

Möller GmbH <sup>[1]</sup>

# 1-stufiger biologischer Abluftwäscher System RIMU für die Schweinehaltung



**DLG** **SIGNUM  
TEST**  
09/15 **bestanden**



Testzentrum  
Technik und Betriebsmittel

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

[1]: vorher „RIMU Agrartechnologie GmbH“ (neuer Hersteller und Vertrieb ab 2023)

# 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 Tiergerechtigkeit über die Haltbarkeit bis hin zur Arbeits- und Funktionssicherheit. Diese werden auf Prüfständen sowie unter verschiedenen Einsatzbedingungen genauso geprüft und bewertet wie die Bewährung des Prüfgegenstands bei einer praktischen Erprobung im Einsatzbetrieb.

Die genauen Prüfbedingungen und -verfahren, wie auch die Bewertung der Prüfungsergebnisse werden von den jeweiligen unabhängigen Prüfungskommissionen in entsprechenden Prüfraumen festgelegt und laufend auf den anerkannten Stand der Technik sowie den wissenschaftlichen Erkenntnissen und landwirtschaftlichen Erfordernissen an-

gepasst. Die Prüfungen erfolgen nach Verfahren, die eine objektive Beurteilung aufgrund reproduzierbarer Werte gestatten. Die erfolgreiche Prüfung schließt mit der Veröffentlichung eines Prüfberichtes sowie der Vergabe des Prüfzeichens ab.



In diesem DLG-Signum Test wurde der einstufige biologische Abluftwäscher mit Tropfenabscheider „System RIMU“ [2] auf seine Eignung zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak und Geruch aus dem Abluftvolumenstrom einstreuloser Schweinehaltungsanlagen mit einer Oberflurabsaugung geprüft. Zudem wurde die tatsächliche Stickstoffabscheidung (N-Entfrachtung) nachgewiesen. Grundlage für die Prüfung ist eine Auslegung der Lüftungsanlage nach der DIN 18910 und der Nachweis

der Emissionsminderung von mindestens 70% für Gesamtstaub, Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), Ammoniak sowie eine maximale Geruchsstoffkonzentration von 300 GE/m<sup>3</sup> Abluft im Reingas, wobei ein rohgastypischer Geruch (Schweine) nicht mehr wahrgenommen werden darf (k.R.w.). Eine 70%-ige N-Abscheidung (N-Entfrachtung) muss innerhalb der N-Bilanz nachgewiesen werden.

Die genannten Mindestanforderungen nach dem DLG Prüfraumen wurden mit diesem Abluftreinigungssystem eingehalten und zum Teil übertroffen.

## Beurteilung – kurz gefasst

Die Abluftreinigungsanlage „System RIMU“ [2] ist ein einstufiger, biologisch arbeitender Abluftwäscher zur Abscheidung von Staub, Ammoniak, Stickstoff und Geruch aus einstreulosen Schweineställen und wird als Rieseltbettfilter ausgeführt.

Das Abluftreinigungssystem kann im Saugbetrieb und unter Einhaltung bestimmter Rahmenbedingungen auch im Druckbetrieb bei einer 100%-igen Oberflurabsaugung eingesetzt werden (siehe Seite 4).

Der Rohgasabluftvolumenstrom aus den Abteilen wird über Stellklappen in einen zentralen Abluftschacht abgeführt und strömt über eine Zuluftöffnung in das Wäschergehäuse ein (Druckraum). Von dort aus wird die

Abluft im Über- oder Unterdruckverfahren in den eigentlichen Füllkörper eingeleitet. Über diesem Füllkörperpaket ist ein Tropfenabscheider angebracht, der den Aerosolaustrag verhindert und entstehende Wasserverluste reduzieren soll.

In den Prüfungen, die an zwei Referenzbetrieben durchgeführt wurden, erreichte die Abluftreinigungsanlage im Durchschnitt eine Ammoniakabscheidung von rund 90% mit einer nachgewiesenen N-Entfrachtung von 78%.

Die Gesamtstaubabscheidung lag bei 89%, die Feinstaubabscheidung PM<sub>10</sub> bei 86%, PM<sub>2,5</sub> bei 96%.

Die maximale Geruchsstoffkonzentration von 300 GE/m<sup>3</sup> Abluft im Rein-

gas, unter der Voraussetzung, dass kein typischer Rohgasgeruch wahrgenommen wird, konnte nur bei Installation des Wäscher an einer reinen Oberflurabsaugung in der Schweinehaltung eingehalten werden. Daher wird der Wäscher auch nur für die Oberflurabsaugung mit einer maximalen Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) und einer Berieselungsdichte der eingesetzten Füllkörperpackung von mindestens 0,9 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) zertifiziert.

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

Tabelle 1:  
Zusammenfassung der Ergebnisse

| Prüfkriterium   |   | Ergebnis             |                                   |                            | Bewertung* |
|---|---|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------|
| <b>Ergebnisse der Emissionsmessungen<sup>1)</sup></b>                                     |   |                      |                                   |                            |            |
| <b>Gesamtstaub</b> (gravimetrisch, insgesamt acht Messtermine)                            |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (4 Messungen)  | Abscheidegrad gemittelt                         | [%]                  | 87,9                              |                            | +          |
| – Winter (4 Messungen)  | Abscheidegrad gemittelt                         | [%]                  | 90,0                              |                            | ++         |
| <b>Feinstaub</b> (gravimetrisch, vier Messtermine) <sup>2)</sup>                          |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (2 Messungen)  | Abscheidegrad PM <sub>10</sub> gemittelt        | [%]                  | 85,3                              |                            | +          |
|   | Abscheidegrad PM <sub>2,5</sub> gemittelt       | [%]                  | 95,0                              |                            | ++         |
| – Winter (2 Messungen)  | Abscheidegrad PM <sub>10</sub> gemittelt        | [%]                  | 86,3                              |                            | +          |
|   | Abscheidegrad PM <sub>2,5</sub> gemittelt       | [%]                  | 96,7                              |                            | ++         |
| <b>Ammoniak</b> (kontinuierlich gemessen, Halbstundenmittelwerte)                         |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (Referenzbetrieb 1)  | Abscheidegrad gemittelt                         | [%]                  | 93,8                              |                            | ++         |
| – Winter (Referenzbetrieb 2) <sup>3)</sup>  | Abscheidegrad gemittelt                         | [%]                  | 87,1                              |                            | +          |
| <b>N-Bilanzierung, N-Entfrachtung</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (Referenzbetrieb 1)  | N-Bilanz Wiederfindungsrate                     | [%]                  | 109,2                             |                            | ++         |
|   | N-Entfrachtung                                  | [%]                  | 78,8                              |                            | ○          |
| – Winter (Referenzbetrieb 2)  | N-Bilanz Wiederfindungsrate                     | [%]                  | 95,7                              |                            | ++         |
|   | N-Entfrachtung                                  | [%]                  | 76,7                              |                            | ○          |
| <b>Aerosolaustrag</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (Referenzbetrieb 1)  | NH <sub>3</sub> -N <sub>Aerosol</sub> gemittelt | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,04                              |                            | k.B.       |
|   | N <sub>Aerosol</sub> gesamt gemittelt           | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,26                              |                            | k.B.       |
| – Winter (Referenzbetrieb 2)  | NH <sub>3</sub> -N <sub>Aerosol</sub> gemittelt | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,06                              |                            | k.B.       |
|   | N <sub>Aerosol</sub> gesamt gemittelt           | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,12                              |                            | k.B.       |
| <b>Geruch</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer (9 Messtage)   |   |                      | ≤ 300 GE/m <sup>3</sup> und k.R.w |                            | ○          |
| – Winter (9 Messtage)   |   |                      | ≤ 300 GE/m <sup>3</sup> und k.R.w |                            | ○          |
| <b>Verbrauchsmessungen (Mittelwerte pro Tag bzw. pro Tierplatz und Jahr)<sup>4)</sup></b> |   |                      |                                   |                            |            |
| <b>Frischwasserverbrauch</b>  |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer  |   | [m <sup>3</sup> /d]  | 4,66                              | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 1,77 k.B.  |
| – Winter  |   | [m <sup>3</sup> /d]  | 3,94                              | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 1,25 k.B.  |
| <b>Abschlammung</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer  |   | [m <sup>3</sup> /d]  | 2,13                              | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,81 k.B.  |
| – Winter  |   | [m <sup>3</sup> /d]  | 2,48                              | [m <sup>3</sup> /(TP · a)] | 0,79 k.B.  |
| <b>Säureverbrauch</b> (bezogen auf 96 % Schwefelsäure) <sup>5)</sup>                      |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer  |   | [kg/d]               | 0,00                              | [kg/(TP · a)]              | 0,00 k.B.  |
| – Winter  |   | [kg/d]               | 9,39                              | [kg/(TP · a)]              | 3,00 k.B.  |
| <b>Verbrauch Alkalien<sup>5)</sup></b>  |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer  |   | [kg/d]               | 25,72                             | [kg/(TP · a)]              | 9,78 k.B.  |
| – Winter  |   | [kg/d]               | 0,24                              | [kg/(TP · a)]              | 0,08 k.B.  |
| <b>Elektrischer Energieverbrauch</b>  |   |                      |                                   |                            |            |
| <b>Abluftreinigung Pumpen</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer:   |   | [kWh/d]              | 40,19                             | [kWh/(TP · a)]             | 15,28 k.B. |
| – Winter:   |   | [kWh/d]              | 66,72                             | [kWh/(TP · a)]             | 21,14 k.B. |
| <b>Ventilatoren Stall</b>   |   |                      |                                   |                            |            |
| – Sommer:   |   | [kWh/d]              | 68,55                             | [kWh/(TP · a)]             | 26,06 k.B. |
| – Winter:   |   | [kWh/d]              | 29,08                             | [kWh/(TP · a)]             | 9,21 k.B.  |

