

Inno+ B.V.

1-stufiger Chemowäscher mit Tropfenabscheider Inno+ Pollo-L

für die Legehennenhaltung



DLG **SIGNUM
TEST**

03/16 bestanden



Testzentrum
Technik und Betriebsmittel

www.DLG-Test.de

Überblick

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 Tiergerechtheit 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 entsprechen-

den Prüfrahmen 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-SignumTest wurde der 1-stufige Chemowäscher mit Tropfenabscheider der Firma Inno+ B.V. auf seine Eignung zur Emissionsminderung von Staub und Ammoniak aus dem Abluftstrom einer Legehennenhaltungsanlage geprüft. Grundlage für die Prüfung ist

eine Auslegung der Lüftungsanlage nach DIN 18910. Nach dem aktuellen DLG-Prüfrahmen für Abluftreinigungsanlagen müssen in der Legehennenhaltung Emissionsminderungen von mindestens 70 % für Gesamtstaub, Feinstaub (PM_{10} , $PM_{2,5}$) und Ammoniak sowie eine maximale Geruchsstoffkonzentration von 300 GE/m³ Abluft im Reingas, wobei ein rohgastypischer Geruch (Geflügel) nicht mehr wahrgenommen werden darf (k.R.w.), eingehalten werden. Eine 70 %-ige N-Abscheidung (N-Entfrachtung) innerhalb der N-Bilanz muss in beiden Messzeiträumen (Sommer, Winter) nachgewiesen werden. Bis auf die Anforderungen der Geruchsstoffabscheidung konnten alle Mindestanforderungen nach dem DLG-Prüfrahmen eingehalten und zum Teil übertroffen werden.

Beurteilung – kurz gefasst

Die Abluftreinigungsanlage der Fa. Inno+ ist ein einstufiger, chemisch arbeitender Abluftwäscher zur Abscheidung von Staub und Ammoniak aus einer Legehennenhaltungsanlage (Voliere) mit einer Einstreu in den Scharräumen (Kontrollgänge) aus Hobelspänen. Das Abluftreinigungssystem wird im Saugprinzip betrieben. Nach einer Vorbefeuchtung der Stallablufte zur Grobstaubabscheidung gelangt die Abluft in den Füllkörper zur Ammoniak- und Staubabscheidung. Der Füllkörper wird horizontal liegend im Abluftturm installiert. Über dem Wäscherpaket ist ein Tropfenabscheider angebracht, um den Aerosolaustrag zu verhindern. Das Prozesswasser (Kreislaufwasser) zur Berieselung der Füllkörperpackung wird auf einen pH-Wert von $\leq 3,3$ mit Schwefelsäure angesäuert.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage einen Mindestabscheidegrad für Ammoniak im Winter von 86 % mit einer nachgewiesenen N-Entfrachtung von 85 %. Im Sommer wurde ein Mindestabscheidegrad von 75 %, jedoch eine N-Entfrachtung von 83 % ermittelt. Dies ist unüblich, da die N-Entfrachtung nicht größer sein kann als der Mindestabscheidegrad für Ammoniak.

Da die Berechnung der N-Entfrachtung innerhalb der N-Bilanzierung unter Betrachtung der gasförmigen N-Einträge und N-Austräge, der Anreicherung von Stickstoff im Prozesswasser sowie durch den N-Anteil des Reinigungswassers der Füllkörper durchgeführt wird, kann es zu Überschätzungen des tatsächlich abgeschiedenen Stickstoffs kom-

men. Hier sind hauptsächlich die Salzablagerungen im Füllkörperpaket in Form von Ammoniumsulfat zu nennen, die während des Bilanzierungszeitraums stattfinden, aber nicht genau bestimmt werden können, siehe dazu Seite 14/15.

Die Mindestabscheidung für Gesamtstaub liegt bei 77 %, die für PM_{10} bei 76 % und $PM_{2,5}$ bei 91 %. Die Zertifizierung umfasst die Hauptparameter Ammoniak und Staub. Um eine sichere Abscheideleistung dieser Parameter zu gewährleisten wird eine maximale Filterflächenbelastung von 2.000 m³/(m² · h) anerkannt.

Weitere Ergebnisse und die ermittelten Verbrauchsdaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1:
Ergebnisse der einstufigen Abluftreinigungsanlage Pollo-L im Überblick

Prüfkriterium	Ergebnis			Bewertung*	
Emissionsmessungen					
Gesamtstaub (gravimetrisch, zehn Messtermine) ¹⁾					
Wintermessungen (8 x)					
– Mindestabscheidegrad	[%]	81,3			+
Sommermessungen (8 x)					
– Mindestabscheidegrad	[%]	77,3			○
Feinstaub (gravimetrisch, vier Messtermine) ¹⁾					
Wintermessungen (2 x)					
– Mindestabscheidegrad PM ₁₀	[%]	75,9			○
– Mindestabscheidegrad PM _{2,5} ²⁾	[%]	91,0			+ +
Sommermessungen (2 x)					
– Mindestabscheidegrad PM ₁₀	[%]	82,0			+
– Mindestabscheidegrad PM _{2,5} ²⁾	[%]	95,3			+ +
Ammoniak (kontinuierlich gemessen, Halbstundenmittelwerte) ³⁾					
Winter (2.726 gültige Messwerte)					
– Mindestabscheidegrad	[%]	85,5			+
Sommer (877 gültige Messwerte)					
– Mindestabscheidegrad	[%]	74,9			○
N-Bilanzierung, N-Entfrachtung					
Winter (Bilanzierungszeitraum 14 Tage)					
– N-Entfrachtung	[%]	85			+
Sommer (Bilanzierungszeitraum 21 Tage)					
– N-Entfrachtung ⁴⁾	[%]	83			+
Aerosolaustrag					
Winter (4 Messungen) anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm), gemittelt					
– anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm) gemittelt	[mg/m ³]	0,59			k.B.
– anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm) Massenstrom	[g/h]	15,2			k.B.
Sommer (4 Messungen) anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm), gemittelt					
– anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm) gemittelt	[mg/m ³]	0,08			k.B.
– anorganisches Aerosol (NH ₃ -N CNorm) Massenstrom	[g/h]	5,85			k.B.
Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr) ⁵⁾					
Frischwasserverbrauch					
– Winter (57 Kontrolltage)	[m ³ /d]	1,90	[m ³ /(TP · a)]	0,03	k.B.
– Sommer (56 Kontrolltage)	[m ³ /d]	4,70	[m ³ /(TP · a)]	0,07	k.B.
– Jahresmittelwert	[m ³ /d]	3,30	[m ³ /(TP · a)]	0,05	k.B.
Abschlämmung					
– Winter (57 Messtage)	[m ³ /d]	0,044	[m ³ /(TP · a)]	0,001	k.B.
– Sommer (56 Messtage)	[m ³ /d]	0,219	[m ³ /(TP · a)]	0,003	k.B.
– Jahresmittelwert	[m ³ /d]	0,132	[m ³ /(TP · a)]	0,002	k.B.
Säureverbrauch (bezogen auf 96 %ige Schwefelsäure)					
– Winter (57 Kontrolltage)	[kg/d]	34,9	[l/d]	18,5	k.B.
	[kg/(TP · a)]	0,53	[l/(TP · a)]	0,28	k.B.
– Sommer (56 Kontrolltage)	[kg/d]	33,5	[l/d]	17,8	k.B.
	[kg/(TP · a)]	0,51	[l/(TP · a)]	0,27	k.B.
– Jahresmittelwert	[kg/d]	34,2	[l/d]	18,2	k.B.
	[kg/(TP · a)]	0,52	[l/(TP · a)]	0,28	k.B.
Verbrauch Entschäumer ⁶⁾					
– Jahresmittelwert	[kg/a]	20			k.B.

Elektrischer Energieverbrauch					
Abluftreinigung Umwälzpumpen					
– Winter (57 Kontrolltage)	[kWh/d]	69,9	[kWh/(TP · a)]	1,06	k.B.
– Sommer (56 Kontrolltage)	[kWh/d]	72,0	[kWh/(TP · a)]	1,10	k.B.
– Jahresmittelwert	[kWh/d]	71,0	[kWh/(TP · a)]	1,08	k.B.
Ventilatoren Stall					
– Winter (57 Kontrolltage)	[kWh/d]	39,1	[kWh/(TP · a)]	0,59	k.B.
– Sommer (56 Kontrolltage)	[kWh/d]	79,2	[kWh/(TP · a)]	1,20	k.B.
– Jahresmittelwert	[kWh/d]	59,2	[kWh/(TP · a)]	0,90	k.B.

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

- 1) Nach dem aktuellen 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) Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich $2,5$ bis $10\ \mu\text{m}$ führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM_{10} bewirken. Die Partikelfraktion $\text{PM}_{2,5}$ ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM_{10} .
- 3) Nach dem aktuellen DLG-Prüfrahmen für Abluftreinigungsanlagen wird bei der Reinigungsleistung zur Ammoniakreduzierung die Mindestabscheideleistung anerkannt, die sich aus dem mittleren Abscheidegrad aller gemessenen Werte abzüglich deren Standardabweichung ergibt.
- 4) Durch die entstehenden Salzablagerungen im Füllkörperpaket in Form von Ammoniumsulfat während des Bilanzierungszeitraumes kann es zu einer Überbewertung der N-Entfrachtung kommen. Eine genaue Bestimmung der Salzablagerung im Füllkörperpaket in Form von Ammoniumsulfat während des Bilanzierungszeitraumes ist kaum möglich. Ablagerungen aus vorangegangenen Betriebszeiträumen können nicht quantifiziert werden, sodass es zu Überbefunden an anorganischem Stickstoff im Reinigungsabwasser kommen kann, die zu einer Überbewertung der N-Entfrachtung führen.
- 5) Die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen im Sommer und Winter werden auf 365 Tage normiert und auf die genehmigte Tierplatzzahl im Stallgebäude (24.000 Legehennen) bezogen. Das Jahresmittel ergibt sich aus dem Mittelwert der Sommer- und Winterverbrauchsmessungen.
- 6) Bei dem eingesetzten Entschäumer handelt es sich um ein Fettalkoholoxylat.

