

KWB Air Systems BV

# Dreistufige Abluftreinigungsanlage Kombi Luftwäscher

## DLG-Prüfbericht 6098



### Hersteller und Anmelder

KWB Air Systems BV  
Staarten 8  
5281 PL Boxtel, Niederlande  
Telefon: +31 (0)411 61 41 40  
Telefax: +31 (0)411 68 44 55  
E-Mail: info@kwb.nl  
Internet: www.kwb.nl



DLG e.V.  
Testzentrum  
Technik und Betriebsmittel

### Kurzbeschreibung

- dreistufiger, physikalisch-biologischer Abluftwäscher zur Staub- und Ammoniak-Abscheidung in der einstreulosen Schweinemast
- in der ersten Stufe wird Staub durch eine vorbedünte Waschwand abgeschieden, dabei wird ca.  $1,35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  umgewälzt
- in der biologischen Waschwand der zweiten Stufe wird Ammoniak aus der Stallabluft entfernt, dabei wird ca.  $4,05 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  umgewälzt
- die dritte Stufe soll als biologisch arbeitende Waschstufe zur Geruchsentfernung eingesetzt werden; die Berieselungsdichte beträgt  $1,62 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  nach Herstellerangabe (nicht prüfungsrelevant)
- im Anschluss an die dritte Stufe befindet sich ein 15 cm dicker Tropfenabscheider um die Feuchtigkeitsverluste bzw. Tropfenaustrag aus der Abluftreinigungsanlage zu minimieren
- das Waschwasser wird über Zugabe von Schwefelsäure auf einen pH-Wert zwischen 6,5 und 7,0 geregelt, das Leitfähigkeitsniveau des Waschwassers wird auf 16 mS/cm gehalten, abgeschlämmt wird mit Hilfe einer separaten Pumpe
- die drei Waschwasservorlagen sind durch einen Überlauf miteinander verbunden, die Fließrichtung ist dabei entgegen der Luftströmung

### Vertriebspartner für Deutschland

INOTEC Lüftungs- und Systemtechnik GmbH · West 7 · 48619 Heek  
Telefon: +49 (0)2568 93 55 44 · Telefax: +49 (0)2568 93 59 37  
E-Mail: info@inotec-systems.com · Internet: www.inotec-heck.de

# Beurteilung – kurzgefasst

Übersicht 1:  
Abluftreinigungsanlage KWB Kombi Wäscher

Prüfkriterium	Ergebnis	Bewertung
<b>Ergebnisse der Emissionsmessungen</b>		
<b>Gesamtstaub</b> (gravimetrisch, vier Messtermine)		
– Sommer: gemittelter Abscheidegrad [%]	72,5	○
– Winter: gemittelter Abscheidegrad [%]	76	○
<b>Feinstaub</b> (gravimetrisch, zwei Messtermine)		
– Sommer		
gemittelter Abscheidegrad PM10 [%]	71,4	○
gemittelter Abscheidegrad PM2,5 [%]*	82,5	+
– Winter		
gemittelter Abscheidegrad PM10 [%]	76	○
gemittelter Abscheidegrad PM2,5 [%]*	90,2	+
<b>Ammoniak</b> (kontinuierlich gemessen)		
– Sommer: Gesamtabscheidegrad gemittelt aus Halbstundenmittelwerten [%]	83,4	+
– Winter: Gesamtabscheidegrad gemittelt aus Halbstundenmittelwerten [%]	92,1	+
<b>N-Bilanzierung</b>		
– Sommer: Wiederfindungsrate des abgeschiedenen Stickstoffs [%]	86,5	+
– Winter: Wiederfindungsrate des abgeschiedenen Stickstoffs [%]	-- **	○
<b>Aerosolaustrag</b>		
– Sommer: N anorganisches Aerosol, gemittelt [mg N/m <sup>3</sup> ]	0,132	○
– Winter: N anorganisches Aerosol [mg N/m <sup>3</sup> ]	0,23	○
<b>Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag)</b>		
<b>Frischwasserverbrauch</b>		
– Sommer/Winter [m <sup>3</sup> /d]	2,0/2,1	o. B.
– Sommer/Winter [m <sup>3</sup> /(TP a)]***	1,4/1,4	o. B.
<b>Abschlämmvolumen</b>		
– Sommer/Winter [m <sup>3</sup> /d]	0,5/0,4	o. B.
– Sommer/Winter [m <sup>3</sup> /(TP a)]***	0,4/0,3	o. B.
<b>Säureverbrauch</b>		
– Sommer/Winter [kg/d]	10,0/3,6	o. B.
– Sommer/Winter [kg/(TP a)]***	6,8/2,4	o. B.
<b>Elektrischer Energieverbrauch</b>		
– Abluftreinigung (Pumpen) [kWh/d]	90	o. B.
– Abluftreinigung (Pumpen) [kWh/(TP a)]***	61	o. B.
– Ventilatoren Sommer/Winter [kWh/d]	65/30	o. B.
– Ventilatoren Sommer/Winter [kWh/(TP a)]***	44/21	o. B.

\* Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM 10 bewirken. Die Partikelfraktion PM 2,5 ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM 10.

\*\* Wegen einer fehlerhaften Datenerfassung bei der Abschlämmung konnte keine N-Bilanz erstellt werden.

\*\*\* Bezogen auf Tierplätze und Jahr.

Prüfkriterium	Ergebnis	Bewertung
<b>Betriebsverhalten</b>		
<b>Technische Betriebssicherheit</b>	Es kam zu keinen nennenswerten Störungen am System während der Versuchsperioden.	+
<b>Biologische Betriebssicherheit</b>	Durch die Verwendung einer automatischen pH-Wert-Regelung läuft die Nitrifikation sehr stabil.	+
<b>Haltbarkeit</b>	Es wurde kein nennenswerter Verschleiß während der Versuchsperioden festgestellt.	+
<b>Handhabung</b>		
<b>Betriebsanleitung</b>	Die Betriebsanleitung ist übersichtlich mit guter Erklärung der durchzuführenden Wartungen und der automatischen Steuerung. Die Beschreibung der Wartungsarbeiten wird teilweise durch Fotos unterstützt.	+
<b>Bedienung</b>	Die Anlage läuft im bestimmungsgemäßen Betrieb vollautomatisch, bei Wartungsvertrag erfolgt zweimalig im Jahr eine gründliche Kontrolle durch den Hersteller. Der Betreiber muss die Anlagensteuerung täglich kontrollieren. Die Anlage muss aufgrund der Biologie kontinuierlich betrieben werden.	○
<b>Wartung</b>	Ein Wartungsvertrag zwischen Hersteller und Betreiber wird seitens des Herstellers dringend empfohlen (die geforderten Wartungen sind im Rahmen von Werkswartungen abgegolten). Anfallende Reinigungsarbeiten sind mehrmals jährlich durch den Betreiber durchzuführen (siehe Arbeitszeitbedarf).	○
<b>Reinigung Filterfläche</b>	Die erste Filterwand soll mindestens 3mal jährlich mit einem Hochdruckreiniger gesäubert werden. Eine Anweisung dazu befindet sich in der Betriebsanleitung.	○
<b>Reinigung der gesamten Anlage</b>	Zusätzlich zur ersten Stufe sind die Stufen 2 und 3 bei erhöhtem Druckverlust auszubauen und mit Wasser zu reinigen.	○
<b>Füllkörperwechsel</b>	Laut Hersteller ist kein Füllkörperwechsel notwendig.	o. B.
<b>Arbeitszeitbedarf</b>		
<b>tägliche Kontrollen</b>	ca. 5 Minuten pro Tag	○
<b>wöchentliche Kontrollen</b>	ca. 35 Minuten pro Woche	○
<b>Reinigung</b>	ca. 4 Stunden pro Quartal	0
<b>Dokumentation</b>		
<b>Technische Dokumentation</b>	Anforderungen erfüllt	+
<b>Elektronisches Betriebstagebuch</b>	Anforderungen erfüllt	+
<b>Sicherheit</b>		
<b>Arbeitssicherheit</b>	bestätigt durch DPLF (Deutsche Prüf- und Zertifizierungsstelle für Land- und Forsttechnik)	o. B.
<b>Feuersicherheit</b>	Brandschutzkonzept ist vom Betreiber im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens für den Gesamtstall zu erstellen.	o. B.
<b>Umweltsicherheit</b>		
<b>Geräuschemission</b>	Es ist kein erhöhter Schalldruckpegel durch die Abluftreinigungsanlage feststellbar.	○
<b>Entsorgung</b>	Eine pflanzenbedarfsgerechte Verwertung des Waschwassers mit der Gülle ist empfehlenswert. Entsorgung sonstiger Anlagenteile durch anerkannte Verwertungsbetriebe.	○
<b>Gewährleistung</b>		
<b>Herstellergarantie</b>	1 Jahr	o. B.