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

- Die Messungen wurden an zwei Referenzbetrieben der Schweinehaltung (Mast) durchgeführt. Die Ergebnisse der Staub- und Feinstaubabscheidung wurden nur im Referenzbetrieb 1 ermittelt.
- Erfahrungsgemäß kann der Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10 µm führen, welche im Kaskadenimpaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion PM<sub>10</sub> bewirken. Die Partikelfraktion PM<sub>2,5</sub> ist von diesem Effekt weniger betroffen. Daher wird für diese Partikelfraktion ein höherer Abscheidegrad berechnet als für die Fraktion PM<sub>10</sub>.
- Im Referenzbetrieb 2 wurden die Halbstundenmittelwerte der Ammoniakabscheidung nicht über die gesamten acht Wochen ermittelt sondern nur während der N-Bilanzierung. Die Halbstundenmittelwerte der Wintermessung im Referenzbetrieb 1 (8 Wochen) bestätigen diese Abscheideleistungen.
- Die Hochrechnung der Verbrauchszahlen je Tierplatz werden auf das Jahr bezogen um den Vergleich mit anderen Abluftreinigungsverfahren zu ermöglichen. Im Referenzbetrieb 1 wurden die Sommer- im Referenzbetrieb 2 die Winterverbrauchsdaten ermittelt.
- Die Verbräuche der Chemikalien sind bei biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen im Wesentlichen abhängig von der sich bildenden Biomasse im Füllkörperpaket, der Wassertemperatur und von der Ammoniakfracht, die rohgasseitig in das Abluftreinigungssystem einströmt. Diese können sich je nach Standort der Anlage und entsprechender Jahreszeit verändern.



Tabelle 2:

Verfahrenstechnische Parameter der biologischen Abluftreinigungsanlage System RIMU

| <b>Merkmal</b>   | <b>Ergebnis / Wert</b>                |                   |
|--|---------------------------------------|-------------------|
| <b>Beschreibung</b>  |                                       |                   |
| Einstufiger biologischer Abluftwäscher mit Tropfenabscheider als Rieselbettfilter  |                                       |                   |
| <b>Eignung</b>   |                                       |                   |
| Reinigung der Stallluft aus einstreuloser Schweinehaltung mit Oberflurabsaugung zur Minderung von Staub, Ammoniak und Geruch bei einer kontinuierlichen Berieselung der Füllkörperpackung. |                                       |                   |
| <b>Dimensionierungsparameter, Maßangaben der Füllkörper, Referenzanlagen</b>   |                                       |                   |
| <b>Füllkörper</b>  |                                       |                   |
| – Länge/Breite/Höhe  | [m]/[m]/[m]                           | 10,2 / 2,4 / 1,5  |
| – Anströmfläche/Volumen  | [m <sup>2</sup> ]/[m <sup>3</sup> ]   | 24,48 / 36,72     |
| – spezifische Füllkörperoberfläche   | [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]     | 192               |
| – maximale Filterflächenbelastung <sup>1)</sup>  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)] | 2.800             |
| – maximale Filtervolumenbelastung  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)] | 1.867             |
| – Durchströmung bei max. Sommerluftfrate   | [m/sek]                               | 0,78              |
| – Verweilzeit bei maximaler Sommerluftfrate  | [sek]                                 | 1,93              |
| <b>Tropfenabscheider</b>   |                                       |                   |
| – Länge, Breite, Höhe  | [m]/[m]/[m]                           | 10,2 / 2,4 / 0,14 |
| – Anströmfläche, Volumen   | [m <sup>2</sup> ]/[m <sup>3</sup> ]   | 24,48 / 3,43      |
| – maximale Flächenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)] | 2.800             |
| – maximale Volumenbelastung [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)]  | [m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·h)] | 19.697            |
| – Durchströmung bei max. Sommerluftfrate [s]   | [m/sek]                               | 0,78              |
| – Verweilzeit bei maximaler Sommerluftfrate  | [sek]                                 | 0,18              |
| <b>Berieselung Füllkörper kontinuierlich</b>   |                                       |                   |
| – Berieselungsmenge (Minimum)  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 22,03             |
| – Berieselungsdichte   | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)] | 0,9               |
| – Anzahl der Düsen   | [Stk/m <sup>2</sup> ]                 | 0,7               |
| <b>Abschlammung</b>  |                                       |                   |
| – Fassungsvermögen Waschwasservorlagebecken  | [m <sup>3</sup> ]                     | 5,50              |
| – durchschnittliche Abschlammrate  | [m <sup>3</sup> /(TP·a)]              | 0,80              |
| – pH-Wert des Kreislaufwassers   |                                       | 6,5–7,2           |
| – maximale Leitfähigkeit im Kreislaufwasser  | [mS/cm]                               | 20                |
| <b>Referenzbetrieb 1 für durchgeführte Messungen</b>   |                                       |                   |
| – Schweinemaststall (Rein-Raus-Verfahren)  | [Anzahl]                              | 960               |
| – durchschnittliches Mastgewicht   | [kg/Tier]                             | 110               |
| – maximale Abluftmenge gemäß DIN 18910 bei Δ T = 3K  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 72.480            |
| – Anzahl der Lüfter  | [Stk]                                 | 4                 |
| – installierte Abluftmenge (150 Pa)  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 90.000            |
| – ermittelte maximale Abluftmenge  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 77.600            |
| – max. Druckverlust Füllkörper (Sommer) <sup>2)</sup>  | [Pa]                                  | 69                |
| – max. Gesamtdruckverlust Ventilatoren (Sommer)  | [Pa]                                  | 101               |
| <b>Referenzbetrieb 2 für durchgeführte Messungen</b>   |                                       |                   |
| – Schweinemaststall (Kontinuierliches Mastverfahren)   | [Anzahl]                              | 1.152             |
| – durchschnittliches Mastgewicht   | [kg/Tier]                             | 80                |
| – maximale Abluftmenge gemäß DIN 18910 bei Δ T = 3K  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 71.424            |
| – Anzahl der Lüfter  | [Stk]                                 | 3                 |
| – installierte Abluftmenge (250 Pa)  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 75.000            |
| – ermittelte maximale Abluftmenge  | [m <sup>3</sup> /h]                   | 77.300            |
| – max. Druckverlust Füllkörper (Winter)  | [Pa]                                  | 31                |
| – max. Gesamtdruckverlust Ventilatoren (Winter) <sup>3)</sup>  | [Pa]                                  | 236               |

1) Die maximale Filterflächenbelastung wurde zum Teil überschritten. Zur Einhaltung der Geruchsstoffabscheidung ( $\leq 300 \text{ GE/m}^3$  und k.R.w.) kann aber nur dieser Wert zertifiziert werden.

2) Durch die Reduzierung der maximalen Filterflächenbelastung auf  $2.800 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  kann davon ausgegangen werden, dass sich der maximale Druckverlust über den Füllkörper reduziert.

3) Der hohe Gesamtdruckverlust ist auf die vorgefundene Zuluftführung der Abteile und Abluftführung bis zum Überdruckraum der Wäscheranlage zurückzuführen. Der Messpunkt des Druckverlustes lag im Abluftrohr vor dem Ventilator.

stopfungsanfälligkeit des Rieselbettfilters reduziert.