Das Produkt

Hersteller und Anmelder

Inno+ B.V.
Maasbreesweg 50
5981 NB Panningen
Niederlande

Produkt:
Abluftreinigungsanlage
Inno+ Pollo-L

Kontakt:
Telefon: +31 (0)77 4657360
Telefax: +31 (0)77 4657361
info@inno-plus.nl
www.inno-plus.nl

Beschreibung und Technische Daten

Die Abluftreinigungsanlage Pollo-L der Fa. Inno+ ist ein im Saugbetrieb betriebenes, einstufig chemisch arbeitendes System zur Reinigung der Abluft aus Legehennenställen. Die Haltung der Legehennen erfolgte in Volieren mit wöchentlicher Kotbandentmischung und eingestreutem Kontrollraum (Scharraum) mit Hobelspänen (ca. $1\ \text{kg}/\text{m}^2$). Hierbei können die Staub- und Ammoniak-Emissionen 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. Das Prozesswasser des Abluftreinigungssystems muss auf einen pH-Wert von $\text{pH} \leq 3,3$ eingestellt werden. Dieser pH-Wert ist dauerhaft einzuhalten.

Die Abluft aus dem Stallgebäude wird über die gesamte Breite des Wäschers angesogen und mit einer kontinuierlich sprühenden Vorbedüsung, die an der gesamten Lufteintrittsseite unterhalb des eigentlichen Wäscherpaketes montiert ist, vom Grobstaub (Federn, Futter- und Einstreustaub) befreit. Die eingesetzten Flachstrahlkegeldüsen sind so angeordnet, dass die Stallablufte durch den sich bildenden Sprühnebel gesogen werden muss. Die Befeuchtungsintensität muss so ausgelegt werden, dass die einströmende Stallablufte mit $\geq 0,85\ \text{m}^3/\text{h}$ pro lfm an der Lufteintrittsseite des Wäschers mit Prozesswasser aus dem Wasservorlagebehälter befeuchtet wird.

Danach wird die Abluft durch das auf einer Edelstahlkonstruktion liegende Wäscherpaket geführt und im Gegenstrom von oben mit Prozess

wasser kontinuierlich berieselt. Die Berieselungsdichte der Füllkörperpackung (Wäscherpaket) muss auf $\geq 0,90\ \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ eingestellt werden. Die große spezifische Oberfläche des Füllkörpers dient zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Stallablufte und Prozesswasser. Hierdurch wird die Abscheidung von Ammoniak und Staub verbessert. Oberhalb des Füllkörpers befindet sich ein Tropfenabscheider, dem die Abluftventilatoren nachgeschaltet sind. Es ist zwingend erforderlich, dass die Ventilatoren korrosionsbeständig sind. Um eine gleichmäßige Durchströmung des Tropfenabscheiders sicherzustellen, ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen Tropfenabscheider und Abluftventilatoren mindestens 1,5 Meter beträgt.

Der Tropfenabscheider dient der Abscheidung von stickstoffhaltigen Aerosolen, die nicht in die Umgebung gelangen dürfen sowie zur Verringerung der Wasserverluste. Von den eingesetzten Ventilatoren wurde ein Ventilator frequenzgeregelt, um die Grundluftraten der Tiere abzuleiten. Die weiteren Ventilato-

ren wurden je nach Stalltemperatur ungeregelt mit 100 % Abluftleistung zugeschaltet. Aufgrund von stark schwankenden Ammoniakabscheideleistungen bei einer derartigen Lüftungssteuerung (step by step) und niedrigen Rohgaskonzentrationen kann nur eine simultan arbeitende Lüftungssteuerung, bei der alle Ventilatoren zu jedem Zeitpunkt mit gleicher Lufrate zu betreiben sind, anerkannt werden. Die Abluftventilatoren müssen über einen Frequenzumrichter in der Drehzahl stufenlos geregelt werden, um die erforderliche Ablufrate gemäß DIN 18910 aus dem Stallgebäude zu fördern.

Das Prozesswasser wird kontinuierlich im Kreislauf umgepumpt. Während der Zertifizierung wurden Leitfähigkeitswerte von über 180 mS/cm erfasst. Um einer Versalzung in den Füllkörpern vorzubeugen wird ein maximaler Leitwert von 150 mS/cm anerkannt.

Wird dieser Wert erreicht, muss über eine Abschlämppumpe automatisch eine Wassermenge aus dem Wasserspeicher entnommen werden um die Leitfähigkeit im Prozesswasser wieder abzusenken. Die Menge des abgeschlämpten Prozesswassers wird über ein Durchflussmessgerät erfasst und im elektronischen Betriebstagebuch abgespeichert. In der Regel werden mindestens 50 % der gesamten Wasservorlage (5,5 m³) entnommen und mit Frischwasser wieder aufgefüllt. Durch die Abschlämpung kommt es zur Absenkung des maximal erlaubten Leitwertes von 150 mS/cm. Der pH-Wert des abgeschlämpten Prozesswassers liegt bei pH ≤ 3,3. Da es durch den Wäscherbetrieb auch zu erhöhten Wasserverdunstungen kommt, müssen beide Werte (Abschlämpung und Frischwasserverbrauch) im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) hinterlegt werden.

Der Wasserspeicher mit einem Fassungsvermögen von 5,5 m³ wird in der Regel erst nach einer abgeschlossenen Legeperiode vollständig entleert und gereinigt. Um einer Versalzung bzw. Verstopfung der Füllkörperpackung vorzubeugen, muss das Abluftreinigungssystem Pollo-L der Firma Inno+ über eine Alarmmeldung verfügen, die den

Anlagenbetreiber informiert, die Füllkörperpackung zu säubern. Um diesen Verschmutzungsgrad der Füllkörperpackung zu kontrollieren, wird vor der ersten Inbetriebnahme eine Druckverlustkennlinie im laufenden Betrieb (Berieselung der Füllkörper mit sauberem Prozesswasser) der Abluftreinigungsanlage aufgenommen.

Die ermittelten Druckverluste, die bei Abluftvolumenströmen von 10 %, 25 %, 45 %, 80 % und 100 % aufgezeichnet werden, erhalten zusätzlich einen Toleranzaufschlag von 10 Pa und bilden die Druckverlustkennlinie, die nicht überschritten werden darf. Kommt es nun während des Betriebes der Anlage zu einer Überschreitung dieser Kennlinie für eine halbe Stunde, wird ein Alarm ausgelöst, der den Anlagenbetreiber informiert eine Reinigung der Füllkörperpackung durchzuführen. Die Alarmmeldung kann erst resettet werden, wenn sich die Druckverluste wieder unter der maximal erlaubten Druckverlustkennlinie eingeregelt haben.

Um die erforderlichen pH-Werte im Prozesswasser auf ≤ 3,3 einzustellen verfügt die Abluftreinigungsan-

lage über eine Säuredosiertechnik mit vorgeschalteter Leitfähigkeitserfassung. Die Kontrolle des Wasserstandes erfolgt über einen elektronischen Füllstandsensor, der auch die eingesetzte Umwälzpumpe vor dem Trockenlaufen schützt.

Zur Sicherstellung der in Tabelle 1 beschriebenen Abscheideleistungen ist es erforderlich, dass die Abluftreinigungsanlage kontinuierlich betrieben wird. Es muss sichergestellt sein, dass die gemäß DIN 18910 ermittelte maximale Sommerlufrate durch die Abluftreinigungsanlage zu fördern ist. Lufraten, die über dieser Auslegungslufrate installiert werden, können als Teilstrom über Notventilatoren abgeführt werden. Die Laufzeit der Notlüfter muss im elektronischen Betriebstagebuch festgehalten werden.

Gewährleistung

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

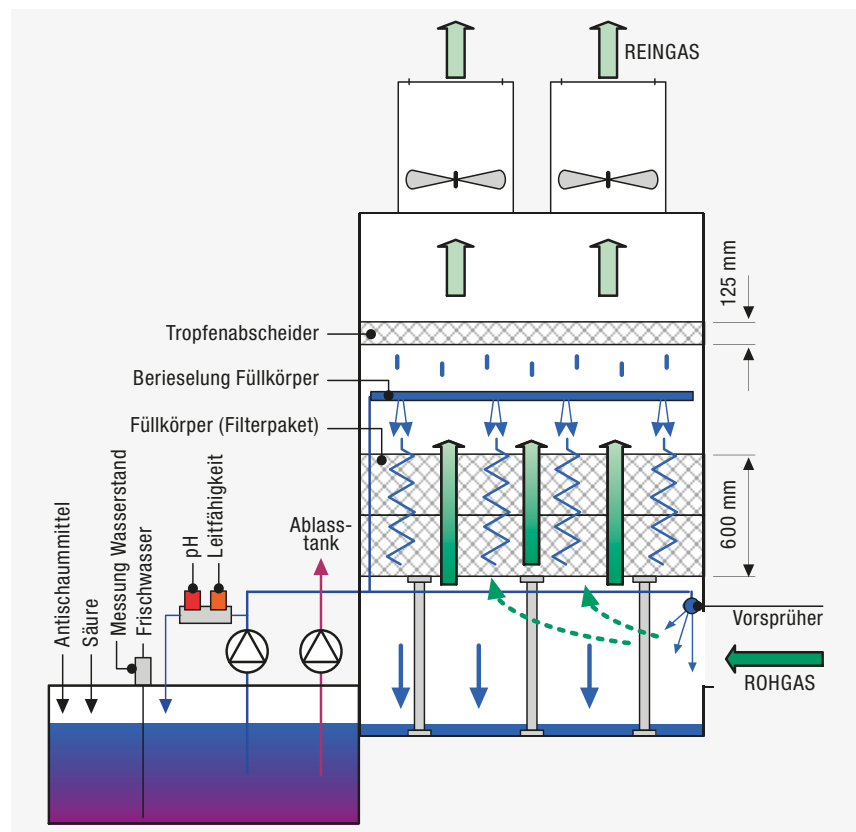


Bild 2:
Schematische Darstellung der Abluftreinigungsanlage Pollo-L der Firma Inno+

Tabelle 2:

Verfahrenstechnische Parameter der Abluftreinigungsanlage Pollo-L der Firma Inno+