Bewertungsbereich: ++/+ / ○ / - / -- (○ = Standard; o. B. = ohne Bewertung)

# Beschreibung und Dimensionierung

## Übersicht 2:

### Dreistufige Abluftreinigungsanlage KWB

#### Beschreibung

##### dreistufige Abluftreinigungsanlage

- 1. Stufe: Filterwand mit Vorbedüsung zur Staubabscheidung
- 2. Stufe: Filterwand mit biologischer Reinigung zur  $\text{NH}_3$ -Abscheidung
- 3. Stufe: Biofilter zum Geruchsabbau (nicht prüfungsrelevant)

#### Eignung

Reinigung von Abluft aus einstreuloser Schweinehaltung durch Minderung von Staub und Ammoniak

#### Dimensionierungsparameter Referenzanlage

##### Maßangaben Filterwand 1 (Entstaubung)

– Filterbreite/Filterhöhe/Filtertiefe [m/m/m]	2,85/2,6/0,15
– Anströmfläche [m <sup>2</sup> ]/Filtervolumen [m <sup>3</sup> ]	7,4/1,1
– Spezifische Filteroberfläche [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	300
– min. Verweilzeit bei Sommerluft rate (Kontaktzeit) [sek]	0,09
– Maximale Filterflächenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	6.216
– Maximale Filtervolumenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> h)]	41.386
– Berieselungsmenge kontinuierlich [m <sup>3</sup> /h]	10
– Berieselungsdichte [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	1,35

##### Maßangaben Filterwand 2 (N-Abscheidung)

– Filterbreite/Filterhöhe/Filtertiefe [m/m/m]	2,85/2,6/0,90
– Anströmfläche [m <sup>2</sup> ]/Filtervolumen [m <sup>3</sup> ]	7,4/6,7
– Spezifische Filteroberfläche [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	125
– min. Verweilzeit bei Sommerluft rate (Kontaktzeit) [sek]	0,52
– Maximale Filterflächenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	6.216
– Maximale Filtervolumenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> h)]	6.898
– Berieselungsmenge kontinuierlich [m <sup>3</sup> /h]	30
– Berieselungsdichte [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	4,05

##### Maßangaben Filterwand 3 (Geruchsabbau)

– Filterbreite/Filterhöhe/Filtertiefe [m/m/m]	2,85/2,6/0,90
– Anströmfläche [m <sup>2</sup> ]/Filtervolumen [m <sup>3</sup> ]	7,4/6,7
– Spezifische Filteroberfläche [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	125
– min. Verweilzeit bei Sommerluft rate (Kontaktzeit) [sek]	0,52
– Maximale Filterflächenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	6.216
– Maximale Filtervolumenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> h)]	6.898
– Berieselungsmenge kontinuierlich [m <sup>3</sup> /h]	12
– Berieselungsdichte [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)]	1,62
– Leitfähigkeit [mS/cm]	≤ 16*

#### Abschlammung

– Fassungsvermögen Waschwasservorlagebecken [m <sup>3</sup> ]	3,9
– Abschlammrate Sommer während der Prüfung [m <sup>3</sup> /d]	0,54
– Abschlammrate Sommer bezogen auf Tierplätze und Jahr [m <sup>3</sup> /Tierplatz und Jahr]	0,37
– Abschlammrate Winter während der Prüfung [m <sup>3</sup> /d]	0,37
– Abschlammrate Winter bezogen auf Tierplätze und Jahr [m <sup>3</sup> /Tierplatz und Jahr]	0,25
– pH-Wert des Waschwassers	6,5 bis 7

#### Referenzbetrieb für durchgeführte Messungen

Schweinemaststall (abteilweise Rein-Raus-Verfahren): Tierplätze [Stück]	540
Durchschnittliches Gesamt-Tiergewicht [kg LM]	60
Installierte maximale Luftleistung [m <sup>3</sup> /h] **	46.000 (2 Ventilatoren á 23.000 m <sup>3</sup> /h) bei ca. 200 Pa Druckverlust
Druckverlust Abluftreinigung [Pa]	max. 90 bei 40.000 m <sup>3</sup> /h Abluft
Gesamtdruckverlust (Stall + Abluftreinigung) [Pa]	max. 150 bei 40.000 m <sup>3</sup> /h Abluft
Maximalluft rate im Sommer gemäß DIN 18910 [m <sup>3</sup> /h]	31.000 bei Temperaturzone II und Ø 70 kg

\* Die Leitfähigkeit betrug während der gesamten Sommermessung 25 mS/cm, in der Wintermessung wurde sie zunächst auf 16 mS/cm, dann auf 11 mS/cm gesenkt um die Abscheideleistung zu erhöhen. Bei einem Luftvolumenstrom von 46.000 m<sup>3</sup>/h und einer leitfähigkeitsgesteuerten Abschlammung bei 16 mS/cm wird eine Abscheideleistung (Ammoniak und Staub) nach DLG-Prüfrahmen eingehalten.

\*\* Die maximal installierte Luftleistung wurde auf 50.000 m<sup>3</sup>/h bei 60 Pa ausgelegt, die gemessenen Werte bezüglich Emission beziehen sich auf den maximal gemessenen Volumenstrom von 46.000 m<sup>3</sup>/h.

# Prüfergebnisse

## Eignung

Die dreistufige Abluftreinigungsanlage eignet sich zur Emissionsminderung von Staub und Ammoniak aus dem Abluftstrom einstreuloser Schweinehaltungsanlagen bei Auslegung der Lüftung nach DIN 18910 und bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parametern zur Abscheidung von Ammoniak (Abscheidegrad  $\geq 70\%$ ) und zur Abscheidung von Staub (Abscheidegrad  $\geq 70\%$ ).

## Beschreibung/Funktion

Der KWB Kombi Luftwäscher ist ein im Druckbetrieb gefahrenes, physikalisch-biologisches System zur Reinigung der Abluft aus einstreulosen Schweineställen. Das Prinzip dieses 3-Stufen-Systems beruht auf dem Kontakt der Abluftinhaltsstoffe mit dem im Kreislauf geführten, schwach saurem Waschwasser (pH-Wert 6,5 bis 7,0) und den in den Füllkörpern angesiedelten Mikroorganismen.

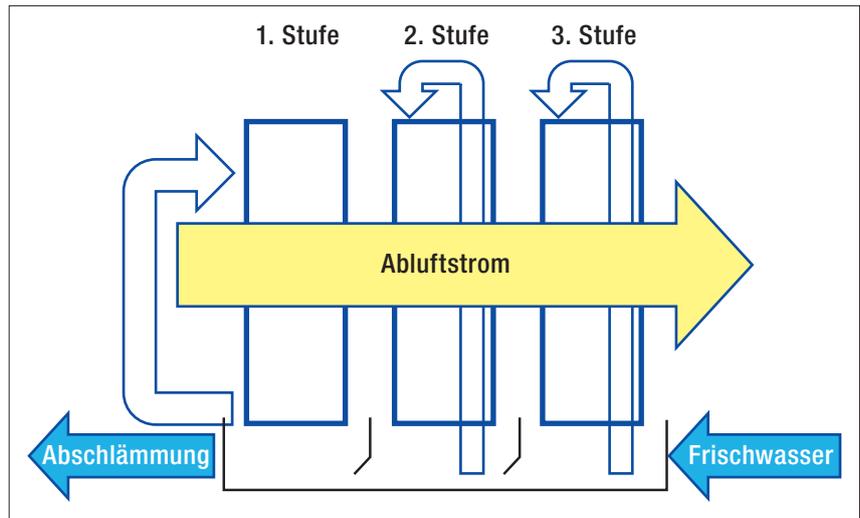


Bild 2: Schematische Darstellung der Abluftwäsche (Quelle: LUFA)

Die Ventilatoren saugen die Abluft aus den angeschlossenen Abteilen des Stalles ab und befördern es in die erste Waschwand. Dort wird mit Hilfe einer Vorbedüsungseinrichtung die Abluft vom Staub gereinigt. Der Abstand zwischen den Ventilatoren und der ersten Waschwand

beträgt mindestens 4 m (Bild 3). Zudem findet eine erste Vorabscheidung von Ammoniak statt. Hierzu dient eine Vorbedüsung, die etwa  $1,35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  Waschwasser umwälzt. In Bild 2 ist das Schema der Abluftwäsche bei drei Waschstufen dargestellt.