Das Prinzip des Rieselbettfilters beruht auf der biologischen Oxidation der Abluftinhaltsstoffe durch intensiven Kontakt mit dem im Kreislauf geführten Prozesswasser und der großen spezifische Oberfläche der drei Füllkörpertypen. Durch die Ansiedelung von Mikroorganismen auf der Kontaktoberfläche unter Bildung eines Biofilms werden die im Prozesswasser gelösten Abluftinhaltsstoffe von den Mikroorganismen in ihrem zelleigenen Stoffwechsel und zum Aufbau neuer Biomasse verarbeitet.

Oberhalb des Füllkörpers befinden sich der Düsenstock zur Befeuchtung des Füllkörpers und ein nachgeschalteter Tropfenabscheider. Durch den Besprühungsnebel wird nochmals ein intensiver Kontakt der zu reinigenden Stallabluft und Prozesswasser erreicht, der die Reinigung der Abluftinhaltsstoffe unterstützt. Der Tropfenabscheider dient der Abscheidung von stickstoffhaltigen Aerosolen, die nicht in die Umgebung gelangen dürfen, und zur Begrenzung des Wasserverlustes innerhalb der Anlage.

Um eine hohe biologische Aktivität und einen stabilen Prozessablauf innerhalb des Systems aufrecht zu erhalten, ist eine kontinuierliche Berieselung der Füllkörperpackung mit Prozesswasser erforderlich. Die erforderliche Berieselungsdichte muss mindestens bei  $0,90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  liegen.

Der pH-Wert des Prozesswassers liegt zwischen pH 6,5 und maximal pH 7,2

und muss als Halbstundenmittelwert im elektronischen Betriebstagebuch (EBTB) abgespeichert werden. Bei Überschreitung des maximal erlaubtem pH-Wertes wird über eine Säuredosier-technik Säure in das Prozesswasser zur Absenkung des pH-Wertes zu dosiert. Bei Unterschreitung des minimalen pH-Wertes muss eine Anhebung des pH-Wertes über eine Alkaliendosierung erfolgen. Hierdurch wird die Bildung nitroser Gase ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) vermieden. Zur Alkalisierung wird der Einsatz von Natronlauge empfohlen.

Die Ammoniakabscheidung erfolgt über die Nitrifikanten (Nitrosomas und Nitrobacter), die das im Prozesswasser gelöste Ammoniak aufnehmen und dann zu Nitrit und in geringem Umfang zu Nitrat oxidieren. Durch den Nitrifikationsprozess kommt es zur Aufsalzung im Waschwasser. Die Aufsalzung wird durch einen induktiven Leitfähigkeitsmessensor erfasst und in  $\text{mS/cm}$  im EBTB als Halbstundenmittelwert abgespeichert.

Für die sichere Stickstoffabscheidung ist eine ausreichende Abschlammung bei einstufigen, biologisch arbeitenden Wäschern erforderlich. Die Leitfähigkeit des Waschwassers wird daher auf  $20 \text{ mS/cm}$  begrenzt. Wird diese im Waschwasser erreicht, erfolgt eine automatische Abschlammung und eine darauf folgende Frischwasserauffüllung. Hierdurch wird das Waschwasser verdünnt und die Leitfähigkeit herabgesetzt.

Da es durch den Wäscherbetrieb auch zu erhöhten Wasserverdunstungen

kommt müssen beide Verbrauchswerte (Frischwasser, Abschlammung) im EBTB hinterlegt werden. Die Kontrolle des Wasserstandes wird mittels elektronischem Füllstandsensordurchgeführt, der auch die eingesetzte Umwälzpumpe vor dem Trockenlaufen schützt.

Nach einer Neuinstallation des biologischen Abluftwäschers benötigt das System eine Anlaufphase von sechs bis maximal acht Wochen um die Anforderungen der Geruchsstoffreduzierung zu erzielen. Die Ammoniakabscheidung und N-Entfrachtung funktionieren auf Grund der pH-Wert geregelten Steuerung sofort. Dies gilt auch für die Mindestanforderung der Staubabscheidung. [5]

Die pH-Wert-Regelung im Prozesswasser zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\text{pH} \leq 7,2$  muss daher immer ab dem ersten Betriebstag erfolgen. Dies gilt auch bei produktionsbedingten Stillstandzeiten, die in einem Rein-Raus-Verfahren der Mastschweinehaltung, der Ferkelaufzucht oder nach Reinigungsarbeiten vorkommen können. Um einer längeren Anlaufphase bei diesen Stillstandzeiten vorzubeugen (nicht bei Reinigungsarbeiten) muss man die kontinuierliche Berieselung der Füllkörperpackung aufrecht erhalten.

## Gewährleistung

Der Hersteller gibt eine Garantie von einem Jahr, welche den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage voraussetzt. Die Installation und Wartung muss durch eine vom Hersteller autorisierte Fachfirma durchgeführt werden. [6]

## Die Methode

Die Messungen wurden an zwei Referenzstallanlagen in 49439 Steinfeld und 49685 Emstek durchgeführt. Die Prüfung umfasste eine Sommer- und zwei Wintermessungen.

Im Referenzstall 1 wurden 960, im Referenzstall 2 1.152 Mastschweine eingestellt. Die Frischluft strömte aus dem Dachraum über Zuluftklappen, die oberhalb der Futtergänge angeordnet waren, in die Abteile ein (Schlitzganglüftung). Über die Abluftventilatoren, die saugseitig hinter der Abluftreinigungsanlage installiert waren, wurde die Stallabluft in einen zentralen Abluftschacht gesogen und über die Abluftreinigungsanlagen abgeführt.

In beiden Referenzbetrieben wurde die Lüftung gemäß den Vorgaben der DIN 18910 ( $\Delta T = 3\text{K}$ ) ausgelegt.

Es muss darauf geachtet werden, dass die Abluftventilatoren bei Installation im Saugprinzip den Nachweis der Korrosionssicherheit besitzen und die gemäß DIN 18910 zu fördernde maximale Luftmenge bei einem Druckverlust von mindestens  $150 \text{ Pa}$  gewährleisten. Der Abstand zwischen Ventilator und Tropfenabscheider muss bei mindestens einem Meter liegen. Die Messungen fanden von Januar bis März 2014, von Mai bis Juli 2014 und von Februar bis Mai 2015 statt.

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 isokinetisches Probenahmesystem nach Paul Gothe mit Planfilterkopfgerät ( $\text{Ø} 50 \text{ mm}$ ) installiert. Als Abscheidemedium wurde ein Glasfaser Rundfilter mit  $\text{Ø} 45 \text{ mm}$  ausgewählt.

Die Feinstaubbestimmung ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) erfolgte nach VDI-Richtlinie 2066, Blatt 10 und nach DIN EN ISO

23210. Es wurde ein Kaskadenimpaktor Johnas II nach Paul Gothe mit drei Planfiltern (Ø 50 mm) eingesetzt. Als Abscheidemedium wurde wieder ein Glasfaser Rundfilter, jedoch mit einem Filterdurchmesser von 50 mm, eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über die gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung. Die Staubmessungen wurden nur im Referenzbetrieb 1 (Winter- und Sommermessung) durchgeführt.

## Ammoniak

Die Ammoniakmessungen im Roh- und Reingasbereich erfolgten über den gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich über ein optoakustisches Messverfahren (Multigasmetrier 1303) in Anlehnung an die KTBL-Schrift 401 S. 73 ff. Um Kondensation in den gasführenden PTFE Leitungen zu vermeiden, wurden die Messgasleitungen auf ihrer Gesamtlänge beheizt.

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

## Aerosol-Austrag

Zur Bestimmung des Aerosolaustrages wurde die Abluft über Waschflaschen mit 100 ml Absorptionslösung (0,01 n Schwefelsäure, Impinger-Messverfahren) geleitet. Um den NH<sub>3</sub>-N Aerosolanteil bestimmen zu können, wurde parallel eine filtrierte und eine unfiltrierte Probenahme durchgeführt. Das Prozesswasser muss bei biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen auch auf die Inhaltstoffe NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N und NO<sub>2</sub>-N analysiert werden. Anhand der Differenz der filtrierten und unfiltrierten Probenahme, sowie der Zusammensetzung des Prozesswassers wird die als Aerosol ausgetragene Stickstoffmenge berechnet. In den Messperioden wurden insgesamt drei Aerosol-Impinger-NH<sub>3</sub>-Messungen durchgeführt. Die Analytik erfolgte nach dem Indophenol-Verfahren. Die Konzentration an Ammoniak in den Probenlösungen wurde photometrisch bestimmt.

## N-Bilanz, N-Entfrachtung

Die Ammoniakabscheidung der Abluftreinigungsanlage wurde über eine N-Bilanzierung unter Berücksichtigung der Ammoniak-Frachten (im Roh- und Reingas), des Aerosolaustrages, der im Roh- und Reingas enthaltenen Stickoxide sowie der im Waschwasser gelösten anorganischen Stickstoffverbindungen

jeweils zweiwöchig in zwei Messperioden verifiziert. Bei einem biologisch arbeitenden Wäschersystem muss das Prozesswasser auch auf die Konzentration von Ammonium, Nitrit und Nitrat analysiert werden.