Merkmal	Ergebnis / Wert	
Beschreibung		
Einstufiger Chemowäscher mit Tropfenabscheider		
Eignung		
Reinigung der Stallabluft aus der Legehennenhaltung in Volieren mit wöchentlicher Kotbandentmistung und Einstreu im Kontrollgang zur Minderung von Staub und Ammoniak		
Dimensionierungsparameter, Maßangaben der Füllkörper und Tropfenabscheider (Referenzanlage)		
Füllkörper		
– Länge / Breite / Tiefe	[m] / [m] / [m]	14,4 / 3,6 / 0,6
– Anströmfläche / Volumen	[m²] / [m³]	51,84 / 31,10
– maximale Filterflächenbelastung	[m³/(m² · h)]	2.000
– maximale Filtrervolumenbelastung	[m³/(m³ · h)]	3.333
– Durchströmung bei max. Sommerlufrate	[m/s]	0,56
– Verweilzeit bei maximaler Sommerlufrate	[s]	1,08
Tropfenabscheider		
– Länge / Breite / Tiefe	[m] / [m] / [m]	14,4 / 2,4 / 0,125
– Anströmfläche / Volumen	[m²]/[m³]	34,56 / 4,32
– maximale Flächenbelastung	[m³/(m² · h)]	3.000
– maximale Volumenbelastung	[m³/(m³ · h)]	24.000
– Durchströmung bei max. Sommerlufrate	[m/s]	0,83
– Verweilzeit bei maximaler Sommerlufrate	[s]	0,15
Mindestabstände der Bauteile		
– Betonsohle / Füllkörper	[m]	2,0
– Füllkörper / Tropfenabscheider	[m]	1,0
– Tropfenabscheider / Ventilatoren	[m]	1,5
Berieselungsdichte (kontinuierlich)		
Füllkörper		
– Berieselungsmenge (Sommer / Winter)	[m³/h]	47,2 / 40,6
– Berieselungsdichte (Sommer / Winter)	[m³/(m² · h)]	0,91 / 0,78
– Anzahl der Düsen	[Stck/m²]	0,25
Vorbefeuchtung (kontinuierlich)		
– Berieselungsmenge (Sommer / Winter)	[m³/h]	12,1 / 15,1
– Berieselungsintensität (Sommer / Winter)	[m³/(h · lfm)]	0,84 / 1,05
– Anzahl der Düsen	[Stck/lfm]	0,8
Abschlämmung		
Fassungsvermögen Waschwasservorlagebecken	[m³]	5,50
Abschlämmrate pro Jahr	[m³/a]	48,18
durchschnittliche Abschlämmrate	[m³/d]	0,132
	[m³/(TP · a)]	0,002
pH-Wert des Kreislaufwassers	[-]	≤ 3,30
maximale Leitfähigkeit im Kreislaufwasser	[mS/cm]	≤ 150
Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen (Betrieb mit 24.000 Legehennen in Volierenhaltung)		
Legehennenstall (Haltungssystem)	[System]	Voliere
maximale Besatzdichte im Stall	[Anzahl]	24.000
maximal-Lebendgewicht (vor der Ausstallung)	[kg/Tier]	1,70
maximale Sommerlufrate gemäß DIN 18910	[m³/Tier]	3,90
maximale Abluftrate über die Abluftreinigungsanlage gemäß DIN 18910	[m³/h]	93.600
maximal installierte Luftleistung über die Abluftreinigungsanlage bei 50 Pa Druckverlust	[m³/h]	160.000
Anzahl der Lüfter	[Stck]	4
maximal ermittelter Abluftvolumenstrom (Sommer)	[m³/h]	122.400
maximaler Druckverlust Füllkörper (Sommer)	[Pa]	36
maximaler Druckverlust Tropfenabscheider (Sommer)	[Pa]	9
Gesamtdruckverlust Stall und Abluftreinigung (Sommer) 1)	[Pa]	106

Merkmal	Ergebnis / Wert	
Betriebsverhalten		
Technische Betriebssicherheit	Um die erforderlichen Abscheideleistungen sicherzustellen müssen alle Ventilatoren stufenlos über einen Frequenzsumrichter geregelt werden. Die Anlage muss über eine Alarmmeldung 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. Die eingesetzten Abluftventilatoren müssen den Nachweis der Korrosionsbeständigkeit erbringen.	+
Druckverlustkennlinie (Alarmmeldung)	Um den Verschmutzungsgrad der Füllkörperpackung zu kontrollieren, muss vor der ersten Inbetriebnahme eine Druckverlustkennlinie im laufenden Betrieb (Berieselung der Füllkörper mit sauberem Prozesswasser) der Abluftreinigungsanlage aufgenommen werden. Bei Abluftvolumenströmen von 10 %, 25 %, 45 %, 80 % und 100 % werden die entsprechenden Druckverluste aufgenommen und erhalten zusätzlich einen Toleranzaufschlag von 10 Pa. Diese Druckverlustkennlinie wird in der SPS („Speicher-Programmierbare-Steuerung“) hinterlegt und darf im laufenden Betrieb der Abluftreinigungsanlage nicht überschritten werden.	
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 einmal 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 Alarmmeldung ausgerüstet, die dem Anlagenbetreiber mitteilt wann die Füllkörperpackung zu reinigen ist. Die Reinigung wird erforderlich, wenn die maximal erlaubte Druckverlustkennlinie, die vor der ersten Inbetriebnahme durch den Hersteller aufgenommen wurde, für eine halbe Stunde überschritten wird. Ein kompletter Wechsel der Waschwasservorlage (5,5 m³) ist nach jeder Füllkörperreinigung erforderlich. Die Reinigung während einer Haltungsperiode erfolgt mit dem Prozesswasser aus dem Wasserspeicher. Das Wasserbecken sowie die Düsen werden nach Abschluss einer Haltungsperiode mit Prozesswasser und Frischwasser mittels Hochdruckreiniger gesäubert.	○
Füllkörperwechsel	Laut Hersteller ist bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und den erforderlichen Reinigungsarbeiten bei Alarmmeldungen kein Wechsel des Füllkörpermaterials notwendig.	k.B.
Arbeitszeitbedarf		
Tägliche Kontrollen	ca. 2 Minuten (mit Fernzugriff)	+
	ca. 5 Minuten (ohne Fernzugriff)	○
Wöchentliche Kontrollen	ca. 30 Minuten (Messtechnik und Sprühbild der Füllkörperpackung)	○
Reinigung der Düsen	ca. 1,0 Stunden (Vorbefeuchtung und Berieselung der Füllkörper)	○
Reinigung der Füllkörper	ca. 3,0 Stunden (nach Störmeldung)	○
Gesamtreinigung der Anlage	ca. 5 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 zulässig. 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; 5 Jahre Gewährleistung auf Gebäude. Dies gilt nicht für normale Verschleißteile (z.B. pH-Elektrode) und Verbrauchsmaterialien.	k.B.

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

1) Der zusätzliche Druckverlust durch die Abluftkamine wurde nicht berücksichtigt und muss mit 40 Pa, bei Förderung der maximalen Sommerluftfrate, einkalkuliert werden.

Die Methode

Die Messungen wurden an einer Referenzanlage in 49779 Niederlangen durchgeführt. Die Prüfung umfasste eine 8-wöchige Winter- und Sommermessperiode und fand von Februar bis April 2015 (Wintermessungen) und vom Juli bis September 2015 (Sommermessungen) statt. Bei der geprüften Anlage handelte es sich um eine Prototypanlage.

Im Referenzstall, an dem die Messungen durchgeführt wurden, waren etwa 24.000 Legehennen in Volieren mit Kotbandentmistung eingestellt. Um die Ammoniakkonzentration im Stallgebäude zu reduzieren erfolgte die Entmistung über das Kotband wöchentlich einmal. 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 vier Abluftventilatoren (korrosionsbeständig) wurde die Stallabluft durch die Wäscheranlage gesogen. Bei einem kalkulierten Gesamtdruckverlust von 50 Pa fördern die eingesetzten Ventilatoren einen maximalen Luftvolumenstrom von 160.000 m³/h.

Die Lüftungstechnik wurde gemäß DIN 18910, 3,90 m³/(Tier · h) bei $\Delta T = 3K$, ausgelegt. Bei einer Stallbelegung von 24.000 Legehennen mit einem durchschnittlichen Lebendgewicht von 1,8 kg könnten rund 6,7 m³/(Tier · h) aus dem Stall abgeführt werden. Während des Untersuchungszeitraums wurde im Sommer ein maximaler Abluftvolumenstrom von 122.400 m³/h ermittelt. Bei einer Filtergrundfläche von 51,84 m² wäre dies eine maximal zulässige Filterflächenbelastung von 2.360 m³/(m² · h). Um eine Ammoniakabscheideleistung von mindestens 70 % sicherzustellen kann aber nur eine Filterflächenbelastung von 2.000 m³/(m² · h) anerkannt werden.

Die Abluftreinigungsanlage muss im Gegensatz zur Masthähnchenhaltung nach der Einstellung der Legehennen sofort in Betrieb genommen werden. Die Stallabluft wird dann

über die gesamte Wäscherbreite angesogen, mittels eines Düsenbalkens vorbefeuchtet und durch den Füllkörper (Wäscherpaket) geführt. Die Vorbefeuchtung der Abluft wurde im Kreuzstrom, die Berieselung der Füllkörper im Gegenstrom von oben durchgeführt. Das Prozesswasser muss auf einen pH-Wert von $\leq 3,3$ abgesenkt werden. Um N-haltige Aerosole abzuscheiden, muss hinter dem Wäscherpaket ein Tropfenabscheider eingesetzt werden. Die Abluftreinigungsanlage wurde im Saugprinzip (Abluftventilatoren hinter dem Wäscher) gefahren und auch nur so zertifiziert.

Um die Ammoniakreinigungsleistungen von dauerhaft $\geq 70\%$ gewährleisten zu können, müssen die eingesetzten Abluftventilatoren stufenlos über einen Frequenzumrichter in ihrer Drehzahl geregelt werden. Die Filterflächenbelastung von 2.000 m³/(m² · h) darf nicht überschritten werden. Eine Gruppenschaltung mit Einsatz von nur einem geregelten Abluftventilator (step by step) wird nicht anerkannt. Die eingesetzten Abluftventilatoren müssen korrosionsbeständig sein.