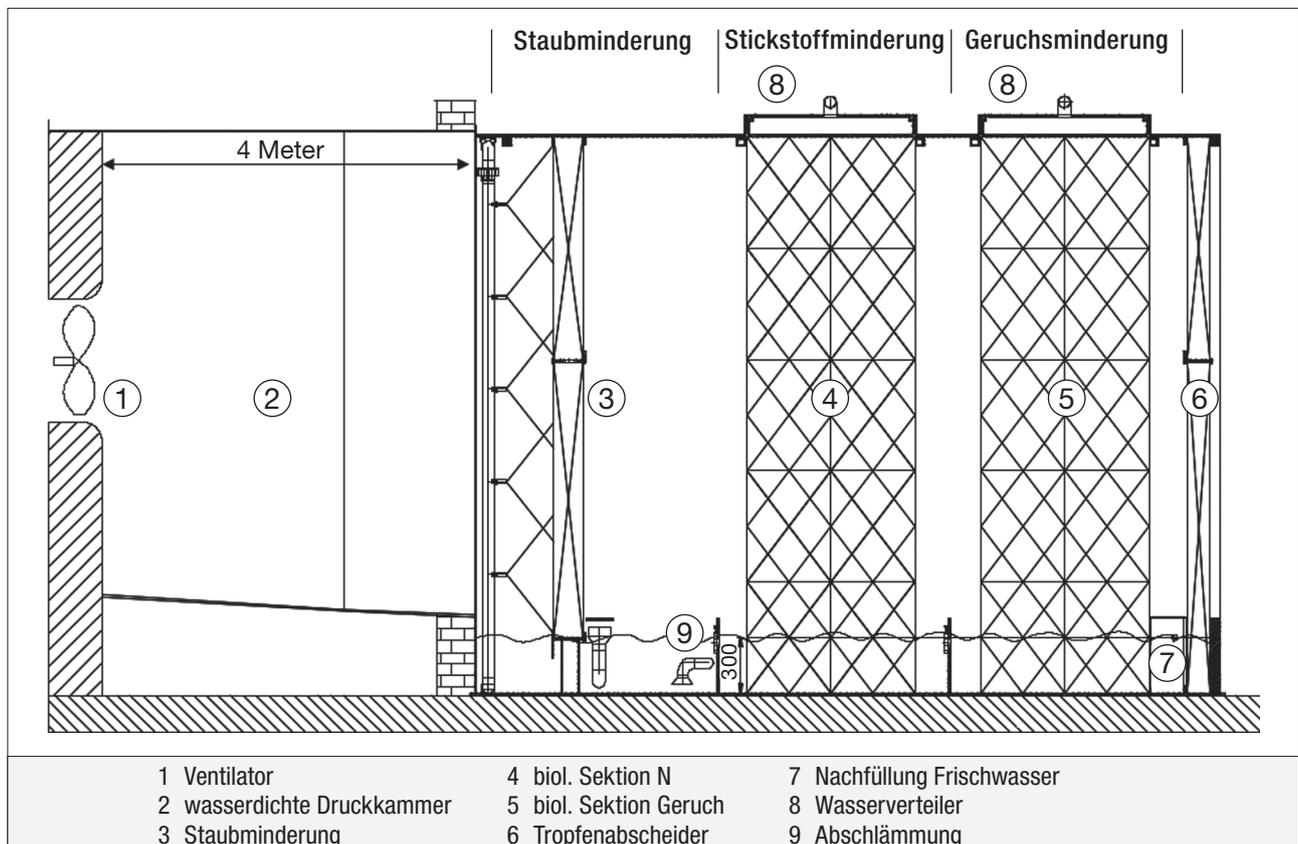


Bild 3: Profildarstellung des KWB Kombi-Luftwäschers

In der zweiten Stufe wird ca. 4,05 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) an schwachsaurem Waschwasser umgewälzt um die Abluft vom Ammoniak zu reinigen. Im Anschluss daran gelangt die Abluft in die dritte Waschstufe. Die Umwälzung von ca. 1,62 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) an Waschwasser ermöglicht eine Ansiedlung von Mikroorganismen im schwachsauren Milieu.

Um Verdunstungsverluste und Austragung von Waschflüssigkeit zu kompensieren, wird Frischwasser in Filterstufe 3 zugegeben. In derselben Zuleitung wird auch 65 %ige Schwefelsäure zudosiert, die dem Frischwasser beigemischt wird und so über die Füllkörper der dritten Stufe in das dritte Vorlagebecken gelangt. Dort werden die Leitfähigkeit und der pH-Wert über installierte Messsonden gemessen und an die Steuerung übersandt. Diese Werte dienen zum einen der Regelung des Säuregehaltes im Waschwasser (pH-Wert) als auch der Abschlammung des salzreichen Waschwassers aus der ersten Waschstufe. Die einzelnen Waschvorlagen sind über Überläufe miteinander verbunden, die entgegen der Abluftströmung fließen. Insgesamt stand etwa 3,9 m<sup>3</sup> Waschwasservorlage am Referenzstall zur Verfügung.

Die große spezifische Oberfläche der Füllkörper dient zum Einen der Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Abluft und Wasser zur Absorption von Staub und Ammoniak und zum Anderen als Besiedlungsfläche von Mikroorganismen, die die abzureinigenden Stoffe umsetzen sollen. Da Ammoniak sehr gut wasserlöslich ist, wird es in das Umlaufwasser ausgewaschen und durch nitrifizierende Bakterien zu Nitrit und Nitrat oxidiert. Durch das Umlaufwasser gelangen Bakterien, Staub und Ammoniak in die Waschwasservorlage, wo zusätzlich ein biologischer Abbau der genannten Stoffe aus der Abluft erfolgt.

Die Füllkörper der ersten Stufe sind vom Typ Hewitech CF 12-F (15 cm dick), die Füllkörper der Nitrifikationsstufe sind jeweils vom Typ Hewitech NC20 (90 cm dick), der nachgeschaltete Tropfenabscheider

ist vom Typ Hewitech DE 125 (15 cm dick).

Die Abluftinhaltsstoffe (Staub und Ammoniak) dienen als Energie- und Nahrungsquelle für Mikroorganismen, die in dem Füllkörperblock als Biofilm anhaften und weiterhin in der Waschwasservorlage leben. An diesen Stellen wird der biologische Abbau vollzogen. Hierbei werden die Stickstoffverbindungen der Abluft entzogen und umgesetzt.

Nach dem Durchströmen des Füllkörperblockes passiert die Abluft einen Tropfenabscheider und tritt dann gereinigt in die Umgebung aus. Der Tropfenabscheider dient der Abscheidung von Aerosolen.

Da die biologische Aktivität wesentlich für die Funktion des Reinigungssystems ist, ist es zwingend erforderlich, die Anlage kontinuierlich zu betreiben. Ebenso ist eine kontinuierliche Belegung des Stalles erforderlich, um hohe Reinigungserfolge zu gewährleisten. Ein Anfahren der Anlage nach längerer Stillstandszeit erfordert bis zu 8 Wochen Regeneration der Biologie und ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Produktionsbedingte Stillstandszeiten von wenigen Tagen unter Beibehaltung der Berieselung sind hingegen unkritisch.