Zur Bestimmung der eigentlichen N-Entfrachtung wird die entnommene anorganische N-Masse mit der rohgasseitig eintretenden N-Fracht ins Verhältnis gesetzt. Dies bedeutet, dass der durch die Abluftreinigungsanlage tatsächlich abgeschiedene Stickstoffanteil aus dem Ammoniak des Rohgases im Waschwasser sowie die Restemission von Ammoniak im Reingas nachgewiesen werden.

## Geruch

Die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration wurde mittels dynamischer Olfaktometrie in Anlehnung an die DIN EN 13725 nach dem Ja/Nein-Verfahren durch Verdünnung bis zur Geruchsschwelle durchgeführt. Die Probenentnahme auf der Roh- und Reingasseite wurden mittels Unterdruckprobennehmer (CSD-30) durchgeführt. Die Geruchsprobenauswertung fand an einem Olfaktometer T08 der Firma Ecoma GmbH statt. Die Überprüfung der Probanden mit Standardgeruchsstoff (n-Butanol) wurde an jedem Messtermin durchgeführt. Zum Nachweis der Geruchsabscheidung wurden wöchentlich Geruchsproben gezogen.

## 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). Die Säure- und Alkalienverbräuche wurden mittels Wägesystem (Kraftaufnehmer bzw. Wägezelle) ermittelt.

Zur Dokumentation der Umgebungsbedingungen wurden die Temperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten (Außen, Rohgas, Reingas) erfasst. An den Messtagen zur Ermittlung der Staub- und Geruchsstoffabscheidung wurden zusätzlich folgende Parameter dokumentiert:

- Tiergewichte (geschätzt) und Tierzahlen (Stallbuch)
- absoluter Luftvolumenstrom (Lüftungssteuerung und DLG-Messventilatoren)

- Abschlämmvolumen
- Druckverlust über die Anlage sowie der Druckverlust über die Ventilatoren

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

## Betriebsicherheit und Haltbarkeit

Die Betriebsicherheit 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, Arbeitszeitbedarf und Wartungsaufwand

Die Betriebsanleitung wurde aus Anwendersicht beurteilt. Besonderer Wert bei der Prüfung der Betriebsanleitung wird auf die Detailgenauigkeit der Funktionsbeschreibung inklusive Bebilderung sowie auf eine klare Darstellung der regelmäßig auftretenden Wartungsarbeiten gelegt.

Im Prüfbereich Handhabung und Arbeitszeitbedarf wird beurteilt, ob eine Unterweisung seitens des Herstellers bei der Inbetriebnahme vorgesehen ist und welcher Aufwand für regelmäßig wiederkehrende Kontrollen und Arbeiten bei Störungen im Turnus von Tagen, Wochen und Monaten erforderlich sind.

## Dokumentation EBTB

Im elektronischen Betriebstagebuch sind generell folgende Parameter als 1/2-Stunden Mittelwerte zu erfassen und abzuspeichern:

- Druckverlust über die Füllkörperpackung und den Tropfenabscheider in Pa
- Luftdurchsatz in m<sup>3</sup>/h
- Pumpenlaufzeit in Std.
- Berieselungsdichte in m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)
- Gesamtfrischwasserverbrauch an der Anlage in m<sup>3</sup>
- Abschlämmung in m<sup>3</sup>
- Roh- und Reingastemperatur in °C
- pH-Wert [-] und elektrische Leitfähigkeit in mS/cm
- Stromverbrauch in kWh

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

Diese Daten dienen dem Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes der Abluftreinigungsanlage und wurden an der Abluftreinigungsanlage „System RIMU“ [7] überprüft.

## Umweltsicherheit

Der Prüfungsbereich Umweltsicherheit umfasste eine Beurteilung eventueller, für den Anlagenbetrieb nötiger Betriebsstoffe wie Säure und Alkalien, die stoffliche Verwertung anfallender Reststoffe, hier beispielsweise das abgeschlammte Wasser sowie die Demontage und Entsorgung von Anlagenteilen. Außerdem wurde geprüft, in welche Verantwortungsbereiche diese Aspekte fallen.

## Sicherheitsaspekte

Zur Beurteilung der Anlagensicherheit wurde die Übereinstimmung der Anlage mit den aktuell gültigen Vorschriften in den Bereichen Feuer- und Arbeitssicherheit durch die Prüf- und Zertifizierungsstelle der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) kontrolliert.

# Die Testergebnisse im Detail

## Staub

Insgesamt wurden vier Gesamtstaub- und zwei Feinstaubmessungen ( $PM_{10}/PM_{2,5}$ ) in je einer Messperiode (Winter und Sommer) im Referenzbetrieb 1 durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die in Tabelle 3 dargestellten Randparameter wurden jeweils zum Beginn der Messungen zwischen 10 und 11 Uhr Ortszeit aufgenommen. Volumenstrom- und Druckverlustangaben beziehen sich auf den Mittelwert der erfassten Minutenwerte (Datenaufzeichnung der DLG), die während des Messzeitraums aufgezeichnet wurden.

Aus Tabelle 3 geht hervor, dass in der Wintermessung durchschnittlich 90,0%, in der Sommermessung 87,9% an Gesamtstaub abgeschieden wurde. Der mittlere Abscheidegrad bei Feinstaub  $PM_{10}$  lag bei 86,3% im Winter und 85,3% im Sommer. Die Abscheidung hinsichtlich der Feinstaubfraktion  $PM_{2,5}$  lag im Winter bei 96,7% und im Sommer bei 95,1%.

Die guten Abscheideleistungen in allen Messungen lassen sich aufgrund des Aufbaus der Füllkörperpackung (Höhe = 1,5 m) und der Berieselungsdichte des Füllkörpers von  $\geq 0,90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  im Gegenstromverfahren erklären. Hinzu kommt, dass die Verweilzeit der

Stallluft in der Füllkörperpackung bei maximaler Belastung mit rund 1,93 Sekunden sehr hoch ist, so dass die Abluft genügend Zeit hat mit der befeuchteten spezifischen Oberfläche der drei unterschiedlich eingesetzten Füllkörpertypen in Kontakt zu kommen und der Staub abgeschieden wird.

Die höheren Abscheideleistungen der Feinstaubfraktion  $PM_{2,5}$  zu  $PM_{10}$  lassen sich dadurch erklären, dass es durch den Waschprozess zur Bildung von Tröpfchen im Größenbereich 2,5 bis 10  $\mu\text{m}$  kommt, welche bei der Staubmessung mit dem Impaktor einen erhöhten Befund für die Partikelfraktion  $PM_{10}$  bewirken. Die Partikelfraktion