Nach der Wintermessperiode wurde das Wasservorlagebecken mit einem Nutzhalt von rund 5,5 m³ komplett entleert und gereinigt. Bei einem dauerhaften Druckverlust über das Wäscherpaket und den Tropfenabscheider von ≥ 40 Pa (Zeitraum von mindestens zwei Stunden) wird der Anlagenbetreiber informiert, entsprechende Reinigungsarbeiten am Füllkörper durchzuführen.

An der Hauptzuleitung des Düsenbalkens zur Befeuchtung der Füllkörperpackung zwischen Füllkörper und Tropfenabscheider befinden sich Schlauchanschlüsse (DN 50), um den Füllkörper intensiv mit Kreislaufwasser zu durchspülen. Diese Reinigungsarbeit könnte während einer Legeperiode mehrmals durchgeführt werden und wird über den maximal erlaubten Druckverlust von 40 Pa über das Wäscherpaket und Tropfenabscheider kontrolliert

und im EBTB abgespeichert. Die erforderlichen Flanschstücke und Schlauchlängen zur Reinigung der Füllkörperpackung müssen im Technikraum aufbewahrt werden.

Im Wasserspeicher wurden eine Umwälzpumpe und eine Abschlämppumpe eingesetzt. Die Umwälzpumpe befüllt die Befeuchtungsleitung der Vorbedüsung und die eigentliche Berieselungseinrichtung des Füllkörpers (zwischen Füllkörper und Tropfenabscheider). Die Auslegung der Umwälzpumpe muss so gewählt sein, dass die Befeuchtungsintensität von 0,85 m³/(lfm · h) der Vorbefeuchtung und die Berieselungsdichte des eigentlichen Füllkörpers von 0,90 m³/(m² · h) sicher eingehalten werden.

Die Abschlämppumpe fördert während der Legeperiode bei Überschreitung des maximalen Leitwertes (150 mS/cm) rund 50 % der gesamten Wasservorlage aus dem Prozesswasser in einen dafür zugelassenen Lagerbehälter ab. Um den ordnungsgemäßen Wasserstand wieder herzustellen, wird automatisch Frischwasser in das Vorlagebecken eingeleitet. Ein elektronischer Wasserstandsensor kontrolliert die Wasserstände kontinuierlich. Abschlämpfvolumen und Frischwasserverbrauch werden im elektronischen Betriebstagebuch hinterlegt.

Während der Messungen wurden die Umgebungsbedingungen (Temperatur und rel. Luftfeuchte außen/innen) erfasst. An den Messtagen für Staub 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 Betriebstagebuch aufge-

zeichnet wurden (siehe Tabelle 8), auf Plausibilität überprüft. Zur Beurteilung der Abluftreinigungsanlage 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 isokinetisch arbeitendes 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.

Aufgrund der hohen organischen und biologischen Staubanteile mussten die Proben schonend getrocknet werden. Die Probenahme wurde daher abweichend von der DIN EN 13284-1 durchgeführt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung.

Nach dem DLG-Prüfrahmen 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.

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. Parallel dazu wurden an zwei Messtagen pro Messperiode (Sommer und Winter) Gasproben in

Waschflaschen genommen und nach VDI 3496, Blatt 1 ausgewertet.

Um Kondensation in den gasführenden PTFE-Leitungen zu vermeiden, wurden die Messgasleitungen auf ihrer Gesamtlänge beheizt. Zur Überprüfung der Ammoniakkonzentration im Tierbereich wurden bei regelmäßigen Begehungen Messungen im Stall auf Tierhöhe durchgeführt.

Nach dem DLG-Prüfrahmen darf kein Halbstundenmittelwert der NH₃-Abscheidung keinen Wert von 70 % unterschreiten, muss also dauerhaft über 70 % liegen. Der anzuerkennende Mindestabscheidegrad 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 Bestimmung des Aerosolaustrages wurde die Abluft ca. 30 Minuten mit einem Volumenstrom von 2 m³/h über Waschflaschen mit 100 ml Absorptionslösung (0,05 n Schwefelsäure) geleitet. Um den Aerosolanteil bestimmen zu können, wurde parallel eine filtrierte und eine unfiltrierte Probenahme durchgeführt und die Differenz bestimmt. Die Analytik erfolgte nach dem Indophenol-Verfahren. Die Konzentration an Ammoniak in den Probenlösungen wurde photometrisch bestimmt.

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

N-Bilanz, N-Entfrachtung

Um den tatsächlichen Rückhalt von Stickstoffverbindungen der Abluftreinigungsanlage zu untersuchen wurden zwei N-Bilanzierungen unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (im Roh- und Rein-

gas), des Aerosolaustrages sowie der im Waschwasser gelösten anorganischen Stickstoffverbindungen während der Winter- und Sommermessungen durchgeführt. In beiden Bilanzierungszeiträumen (Winter- und Sommermessung) wurde zusätzlich das Waschwasser zur Reinigung auf anorganische Stickstoffverbindungen analysiert. Zur Bestimmung der eigentlichen N-Entfrachtung wird die entnommene anorganische N-Masse mit der rohgasseitig eintretenden N-Fracht ins Verhältnis gesetzt. Die Bilanzierung muss über einen Zeitraum von mindestens 14 Tagen erfolgen.

Bei dem chemisch arbeitenden Wäschersystem Pollo-L der Firma Inno+ kann die Bildung von Nitrit und Nitrat im Prozesswasser vernachlässigt werden. Weitere gasförmige Stickstoffverbindungen lagen in ihren Konzentrationen unter der Nachweisgrenze und wurden daher nicht betrachtet.

Das bedeutet, dass der durch die Abluftreinigungsanlage abgeschiedene Stickstoff aus dem Ammoniak des Rohgases in Form von Ammonium im Waschwasser sowie die Restemission von Ammoniak im Reingas nachgewiesen wurde.

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

- alle relevanten Stickstoffverbindungen und deren Verbleib nachgewiesen werden;
- der Stickstoffgehalt des Abschlammwassers bekannt und dessen Düngewert quantifiziert wird.

Nach 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 und elektrischer Energie wurde über die Erfassung der entsprechenden Zählerstände bestimmt (Stromzähler für die Abluftreinigung und separat für die Lüftung). Der Säureverbrauch und der Verbrauch an

Entschäumer in der Prüfungsphase wurden mittels Wägesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wägezelle) ermittelt. Zur Dokumentation der Umgebungsbedingungen wurden während der Messungen die Außen- und Stallinnentemperaturen erfasst.

Betriebssicherheit und Haltbarkeit

Die Betriebssicherheit und Haltbarkeit wurde beurteilt und dokumentiert. Eventuell auftretende Störungen an der Gesamtanlage sowie technischen Komponenten im Prüfungszeitraum wurden dokumentiert. Ergänzend wurden auftretende Korrosionsschäden und die Haltbarkeit im Dauereinsatz bewertet.

Betriebsanleitung, Handhabung, Arbeitszeit- und Wartungsaufwand

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

Im elektronischen Betriebstagebuch sind generell folgende Parameter als Halbstundenmittelwerte zu erfassen

- Druckverlust über die Füllkörperpackung und den Tropfenabscheider in Pa
- Luftdurchsatz in m³/h
- Pumpenlaufzeit in Stunden
- Berieselung der Füllkörperpackung in m³/h
- Gesamtfrischwasserverbrauch an der Anlage in m³
- Abschlammrate in m³
- Roh- und Reingastemperatur in °C
- pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit in mS/cm
- elektrischer Stromverbrauch der Abluftreinigungsanlage in kWh
- Laufzeit der Notlüfter in Stunden

Des Weiteren sind Sprühbildkontrollen, Wartungs- und Reparaturzeiten sowie Kalibrierungen der pH- und Leitfähigkeit-Sonden zur erfassen. Ein Nachweis über den Säureverbrauch ist zu erbringen.

Diese Daten dienen dem Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes der Abluftreinigungsanlage und wurden an der Abluftreinigungsanlage Pollo-L der Firma Inno+ überprüft.

Umweltsicherheit

Der Prüfungsbereich Umweltsicherheit umfasste eine Beurteilung für den Anlagenbetrieb nötiger Betriebsstoffe wie die Säure. Beurteilt wurden die stoffliche Verwertung des abgeschlammten Prozesswassers sowie die 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 Stauffractionen ist die kleinste Abscheideleistung, die in den jeweiligen Messperioden (Winter, Sommer) ermittelt wurde. Tabelle 3 fasst alle Ergebnisse der Staubbmessungen zusammen.

Im Winter lag der Mindestabscheidegrad für Gesamtstaub bei 81,3 % (10.02.2015), im Sommer bei 77,3 % (22.07.2015). Der anzuerkennende Mindestabscheidegrad für Feinstaub (PM_{10}) lag bei 75,9 % (24.03.2015) im Winter und 82,0 % (29.07.2015) im Sommer. Die Mindestabscheideleistung hinsichtlich der Feinstaubfraktion $PM_{2,5}$ lag im Winter bei 91,0 % (24.03.2015) und im Sommer bei 95,3 % (29.07.2015).

Die gute Abscheideleistung in den Sommer und Wintermessungen lässt sich auf eine vorgeschaltete Vorbedüsung der einströmenden Stallabluft im Kreuzstromverfahren und durch die intensive Berieselung des Füllkörperpaketes 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 Anzahl der Düsen zur Vorbedüsung ist abhängig von der Länge des Wäscherturms. Die Düsen müssen so angebracht werden, dass die Sprühwinkel komplett überlappen. Eine Befeuchtungsintensität von $> 0,85 \text{ m}^3/(\text{lfm} \cdot \text{h})$ muss eingehalten werden. Die Berieselungsdichte des Füllkörpers liegt bei $\geq 0,90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis $10 \mu\text{m}$ führen, welche bei der Staubbmessung 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 Stauffraktion PM_{10} .