### Prüfbedingungen/Referenzstall

Im Referenzstall, an dem die Messungen durchgeführt wurden, werden etwa 540 Mastschweine in 6 Abteilungen einstreulos gehalten.

Die Luft wird durch in der Decke installierten Lochplatten aus den Abteilen mithilfe von Ventilatoren abgesaugt (Oberflurabsaugung), über einen Abluftkanal gesammelt und durch die Abluftreinigungsanlage geleitet.

*Tabelle 1: Übliche Zusammensetzung und Schwankungsbreite des Abschlammwassers aus der KWB-Abluftreinigungsanlage*

pH-Wert	7,2-7,5
Leitfähigkeit	19-44 mS/cm
Ammonium-Stickstoff (NH <sub>4</sub> -N)	2400-6600 mg/l
Nitrit-Stickstoff (NO <sub>2</sub> -N)	1000-3300 mg/l

Die Messungen fanden von August bis November 2011 (Sommermessung) und von Februar bis April 2012 (Wintermessung) statt.

Während der Sommermessung wurde die Ammoniak-Belastung auf Tierhöhe zeitweise überschritten. Die Anforderung von 20 ppm auf Tierhöhe nach deutschem Recht wurde somit nicht immer eingehalten. Trotz Oberflurabsaugung wurden in den einzelnen Abteilen Konzentrationen bis 25 ppm, teilweise bis zu 30 ppm auf Tierhöhe gemessen. Um die Belastung so gering wie möglich zu halten, wurde eine erhöhte Luftrate gefahren. Dies bedeutet aber auch, dass während der Sommermessung die Verweilzeit im Wäscher absinkt und somit die Abscheidegrade bzgl. Ammoniak und Staub entsprechend geringer ausfallen. Vor der anschließenden Wintermessung wurde von KWB ein Konzept erstellt, das die Stallbelüftung optimiert und für eine tiergerechte Atmosphäre sorgt, unter anderem wurden Windleitbleche eingebaut, Lüftungsöffnungen zum Güllelager im Keller verschlossen und der Hauptgang in zwei Abteilungen aufgeteilt.

Die maximal installierte Luftleistung wurde ursprünglich auf 50.000 m<sup>3</sup>/h bei 60 Pa ausgelegt, die gemessenen Werte bezüglich Emission beziehen sich auf den maximal gemessenen Volumenstrom von 46.000 m<sup>3</sup>/h (70 % NH<sub>3</sub>-Abscheidung dauerhaft). Während des Sommerzeitraumes wurden maximal 90 Pa Druckerhöhung über den Wäscher gemessen.

Die Berieselung wurde über den gesamten Messzeitraum weitestgehend konstant gehalten, die Durchflussmenge wurde mittels kalibrierter Schwebekörperdurchflussmessern turnusmäßig abgelesen.

Am 09.03.2012 wurde die Anlage von KWB gereinigt (Füllkörper, Becken), am selben Tag wurde auch die Leitfähigkeit im hinteren Vorlagebecken von bisher 26 mS/cm auf 16 mS/cm herabgesenkt. Grund hierfür war, die Abscheideleistung der Anlage noch weiter zu verbessern. Am 12.03.2012 wurde die Leitfähigkeit weiter auf 11 mS/cm gesenkt, wodurch sich die Abscheideleistung weiterhin verbesserte. Der pH-Wert im hinteren Vorlage-

becken (Stufe 3) wurde ständig zwischen 6,5 und 6,8 gehalten. Während den Messungen wurden Umgebungsbedingungen (Temperatur außen/innen, relative Luftfeuchte außen/innen) kontinuierlich erfasst, an den Messtagen für Staub und Geruch wurden zusätzlich folgende Parameter dokumentiert:

- Tiergewichte (geschätzt) und Tierzahlen
- Frischwasser- und elektrischer Energieverbrauch (Zählerstände)

- absoluter Luftvolumenstrom
- Abschlämmvolumen
- Druckverlust über die Anlage,
- Druckverlust über den Ventilator

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

In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung des Abschlämmwassers dargestellt.

Tabelle 2:

Messergebnisse zur Emissionsminderung (Staub) am KWB Kombi-Luftwäscher (Sommermessung, August bis November 2011)

Datum	24.08.2011	30.08.11	07./08.09.11	13.09.11	20.09.11	27.-29.09.11	04.10.11
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>							
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	78	75	65	53	59	62	71
Umgebungstemperatur [°C]	21,0	16,8	18,4	20,0	20,0	24,0	20,0
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	58/100	74/100	73/100	65/100	60/100	69/100	68/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	24,5/22,6	23,7/22,2	23,3/17,3	23,0/18,2	22,3/19,8	25,0/22,2	23,5/19,5
Tierzahl im Stall	557	539	538	538	538	538	538
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	18	24	29	35	40	46	50
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	12.150	13.460	23.240	31.520	26.140	44.630	36.460
Druckverlust Wäscherpaket [Pa]	13,5	11,5	36	57	64	80	72
Druckverlust über Ventilator [Pa]	--	35	--	--	--	--	--
<b>Gesamtstaub</b>							
Konzentration Rohgas [mg/m³]	--	--	--	1,12	--	--	0,75
Konzentration Reingas [mg/m³]	--	--	--	0,31	--	--	0,21
Abscheidegrad [%]	--	--	--	72	--	--	73
<b>Feinstaub</b>							
Rohgas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	--	--	0,24/0,15	--
Reingas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	--	--	0,06/0,03	--
Abscheidegrad PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	--	--	73,6/81,3	--
Datum	10.10.11	18./19.10.11	25./26.10.11	01.11.11	02.11.11	21.11.11	
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>							
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	73	83	86	77	84	97	
Umgebungstemperatur [°C]	19,1	11,8	11,0	17,2	15,0	6,9	
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	69/100	78/100	69/100	68/100	69/100	64/100	
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,6/21,3	18,8/14,7	19,4/15,1	23,0/18,0	20,9/16,7	18,7/14,3	
Tierzahl im Stall	538	538	537	537	537	534	
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	56	63	74	78	79	95	
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	37.860	25.620	37.650	41.190	37.640	34.090	
Druckverlust Wäscherpaket [Pa]	90	63	95	94	--	--	
Druckverlust über Ventilator [Pa]	155	--	150	--	--	--	
<b>Gesamtstaub</b>							
Konzentration Rohgas [mg/m³]	--	1,12	--	--	--	1,28	
Konzentration Reingas [mg/m³]	--	0,25	--	--	--	0,42	
Abscheidegrad [%]	--	78	--	--	--	67	
<b>Feinstaub</b>							
Rohgas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,68/ 0,45	--	--	
Reingas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,21/ 0,07	--	--	
Abscheidegrad PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	69,2/ 83,7	--	--	

Tabelle 3:

Messergebnisse zur Emissionsminderung (Staub) am KWB-Kombi-Luftwäscher  
(Wintermessung, Februar bis April 2012)

