konnte. Daher wurde in der Prüfungskommission beschlossen die Ergebnisse der Staubmessungen, die während der 8-wöchigen Winter- und Sommermessphase am biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystem (Prüfbericht Nr. 6397) erzielt wurden, auch für das chemisch arbeitende System der Firma Devriecom b. v. anzuerkennen.

Im Gegensatz zum biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystem (anerkannt mit einer Filterflächenbelastung von $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$) wird im chemisch betriebenen Filtersystem eine Filterflächenbelastung von $3.200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ anerkannt. Der anzuerkennende Mindestabscheidegrad der einzelnen Staubfraktionen ist die kleinste Abscheideleistung, die in der jeweiligen Messperiode (Winter, Sommer) ermittelt wurde.

Im Winter lag der Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub bei 79,8 % (16.12.2015), im Sommer bei 70,7 % (20.07.2016). Die Messung wurde bei einer Filterflächenbelastung von $3.270 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ durchgeführt.

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 $\text{PM}_{2,5}$ lag im Winter bei 98,0 % (09.12.2015) und im Sommer bei 98,1 % (15.06.2016).

Tabelle 3 fasst alle Ergebnisse der Staubmessungen zusammen (Vergleich Prüfbericht Nr. 6397).

Bioaerosole

In dem vorliegenden Prüfverfahren wurden Gesamtbakterien, mesophile Pilze und als Leitkeim Staphylokokken gemessen und zur Bestimmung des Bioaerosolabscheidegrades herangezogen. Da der pH-Wert im Prozesswasser auf $\text{pH} \geq 3,5$ bis $\leq \text{pH} 4,0$ abgesenkt wurde, konnte man die Ergebnisse aus dem biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystem nicht übertragen. Es wurden daher in beiden Messperioden (Winter, Sommer) je vier Bioaerosolmessungen durchgeführt. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse zusammen (siehe Seite 18).

Eine Anerkennung der Bioaerosolabscheidung 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 Austrages der Gesamtbakterien mit einer Mindestabscheidung im Sommer von 79 % (07.09.2016). Auffällig ist, dass in den Sommermessungen, bis auf den 31.08.2016 (Staphylokokken) und den 15.09.2016 (mesophile Pilze und Staphylokokken) die Konzentrationen dieser Keimgattungen unter der Nachweisgrenze des Analyseverfahrens gelegen haben. Reingasseitig konnten an den vier Messtagen weder mesophile Pilze noch Staphylokokken in hohen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Eine Anerkennung des Abluftreinigungssystems zur Bioaerosolabscheidung ist nicht möglich, da die Abscheidung der mesophilen Pilze und Staphylokokken am 24.02.2016 (Wintermessung) unter 70 % lagen.

Ammoniak

Eine mindestens den Anforderungen entsprechenden Ammoniakabscheidung durch das chemisch arbeitende Abluftreinigungssystem kann nur sichergestellt werden, wenn das Prozesswasser bei einem maximalen Leitwert von 100 mS/cm abgeschlämmt und der pH-Wert zwischen $\text{pH} \geq 3,5$ und $\leq \text{pH} 4,0$ 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 II

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
Umgebungs- und Randbedingungen									
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	39.500	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
Gesamtstaub (normiert)									
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
Feinstaub (normiert)									
Rohgas PM ₁₀ /PM _{2,5}	[mg/m³]			4,44/1,96				3,26/1,34	
Reingas PM ₁₀ /PM _{2,5}	[mg/m³]			0,67/0,04				0,27/0,02	
Abscheidegrad	[%]			84,9/98,0				91,7/98,5	
Sommermessung 2016 (Einstellung der Tiere am 22.04.2016)									
Datum		01.06.16	08.06.16	15.06.16	22.06.16	29.06.16	06.07.16	13.07.16	20.07.16
Umgebungs- und Randbedingungen									
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
Gesamtstaub (normiert)									
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
Feinstaub (normiert)									
Rohgas PM ₁₀ /PM _{2,5}	[mg/m³]			4,73/2,10				4,44/1,74	
Reingas PM ₁₀ /PM _{2,5}	[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 II