Die in Tabelle 3 dargestellten Randparameter wurden jeweils zum entsprechenden Messzeitraum an

den Messtagen aufgenommen. Volumenstrom und Druckverlustangaben sind Mittelwerte, die im Messzeitraum aus den Minuten-Messwerten der DLG-Datenaufzeichnungen berechnet wurden.

Ammoniak

Eine Bewertung der NH_3 -Abscheidung erfolgt erst ab einer Rohgaskonzentration von $\geq 3,0 \text{ ppm}$, da bei einer geforderten Mindestabscheideleistung von 70 % eine Reingaskonzentration von $< 1,0 \text{ ppm}$ erforderlich ist. Auf Grund der Messunsicherheit des eingesetzten Messgerätes ist eine einwandfreie Bewertung der Ammoniakkonzentration von $\leq 1,0 \text{ ppm}$ jedoch nicht möglich. Für die Auswertung der Ammoniakabscheideleistung standen im Winter 2.726 Wertepaare (Halbstundenmittelwerte) zur Verfügung, im Sommer waren es nur 877 Wertepaare als Stundenmittelwerte.

In Bild 3 sind die Ammoniakkonzentrationen und der Abscheidegrad exemplarisch aus der Wintermessung 2015 dargestellt. Nach dem Start der Abluftreinigungsanlage wurden im Rohgasbereich während der Wintermessung Ammo-

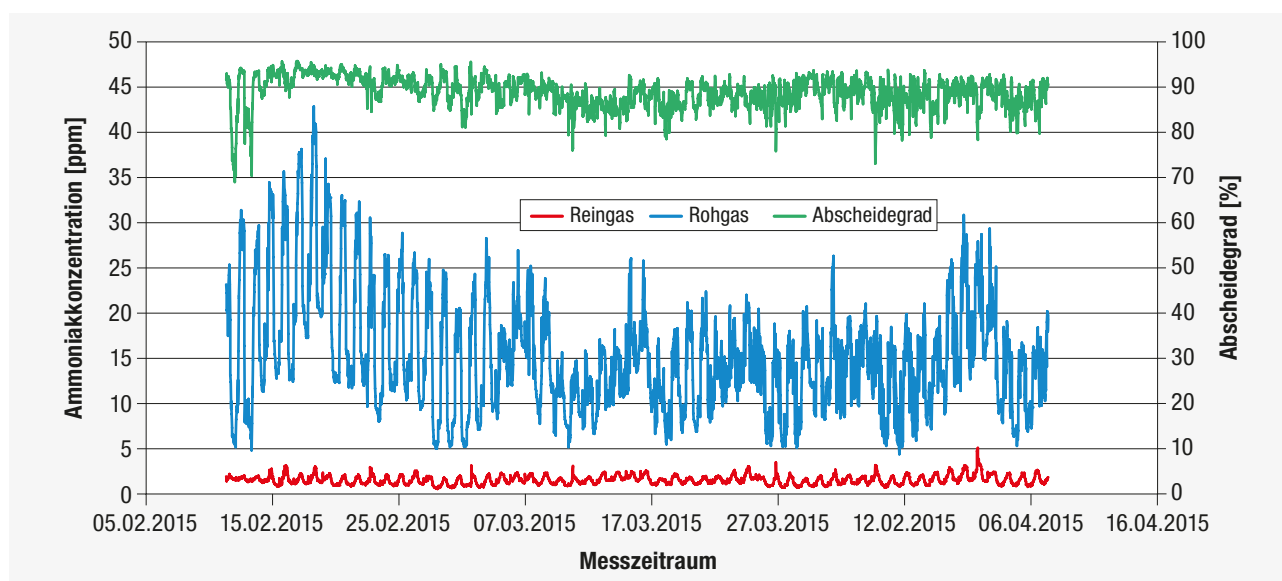


Bild 3:
Abscheidegrad und Verlauf der der Ammoniakkonzentration im Roh- und Reingas während der Wintermessung (10.02.2015 bis 08.04.2015)

Tabelle 3:
Messergebnisse zur Emissionsminderung (Staub) der Abluftreinigungsanlage Inno+ Pollo-L

Wintermessung									
Datum		10.02.15	17.02.15	24.02.15	03.03.15	10.03.15	17.03.15	24.03.15	07.04.15
Umgebungs- und Randbedingungen									
rel. Außenluftfeuchte	[%]	89	86	74	75	72	63	52	78
Umgebungstemperatur	[°C]	9,0	3,2	6,6	6,0	14,5	10,6	10,6	9,9
Rohgas-/Reingasfeuchte	[%]	73/99	80/100	71/99	66/96	74/99	64/95	69/95	73/96
Rohgas-/Reingastemperatur	[°C]	15,4/14,6	16,7/15,4	16,9/12,8	15,2/12,8	17,0/14,4	16,1/14,5	14,8/13,7	16,1/13,1
Legehennen	[Anzahl]	22.623	22.569	22.531	22.503	22.464	22.428	22.390	22.302
Durchschnittliches Tiergewicht	[kg]	1,65	1,65	1,65	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
Luftvolumenstrom gesamt	[m³/h]	43.360	31.030	28.360	44.290	46.160	64.040	36.670	61.510
Druckverlust Wäscher	[Pa]	4	2	4	8	12	20	6	22
Druckverlust Stall+ Wäscher	[Pa]	15	8	7	22	30	52	16	54
Gesamtstaub (normiert)									
Rohgas	[mg/m³]	5,29	8,78	23,23	4,85	7,64	8,70	6,54	5,32
Reingas	[mg/m³]	0,99	1,06	1,69	0,88	1,04	0,95	0,85	0,74
Abscheidegrad	[%]	81,3	87,9	92,7	81,9	86,4	89,1	87,0	86,1
Feinstaub PM ₁₀ /PM _{2,5} (normiert)									
Rohgas	[mg/m³]					2,92/1,14		3,70/1,78	
Reingas	[mg/m³]					0,59/0,06		0,89/0,16	
Abscheidegrad	[%]					79,8/94,7		75,9/91,0	
Sommermessung									
Datum		22.07.15	29.07.15	05.08.15	12.08.15	17.08.15	26.08.15	03.09.15	10.09.15
Umgebungs- und Randbedingungen									
rel. Außenluftfeuchte	[%]	69	80	64	80	96	80	79	63
Umgebungstemperatur	[°C]	22,3	12,5	20,5	19,7	18,4	20,6	15,9	19,0
Rohgas-/Reingasfeuchte	[%]	69/96	73/98	74/99	73/98	87/100	77/100	74/97	73/100
Rohgas-/Reingastemperatur	[°C]	23,8/20,3	21,3/19,7	21,6/21,3	23,7/23,0	23,5/21,5	23,3/20,8	19,0/16,5	19,1/18,2
Legehennen	[Anzahl]	23.901	23.881	23.860	23.841	23.818	23.796	23.743	23.711
Durchschnittliches Tiergewicht	[kg]	1,43	1,43	1,45	1,46	1,47	1,50	1,52	1,53
Luftvolumenstrom gesamt	[m³/h]	81.550	53.940	78.680	48.810	98.220	97.350	95.670	76.950
Druckverlust Wäscher	[Pa]	29	15	22	31	32	34	38	16
Druckverlust Stall+ Wäscher	[Pa]	83	41	80	90	93	98	106	54
Gesamtstaub (normiert)									
Rohgas	[mg/m³]	8,83	19,34	14,67	8,36	14,72	14,79	8,97	14,69
Reingas	[mg/m³]	2,00	2,98	2,29	1,60	1,04	1,79	0,99	2,17
Abscheidegrad	[%]	77,3	84,6	84,4	80,9	92,9	87,9	89,0	85,2
Feinstaub PM ₁₀ /PM _{2,5} (normiert)									
Rohgas	[mg/m³]		7,55/3,65			7,10/3,09			
Reingas	[mg/m³]		1,29/0,17			1,28/0,13			
Abscheidegrad	[%]		82,9/95,3			82,0/95,8			

niakkonzentrationen zwischen 5,0 ppm und maximal 42,9 ppm gemessen. Diese deutlich zu hohen Ammoniakkonzentrationen wurden an wenigen Tagen für 8 bis 14 Stunden zu Beginn der Messphase ermittelt. In diesem Messzeitraum war die Lüftungssteuerung nicht an die zu fördernden minimalen Abluftvolumenströme nach der DIN 18910 angepasst. Nach Anpassung der Lüftungsleistung gemäß DIN 18910 sanken die Ammoniakkonzentrationen im Rohgas auf unter 20 ppm ab. Die Reingaskonzentrationen lagen während des Messzeitraums zwischen 1,0 ppm und 5,1 ppm. Bild 3 zeigt, dass ein dauerhafter Abscheidegrad von deutlich über 70 % eingehalten wird. Der berechnete Mindestabscheidegrad liegt bei 85,5 %.

Im Gegensatz zur Wintermessperiode wurden in der Sommermessung aus den nachfolgend genannten Gründen nur 877 Wertepaare zur Bestimmung der Ammoniakmindestabscheideleistung ausgewertet. Tabelle 4 zeigt einen Überblick der Einflussfaktoren, die mit in die Bewertung der Ammoniakmindestabscheideleistung eingeflossen sind.

Messunsicherheit

In den Sommermonaten liegen die abzuführenden Luftraten deutlich über den Luftraten, die während der Wintermonate aus dem Stallgebäude über die Abluftreinigungsanlage gefördert werden. Daher reduzieren sich die Ammoniakrohgaskonzentrationen im Stallgebäude deutlich. Bei einer Rohgaskonzent-

ration von $\leq 3,3$ ppm ist eine Reingaskonzentration von 1,0 ppm erforderlich, um die Mindestanforderung des DLG-Prüfrahmens zur Ammoniakabscheidung von 70 % sicherzustellen. In diesem Messbereich (1,0 ppm) ist jedoch eine deutlich erhöhte Messunsicherheit (ca. 20 %) einzuberechnen, sodass diese Rohgaskonzentrationen (22,5 % aller Wertepaare) zur Ermittlung der Mindestabscheideleistung unberücksichtigt bleiben.