Datum	21.02.12	28.02.12	05.03.12	06.03.12	12.03.12*
<b>Bemerkungen</b>					Reinigung der Anlage am 09.03.12
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>					
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	78	82	75	75	74
Umgebungstemperatur [°C]	9,0	8,0	5,0	6,9	12,2
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	55/100	59/100	51/100	55/100	67/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,0/16,4	22,5/16,0	21,3/14,3	21,7/16,7	22,5/18,0
Tierzahl im Stall	539	539	539	539	539
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	70	80	85	90	90
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	19.590	21.660	17.560	20.760	18.250
Druckverlust Wäscherpaket [Pa]	30	37	24	42	35
Druckverlust über Ventilator [Pa]	70	--	--	90	85
<b>Gesamtstaub</b>					
Konzentration Rohgas [mg/m³]	--	1,05	--	--	1,42
Konzentration Reingas [mg/m³]	--	0,27	--	--	0,29
Abscheidegrad [%]	--	75	--	--	80
<b>Feinstaub</b>					
Rohgas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	0,67/0,43	--	--
Reingas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	0,15/0,02	--	--
Abscheidegrad PM10/PM2,5 [%]	--	--	77,4/96,0	--	--
<b>Datum</b>	<b>19.03.12</b>	<b>26.03.12</b>	<b>02.04.12</b>	<b>10.04.2012</b>	<b>23.04.12</b>
<b>Bemerkungen</b>					
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>					
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	71	61	56	92	55
Umgebungstemperatur [°C]	11,2	16,0	14,0	12,1	13,1
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	53/100	48/88	58/100	68/100	55/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,0/17,3	23,4/18,5	22,2/17,4	20,5/15,7	21,4/16,1
Tierzahl im Stall	539	539	539	322	493
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	96	102	105	110	68
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	18.560	26.490	23.070	12.250	10.590
Druckverlust Wäscherpaket [Pa]	38	51	43	44	35
Druckverlust über Ventilator [Pa]	--	--	--	--	88
<b>Gesamtstaub</b>					
Konzentration Rohgas [mg/m³]	--	--	1,58/2,77**	--	--
Konzentration Reingas [mg/m³]	--	--	0,44/0,67**	--	--
Abscheidegrad [%]	--	--	72/76**	--	--
<b>Feinstaub</b>					
Rohgas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,63/0,42	--
Reingas PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,16/0,07	--
Abscheidegrad PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	75,1/84,3	--

\* Am 09.03.2012 wurde die Leitfähigkeit von 26 auf 16 mS/cm herabgesetzt, am 12.03.2012 von 16 auf 11 mS/cm.

\*\* Am 02.04.2012 wurden zwei Gesamtstaubmessungen durchgeführt.

Tabelle 4:

Messergebnisse zur Emissionsminderung der dreistufigen Abluftreinigungsanlage KWB Kombi-Wäscher für Ammoniak und verfahrenstechnische Daten während der Sommer- und Wintermessung (ausgewählte Tagesmittelwerte)

Datum	Sommermessung			Wintermessung	
	18.09.11	28.09.11	29.10.11	11.03.12	30.03.12
Lüftungsrate [m³/h]	23.200	42.350	29.980	21.470	19.160
Strömungsgeschwindigkeit* [m/s]	0,87	1,59	1,13	0,81	0,72
Verweilzeit* [sek]	1,03	0,57	0,8	1,12	1,25
Füllkörperflächenbelastung* [m³/(m² h)]	3.135	5.723	4.051	2.901	2.589
Füllkörpervolumenbelastung* [m³/(m³ h)]	3.463	6.321	4.475	3.204	2.860
Berieselungsdichte* 1./2./3.Stufe [m³/(m² h)]	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62
Ammoniak Rohgas [ppm]	20,78	14,63	21,29	17,2	19,16
Ammoniak Reingas [ppm]	2,15	3,68	3,72	2,06	0,59
Abscheidegrad Ammoniak [%]	89,8	74,8	82,5	88,0	97,0

\* Berechnete Werte

Tabelle 5:

Messergebnisse zur Geruchsmessung am KWB Kombi-Luftwäscher (Sommermessung, August-November 2011)

Datum	24.08.11	30.08.11	07./08.09.11	13.09.11	20.09.11	28./29.09.11	04.10.11
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>							
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	78	75	65	53	59	62	71
Umgebungstemperatur [°C]	21,0	16,8	18,4	20,0	20,0	24,0	20,0
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	58/100	74/100	73/100	65/100	60/100	69/100	68/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	24,5/22,6	23,7/22,2	23,3/17,3	23,0/18,2	22,3/19,8	25,0/22,2	23,5/19,5
Tierzahl im Stall	557	539	538	538	538	538	538
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	18	24	29	35	40	46	50
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	12.150	13.460	23.240	31.520	26.140	44.630	36.460
<b>Geruch (nicht prüfungsrelevant)</b>							
Rohgas GE/m³	273	389	172	232	464	556	530
Reingas GE/m³	62	101	58	472	95	578	54
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	nein	nein	nicht eindeutig	nicht eindeutig	nein	nicht eindeutig	nicht eindeutig

Datum	10.10.11	18./19.10.11	25./26.10.11	01.11.11	02.11.11	21.11.11
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>						
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	73	83	86	77	84	97
Umgebungstemperatur [°C]	19,1	11,8	11,0	17,2	15,0	6,9
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	69/100	78/100	69/100	68/100	69/100	64/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,6/21,3	18,8/14,7	19,4/15,1	23,0/18,0	20,9/16,7	18,7/14,3
Tierzahl im Stall	538	538	537	537	537	534
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	56	63	74	78	79	95
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	37.860	25.620	37.650	41.190	37.640	34.090
<b>Geruch (nicht prüfungsrelevant)</b>						
Rohgas GE/m³	216	817	311	--	794	753
Reingas GE/m³	90	183	39	--	165	328
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	nein	nein	nicht eindeutig	--	nicht eindeutig	nein

Tabelle 6:  
Messergebnisse zur Geruchsmessung am KWB-Kombi-Luftwäscher  
(Wintermessung, Februar-April 2012)

Datum	21.02.12	28.02.12	05.03.12	06.03.12	12.03.12*
<b>Bemerkungen</b>					
	--	--	--	--	Reinigung der Anlage am 09.03.12
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>					
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	78	82	75	75	74
Umgebungstemperatur [°C]	9,0	8,0	5,0	6,9	12,2
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	55/100	59/100	51/100	55/100	67/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,0/16,4	22,5/16,0	21,3/14,3	21,7/16,7	22,5/18,0
Tierzahl im Stall	539	539	539	539	539
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	70	80	85	90	90
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	19.590	21.660	17.560	20.760	18.250
<b>Geruch (nicht prüfungsrelevant)</b>					
Rohgas GE/m³	633	645	--	797	2435
Reingas GE/m³	237	314	--	399	2343
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	nicht eindeutig	nicht eindeutig	--	nicht eindeutig	ja
Datum	19.03.12	26.03.12	02.04.12	10.04.12	23.04.12
<b>Bemerkungen</b>					
	--	--	--	--	--
<b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>					
rel. Luftfeuchte Umgebung [%]	71	61	56	92	55
Umgebungstemperatur [°C]	11,2	16,0	14,0	12,1	13,1
Rohgas-/Reingasfeuchte [%]	53/100	48/88	58/100	68/100	55/100
Rohgas-/Reingastemperatur [°C]	22,0/17,3	23,4/18,5	22,2/17,4	20,5/15,7	21,4/16,1
Tierzahl im Stall	539	539	539	322	493
Durchschnittliches Tiergewicht [kg]	96	102	105	110	68
Luftvolumenstrom Gesamt [m³/h]	18.560	26.490	23.070	12.250	10.590
<b>Geruch (nicht prüfungsrelevant)</b>					
Rohgas GE/m³	849	--	--	--	--
Reingas GE/m³	609	--	--	--	--
Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar?	ja	--	--	--	--

\* Am 09.03.2012 wurde die Leitfähigkeit von 26 auf 16 mS/cm herabgesetzt, am 12.03.2012 von 16 auf 11 mS/cm.

## Staub

Es wurde zu Beginn der Messphase vereinbart, dass pro Messzeitraum vier Gesamtstaubmessungen und zwei Feinstaubmessungen (PM 10/ PM 2,5) durchzuführen sind (siehe Tabelle 2 und 3). Durch den dreistufigen Aufbau wird tendenziell davon ausgegangen, dass die Anforderungen an den Abscheidegrad (dauerhaft über 70%) erfüllt werden.

Die Probenahme erfolgte isokinetisch nach VDI-Richtlinie 2066 und nach DIN EN 13284-1.

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass in der Sommermessung durchschnittlich 72,5% Gesamtstaub abgeschieden wird. In der Wintermessung werden im Durchschnitt 76% abgeschieden (Tabelle 3). Bei einstreulosen Schweinehaltungsverfahren ist mit dem KWB Kombi-Luftwäscher somit eine effektive Staubabscheidung dauerhaft über 70% möglich. Die Abscheidegrade bezüglich PM 10-Feinstaub liegen gemittelt bei 71,4% (Sommer) und 76% (Winter). Für PM 2,5 ergab sich durchweg ein Abscheidegrad von über 80%. Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM 10 bewirken. Die Partikelfraktion PM 2,5 ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM 10.