Wintermessung 2015/2016 (Einstellung der Tiere am 19.01.2015)									
Datum		24.02.2016		02.03.2016		09.03.2016		09.03.2016	
Messpunkt		Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
rel. Luftfeuchte	[%]	66	95	71	95	65	95	65	95
Temperatur	[°C]	15,8	12,7	15,7	12,8	15,6	10,9	15,6	10,9
V _{Norm}	[l]	536,4	652,2	586,0	650,1	580,2	571,0	580,2	571,0
Abluftvolumenstrom	[m³/h]	63.900		62.400		71.100		71.700	
Filterflächenbelastung	[m³/(m²·h)]	890		869		990		998	
Durchströmung Füllkörper	[m/s]	0,25		0,24		0,28		0,28	
Durchströmung Tropfenabscheider	[m/s]	0,83		0,81		0,92		0,93	
Konzentration unter Normbedingungen ¹⁾									
Gesamtbakterien	[KBE/Norm-m³]	20.691.799	659.346	6.143.378	461.464	14.650.710	604.181	23.291.971	442.822
Mesophile Pilze	[KBE/Norm-m³]	124.896	41.401	133.107	23.688	336.105	73.552	501.400	51.893
Staphylococcen	[KBE/Norm-m³]	34.114	12.420	9.727	1.846	62.050	1.051	43.384	1.730
Abscheidegrad									
Gesamtbakterien	[%]	97		92		96		98	
Mesophile Pilze	[%]	67		82		78		90	
Staphylococcen	[%]	64		81		98		96	
Sommermessung 2016 (Einstellung der Tiere am 22.04.2016)									
Datum		24.08.2016		31.08.2016		07.09.2016		15.09.2016	
Messpunkt		Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas	Rohgas	Reingas
rel. Luftfeuchte	[%]	62	96	59	96	64	96	58	96
Temperatur	[°C]	26,7	21,5	23,7	18,7	24,0	19,7	26,4	20,4
V _{Norm}	[l]	460,8	668,9	665,1	604,5	699,3	684,3	545,9	786,0
Abluftvolumenstrom	[m³/h]	236.900		169.700		190.300		155.400	
Filterflächenbelastung	[m³/(m²·h)]	3.299		2.363		2.650		2.164	
Durchströmung Füllkörper	[m/s]	0,92		0,66		0,74		0,60	
Durchströmung Tropfenabscheider	[m/s]	3,06		2,19		2,46		2,01	
Konzentration unter Normbedingungen ¹⁾									
Gesamtbakterien	[KBE/Norm-m³]	6.076.263	598.034	4.359.970	876.770	5.862.761	1.213.005	9.341.653	1.399.501
Mesophile Pilze	[KBE/Norm-m³]	u.N. ²⁾	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	u.N.	6.045	u.N.
Staphylococcen	[KBE/Norm-m³]	u.N.	u.N.	21.048	u.N.	u.N.	u.N.	9.891	u.N.
Abscheidegrad									
Gesamtbakterien	[%]	90		80		79		85	
Mesophile Pilze	[%]	--		--		--		> 70	
Staphylococcen	[%]	--		> 70		--		> 70	

1) KBE = Kolonie bildende Einheit

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

In der vierwöchigen Wintermessperiode lagen reingasseitig von 1.392 Wertepaaren (Halbstundenmittelwerte) 1.162 Werte unterhalb der Nachweisgrenze der hier mit vertretbarem Aufwand einzusetzenden Messtechnik.

Zur Bewertung der Abscheideleistungen wurden diese Werte auf 1 ppm gesetzt. Rohgasseitig wurden keine Ammoniakkonzentrationen von $\leq 3,3$ ppm gemessen, so dass für die Auswertung der Abscheideleistung alle Wertepaare als Halbstundenmittelwerte zur Verfügung standen. Bild 3 zeigt den Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas während der Wintermessung (14.02.2016 bis 14.03.2016). Die berechnete mittlere Abscheideleistung für Ammoniak lag im Winter bei 91,5 %.

Im Rohgasbereich wurden während der Wintermessung Ammoniakkonzentrationen zwischen 4,5 ppm und maximal 27,7 ppm gemessen. Diese hohen Konzentrationen wurden an wenigen Tagen zu Beginn der Messperiode 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 während des Messzeitraums bei maximal 1,45 ppm jedoch überwiegend 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.