Lüftungssteuerung

Auf Grund der vorhandenen Lüftungssteuerung mit einem geregelten Abluftventilator und drei weiteren Zusatzlüftern, die je nach erforderlichem Abluftvolumenstrom auf 100 % zugeschaltet wurden, waren auf der Reingasseite zwei Messpunkte zur Bestimmung der Ammoniakkonzentration im Abluftrohr des geregelten und des ersten Zusatzlüfters positioniert. Bei einem Stillstand des entsprechenden Abluftventilators wurde ein deutlicher Anstieg der Ammoniakkonzentration an der entsprechenden Messstelle beobachtet, der zu einer Verschlechterung des berechneten Abscheidegrades geführt hat. Mit Hilfe der aufgezeichneten Abluftvolumenströme (Minutenwerte) wurden insgesamt 98 Wertepaare bestimmt, die zu einer Verfälschung des eigentlichen Wirkungsgrades geführt haben, und fanden in der Bewertung der Ammoniakabscheideleistung keine Berücksichtigung. Um diesen negativen Einflussfaktor ausschließen zu können, darf die Ab-

luftreinigungsanlage Pollo-L der Firma Inno+ nur mit einer stufenlos geregelten Lüftungssteuerung betrieben werden.

pH-Werte

Deutliche Einbrüche der Abscheideleistungen auf zum Teil negative Wirkungsgrade wurden am 12.09.2015 ermittelt. An diesem Tag war der Säurevorratsbehälter erschöpft. Über das elektronische Betriebstagebuch (EBTB) der Abluftreinigungsanlage wurde diese Störung durch schnell ansteigende pH-Werte im Prozesswasser auf $\text{pH} > 7,0$ eindeutig nachgewiesen und daher nicht berücksichtigt.

Ein Anstieg der pH-Werte wurde auch vor der Abschlammung am 04.09.2015 über das EBTB festgestellt, da diese mit einem pH-Wert von $\text{pH} = 6,0$ durchgeführt werden sollte. Der Vorgang der pH-Wertanhebung und die Absenkung des pH-Wertes nach der Abschlammung auf den erforderlichen Wert von $\text{pH} \leq 3,3$ haben am Referenzbetrieb einen Zeitraum von rund vier bis sechs Stunden eingenommen. Da die Abscheideleistungen in diesen Zeiträumen auf unter 70 % absanken, kann diese Vorgehensweise der Abschlammung (Abschaltung der Säuredosierung, dadurch Anstieg des pH-Wertes, Abschlammung mit einem pH-Wert von $> 6,0$) nicht zugelassen werden. Die Abschlammung muss bei einem pH-Wert von $\text{pH} \leq 3,3$ erfolgen. Insgesamt fanden 18 Wertepaare keine Berücksichtigung.

Tabelle 4:
Übersicht der Einflussfaktoren zur Bestimmung der Ammoniakmindestabscheideleistung an der Abluftreinigungsanlage Inno+ Pollo-L (Sommermessung 15.07.2015 bis 17.09.2015)

	Ammoniakabscheideleistung				
	Messungen [Anzahl]	Anteil [%]	Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Mindestabscheidegrad [%]
Gesamter Messzeitraum	1.344	100,0	72,5	13,3	59,2
Einflussfaktoren					
– Messunsicherheit	302	22,5	56,9	12,5	44,4
– Lüftungssteuerung	98	7,3	70,2	12,7	57,5
– pH Werte	18	1,3	40,8	26,2	14,6
– Wartungsarbeiten	27	2,0	57,7	12,8	44,9
– Filterflächenbelastung	22	1,6	66,2	3,2	63,0
Messdaten Sommer 2015 gesamt	877	65,3	79,4	4,5	74,9

Wartungsarbeiten

Aufgrund von nachgewiesenen Wartungsarbeiten (Düsenkontrolle, Reinigungsarbeiten) musste die Abluftreinigungsanlage während der Sommermessphase zum Teil abgeschaltet werden. Über das EBTB sowie interner Serviceprotokolle der Firma Inno+ wurden rund 27 Stunden nachgewiesen, die zu einer Beeinträchtigung der Ammoniakabscheideleistung geführt haben und keine Berücksichtigung in der Auswertung fanden.

Filterflächenbelastung

Bei sehr niedrigen Rohgaskonzentrationen (< 5 ppm) und einer Filterflächenbelastung von über $2.200 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ wurde die Ammoniakmindestabscheideleistungen von 70 % nicht eingehalten. Dies wurde an rund 22 Stunden (1,6 % aller Wertepaare) festgestellt. Aus Sicherheitsgründen wird daher nur eine Filterflächenbelastung bis maximal $2.000 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ anerkannt.

Nach Korrektur der Ausgangsdaten des gesamten Messzeitraumes bezüglich der beschriebenen Einflussfaktoren wurden 877 Wertepaare zur Bestimmung des Mindestabscheideleistung in der Sommermessung berücksichtigt. Es wird ein Mindestabscheidegrad von 74,9 % anerkannt.

Im Jahresmittel und bei einem ordnungsgemäßen Betrieb kann die Abluftreinigungsanlage Pollo-L in der Legehennenhaltung eine mittlere Mindestabscheidung für Ammoniak von 80,2 % sicherstellen.

Eine Säurevorlage in Form eines IBC-Containers (1.500 bis 1.800 kg Inhalt) ist erforderlich.

Aerosol-Austrag

Um den Stickstoffaustrag als Aerosol hinter dem Tropfenabscheider zu bestimmen wurde das Aerosolimpingement-Messverfahren angewendet. Zeitgleich wurden filtrierte und unfiltrierte Impingermessungen im Reingas durchgeführt. Aus der Differenz ergibt sich der Aerosolaustrag. Die Analytik erfolgte nach dem Indophenol-Verfahren.

Die Messungen fanden an je zwei Terminen in der Winter- und Sommermessphase statt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Im Sommer ist der Aerosolaustrag sehr niedrig und hat einen Anteil von nur $0,07 \text{ mg/m}^3$.

Nach dem DLG-Prüfrahmen muss ein Grenzwert von $0,5 \text{ mg}$ Stickstoff pro Normkubikmeter als Aerosolaustrag eingehalten werden. Dieser Grenzwert wurde im Mittel um $0,09 \text{ mg/m}^3$ in der Wintermessperiode überschritten. Da zur Anmeldung der DLG Prüfung dieser Grenzwert durch die Prüfungskommission noch nicht festgesetzt war, wird diese Überschreitung akzeptiert.

Es wird aber empfohlen, die Fläche des Tropfenabscheiders zu verkleinern um die Durchströmungsgeschwindigkeit der Stallabluft insbesondere bei niedrigen Abluftvolumenströmen zu erhöhen. Durch die Erhöhung der Filterflächenbelastung des Tropfenabscheiders wird die Aerosolabscheidung bei niedrigen

Abluftvolumenströmen verbessert. Nach Auswertung der DLG-Messdaten bezüglich des maximalen Druckverlustes über den Tropfenabscheider (9 Pa), der im Sommer ermittelt wurde, ist die Verringerung der Anströmfläche möglich.

N-Bilanz und N-Entfrachtung

Um die tatsächliche Stickstoffabscheidung der einstufig chemisch arbeitenden Abluftreinigungsanlage Pollo-L bewerten zu können wurden N-Bilanzierungen unter Berücksichtigung der Ammoniakfrachten (im Roh- und Reingas), des anorganischen N-Anteils im Reinigungswasser sowie des im Prozesswasser gelösten anorganischen Stickstoffs im Sommer und Winter durchgeführt.

Gemäß DLG-Prüfrahmen muss die N-Entfrachtung innerhalb der Stickstoffbilanz während des Untersuchungszeitraumes jeweils $\geq 70 \%$ betragen.

Tabelle 6 fasst die ermittelten Ergebnisse der mittleren 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 84,8 %. In diesem Messzeitraum wurde eine durchschnittliche NH_3 -N Abscheideleistung von 91,9 % berechnet. Im Sommer wurde eine NH_3 -N Abscheideleistung von nur 78 % berechnet. Die ermittelte N-Entfrachtung lag aber bei 83 %. Dies er-

Tabelle 5:
Aerosolaustrag aus der Abluftreinigungsanlage Pollo-L

Datum		Wintermessung				Sommermessung			
		17.02.2015		03.03.2015		22.07.2015		05.08.2015	
NH_3 unfiltriert C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	1,45	1,39	0,93	2,01	1,31	0,94	0,87	0,87
NH_3 filtriert C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	0,48	0,77	0,84	0,83	1,10	0,89	0,82	0,83
Differenz NH_3 C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	0,97	0,62	0,09	1,18	0,21	0,05	0,05	0,04
Abluftvolumenstrom	$[\text{m}^3/\text{h}]$	20.900		31.700		81.800		79.300	
Differenz ϕ NH_3 C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	0,80		0,64		0,13		0,05	
Aerosolaustrag NH_3 -N C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	0,65		0,52		0,11		0,04	
Mittelwert gesamt NH_3 -N C_{Norm}	$[\text{mg/m}^3]$	0,59		0,07		0,07			
Massenstrom ϕ NH_3 -N	$[\text{g/h}]$	15,13		5,85		5,85			

scheint nicht plausibel, da die N-Entfrachtung nicht größer als die mittlere $\text{NH}_3\text{-N}$ Abscheideleistung sein kann.

Eine unzureichende (< 70%) oder zu hohe N-Entfrachtung im Vergleich zur mittleren $\text{NH}_3\text{-N}$ Abscheideleistung kann z.B. auf eine nicht vollständige Erfassung der Abschlammrate oder auf eine Leckage im Wasserspeicher hindeuten. Denkbar sind auch weitere Prozesse, die zur Ablagerung oder Ausfällung von Stickstoffverbindungen in dem Abluftreinigungssystem führen.

Im vorliegenden Fall ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmung des gebundenen Stickstoffs insbesondere im Reinigungswasser nur mit einer hohen Messunsicherheit bestimmt werden konnte. Eine genaue Bestimmung der Salzablagerung im Füllkörperpaket in Form von Ammoniumsulfat während des Bilanzierungszeitraumes war nicht möglich. Ablagerungen aus vorangegangenen Betriebszeiträumen konnten nicht quantifiziert werden, sodass es zu Überbefunden an anorganischem Stickstoff im Reinigungswasser gekommen ist, die zu einer Erhöhung der N-Entfrachtung führten.