## Ammoniak

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden die Ammoniak-Konzentrationen im Roh- und Reingas kontinuierlich gemessen. Die Messgasleitungen wurden sämtlich beheizt, um Kondensation zu vermeiden. Die Konzentrationen wurden mit einem FTIR-Analysator gemessen.

Die Rohgaswerte im Sommer zeigen eine Bandbreite zwischen 10 und 40 ppm und wurden im Kombi-Luftwäscher auf < 5 ppm reduziert (Bild 4). In der Wintermessung

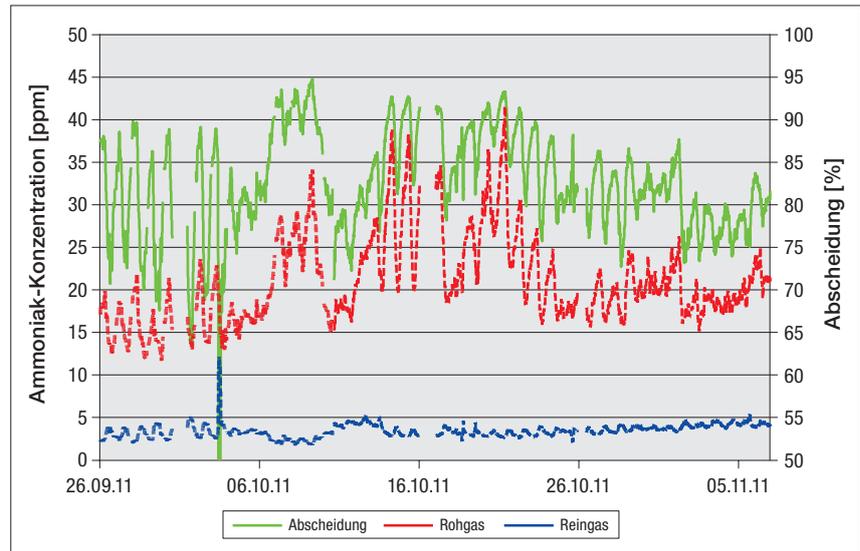


Bild 4: Abscheidegrad und Verlauf (beispielhaft) der Ammoniak-Konzentrationen im Roh- und Reingas während der Sommermessung

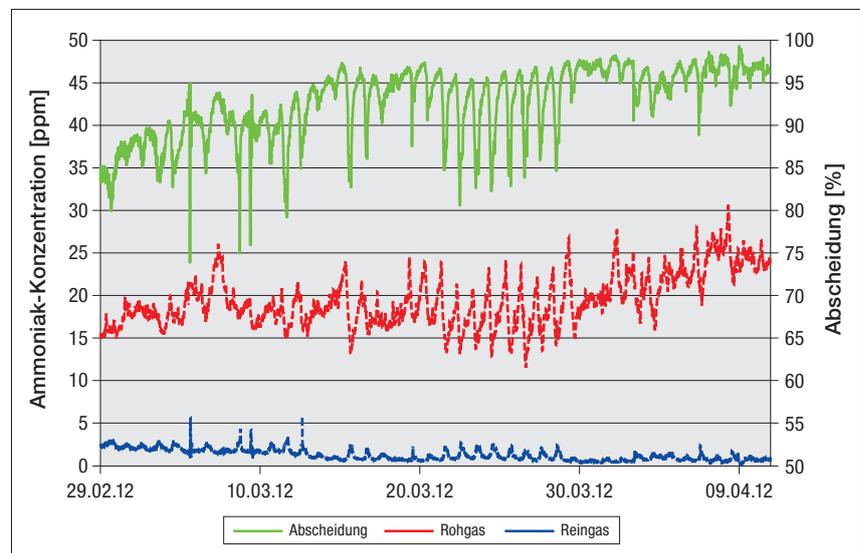


Bild 5: Abscheidegrad und Verlauf (beispielhaft) der Ammoniak-Konzentrationen im Roh- und Reingas während der Wintermessung

schwanken die Rohgaskonzentrationen um 20 ppm und verlassen den Wäscher mit < 4 ppm (Bild 5). Eine wirkungsvolle Ammoniak-Abscheidung bei einstreulosen Schweinehaltungsverfahren und ordnungsgemäßigem Betrieb ist bei den beschriebenen Betriebsbedingungen somit sichergestellt (Übersicht 1). Bei einem Luftvolumenstrom von bis zu 46.000 m<sup>3</sup>/h kann bis zu 70% Ammoniak abgeschieden werden.

Zur Überprüfung der Ammoniak-Konzentration in der Stallluft wurden bei regelmäßigen Begehungen Messungen im Stall auf Tierhöhe

durchgeführt. Aufgrund einer anfangs ungeeigneten Lüftungsführung in den Abteilen wurden während der Sommermessung teilweise erhöhte Werte auf Tierhöhe festgestellt. Durch Optimierungsmaßnahmen wurde dieser Sachverhalt in der Wintermessung abgestellt (siehe Kapitel „Prüfbedingungen/Referenzstall“).

## Geruch

Während der Sommermessung und Teilen der Wintermessung wurden, obwohl für die DLG-Prüfung nicht relevant, auf Wunsch des Antragstellers, wöchentlich Geruchspro-

Tabelle 7:  
gemittelte Werte aus der Aerosol-Bestimmung im dritten Waschbecken

Sommermessung	
NH <sub>3</sub> -Aerosole	0,125 mg NH <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>
Aerosol anorganisches N	0,132 mg N/m <sup>3</sup>

ben im Roh- und Reingas genommen und anschließend olfaktometrisch von einem geschulten Probandkollektiv ausgewertet. Probenahme und Auswertung erfolgen nach DIN EN 13725, das Olfaktometer ist vom Typ T07.

Bei der Bewertung interessieren die Geruchsstoffkonzentration und ob rohgastypischer Geruch reingasseitig wahrzunehmen war. Bei der Geruchsstoffkonzentration darf ein Wert von 300 GE/m<sup>3</sup> im Reingas nicht überschritten werden.

Die Ergebnisse der im Rahmen des DLG-Prüfverfahrens genommenen Geruchsproben sind in den Tabellen 5 und 6 dargestellt. Bei 5 von insgesamt 17 Beprobungen wurden alle Kriterien eingehalten. Bei 10 von 17 Beprobungen wurden 300 GE/m<sup>3</sup> im Reingas eingehalten. In 6 Proben wurde kein Rohgas im Reingas nachgewiesen.

Eine Anerkennung des Verfahrens für Geruch ist mit der beschriebenen Dimensionierung nach den vorliegenden Ergebnissen nicht möglich.

### Aerosolaustrag

Stickstoffhaltige Aerosole werden als NH<sub>3</sub>-Aerosole aus den Vorlagebecken von Abluftreinigungsanlagen ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen. So gelangt der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung. Im Kombi-Luftwäscher der Firma KWB wurden die Aerosole bestimmt, die aus dem dritten Wasserbecken ausgetreten sind. Die NH<sub>3</sub>-Aerosole werden durch die Differenz von filtrierter und unfiltrierter Probenahme bestimmt, anhand der Stickstofffrachten im Waschwasser werden die anorganischen Stickstoffanteile der Aerosole bestimmt (Tabelle 7). Es wurden jeweils für Sommer- und Winterbedingungen zwei Aerosol-Messungen

mittels Impinger durchgeführt.

Aufgrund von Kondensationseffekten bei der Probenahme im Winter sind die Werte trotz geringerer Luftraten höher. Aus diesem Grund sind nur die Messwerte aus der Sommermessung dargestellt. Insgesamt sind die Werte für Aerosol an der KWB-Anlage relativ niedrig.