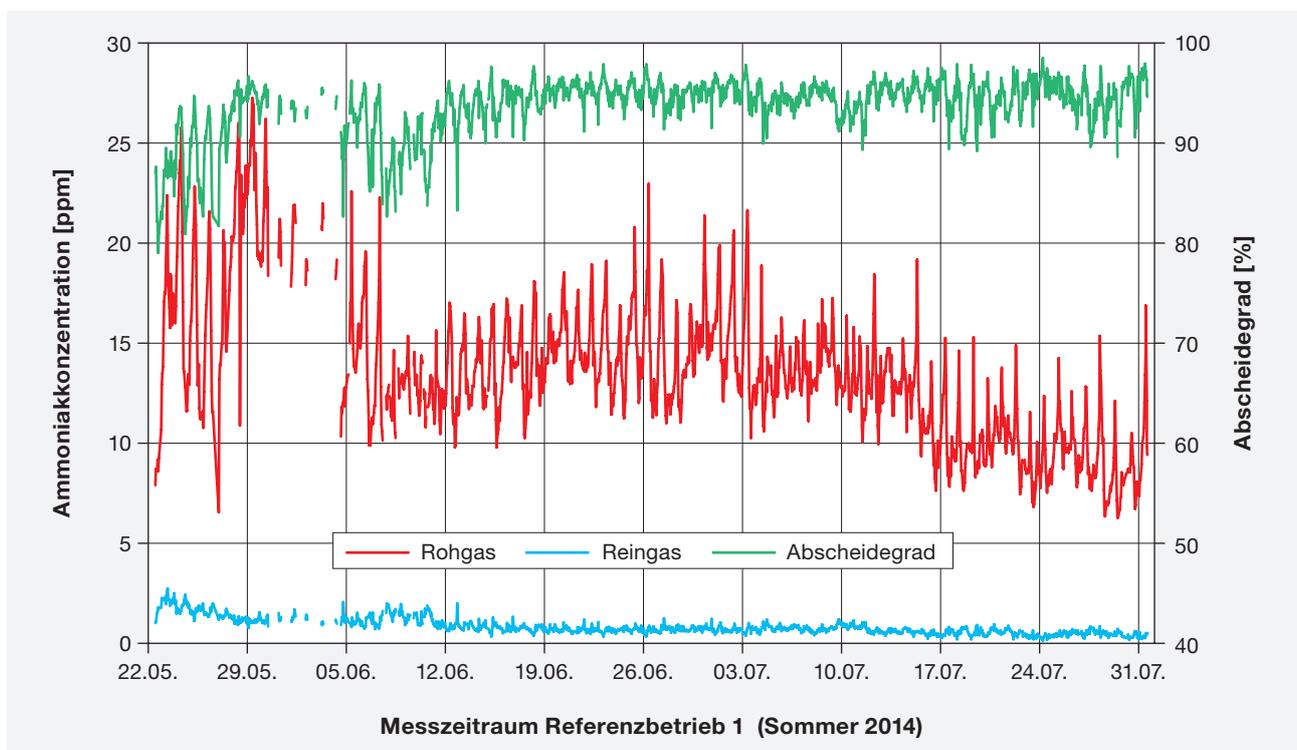


Bild 3:

Abscheidegrad und Verlauf der Ammoniak-Konzentration im Roh- und Reingas während der Sommermessung (vom 30.05.14, 10.30 Uhr, bis zum 04.06.14, 13.30 Uhr, kam es zum Stromausfall und zu Störungen der Ammoniakmesstechnik)

Tabelle 3:

Messergebnisse zur Emissionsminderung (Staub) der biologischen Abluftreinigungsanlage System RIMU im Referenzbetrieb 1

| Referenzbetrieb 1                           |                      | Wintermessung <sup>1)</sup> |           |           |           |           | Sommermessung |           |           |
|---|----------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| Datum                                       |                      | 23.01.14                    | 06.02.14  | 20.02.14  | 13.03.14  | 05.06.14  | 12.06.14      | 26.06.14  | 10.07.14  |
| <b>Umgebungs- und Randbedingungen</b>       |                      |                             |           |           |           |           |               |           |           |
| rel. Außenluftfeuchte                       | [%]                  | 95                          | 68        | 83        | 42        | 72        | 65            | 56        | 83        |
| Umgebungstemperatur                         | [°C]                 | 0,5                         | 9,0       | 8,4       | 16,0      | 16,5      | 22,0          | 20,0      | 23,0      |
| Rohgas-/Reingasfeuchte                      | [%]                  | 70/100                      | 65/100    | 74/99     | 77/97     | 64/99     | 55/97         | 71/95     | 78/99     |
| Rohgas-/Reingastemperatur                   | [°C]                 | 19,5/15,0                   | 22,0/19,0 | 18,7/16,0 | 19,5/14,8 | 22,0/17,9 | 23,0/19,2     | 23,0/19,2 | 25,0/24,0 |
| Mastschweine                                | [Anzahl]             | 958                         | 953       | 953       | 657       | 955       | 955           | 951       | 947       |
| Ø Tiergewicht                               | [kg]                 | 65                          | 78        | 90        | 115       | 60        | 68            | 85        | 103       |
| Luftvolumenstrom gesamt                     | [m <sup>3</sup> /h]  | 16.800                      | 28.100    | 41.600    | 29.000    | 39.400    | 50.000        | 47.000    | 56.700    |
| Druckverlust Wäscher                        | [Pa]                 | 6                           | 16        | 31        | 17        | 23        | 34            | 33        | 45        |
| Druckverlust Stall+ Wäscher                 | [Pa]                 | 25                          | 38        | 48        | 35        | 59        | 60            | 58        | 70        |
| <b>Gesamtstaub (normiert)</b>               |                      |                             |           |           |           |           |               |           |           |
| Rohgas                                      | [mg/m <sup>3</sup> ] | 1,37                        | 1,83      | 1,83      | 1,65      | 1,60      | 0,82          | 1,28      | 1,03      |
| Reingas                                     | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,06                        | 0,20      | 0,22      | 0,21      | 0,14      | 0,11          | 0,26      | 0,06      |
| Abscheidegrad                               | [%]                  | 95,6                        | 89,1      | 88,0      | 87,3      | 91,3      | 86,6          | 79,7      | 94,2      |
| <b>Feinstaub (normiert)</b>                 |                      |                             |           |           |           |           |               |           |           |
| Rohgas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub>  | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,47/0,24                   |           |           | 1,20/0,96 | 0,70/0,48 |               | 0,39/0,26 |           |
| Reingas PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> | [mg/m <sup>3</sup> ] | 0,09/0,01                   |           |           | 0,10/0,02 | 0,08/0,01 |               | 0,07/0,02 |           |
| Abscheidegrad                               | [%]                  | 80,8/95,4                   |           |           | 91,7/98,0 | 88,1/97,4 |               | 82,5/92,7 |           |

Tabelle 4:

Messergebnisse zur Emissionsminderung Ammoniak während der Messperioden

|                          | Sommermessung <sup>2)</sup> |               |                               | Wintermessung <sup>2)</sup> |               |                               |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|
|                          | 22.05 bis 31.07.2014        |               |                               | 18.03 bis 22.04.2014        |               |                               |
|                          | Rohgas [ppm]                | Reingas [ppm] | Abscheidung [%] <sup>3)</sup> | Rohgas [ppm]                | Reingas [ppm] | Abscheidung [%] <sup>3)</sup> |
| Mittelwert <sup>4)</sup> | 13,5                        | 0,8           | 93,8                          | 24,6                        | 3,0           | 87,1                          |
| Maximum <sup>4)</sup>    | 27,3                        | 2,8           | 98,5                          | 35,9                        | 5,7           | 96,3                          |
| Minimum                  | 6,3                         | 0,2           | 79,1                          | 13,0                        | 1,1           | 70,7                          |
| Standardabweichung       | 3,6                         | 0,4           | 2,8                           | 4,9                         | 0,9           | 5,5                           |

1) Die Wintermessung fand bei einer kombinierten Ober- und Unterflurabsaugung statt. Da die Unterflurabsaugung keinen Einfluss auf die Staubabscheidung des Wäschersystems hat, konnten die Abscheideleistungen anerkannt werden. Aufgrund der nicht eingehaltenen Mindestanforderungen zur Geruchsstoffabscheidung, sind weitere Messungen bezüglich der Geruchsstoffabscheidung im Referenzbetrieb 2 durchgeführt worden.

2) Die Sommermessungen wurden im Referenzbetrieb 1, die Wintermessungen im Referenzbetrieb 2 durchgeführt.

3) Die aufgeführten Abscheideleistungen sind nicht auf die in der Tabelle dargestellten Konzentrationen im Roh- und Reingas zu beziehen sondern sind die Werte, die über den entsprechenden Messzeitraum ermittelt wurden.

4) Die zu hohen Ammoniakkonzentrationen im Rohgas (Referenzbetrieb 1 und 2) lassen sich auf eine Teilabsaugung der Stallabluft über die Unterflurabsaugung erklären (unzureichende Abdichtung). Die Ammoniakkonzentrationsmessungen im Tierbereich hingegen, die regelmäßig mittels Dräger-Röhrchen durchgeführt wurden lagen in beiden Referenzbetrieben bei < 20 ppm.