In der vierwöchigen Sommermessung standen 1.388 Wertepaare als Halbstundenmittelwerte für die Berechnung der Ammoniakmindestabscheideleistung zur Verfügung. Im Gegensatz zur Wintermessperiode lagen jedoch alle Reingaswerte (gemessene Maximalkonzentration 0,45 ppm) unter der Bestimmungsgrenze des eingesetzten Messgerätes (FTIR Gasmet DX 4015). In diesem Messzeitraum wurden gleichzeitig 321 Rohgaskonzentrationen von $\leq 3,3$ ppm gemessen.

Da in den Sommermonaten die abzuführenden Luftraten deutlich über den Luftraten lagen, die während der Wintermonate aus dem Stallgebäude über die Abluftreinigungsanlage gefördert wurden, wurden rohgasseitig nur Ammoniakkonzentrationen von durchschnittlich 4,4 ppm gemessen (Minimum 2,1 ppm, Maximum 9,9 ppm).

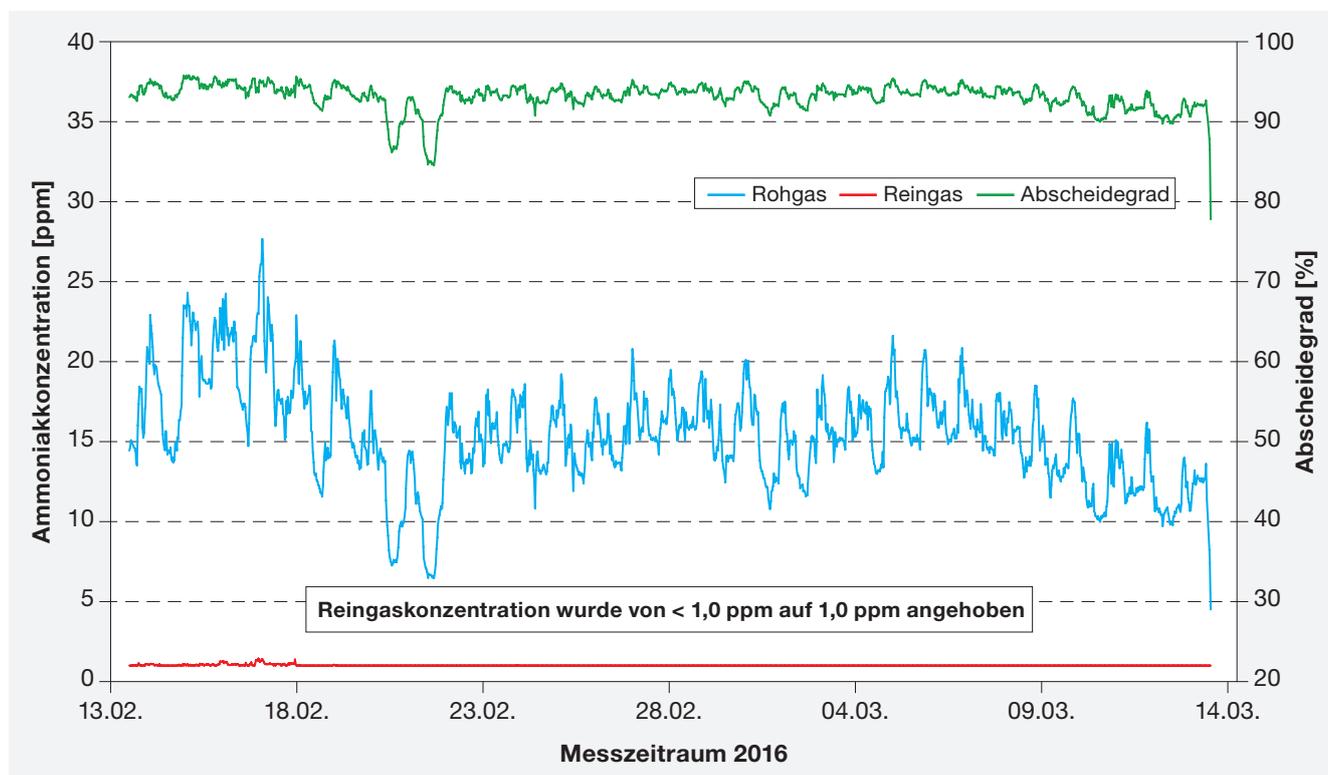


Bild 3:
Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas während der Wintermessung (14.02.2016 bis 14.03.2016)

Die kontinuierlichen Messungen des eingesetzten Messgerätes (FTIR) wurden wöchentlich über ein Referenzverfahren validiert (nasschemisch nach VDI 3496 Blatt 1).