### Stickstoff-Bilanz

Die Stickstoffabscheidung der Abluftreinigungsanlage wurde über eine N-Bilanzierung unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (Roh- und Reingas), des Aerosolaustrages (Reingas), der im Roh- und Reingas enthaltenen Stickoxide sowie der im Waschwasser gelösten Stickstoffverbindungen jeweils zweiwöchig während der Sommer- und Wintermessung verifiziert. Das bedeutet, dass der durch die Abluftreinigungsanlage abgeschiedene Stickstoff aus dem Ammoniak des Rohgases in Form von Ammonium, Nitrit, und Nitrat im Waschwasser sowie die Restemission von Ammoniak und Stickoxiden 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,
- gemessen wird, ob in der Anlage nennenswerte Mengen an klimarelevanten Gasen wie NO, NO<sub>2</sub> oder N<sub>2</sub>O entstehen, dies würde ein Anlagenbetrieb zur Emissionsminderung ad absurdum führen,
- bei biologischen Systemen zur Nitrifikation etwaige Fehlfunktionen erkannt und behoben werden können,
- der Stickstoffgehalt des Abschlammwassers bekannt und dessen Düngewert quantifiziert wird.

Gemäß dem DLG-Prüfrahmen muss die Wiederfindungsrate des Stickstoffs innerhalb der Stickstoffbilanz während der Sommer- und Wintermessung jeweils > 70 % betragen. Die Wiederfindungsrate aus den Frachten ergab sich in der Sommermessung zu 86,5 %.

Während der Wintermessung ergeben sich aufgrund eines defekten Messgerätes unplausible Abschlammwerte.

Wegen der fehlerhaften Erfassung des Abschlammvolumens konnte keine N-Bilanzierung bei den Wintermessungen durchgeführt werden.

### Verbrauchswerte

#### Wasserverbrauch

Dem Wäscher durch Abschlammung entzogenes Waschwasser muss durch Frischwasser ersetzt werden. Der Wasserverbrauch wird somit im Wesentlichen durch die Abschlammrate sowie die Verdunstungsverluste verursacht und ist deshalb auch witterungsabhängig.

Der Frischwasserverbrauch wurde im Messzeitraum über eine Wasseruhr ermittelt. Die Auswertung der einzelnen Zählerstände ergab in der Sommermessung einen durchschnittlichen Verbrauch von etwa 2,1 m<sup>3</sup> Frischwasser pro Tag. Bezogen auf Tierplatz und Jahr sind das 1,4 m<sup>3</sup>/(TP a). Im Zeitraum der Wintermessung wurden im Mittel etwa 2 m<sup>3</sup> Frischwasser pro Tag zugeführt, das entspricht einem Verbrauch von 1,37 m<sup>3</sup>/(TP a).

Im Zeitraum der Sommermessung wurden gemittelt etwa 0,5 m<sup>3</sup> Waschwasser pro Tag abgeschlammmt. Das entspricht einem Volumen von 0,37 m<sup>3</sup>/(TP a). Für den Winterzeitraum ergab sich ein Abschlammvolumen von 0,4 m<sup>3</sup> pro Tag, bzw. 0,25 m<sup>3</sup>/(TP a).

Aufgrund der stufenweisen Absenkung der Leitfähigkeit von 26 mS/cm auf 11 mS/cm in der Wintermessung sind hier höhere Verbrauchswerte zu erwarten als bei der ursprünglichen Leitfähigkeits-Einstellung.

### Verbrauch an elektrischer Energie

Als größte elektrische Verbraucher an der eigentlichen Abluftreinigungsanlage lassen sich die kontinuierlich betriebenen Umwälzpumpen, sowie die diskontinuierlich betriebene Abschlämpmpumpe ausmachen. Die größten Verbraucher des reinen Stalls sind die Ventilatoren, welche aufgrund des zusätzlichen Druckverlustes des Abluftreinigungssystems größer dimensioniert sein müssen als bei reiner Stalllüftung. Die installierten Stromzähler zeichnen folgende Verbrauchswerte auf:

Pumpen (gesamt):

90,0 kWh/Tag bzw. 61,0 kWh pro Tierplatz und Jahr

Ventilatoren im Sommer:

64,7 kWh/Tag bzw. 44,0 kWh pro Tierplatz und Jahr

Ventilatoren im Winter:

30,4 kWh/Tag bzw. 20,6 kWh pro Tierplatz und Jahr

Bei Annahme einer linearen Abhängigkeit zwischen Druckverlust und Stromverbrauch an den Ventilatoren ergibt sich für den Anlagenbetreiber die in Tabelle 8 dargestellte überschlägige Kalkulation.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass während der Prüfung Messventilatoren zur Erfassung der Luftvolumenströme eingebaut wurden, welche den Stromverbrauch der Ventilatoren aufgrund des zusätzlichen Druckverlustes während der Messphase leicht höher ausfallen lassen.

### Sonstige Verbrauchswerte

Zur Gewährleistung der sicheren Funktion wird an der Anlage eine automatische Säuredosierung be-

reitgestellt. Mit dieser Säuredosierung wird der pH-Wert im dritten Vorlagebecken geregelt. Generell sollte der pH-Wert den Bereich von 6,5 bis 6,8 nicht über- oder unterschreiten. Die Zugabe der Säure passiert an der dritten Füllkörperwand.

Der Säureverbrauch wurde in der Prüfungsphase mittels Wägesystem ermittelt. Während der Messphasen wurden folgende Säureverbräuche gemittelt aufgezeichnet:

Säureverbrauch im Sommer:

10,0 kg/Tag bzw. 6,8 kg pro Tierplatz und Jahr

Säureverbrauch im Winter:

3,6 kg/Tag bzw. 2,4 kg pro Tierplatz und Jahr

Die Werte beziehen sich auf Schwefelsäure mit einer Reinheit von 100%. Während der Sommermessung wurde an der Referenzanlage 37%ige, während der Wintermessung 65%ige Schwefelsäure zudosiert.

### Betriebssicherheit und Haltbarkeit

Im Prüfungszeitraum wurden an der Anlagentechnik keine nennenswerten Störungen festgestellt.

An der gesamten Abluftreinigungsanlage sind während der Prüfung keine nennenswerten Schäden oder Verschleißerscheinungen aufgetreten. Der Korrosionsschutz der einzelnen Anlagenteile erscheint, soweit während der Prüfungsdauer zu beobachten war, ausreichend dauerhaft. Die Anlage ist als Komplettsystem fast vollständig aus Kunststoff (HDPE) hergestellt.

### Dokumentation

Die aufgezeichneten Daten des elektronischen Betriebstagebuchs sind in Übersicht 3 aufgeführt. Die Speicherzeit muss mindestens 5 Jahre betragen.

Wenn Stallentlüftung und Abluftreinigungsanlage von unterschiedlichen Herstellern installiert werden, wird seitens des Herstellers der Abluftreinigung die Lüftungsdaten als Kennlinie aufgenommen und ebenfalls in die Steuerung der Abluftreinigung zur Regelung integriert. Die maximale Lüfterleistung wird in der Steuerung gleich 100% gesetzt. Eine Anpassung in einem weiteren Leistungsbereich erfolgt jedoch nicht. Da der Luftdurchsatz gemäß Prüfraumen absolut in m<sup>3</sup>/h angegeben werden soll, muss vor Inbetriebnahme eine Kennlinie der gesamten Lüftungsanlage (Stall + Abluftreinigung) aufgenommen werden und in das elektronische Betriebstagebuch gepflegt werden. Die Kennlinie sollte aus mindestens 5 unterschiedlichen Stützstellen (0...100% Lüfrate) bestehen.

### Handhabung und Arbeitszeitbedarf

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 und lediglich eine tägliche Kontrolle der Betriebsdaten und eine wöchentliche Kontrolle der gesamten Abluft-

Tabelle 8:

Kalkulierter Stromverbrauch mit/ohne Abluftreinigungsanlage (ARA)

	mit ARA Sommer	ohne ARA	mit ARA Winter	ohne ARA
deltaPmax [Pa]*	150	60	120	50
Volumenstrom maximal [m <sup>3</sup> /h]*	40.000		20.000	
Ø Tagesverbrauch [kWh/d]	64,7	26,0	30,4	12,7

\* Maximal gemessene Werte an den Messterminen.