Tabelle 5:  
Aerosolaustrag aus der biologischen Abluftreinigungsanlage System RIMU

| Referenzbetrieb   |                        | 1          | 2                        |
|---|------------------------|------------|--------------------------|
| Datum   |                        | 03.07.2014 | 24.07.2014<br>25.03.2015 |
| Tieranzahl  | [Anzahl]               | 951        | 852<br>1.156             |
| Gewicht   | [kg]                   | 90         | 115<br>80                |
| Abluftvolumen <sup>1)</sup>                                       | [m <sup>3</sup> /h]    | 56.700     | 65.700<br>24.500         |
| Ablufttemperatur  | [°C]                   | 20,5       | 21,5<br>16,8             |
| Abluftfeuchte   | [%]                    | 96         | 99<br>99                 |
| NH <sub>3</sub> unfiltriert C <sub>Norm</sub>                     | [mg/m <sup>3</sup> ]   | 0,30       | 0,20<br>1,49             |
| NH <sub>3</sub> filtriert C <sub>Norm</sub>                       | [mg/m <sup>3</sup> ]   | 0,20       | 0,20<br>1,42             |
| Differenz NH <sub>3</sub> C <sub>Norm</sub>                       | [mg/m <sup>3</sup> ]   | 0,10       | 0,00<br>0,07             |
| Aerosolaustrag NH <sub>3</sub> -N C <sub>Norm</sub> <sup>2)</sup> | [mg/m <sup>3</sup> ]   |            | 0,05<br>0,06             |
| Aerosolaustrag NH <sub>3</sub> -N C <sub>Norm</sub>               | [ppm]                  |            | 0,04<br>0,05             |
| Massenstrom NH <sub>3</sub> -N C <sub>Norm</sub>                  | [g/h]                  |            | 3,06<br>1,47             |
| NH <sub>4</sub> -N <sub>Waschwasser</sub>                         | [kg/m <sup>3</sup> ]   |            | 0,52<br>2,40             |
| NO <sub>3</sub> -N <sub>Waschwasser</sub>                         | [kg/m <sup>3</sup> ]   |            | 0,00<br>0,00             |
| NO <sub>2</sub> -N <sub>Waschwasser</sub>                         | [kg/m <sup>3</sup> ]   |            | 2,82<br>0,75             |
| Aerosolaustrag N <sup>3)</sup>                                    | [mg N/m <sup>3</sup> ] |            | 0,32<br>0,08             |
| Massenstrom N   | [g/h]                  |            | 19,65<br>1,94            |

1) Volumenstromangaben beziehen sich auf den Mittelwert der erfassten Minutenwerte (Datenaufzeichnung der DLG) die während des Messzeitraums aufgezeichnet wurden.

2) Berechnet aus dem Mittelwert der Differenz zwischen filtrierter und unfiltrierter NH<sub>3</sub>-Probennahme aus den entsprechenden Messperioden.

3) Berechnet aus der Differenz der filtrierten und unfiltrierten NH<sub>3</sub>-N Probenahme, sowie der Zusammensetzung des Waschwassers im Wäscher:  

$$N_{\text{Aerosol}} = (NH_3\text{-N Aerosol}) \times [(NH_4\text{-N Wasser}) + (NO_2\text{-N Wasser})] : (NH_4\text{-N Wasser})$$

Tabelle 6:  
Messergebnisse der Abscheideleistung, N-Bilanz und N-Entfrachtung in den zwei Messperioden

|  |         | Referenzbetrieb 1 | Referenzbetrieb 2 |
|--|---------|-------------------|-------------------|
| Messzeitraum                                   |         | 18.07.-31.07.14   | 20.02.-07.03.15   |
| NH <sub>3</sub> -N Rohgas Eintrag              | [kg]    | 108,3             | 178,7             |
| NH <sub>3</sub> -N Reingas Austrag             | [kg]    | 5,7               | 23,6              |
| Differenz                                      | [kg]    | 102,6             | 155,1             |
| Abscheideleistung NH <sub>3</sub> -N           | [%]     | 94,8              | 86,8              |
| Rohgas weitere gasf. N-Verbindungen            | [kg]    | 6,3               | 4,6               |
| Reingas weitere gasf. N-Verbindungen           | [kg]    | 29,2              | 11,1              |
| Differenz <sub>gasf. N-Verbindung gesamt</sub> | [kg]    | 79,7              | 148,5             |
| Abscheideleistung N <sub>gasf.</sub>           | [%]     | 69,6              | 81,0              |
| pH-Wert  | [-]     | 7,0-7,5           | 6,8-7,4           |
| Leitfähigkeit                                  | [mS/cm] | 14-15             | 17-20             |
| N <sub>anorg.</sub> -Kreislaufwasser           | [kg]    | -1,1              | 1,0               |
| N <sub>anorg.</sub> -Abschlammung              | [kg]    | 91,3              | 139,6             |
| - Ammonium-N                                   | [mg/l]  | 192               | 2.210             |
| - Nitrat-N                                     | [mg/l]  | < 118             | < 100             |
| - Nitrit-N                                     | [mg/l]  | 2.075             | 1.205             |
| Eintrag gesamt                                 | [kg]    | 114,6             | 183,3             |
| Austrag gesamt                                 | [kg]    | 125,1             | 175,4             |
| Wiederfindungsrate N-Bilanz                    | [%]     | 109,2             | 95,7              |
| Austrag Wasseranalysen                         | [kg]    | 90,3              | 140,6             |
| N-Entfrachtung                                 | [%]     | 78,8              | 76,7              |

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

## Ammoniak

Eine Bewertung durch die DLG-Prüfungskommission wird erst ab einer Konzentration von  $\geq 3$  ppm durchgeführt, da ansonsten die Messgrenzen der eingesetzten Messgeräte zur Ammoniak-Bestimmung unterschritten werden, bzw. die auftretende Messunsicherheit eine einwandfreie Bewertung nicht ermöglicht. Bis auf wenige Ausfälle (Stromausfall und Störungen der Messtechnik) konnten insgesamt rund 3.700 1/2 Stundenmittelwerte ausgewertet werden.

Rohgasseitig wurden keine Konzentrationen  $\leq 3$  ppm gemessen.

In der Wintermessung (Referenzbetrieb 2) wurden rohgasseitig Ammoniakkonzentrationen zwischen 13 und maximal 35 ppm gemessen. Im Sommer zwischen 6 und 27 ppm (Referenzbetrieb 1). Die zu hohen Ammoniakkonzentrationen im Rohgas lassen sich auf eine minimale Teilabsaugung der Stallabluft über die Unterflurabsaugung erklären. Die Ammoniakkonzentrationsmessungen im Tierbereich hingegen, die regelmäßig mittels Dräger-Röhrchen in den einzelnen Abteilen der Stallgebäude durchgeführt wurden, lagen bei maximal 18 ppm. Die Anforderungen der Nutztierhaltungsverordnung konnten somit erfüllt werden.

Reingasseitig wurden im Winter durchschnittlich 3 ppm, im Sommer  $< 1$  ppm ermittelt. Durch die biologische Abluftreinigungsanlage „System RIMU“ [8] wurden im Mittel in der Wintermessung 87,1%, in der Sommermessung 93,8% Ammoniak aus der Stallabluft abgeschieden.

In Bild 3 sind die Ammoniak-Konzentrationen und der Abscheidegrad exemplarisch aus der Sommermessung dargestellt. Tabelle 4 zeigt zusätzlich einen Überblick der Mittel-, Maximal- und Minimalwerte sowie die entsprechende Standardabweichung aller durchgeführten Messungen.

Die wirkungsvolle Ammoniak-Abscheidung durch das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem kann nur sichergestellt werden, wenn das Prozesswasser bei einem maximalen Leitwert von 20 mS/cm abgeschlammmt und der pH-Wert zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\leq \text{pH} 7,2$  eingeregelt wird.

Eine Säure- und Alkalivorlage muss daher in ausreichender Menge bereitgestellt werden. Eine Vorlage der Chemikalien in Form eines IBC-Containers (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und NaOH) ist zu empfehlen.

## Aerosol-Austrag

Bei biologisch arbeitenden Abluftreinigungssystemen können stickstoffhaltige Aerosole in Form von NH<sub>3</sub> und auch NO<sub>x</sub> aus den Vorlagebecken und der Füllkörperpackung ausgetrieben und vom Abluftstrom mitgerissen werden. So gelangt der ursprünglich abgeschiedene Stickstoff unbeabsichtigt wieder in die Umgebung. Die Ergebnisse der Aerosol-Impinger-Messungen, die in den beiden Referenzbetrieben durchgeführt wurden, sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Der Ammoniak Aerosolaustrag ist niedrig und hat einen Anteil von nur 0,04 ppm (Referenzbetrieb 1) sowie 0,05 ppm (Referenzbetrieb 2) Ammoniak im Reingas. Die Messungen wurden im Winter bei durchschnittlichen Abluftvolumenströmen von 24.500 m<sup>3</sup>/h im Sommer bei 61.200 m<sup>3</sup>/h durchgeführt. Aufgrund der höheren Abluftvolumenströme liegen die Massenströme bezogen auf Stickstoff im Sommer bei 19,65 g/h. Im Winter dagegen nur bei 1,94 g/h.

## N-Entfrachtung N-Bilanz

Zum Nachweis der tatsächlichen N-Entfrachtung wurde eine N-Bilanzierung durchgeführt. Eine Bilanzierung der Ströme des Stickstoffs innerhalb der Anlage ist wichtig weil:

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

Tabelle 6 fasst die ermittelten Ergebnisse der Abscheideleistung (Rohgas- und Reingasemissionen), N-Bilanz und N-Entfrachtung zusammen, die in den jeweiligen Messzeiträumen ermittelt wurden.