Die beiden Messverfahren zeigten eine hohe Korrelation, sodass mit einstimmigem Votum der Prüfungskommission beschlossen wurde, die erhöhte Messunsicherheit des FTIR's bei Konzentrationen von < 1,0 ppm in diesem Fall nicht zu berücksichtigen.

Aus den 1.388 zur Verfügung gestandenen Wertepaaren konnte somit eine mittlere Ammoniakabscheideleistung im Sommer von 92,2 % berechnet und anerkannt werden.

Im Jahresmittel und bei einem ordnungsgemäßen Betrieb kann die chemisch arbeitende Abluftreinigungsanlage in der Legehennenhaltung eine durchschnittliche Ammoniakabscheidung von 91,9 % (Winter, Sommer) sicherstellen. Eine Vorlage der Chemikalie (H₂SO₄) in Form eines ausreichend dimensionierten IBC-Containers ist hierbei erforderlich, sodass ein unnötig häufiger Wechsel des Vorlagebehälters vermieden werden kann.

Aerosol-Austrag

Bei chemisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen können stickstoffhaltige Aerosole in Form von Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄) aus den Vorlagebecken und der Füllkörperpackung ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen werden. So kann der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung gelangen.

Die Ergebnisse der Aerosol-Messungen, sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Der Aerosol-Austrag lag im Winter bei 0,05 mg NH₄-N/m³ und im Sommer bei 0,08 mg NH₄-N/m³. Im Winter wurden die Messungen bei einem Abluftvolumenstrom von rund 59.800 m³/h im Sommer bei durchschnittlich 201.000 m³/h durchgeführt. Aufgrund der höheren Abluftvolumenströme im Sommer lagen die Massenströme daher bei 15,68 g NH₄-N/h und im Winter bei nur 2,87 g NH₄-N/h. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auslegung des Tropfenabscheiders richtig gewählt ist, da sich bei hohen Abluftvolumenströmen der Aerosolaustrag nur geringfügig erhöht hat. Die Ergebnisse lagen deutlich unterhalb des erlaubten Maximalwertes von 0,5 mg N/m³.

N-Entfrachtung N-Bilanz

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

Gemäß DLG-Prüfrahmen muss die N-Entfrachtung innerhalb der Stickstoffbilanz während des Untersuchungszeitraumes jeweils ≥ 70 % betragen. Die N-Entfrachtung spiegelt nämlich die tatsächlich ent-

Tabelle 5:
Ergebnisse des Aerosolaustrages an der Abluftreinigungsanlage Pura aer II

Datum		Wintermessung				Sommermessung			
		18.02.2016	18.02.2016	02.03.2016	02.03.2016	31.08.2016	31.08.2016	07.09.2016	07.09.2016
Normvolumen	[m ³]	1,384	1,316	1,302	1,300	1,649	1,983	1,625	1,585
Ammoniumsulfatanteil C _{Norm} ¹⁾	[mg/m ³]	0,165	0,172	0,297	0,326	0,378	0,388	0,394	0,402
Aerosolanteil NH ₄ -N C _{Norm} ¹⁾	[mg/m ³]	0,035	0,036	0,063	0,069	0,080	0,082	0,084	0,085
ø Aerosolanteil NH ₄ -N C _{Norm} ¹⁾	[mg/m ³]		0,051				0,083		
ø Aerosolanteil NH ₄ -N	[mg/m ³]		0,048				0,078		
Abluftvolumenstrom	[m ³ /h]		59.800				201.000		
Massenstrom NH ₄ -N	[g/h]		2,87				15,68		

1) Angabe der Konzentration unter Normbedingungen

nommene Stickstoffmenge aus der Stallabluft wider, die durch den Betrieb der Abluftreinigungsanlage ermöglicht wird. Tabelle 6 fasst die ermittelten Ergebnisse der mittleren NH₃-N Abscheideleistung und N-Entfrachtung zusammen, die in den N-Bilanzierungszeiträumen ermittelt wurden.