Übersicht 3:

Erfüllung der Anforderungen an das elektronische Betriebstagebuch des Kombi-Luftwäschers

	voll erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkungen
<b>Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage</b>	X			elektronische Differenzdrucksensoren vor und hinter dem Filter mit Alarmauslösung und Speicherung des Alarms in der SPS
<b>Luftdurchsatz</b>	X			Aufzeichnung und Speicherung des Luftvolumenstromes in m³/h
<b>Pumpenlaufzeit</b>	X			Aufzeichnung und Speicherung des elektrischen Verbrauchs der Pumpen, die Pumpen sind gegen überhöhte Stromaufnahme gesichert
<b>pH-Wert und Leitfähigkeit</b>	X			automatische Säuredosierung
<b>Kalibrierung pH-Sensoren</b>	X			bei Wartungsvertrag seitens Hersteller, ansonsten durch Betreiber
<b>Berieselungsintervalle</b>	X			Berieselung erfolgt permanent und ist durch den Anwender nicht editierbar, bei Pumpenausfall Alarmmeldung und Speicherung in Steuerung
<b>Gesamtfrischwasserverbrauch des Wäschers</b>	X			Frischwasserverbrauch wird mithilfe eines Wasserzählers mit Impulsgeber im elektronischen Betriebstagebuch protokolliert
<b>Abgeschlammte Wassermenge und Verbleib</b>	X			Abschlammung wird mithilfe eines Wasserzählers mit Impulsgeber im elektronischen Betriebstagebuch protokolliert
<b>Roh- und Reingastemperatur</b>	X			Erfassung der Temperaturen im Abluftkanal und unmittelbar nach dem Tropfenfänger
<b>Sprühbildkontrolle</b>	X			Regelmäßige, manuelle Eintragung im Betriebstagebuch vorgeschrieben
<b>Wartungs- und Reparaturzeiten</b>	X			Regelmäßige, manuelle Eintragung im Betriebstagebuch vorgeschrieben

reinigungsanlage einschließlich der Düsen durchzuführen sind. 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.

## Wartungsaufwand

Bei Abschluss eines Wartungsvertrages wird frühestens eine Woche nach Inbetriebnahme der Anlage und spätestens eine Woche vor der ersten Ausstallung die erste Wartung durchgeführt. Bei kontinuierlichem Stallbetrieb erfolgt die erste Wartung drei Monate nach Inbetriebnahme. Anschließend wird halbjährlich eine Wartung durchgeführt. Hierbei werden alle Messgeräte überprüft und ggf. neu kalibriert. Bei jeder halbjährlichen Wartung erfolgt eine Beprobung des Waschwassers, wobei die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Ammonium, Nitrat und Nitrit gemessen werden. Hierbei werden vorhandene Messgeräte neu kalibriert. Zusätzlich werden die Ammoniakkonzentrationen im Roh- und Reingas überprüft. Bei Bedarf erfolgt eine Reinigung der Anlage. Die Wartungen werden in einem Prüfbuch dokumentiert.

Sofern die Druckdifferenz bei konstantem Volumenstrom (in Abhängigkeit von der Ventilator Kennlinie) über den Füllkörper ansteigt, muss eine Reinigung des Füllkörpers erfolgen. Die Reinigung erfolgt durch den Betreiber.

Bei Fehlermeldungen der Anlagensteuerung sind gemäß Bedienungshandbuch gesonderte Kontrollen durchzuführen. Jede Fehlermeldung kann per Fernwartung an den Hersteller übertragen werden.

Die Düsen müssen bei ungleichmäßigem Sprühbild gereinigt oder ausgetauscht werden. Diese müssen daher wöchentlich kontrolliert werden und ggf. gereinigt werden. Diese Tätigkeit muss im Betriebstagebuch vermerkt werden.

Die pH-Wert-Sensoren müssen monatlich kalibriert werden und alle 18 Monate erneuert werden, der Leitfähigkeitssensor muss 2mal jährlich kalibriert werden.

Die Umwälzpumpen und die Dosierpumpe müssen jährlich kontrolliert werden. Es wird empfohlen, diejenigen Bauteile dabei zu erneuern, die mit Wasser in Kontakt kommen.

## Betriebsanleitung

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

Das elektronische Betriebstagebuch ermöglicht eine lückenlose Aufzeichnung der für den sicheren Anlagenbetrieb erforderlichen Daten. Die Aufzeichnung erfolgt durch den Hersteller der Anlage und die Daten werden über 5 Jahre gespeichert. Diese Daten können mittels SD-Karte und einem KWB-eigenem Konvertierungsprogramm ausgelesen und in ein gängiges Tabellenprogramm überführt werden. Das Konvertierungsprogramm ist auf dem System fest installiert und konvertiert die Daten automatisch.

Im Bedienungshandbuch finden sich Fotos der Anlagenteile, um die Bedienung besser verständlich zu machen. Der Vorgang des Auslesens der SD-Speicherkarte sowie die Reinigung der ersten Filterwand sind anschaulich dargestellt.

## Umweltsicherheit

Das abgeschlammte Wasser kann über die anfallende Gülle verwertet werden, da es sich bei dem enthaltenen Stickstoff um einen wertvollen Düngergrundstoff handelt. Waschwasser mit pH-Werten  $> 6$  kann problemlos mit der Gülle gelagert werden.

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

Für den Anlagenbetrieb wird Säure benötigt. Die Handhabung der Säure ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers erklärt und liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers.

## Sicherheitsaspekte

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

Der beschriebene Kombi-Luftwäscher der Firma KWB wurde durch die Deutsche Prüf- und Zertifizierungstelle für Land- und Forsttechnik (DPLF) begutachtet. Gegen die Verwendung der Anlage bestehen aus arbeitssicherheitstechnischer Sicht keine Bedenken.

## Gewährleistung

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

## Umfrageergebnis

Eine Umfrage bei Besitzern typengleicher Abluftreinigungsanlagen konnte während des Prüfungszeitraums nicht durchgeführt werden, da es sich bei der geprüften Anlage um eine Prototypanlage handelte.

Die Prüfung wurde gemäß dem DLG-Prüfrahmen „Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen“ (Stand 10/2010) durchgeführt.

Die Messungen wurden an einer Referenzanlage im niederländischen Boekel bei einem maximalen Abluftvolumenstrom von 46.000 m<sup>3</sup>/h durchgeführt, die Prüfung umfasst eine Sommer- und eine Wintermessung.

## Prüfungsdurchführung

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

## Labor- und Emissionsmessungen

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

## Praktischer Einsatz

van Dijk, Peelsehuis 5, Boekel, NL

## Berichterstatter

Dipl.-Ing. W. Gramatte,  
DLG-Testzentrum Groß-Umstadt

Dipl.-Ing. (FH) T. Pfeifer,  
DLG-Testzentrum Groß-Umstadt

## Herausgegeben

mit Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

## DLG-Prüfungskommission für Abluftreinigungstechnik

*prüfungsbegleitend:*

Friedrich Arends,  
LWK Niedersachsen

Dr. Jochen Hahne,  
vTI Braunschweig

*beratend:*

Andreas Schlichting,  
TÜV Nord Hamburg

Gerd Franke,  
LLH Kassel

Ewald Grimm,  
KTBL Darmstadt

Prof. Dr. Eberhard Hartung,  
Uni Kiel

Christian Haskamp, Landwirt,  
Steinfeld

Vertreter des Landkreises  
Cloppenburg  
(Verwaltungsvollzug)



ENTAM – European Network for Testing of Agricultural Machines, ist der Zusammenschluss der europäischen Prüfstellen. Ziel von ENTAM ist die europaweite Verbreitung von Prüfergebnissen für Landwirte, Landtechnikhändler und Hersteller.

Mehr Informationen zum Netzwerk erhalten Sie unter [www.entam.com](http://www.entam.com) oder unter der E-Mail-Adresse: [info@entam.com](mailto:info@entam.com)

10-615  
Oktober 2012  
© DLG



DLG e.V. – Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt, Telefon: 069 24788-600, Fax: 069 24788-690  
E-Mail: [tech@dlg.org](mailto:tech@dlg.org), Internet: [www.dlg-test.de](http://www.dlg-test.de)

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