Die Wiederfindungsrate von Stickstoff lag in der Sommermessung 109,2% sowie bei 95,7% in der Wintermessung. Aufgrund der vielen Einflussfaktoren bezüglich der Datenerfassung (Probenahme, Gasmessung, Volumen-

strombestimmung, Bestimmung des Prozesswasservolumens, Analytik) kann es dazu kommen, dass die N-Wiederfindungsrate der Bilanz bei über 100% liegen kann. Daher wird die N-Entfrachtung mit in die Betrachtungsweise einbezogen.

Die N-Entfrachtung spiegelt nämlich die tatsächlich entnommene Stickstoffmenge aus der Stallabluft wieder, die durch den Betrieb der Abluftreinigungsanlage ermöglicht wird. Diese lagen deutlich unterhalb der Werte, die für die Ammoniakabscheidung ermittelt wurden und können mit 76,7% (Winter) und 78,8% (Sommer) angegeben werden. Ursache hierfür ist u. a. die Bildung sekundärer Spurengas aus zuvor abgeschiedenem Ammoniak in Form von N<sub>2</sub>O und NO<sub>x</sub>.

## Geruch

Der Nachweis der im DLG Prüfrahen festgelegten Mindestanforderungen zur Geruchsabscheidung ( $\leq 300$  GE/m<sup>3</sup> und k.R.w.) kann nur bei einer reinen Oberflurabsaugung aus dem Stallgebäude und einer maximalen Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) eingehalten werden.

Auch zur Geruchsstoffabscheidung darf ein maximaler Leitwert von 20 mS/cm nicht überschritten und die pH-Wert-Regulierung muss zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\text{pH} \leq 7,2$  eingestellt werden. Tabelle 7 fasst die Ergebnisse der Messungen an den Referenzbetrieben 1 und 2 zusammen.

Die beiden unzureichenden Geruchsminderungen waren zum einen begründet durch eine Futterumstellung am 10.07.2014 im Referenzbetrieb 1 und zum anderen durch die Ausbringung von Gülle aus dem Lagerraum unter dem Stall im Referenzbetrieb 2 am 22.04.2015.

Es ist bekannt, dass biologisch arbeitende Abluftreinigungssysteme, die als Rieselfilter ausgeführt werden, eine Zeit zur Anpassung benötigen, wenn es zu deutlichen Veränderungen der Geruchsstoffzusammensetzung im Rohgas kommt. Belegt wird dies auch durch die Feststellung des säuerlichen Futtergeruchs in der Rohgasprobe durch die Probanden am 10.07.14.

Durch das Aufrühren der Gülle in den Flüssigmistkanälen kommt es zu einem anderen rohgastypischen Geruch, der durch die Wäscheranlage nur bedingt abgereinigt werden kann. Dies zeigt, dass auch bei dieser Auslegung (Filterflächenbelastung 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h), Abschlammung bei 20 mS/cm, pH-Wert-

Tabelle 7:

Ergebnisse der Geruchsmessungen an der biologischen Abluftreinigungsanlage im Referenzbetrieb 1 (Sommer)

| Referenzbetrieb 1 – Sommermessungen   |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Datum                                 |                                       | 28.05.14           | 05.06.14  | 13.06.14  | 26.06.14  | 03.07.14  | 10.07.14  | 16.07.14  | 24.07.14  | 31.07.14  |
| <b>Umgebungs- und Randbedingungen</b> |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
| rel. Außenluftfeuchte                 | [%]                                   | 94                 | 67        | 65        | 56        | 41        | 83        | 48        | 65        | 51        |
| Umgebungstemperatur                   | [°C]                                  | 12,0               | 17,0      | 22,0      | 20,0      | 26,5      | 23,0      | 27,0      | 23,6      | 27,0      |
| Rohgas-/Reingasfeuchte                | [%]                                   | 85/98              | 64/99     | 55/97     | 71/95     | 68/96     | 78/99     | 44/97     | 67/99     | 58/99     |
| Rohgas-/Reingastemp.                  | [°C]                                  | 24,0/23,0          | 22,0/17,9 | 23,0/19,2 | 23,0/19,0 | 22,6/20,1 | 25,0/24,0 | 25,0/22,0 | 25,0/20,0 | 24,9/19,2 |
| Tierzahlf im Stall                    | [Anzahl]                              | 963                | 955       | 955       | 951       | 951       | 947       | 885       | 852       | 521       |
| Ø Tiergewicht                         | [kg]                                  | 52                 | 60        | 68        | 85        | 90        | 103       | 110       | 115       | 120       |
| Ø Luftvolumenstrom <sup>1)</sup>      | [m <sup>3</sup> /h]                   | 26.000             | 39.600    | 48.300    | 48.000    | 56.400    | 56.500    | 63.000    | 66.600    | 61.100    |
| Filterflächenbelastung                | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)] | 1.290              | 1.964     | 2.396     | 2.381     | 2.798     | 2.803     | 3.125     | 3.304     | 3.031     |
| Druckverlust gesamt <sup>1)</sup>     | [Pa]                                  | 39                 | 58        | 57        | 59        | 67        | 70        | 90        | 92        | 84        |
| <b>Geruch<sup>2)</sup></b>            |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rohgas                                | [GE/m <sup>3</sup> ]                  | 609                | 512       | 558       | 724       | 181       | 362       | 406       | 332       | 192       |
| Reingas                               | [GE/m <sup>3</sup> ]                  | 276                | 306       | 129       | 266       | 62        | 254       | 138       | 153       | 136       |
| Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar   |                                       | nein               | nein      | nein      | nein      | nein      | ja        | nein      | nein      | nein      |
| Referenzbetrieb 2 – Wintermessungen   |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Datum                                 |                                       | 18.02.15           | 04.03.15  | 11.03.15  | 18.03.15  | 25.03.15  | 01.04.15  | 08.04.15  | 15.04.15  | 22.04.15  |
| <b>Umgebungs- und Randbedingungen</b> |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
| rel. Außenluftfeuchte                 | [%]                                   | 97                 | 88        | 88        | 60        | 70        | 75        | 86        | 66        | 66        |
| Umgebungstemperatur                   | [°C]                                  | 1,2                | 4,0       | 6,0       | 14,8      | 9,3       | 5,3       | 7,1       | 15,0      | 9,5       |
| Rohgas-/Reingasfeuchte                | [%]                                   | 77/99              | 81/99     | 83/99     | 71/99     | 72/99     | 83/100    | 19/100    | 61/96     | 66/99     |
| Rohgas-/Reingastemp.                  | [°C]                                  | 17,8/13,7          | 18,3/15,4 | 20,5/16,1 | 21,4/19,8 | 19,9/16,8 | 19,1/16,0 | 20,3/12,4 | 21,9/16,6 | 20,3/16,2 |
| Tierzahlf im Stall                    | [Anzahl]                              | 1.200              | 1.160     | 1.160     | 1.158     | 1.156     | 1.156     | 1.156     | 1.156     | n.b       |
| Ø Gewicht pro Tier                    | [kg]                                  | 43                 | 58        | 67        | 75        | 79        | 85        | 90        | 96        | n.b       |
| Ø Luftvolumenstrom <sup>1)</sup>      | [m <sup>3</sup> /h]                   | 61.300             | 22.400    | 20.500    | 36.100    | 24.500    | 23.300    | 28.200    | 45.300    | 37.500    |
| Filterflächenbelastung                | [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)] | 2.504              | 915       | 837       | 1.475     | 1.001     | 952       | 1.152     | 1.850     | 1.532     |
| Druckverlust gesamt <sup>1)</sup>     | [Pa]                                  | k.M. <sup>3)</sup> | 24        | 27        | 69        | 34        | 32        | 45        | 99        | 74        |
| <b>Geruch<sup>2)</sup></b>            |                                       |                    |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Rohgas                                | [GE/m <sup>3</sup> ]                  | 246                | 658       | 609       | 558       | 782       | 609       | 553       | 469       | 493       |
| Reingas                               | [GE/m <sup>3</sup> ]                  | 72                 | 147       | 267       | 256       | 261       | 165       | 158       | 121       | 492       |
| Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar   |                                       | nein               | nein      | nein      | nein      | nein      | nein      | nein      | nein      | ja        |

1) Luftvolumenstrom und Druckverlustangaben beziehen sich auf den Mittelwert der erfassten Minutenwerte (Datenaufzeichnung der DLG) die während des Messzeitraums aufgezeichnet wurden.

2) geometrischer Mittelwert aus drei Einzelmessungen.

3) am 18.02.2015 kam es zu Datenübertragungsfehlern so dass keine Mittelwerte aus den erfassten Minutenwerten berechnet werden konnten.

bereich pH 6,5 bis pH 7,2) das Wäschersysteme nicht geeignet ist, die Geruchsstoffe aus einer Unterflurabsaugung ordnungsgemäß ab zu reinigen.