Die Bildung von Nitrit und Nitrat im Prozesswasser sowie emittierende nitrose Gase (NO_x, N₂O) im Reingas müssen bei einem chemisch funktionierenden Abluftreinigungssystem nicht betrachtet werden. Zur Vorbereitung der N-Bilanz in der Wintermessung wurde nach Abschluss der 8-wöchigen Messphase des biologischen Systems (Prüfbericht Nr. 6397) erst eine Woche gewartet, damit sich das chemisch arbeitende System auf die neuen Betriebsbedingungen einstellen konnte. Die ermittelte N-Entfrachtung lag bei 82,1 %.

In der Sommermessung wurde die Anlage nach der biologischen Messphase (acht Wochen) komplett gesäubert und war rund fünf Wochen in Betrieb bevor der N-Bilanzierungszeitraum gestartet wurde. Die ermittelte N-Entfrachtung lag bei 97,6 % und bestätigt die sehr hohe mittlere NH₃-N Abscheideleistung von 95,0 % in diesem Messzeitraum.

Tabelle 7 zeigt die Anreicherung der Ammonium-N Konzentration im Prozesswasser, die in der Winter- und Sommermessung analysiert wurden.

Tabelle 6:

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

		Wintermessung	Sommermessung
Messzeitraum		18.02.16 bis 09.03.16	31.08.16 bis 22.09.16
NH ₃ -N Rohgas-Eintrag	[kg]	197,6	171,8
NH ₃ -N Reingas-Austrag	[kg]	10,2	8,5
Differenz	[kg]	187,4	163,3
Abscheideleistung NH₃-N	[%]	94,9	95,0
N _{anorg.} -Abschlammung	[kg]	162,3	167,7
NH ₃ -N Reingas-Austrag	[kg]	10,2	8,5
Reingas _{weitere gasf. N-Verbindungen}	[kg]	0,0	0,0
Austrag Wasseranalysen	[kg]	162,3	167,7
Austrag Gesamt	[kg]	173,5	176,2
Wiederfindungsrate	[%]	87,3	102,6
pH-Wert	[-]	3,5-4,0	3,5-4,0
Leitfähigkeit	[mS/cm]	30-50	90-105
Eintrag gesamt	[kg]	197,6	171,8
Austrag Wasseranalysen	[kg]	162,3	167,7
N-Entfrachtung	[%]	82,1	97,6

Tabelle 7:

Ammonium-N Konzentration im Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage Pura aer II in der Winter- und Sommermessung

Wintermessung		Sommermessung	
Probennahme Tag	NH ₄ -N [g/l]	Probennahme Tag	NH ₄ -N [g/l]
18.02.16	4,25	24.08.16	9,20
02.03.16	6,00	31.08.16	16,65
09.03.16	7,10	07.09.16	16,15
		15.09.16	18,85
		22.09.16	19,95

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 (Mittelwert der Verbrauchsdaten Winter und Sommer) 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, Halteverfahren, Betriebsmanagement und dem jeweiligen Emissionsmassenstrom für Ammoniak und Staub verändern können.

Wasserverbrauch

Um die Wasserverluste durch Abschlämmung und Verdunstung auszugleichen, muss dem System Frischwasser zugeführt werden. Der Frischwasserverbrauch und die Abschlämmung müssen im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) hinterlegt werden. Hierdurch wird eine Differenzierung zwischen der Abschlämmrate und der tatsächlichen Wasserverdunstung möglich. Die maximale Leitfähigkeit im Prozesswasser, welche die Abschlämmrate bestimmt, darf bis auf 100 mS/cm ansteigen und wird im EBTB hinterlegt.

Im gesamten Messzeitraum (Winter- und Sommermessung) wurde der maximale Leitwert von 100 mS/cm nur am Ende der Sommermessungen erreicht. Aus diesem Grund wird die Abschlämmrate, die an der Abluftreinigungsanlage erforderlich wäre berechnet.