Hinzu kommt, dass die Bestimmung des genauen Prozesswasservolumens zum Zeitpunkt der Probenahmen schwierig war. Im Abluftreinigungssystem Pollo-L der Firma Inno+ befindet sich nämlich nur ein geringes Volumen an Prozesswasser im Wasserspeicher (ca. 1,8 m³). Der deutlich größere Anteil des Prozesswassers (ca. 3,7 m³) wird über die Pumpen im System umgewälzt. Hierdurch kann es zu einer Über- oder auch Unterbewertung der tatsächlich aufgenommenen anorganischen Stickstoffmenge im Prozesswasser kommen, welche die Berechnung der N-Entfrachtung beeinflusst.

Die beschriebenen Messunsicherheiten sind im vorliegenden Fall der Grund dafür, dass eine geringere $\text{NH}_3\text{-N}$ Abscheidung (78 %) im Vergleich zur N-Entfrachtung (83 %) im Sommer ermittelt worden ist. Die Mindestanforderung eines 70%-igen Nachweises der N-Ent-

frachtung wurde erbracht und wird daher auch anerkannt.

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

wurden. Die Bildung von Nitrit und Nitrat im Prozesswasser sowie emittierende nitrose Gase im Reingas müssen nicht betrachtet werden, da es sich um ein chemisch arbeitendes Abluftreinigungssystem handelt.

Tabelle 6:

Messergebnisse der Abscheideleistung und N-Entfrachtung an der Abluftreinigungsanlage Pollo-L in der Winter- und Sommermessung

		Wintermessung	Sommermessung ¹⁾
Messzeitraum		17.02.15-03.03.15	05.08.15-17.08.15 26.08.15-03.09.15
$\text{NH}_3\text{-N}$ Rohgas Eintrag	[kg]	101,0	70,0
$\text{NH}_3\text{-N}$ Reingas Austrag	[kg]	9,1	15,4
Differenz	[kg]	91,9	54,6
Abscheideleistung $\text{NH}_3\text{-N}$	[%]	91,0	78,0
$\text{N}_{\text{anorg.}}$ -Prozesswasser	[kg]	38,1	47,8
$\text{N}_{\text{anorg.}}$ -Reinigungswasser	[kg]	47,5	10,3
$\text{N}_{\text{anorg.}}$ -Abschlammung	[kg]	0,0	0,0
$\text{NH}_3\text{-N}$ Reingas Austrag	[kg]	9,1	15,4
Reingas _{weitere gasf. N-Verbindungen}	[kg]	0,0	0,0
Austrag Wasseranalysen	[kg]	85,6	58,1
Austrag Gesamt	[kg]	94,7	73,5
pH-Wert	[-]	2,7-3,6	2,9-3,3
Leitfähigkeit	[mS/cm]	86-123	44-196 ²⁾
Eintrag gesamt	[kg]	101,0	70,0
Austrag Wasseranalysen	[kg]	85,6	58,1
N-Entfrachtung	[%]	84,8	83,0

1) Die N-Bilanzierung wurde aufgrund von Messausfällen und ungenauen Abschlammvorgängen in zwei Zeiträume aufgeteilt, um entstandene Fehlerquellen zu minimieren.

2) Um einen funktionssicheren Betrieb der Abluftreinigungsanlage Pollo-L zu gewährleisten, wird eine maximale Leitfähigkeit von 150 mS/cm anerkannt.

Tabelle 7:

Ammonium-N Konzentration im Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage Pollo-L in der Winter- und Sommermessung

Wintermessung		Sommermessung	
Probenahme Tag	Ammonium-N [g/l]	Probenahme Tag	Ammonium-N [g/l]
10.02.15	11,5	15.07.15	10,6
17.02.15	14,4	22.07.15	17,3
24.02.15	17,3	29.07.15	24,2
03.03.15	22,4	05.08.15	25,2
10.03.15	23,9	12.08.15	32,4
17.03.15	24,1	17.08.15 ¹⁾	34,7
24.03.15	31,4	26.08.15	18,4
27.03.15 ¹⁾	33,3	03.09.15 ¹⁾	29,0
31.03.15	24,5	10.09.15	20,6

1) Nach dem 27.3, 17.8. und 03.09.2015 wurde die automatische Abschlammung aufgrund der Leitwertüberschreitung aktiviert und 50 % des Wasservorlagespeichers in den Lagerbehälter abgeführt.

Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung

Die im Prüfbericht angegebenen Verbrauchswerte (siehe Tabelle 1) sind auf Jahresverbrauchswerte (365 Tage) normiert, um einen Vergleich mit Daten anderer Hersteller zu ermöglichen. Die Umrechnung auf die Verbräuche pro Tierplatz und Jahr beziehen sich auf den genehmigten Tierbestand von 24.000 Legehennen im Stallgebäude.

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

Wasserverbrauch

Um die Wasserverluste durch Abschlammung und Verdunstung auszugleichen, muss Frischwasser in das System 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 150 mS/cm ansteigen und wird im EBTB hinterlegt.

Im gesamten Messzeitraum (Winter- und Sommermessung) wurden durchschnittlich 0,132 m³/d aus dem Prozesswasser der Abluftreinigungsanlage abgeschlammmt. Dies entspricht einer jährlichen Abschlammrate von 48,2 m³/a bzw. 0,002 m³/(TP · a).

Nach Abzug der Abschlammrate vom gesamten Frischwasserverbrauch kann die jährliche Verdunstungsrate berechnet werden. Diese liegt bei 3,17 m³/d und entspricht einem Verbrauch von rund 0,048 m³/(TP · a).

Zum Frischwasserverbrauch, der durch den Betrieb der Anlage entsteht (Verdunstung und Abschlammung), muss noch das Reinigungswasser hinzugerechnet werden. Wegen der hohen Stickstoffkonzentrationen muss das Reinigungswasser in den Lagertank abgeleitet und zwischengelagert 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 komplett mit Frischwasser gesäubert. Die Verbrauchsmenge liegt, je nach Größe und Verschmutzungsgrad der Anlage zwischen 8 und 10 m³ pro Reinigungsdurchgang (lt. Hersteller) und entspricht einem maximalen Verbrauch von 0,42 l/(TP · a).

Verbrauch an elektrischer Energie

Der größte elektrische Verbraucher an der Abluftreinigungsanlage ist die kontinuierlich betriebene Umwälzpumpe. Im Stallbereich sind die Ventilatoren die größten Verbraucher, welche aufgrund des zusätzlichen Druckverlustes des Abluftreinigungssystems größer dimensioniert sein müssen als bei einer Stallentlüftung ohne Abluftreinigungssystem. Der Stromverbrauch der eingesetzten Messtechnik (Heizleitungen etc.) war nicht am Stromzähler des Wäschers angeschlossen und muss daher nicht abgezogen werden. Die Verbrauchsdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Stromverbräuche der Umwälzpumpen in der Sommer- und Wintermessung unterscheiden sich nur unwesentlich. Im Jahresmittel wurde ein Stromverbrauch durch den Einsatz der Umwälzpumpen von 71 kWh/d berechnet, dies sind rund 1,08 kWh/(TP · a).

Die Stromverbräuche der Lüftung unterscheiden sich in der Sommer- und Wintermessung deutlich, da die abzuführenden Lufraten im Sommer höher sind als die im Winter. In der Wintermessperiode ist ein Stromverbrauch von 39,1 kWh/d, in der Sommermessperiode wurden dagegen 79,2 kWh/d ermittelt. Dies entspricht einem Stromverbrauch von durchschnittlich 0,90 kWh/(TP · a).

Sonstige Verbrauchswerte

Zur Gewährleistung der sicheren Funktion muss an der Anlage eine automatische Säuredosierung und Leitfähigkeitserfassung ordnungsgemäß betrieben werden. Mit dieser Säuredosierung wurde der pH-Wert im Prozesswasser geregelt. Der pH-Wert im Wasserkreislauf zur Vorbeidung der Stallabluft und zur Berieselung der Füllkörper muss auf $\leq 3,3$ eingeregelt werden. In Tabelle 1 sind die ermittelten Verbrauchsdaten zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96 %. Während der Messung wurde an der Referenzanlage 96 %ige Schwefelsäure dosiert. Die Verbrauchsdaten im Sommer und Winter unterscheiden sich kaum. Im Jahresdurchschnitt muss mit einem Verbrauch von 34,2 kg/d bzw. 0,52 kg/(TP · a) gerechnet werden. Dieser kann sich bei geringeren Ammoniakemissionsfrachten reduzieren. Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Regelung (pH $\leq 3,3$) möglich.

Damit es im Wasserkreislaufsystem nicht zu einer Schaumbildung kommt, wurde ein Entschäumer (Fettalkoholkoxylat = Tensid) eingesetzt. Hier muss ein Verbrauch von 18 bis 20 kg pro Jahr einkalkuliert werden.

Betriebssicherheit und Haltbarkeit

Im Prüfungszeitraum wurden an der Anlagentechnik keine nennenswerten Störungen festgestellt. Auch an der gesamten Abluftreinigungsanlage sind während der Prüfung keine nennenswerten Schäden oder Verschleißerscheinungen aufgetreten. Es wurden wöchentlich das Sprühbild der Vorbefeuchtung und der Füllkörperberieselung kontrolliert. Die Düsen wurden im Untersuchungszeitraum alle zwei bis drei Wochen gereinigt.

Der Korrosionsschutz der einzelnen Anlagenteile erschien, soweit während der Prüfungsdauer zu beobachten war, ausreichend dauerhaft.

Das Abluftreinigungssystem Pollo-L der Firma Inno+ verfügt über eine Alarmmeldung, die den Anlagenbetreiber informiert, die Füllkörperpackung zu reinigen. Die Reinigung wird erforderlich, wenn die maximal erlaubte Druckverlustkennlinie, die vor der ersten Inbetriebnahme durch den Hersteller aufgenommen wurde, für eine halbe Stunde überschritten wird. Hierdurch wird eine zu intensive Versalzung und Verschlammung der Füllkörperpackung vermieden. Eine derartige Störung kann während einer Legeperiode auftreten und muss sofort beseitigt werden.