Grundlage der Berechnung ist die mittlere N-Entfrachtung von 89,9 %, die sich aus der N-Bilanz (Winter und Sommer) ergibt. Der Emissionsmassenstrom, der aus der Referenzanlage rohgasseitig emittiert ist, wurde über die tatsächlich gemessenen Rohgaskonzentrationen (je 12 Wochen im Winter und Sommer) und den entsprechenden Abluftvolumenströmen ermittelt und auf 365 Tage bezogen. Die Berechnung ergab einen NH_3 -N Massenstrom von 4.146 kg NH_3 -N/a der aus dem Legehennenstall emittiert ist. Bei einem Leitwert von 100 mS/cm liegt die Ammonium-N Konzentration im Prozesswasser bei rund 24 g/l. Unter den genannten Voraussetzungen und bei einem maximalen Tierbesatz von 30.800 Legehennen müssten somit rund 0,43 m³/d abgeschlämmt werden, was einer Abschlämmrate von 0,005 m³/(TP · a) entspricht.

Die jährliche Verdunstungsrate liegt im Jahresmittel bei 4,3 m³/d und entspricht einem Verbrauch von rund 0,05 m³/(TP · a). Im vorliegenden Fall muss die berechnete Abschlämmrate dem ermittelten Frischwasserverbrauch zugerechnet werden, so dass mit einem Verbrauch von 4,73 m³/d gerechnet werden kann.

Zum Frischwasserverbrauch, der durch den Betrieb der Anlage entsteht (Verdunstung und Abschlämmung), 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 m³ bis 10 m³ 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.

Es wird eine Filterflächenbelastung von 3.200 m³/(m² · h) anerkannt. Die maximal ermittelten Druckverluste über das Abluftreinigungssystem lagen bei 15 Pa (Füllkörper) und 37 Pa (Tropfenabscheider). Der Druckverlust über den Stall wurde 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 22 % der maximal möglichen Abluftmenge (229.700 m³/h) aus dem Stallgebäude gefördert. Der Stromverbrauch lag bei rund 52,7 kWh/d. Im Sommer lag die geförderte Abluftmenge bei durchschnittlich 53 % und wurde besonders tagsüber mit > 90 % aus dem Stallgebäude abgeführt. Der gemessene Stromverbrauch lag bei 128,3 kWh/d. Im Jahresmittel kann in diesem Referenzbetrieb somit ein Stromverbrauch von 90,5 kWh/d berechnet werden und entspricht einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 1,08 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. Im Sommer wurde die Berieselungsdichte der Füllkörperpackung etwas erhöht, so dass der tägliche Stromverbrauch von 113,3 kWh/d (Wintermessung) auf 158,0 kWh/d angestiegen ist.

Im Jahresmittel muss ein Stromverbrauch der Umwälzpumpen von 135,7 kWh/d einkalkuliert werden. Dies sind rund 1,61 kWh/(TP · a) und entspricht dem Stromverbrauch, der während der Prüfung des biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystems (Prüfbericht Nr. 6397) ermittelt worden ist.

Sonstige Verbrauchswerte

Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Werte-Regelung zwischen $\text{pH} \geq 3,5$ und $\leq 4,0$ sowie einer Abschlammung bei maximal 100 mS/cm möglich. Daher muss an der Anlage eine automatische Säuredosierung sowie Leitfähigkeitserfassung ordnungsgemäß installiert und betrieben werden. Zur Absenkung des pH-Wertes wurde Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96 % eingesetzt.

Im Jahresdurchschnitt wurde ein Säureverbrauch von 0,35 kg/(TP · a) ermittelt. In der Wintermessung lag dieser bei 30,25 kg/d, in der Sommermessung bei 29,08 kg/d. Die Verbrauchsdaten im Winter und Sommer unterscheiden sich kaum.

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.

Das Abluftreinigungssystem Pura Aer II der Firma Devriecom b. v. verfügt über eine Störmeldung, die den Anlagenbetreiber informiert, die Füllkörperpackung zu reinigen. Die Störmeldung erfolgt bei einem dauerhaften Druckverlust (\geq zwei Stunden) über die Füllkörperpackung und den Tropfenabscheider von ≥ 80 Pa. Hierdurch wird eine zu intensive Versalzung und Verschlammung der Füllkörperpackung vermieden. Eine derartige Störung kann während einer Legeperiode auftreten und muss sofort beseitigt werden. Im Untersuchungszeitraum musste das chemisch arbeitende Abluftreinigungssystem nicht gereinigt werden.