Betriebsanleitung, Handhabung, Arbeitszeit- und Wartungsaufwand

Die Betriebsanleitung ist hinreichend genau und erklärt in groben Zügen die Funktionsweise der Anlage. In Verbindung mit der Dokumentation erfährt der Betreiber, welche Arbeiten er an der Anlage im täglichen, wöchentlichen und jährlichen 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 der Betriebsdaten und eine wöchentliche Kontrolle der gesamten Abluftreinigungsanlage einschließlich der Düsen sind durchzuführen. Hier muss eine wöchentliche Arbeitszeit von rund 30 Minuten einkalkuliert werden. Wird eine Reinigung der Düsen erforderlich erhöht sich der Arbeitszeitaufwand um eine Stunde.

In Abständen von vier bis sechs Wochen muss der Anlagenbetreiber die pH-Elektrode kalibrieren und dies in einem Wartungsprotokoll dokumentieren. Der Arbeitszeitaufwand liegt bei 15 Minuten.

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. Festgestellte Mängel sowie ausgetauschte Ersatzteile werden in einem Wartungsprotokoll aufgeführt. In den regelmäßigen Wartungsüberprüfungen werden die Ammoniakkonzentrationen im Roh- und Reingas, die Luftgeschwindigkeit durch die Füllkörperpackung und die Spülwassermenge erfasst. Zusätzlich wird die pH-Wert- und Leitfähigkeits-Messeinrichtung kalibriert. Der Zustand der Füllkörperpackung und die Stromaufnahme der Pumpe werden kontrolliert, das elektronische Betriebstagebuch wird auf Plausibilität überprüft.

Eine unabhängige Überprüfung der Anlage durch eine Messstelle nach § 26 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.

Um nach einer Alarmmeldung (Druckverlustüberschreitung) den Füllkörper zu reinigen, werden an der Hauptzuleitung des Düsenbalkens zur Befeuchtung der Füllkörperpackung Schlauchanschlüsse (DN 50) montiert, die eine schnelle und intensive Durchspülung der Füllkörperpackung mit Kreislaufwasser (Prozesswasser) erlauben. Durch die hohe Wassermenge, die punktuell über den Füllkörper gespült wird, lösen sich Salze und Schmutzablagerungen am Füllkörper ab und werden dem Wasser-

speicher zugeführt. Die erforderlichen Flanschstücke und Schlauchlängen zur Reinigung der Füllkörperpackung werden im Technikraum aufbewahrt.

Nach einer derartigen Reinigungsarbeit muss der Wasserspeicher komplett entleert und wieder mit Frischwasser befüllt werden. Für diese Reinigungsarbeit benötigt der Anlagenbetreiber je nach Größe der Anlage einen Arbeitszeitaufwand von 2 bis 3 Stunden.

Nach einer abgeschlossenen Legeperiode kann der beschriebene Reinigungsvorgang mit Prozesswasser als erstes durchgeführt werden.

Im Anschluss an diese Grobreinigung muss aus hygienischen Gründen die Endreinigung der Abluftreinigungsanlage noch mit Frischwasser durchgeführt werden. Der Arbeitszeitaufwand liegt je nach Anlagengröße bei 4 bis 5 Stunden.

Die pH-Wert- und Leitfähigkeitssensoren müssen vor dem Start der neuen Legeperiode vom Anlagenbetreiber kalibriert werden. Die Kalibrierung ist im elektronischen Betriebsprotokoll mit Datum und Uhrzeit zu hinterlegen.

Dokumentation

Das elektronische Betriebstagebuch ermöglicht eine lückenlose Aufzeichnung der für den sicheren Anlagenbetrieb erforderlichen Daten als Halbstundenmittelwerte. Die Aufzeichnung erfolgt durch den Hersteller der Anlage und die Daten werden über 5 Jahre gespeichert. Diese Daten können durch den Landwirt oder durch den Hersteller per Fernwartung ausgelesen und in ein gängiges Kalkulationsprogramm überführt werden. Behörden haben die Möglichkeit mit einem USB-Anschluss die abgespeicherten Daten herunterzuladen. Eine detaillierte Darstellung der aufzuzeichnenden Daten fasst Tabelle 8 zusammen.

Umweltsicherheit

Das abgeschlammte Prozesswasser aus dem Wasservorlagebecken (pH-Wert $\leq 3,3$) muss in einem separaten Abschlammbehälter zwischengelagert werden. Der Lager-

zeitraum richtet sich nach der aktuellen Düngemittelverordnung, die den Lagerzeitraum von Flüssigmist vorschreibt. Die Zulaufleitung in den Abschlammbehälter und der Lagerbehälter selbst müssen für das Abschlammwasser geeignet sein. Hier ist länderspezifisch die Verwaltungsvorschrift für wassergefährdende Stoffe (Ammoniumsulfat) einzuhalten. Unmittelbar vor der Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen kann das Abschlammwasser außerhalb des Stalles mit Flüssigmist gemischt werden und nach ordnungsgemäßer landwirtschaftli-

cher Praxis ausgebracht werden.

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

Für den Anlagenbetrieb wird Schwefelsäure benötigt. Die Handhabung der Säure ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers erklärt und liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers. Alle dazugehörigen Sicherheitseinrichtungen sind nach Vorgabe der Genehmigungsbehörden zu installieren. Eine Säurevorlage in Form

eines IBC-Containers (1.500 bis 1.800 kg Inhalt) ist erforderlich.

Sicherheitsaspekte

Die Arbeitssicherheit des beschriebenen Abluftwäschers Pollo-L der der Firma Inno+ 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 Pollo-L vor.

Tabelle 8:

Erfüllung der Anforderungen an das elektronische Betriebstagebuch der Abluftreinigungsanlage Pollo-M

	voll erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkungen
Druckverluste über die Abluftreinigungsanlage	X			elektronische Differenzdruckdosen hinter dem Tropfenabscheider vor den Abluftventilatoren (Aufzeichnung in Pa)
Abluftvolumenstrom	X			Einsatz von frequenzgeregelten Abluftventilatoren Aufzeichnung und Speicherung der Abluftvolumenströme über die Kennlinie der Ventilatoren oder über Messventilatoren in m³/h möglich
Laufzeit Notlüfter	X			die Laufzeiten der Notlüfter wird in Stunden abgespeichert
Pumpenlaufzeit	X			ergibt sich aus den abgespeicherten Werten für den Stromverbrauch der Pumpen und einer Durchflussmessung (MID)
Berieselungsintervalle und Berieselungsmenge	X			Durchflussmessung in der Hauptdruckleitung zur Berieselung der Füllkörper und Vorbedüsung der Stallabluft (Aufzeichnung in m³/h)
Frischwasserverbrauch des Wäschers	X			Aufzeichnung in m³ über einen Wasserzähler mit Impulsgeber
Abgeschlammte Wassermenge	X			wird mithilfe einer Durchflussmessung (MID) erfasst und in m³ abgespeichert
Roh- und Reingastemperatur	X			beide Temperaturen werden aufgezeichnet, zusätzlich wird die Wassertemperatur (Prozesswasser) mit erfasst
Sprühbildkontrolle	X			indirekt nachweisbar über die Durchflussmessung und den Druck in der Befeuchtungsleitung und ein manuell geführtes Betriebstagebuch
Wartungs- und Reparaturzeiten	X			werden im elektronischen Betriebsprotokoll abgespeichert
pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessung im Prozesswasser	X			wird in einem Bypass der Hauptdruckleitung zur Berieselung der Füllkörper erfasst und gespeichert
Kalibrierung der pH-Wert-Sensoren	X			wird im elektronischen Betriebsprotokoll abgespeichert
Nachweis Säureverbrauch		X		erfolgt über Einkaufsbelege, die im manuellen Betriebstagebuch abgelegt werden
Stromverbrauch	X			wird über geeignete Stromzähler erfasst und in kWh abgespeichert

Fazit

Der einstufige, chemisch arbeitende Abluftwäscher Pollo-L der Firma Inno+ B.V. eignet sich zur Emissionsminderung von Staub und Ammoniak aus dem Abluftstrom von Legehennenställen mit Voliersystem.

Um eine sichere Staub- und Ammoniakabscheidung zu gewährleisten wird eine maximale Filterflächenbelastung von $2.000 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ zertifiziert. Der pH Wertbereich im Prozesswasser liegt bei $\text{pH} \leq 3,3$.

Der maximale Leitwert zur Abschlammung bei 150 mS/cm .

Bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderungen des DLG-Prüfrahmens eingehalten und übertroffen.

In der Prüfung erreichte die Abluftreinigungsanlage einen Mindestabscheidegrad für Ammoniak im Winter von 86 % mit einer nachgewiesenen N-Entfrachtung von 85 %.

Im Sommer wurde ein Mindestabscheidegrad von 75 %, jedoch eine N-Entfrachtung von 83 % ermittelt, siehe dazu Seite 14/15. Die anerkannte Mindestabscheidung für Gesamtstaub liegt bei 77 %, die Mindestabscheidung für Feinstaubabscheidung PM_{10} bei 76 % und $\text{PM}_{2,5}$ bei 91 %.

Weitere Informationen

Weitere Tests zu Abluftreinigungsanlagen können unter www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft heruntergeladen werden. Der DLG-Fachausschuss für Tierproduktion hat zum Thema „Haltung von Jungmasthühnern“ eine Arbeitsunterlage (Merkblatt) herausgegeben. Diese ist kostenfrei unter www.dlg.org.merkblaetter.html im PDF-Format erhältlich. Eine Kurzfassung des DLG-Prüfrahmens kann unter www.dlg.org/3409.html heruntergeladen werden.

DLG-Prüfrahmen

„Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen“ (Stand 03/2016)

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

Verwaltungsvollzug

Vertreter des Landkreises
Cloppenburg

Labor- und Emissionsmessungen

LUFA Nord-West, Jägerstraße 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*

* Berichterstatler

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 Prüfmethoden 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.

14-329
© 2016 DLG



DLG e.V.

Testzentrum Technik und 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!