Betriebsanleitung, Handhabung und Arbeitszeitbedarf, Wartungsaufwand

Die Betriebsanleitung ist ausreichend genau und erklärt in groben Zügen die Funktionsweise der Anlage. In Verbindung mit der Dokumentation erfährt der Betreiber, welche Arbeiten er an der Anlage in täglichem, wöchentlichem und jährlichem Turnus durchzuführen hat.

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 und 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 rund 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 sogenannte „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. Auf Grund der Füllkörperstruktur ist lt. Hersteller ein Ausbau der Füllkörperpackung zur Reinigung nicht erforderlich.

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

Nach Abschluss eines Reinigungsvorganges benötigt das chemisch arbeitende Abluftreinigungssystem im Gegensatz zum biologisch arbeitenden System keine Anlaufphase, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zur Ammoniak- und Staubabscheidung sicher zu stellen. Nach der Inbetriebnahme muss das Prozesswasser sofort auf den erforderlichen pH-Wert zwischen $\text{pH} \geq 3,5$ und $\leq 4,0$ eingeregelt werden um eine sofortige Ammoniak- und Staubabscheidung von $\geq 70\%$ 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 8 zusammen (siehe Seite 26).

Umweltsicherheit

Das Prozesswasser chemisch arbeitender Abluftreinigungsanlagen enthält in erster Linie Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄). Mikrobiologische Prozesse, die zur Bildung von Nitrit und Nitrat führen, finden im Regelfall nicht statt.

Das chemische Abluftreinigungssystem der Firma Devriecom b.v. muss bei einem maximalen Leitwert von 100 mS/cm abschlämmen. Als Richtwert kann eine NH₄-N Konzentration von rund 24 g/l angesetzt werden und wird vom Salzgehalt des eingesetzten Frischwassers im eingesetzten Frischwasser (Brunnen- oder Frischwasser aus der öffentlichen Versorgung) sowie der Zusammensetzung des einströmenden Rohgases beeinflusst.

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

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

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

Für den Anlagenbetrieb wird Schwefelsäure benötigt. Der Umgang mit dieser Chemikalie ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers zu erklären und gemäß den EG-Sicherheitsdatenblättern für 96 %-ige Schwefelsäure Nr. 1907/2006 Stand Februar 2015 durchzuführen und liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers. Alle dazugehörigen Sicherheitseinrichtungen (Augendusche, Ganzkörperdusche, Schutzkleidung) sind bereitzustellen. Eine Säurevorlage in Form eines IBC-Containers (1.500 bis 1.800 kg Inhalt) ist erforderlich.

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.

Tabelle 8:

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

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

Fazit

Das Abluftreinigungssystem Pura aer II der Firma Devriecom b. v. eignet sich zur Emissionsminderung von Staub und Ammoniak (N-Entfrachtung) 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 den Nachweis der Korrosionsbeständigkeit liefern (Saugprinzip).

Für eine sichere Anlagenfunktion darf die Filterflächenbelastung maximal $3.200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ betragen. Der pH-Wert im Prozesswasser muss zwischen pH 3,5 und pH 4,0 geregelt werden. Die Leitfähigkeit zur Abschlammung darf maximal 100 mS/cm betragen.

Bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderungen des DLG Prüfrahmens zur Staub- und Ammoniakabscheidung eingehalten und zum Teil übertroffen. Die anerkannten Staubmindestabscheideleistungen liegen bei 70,7 % (Gesamtstaub), 82,2 % (PM_{10}) und 98,0 % ($\text{PM}_{2,5}$), die der mittleren Ammoniakabscheideleistung bei 91,9 %. Die mittlere N-Entfrachtung wird mit 89,9 % anerkannt.

Weitere Informationen

Weitere Tests zu Abluftreinigungsanlagen können unter 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 im PDF-Format erhältlich. Weitere DLG-Merkblätter bieten der DLG-Ausschüsse für Schweineproduktion unter www.dlg.org/schweineproduktion.html und für Tiergerechtigkeit unter 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.

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: 16-043

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

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