## **Verbrauchswerte, Umgebungsbedingungen und Anlagenbelastung**

Die im Prüfbericht angegebenen Verbrauchswerte (siehe Tabelle 1) sind auf Jahresverbrauchswerte (365 Tage), 960 Mastplätze im Referenzbetrieb 1 sowie 1.152 Mastplätze im Referenzbetrieb 2 normiert. Um einen mittleren jährlichen Verbrauch pro Tierplatz und Jahr angeben zu können, werden nachfolgend die Sommer- und Winterverbrauchszahlen (vergleiche Tabelle 1) gemittelt und auf die entsprechenden Mastplätze bezogen.

### *Wasserverbrauch*

Die Wasserverluste werden im Wesentlichen durch die Abschlämmung, die Verdunstung und durch Reinigungsarbeiten verursacht. Die Wasserverdunstung richtet sich in erster Linie nach dem Abluftvolumenstrom der über die Wäscheranlage abgeleitet wird und somit nach der Jahreszeit. Im Jahresmittel kann davon ausgegangen werden, dass man durch den Betrieb der Anlage eine durchschnittliche Frischwasserverdunstung von rund  $0,71 \text{ m}^3/(\text{TP} \cdot \text{a})$  einkalkulieren muss.

Die Abschlämmrate richtet sich nach dem maximal erlaubten Leitwert, dem erzielten Ammoniakabscheidegrad und der Ammoniakfracht die rohgasseitig in den Wäscher einströmt. Der maximal erlaubte Leitwert liegt bei  $20 \text{ mS/cm}$ .

Die Abschlämmung ist automatisiert und muss wie der Gesamtfrischwasserverbrauch im elektronischen Betriebs-tagebuch (EBTB) dokumentiert werden. Bei einer Ammoniakabscheidung von rund 90% und der entsprechend gemessenen Rohgasfracht muss mit einer durchschnittlichen Abschlämmung von  $0,80 \text{ m}^3/(\text{TP} \cdot \text{a})$  gerechnet werden.

Der Verschmutzungsgrad und die Größe der Abluftreinigungsanlage bestimmen die Verbrauchsmenge des Reinigungswassers. Nach Aussagen des Herstellers wird für die Reinigung der Füllkörper kein Frischwasser sondern nur das Prozesswasser aus dem Wasservorlagebecken verwendet. Die Reinigung wird mit einer Saug-Druck-Pumpe (Förderleistung mindestens  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ) durchgeführt. Das Prozesswasser wird mit dieser Pumpe aus dem Vorlagebecken angesogen und von Oben auf die Füllkörperpackung gespült. Durch den hohen Spüleffekt löst

sich die Biomasse vom Kunststofffüllkörper ab und sammelt sich im Wasserspeicher an. Nach jeder Reinigung wird der Wasserspeicher komplett entleert und mit Frischwasser wieder befüllt.

Der Gesamtfrischwasserverbrauch (Verdunstung, Abschlämmung, Reinigung) liegt somit bei  $1,51 \text{ m}^3/(\text{TP} \cdot \text{a})$

### *Verbrauch an elektrischer Energie*

Ein hoher elektrischer Verbrauch wird durch die kontinuierlich betriebene Umwälzpumpe verursacht. 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. Die maximal zu fördernde Abluftmenge im Sommer muss bei einem Druckverlust von  $150 \text{ Pa}$  sichergestellt werden (Druckverluste Zuluft- und Abluftführung in das bzw. aus dem Stallgebäude, Druckverlust über den Wäscher).

Im Jahresmittel wurde ein Stromverbrauch durch die Umwälzpumpen von  $18,21 \text{ kWh}/(\text{TP} \cdot \text{a})$  ermittelt.

Die Stromverbräuche der Lüftung unterscheiden sich in der Sommer- und Wintermessung deutlich, da die abzuführenden Lufraten im Sommer höher sind als im Winter. Im Referenzbetrieb 1 wurden im Sommer  $26,06 \text{ kWh}/(\text{TP} \cdot \text{a})$  im Referenzbetrieb 2 während der Wintermessung nur  $9,21 \text{ kWh}/(\text{TP} \cdot \text{a})$  verbraucht.

### *Sonstige Verbrauchswerte*

Eine sichere Anlagenfunktion mit den dargestellten Wirkungsgraden ist nur mit einer ordnungsgemäß betriebenen pH-Werte-Regelung zwischen  $\text{pH} \geq 6,5$  und  $\leq 7,2$  sowie einer Abschlämmung bei maximal  $20 \text{ mS/cm}$  möglich.

In Tabelle 1 sind die ermittelten Verbrauchsdaten zusammengefasst. Die Werte beziehen sich auf Schwefelsäure mit einer Reinheit von 96%. Die Alkalisierung wurde über eine Feststoffdosierung mit Natriumhydrogencarbonat durchgeführt. Zukünftig wird auf die Feststoffdosiertechnik mittels Natriumhydrogencarbonat verzichtet und nur Natronlauge zur pH-Wert Anhebung eingesetzt.

Im Sommer wurde im Referenzbetrieb 1 keine Schwefelsäure verbraucht. Der Natriumhydrogencarbonatverbrauch lag hingegen bei  $25,72 \text{ kg/d}$ .

Im Referenzbetrieb 2 wurde in der Wintermessperiode dagegen fast kein Natriumhydrogencarbonat zur pH-Wert-Anhebung, dafür jedoch Schwefelsäure zur Absenkung des PH-Wertes benötigt. Die Verbräuche lagen bei  $9,39 \text{ kg/d}$  (Säure) und  $0,24 \text{ kg/d}$ , (Natriumhydrogencarbonat).

Die deutlichen Unterschiede der Chemikalienverbräuche in den beiden Referenzbetrieben zeigen, dass bei biologisch funktionierenden Abluftreinigungssystemen viele Einflussfaktoren die Menge des Chemikalieneinsatzes bestimmen.

Im wesentlichen ist der Chemikalienverbrauch abhängig von der sich bildenden Biomasse im Füllkörperpaket, der Wassertemperatur und von der Ammoniakfracht, die rohgasseitig in das Abluftreinigungssystem einströmt.

Eine kombinierte Ober- und Unterflurabsaugung würde den Chemikalienverbrauch deutlich erhöhen. Regelmäßige Reinigungen zur Ausschleusung von Biomasse hingegen könnten z. B. den Laugenverbrauch deutlich absenken.

## **Betriebsicherheit und Haltbarkeit**

Im Prüfungszeitraum wurden an der Anlagentechnik keine nennenswerten Störungen festgestellt, auch an der gesamten Abluftreinigungsanlage sind während der Prüfung keine nennenswerten Schäden oder Verschleißerscheinungen aufgetreten.

Der Korrosionsschutz der einzelnen Anlagenteile erschien, soweit während der Prüfungsdauer zu beobachten war, ausreichend dauerhaft. Die Anlagen waren als Komplettsystem vollständig mit Kunststoff von innen verkleidet.

Beim Einsatz des biologischen Abluftreinigungssystems im Saugbetrieb muss auf die Korrosionsbeständigkeit der eingesetzten Ventilatoren und auf den Abstand zwischen Ventilatoren und Tropfenabscheider (mindestens einen Meter) geachtet werden.

In beiden Referenzbetrieben wurde CCM mit Ergänzungsfutter Ram 2.1 und Ram 2.2 eingesetzt. Beim Einsatz anderer Flüssigfütterungskomponenten wie z.B. Molke oder Lebensmittelresten könnte es zu Problemen der geforderten Mindestanforderungen für die Geruchsstoffabscheidung kommen. Das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem sollte daher an diese Bedingungen mit einer reduzierten Filterflächenbelastung angepasst werden.

## Betriebsanleitung, Handhabung und Arbeitszeitbedarf, Wartungsaufwand

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

Zur Bedienung der Anlage ist es erforderlich, sich einer Unterweisung durch den Hersteller zu unterziehen und sich mit der Bedienungsanleitung vertraut zu machen.

Nach erfolgter Inbetriebnahme und ausreichender Einlaufphase ist die Handhabung der Anlage dagegen als einfach anzusehen, da die Abluftreinigungsanlage im Regelbetrieb vollautomatisch läuft. Lediglich eine tägliche Kontrolle der Steuerung und Betriebsdaten sowie eine wöchentliche Kontrolle der gesamten Abluftreinigungsanlage einschließlich der Düsen sind durchzuführen. Hier muss eine wöchentliche Arbeitszeit von 15 bis 30 Minuten einkalkuliert werden. In Abständen von vier bis sechs Wochen muss der Anlagenbetreiber zusätzlich die pH Elektrode kalibrieren und dies in einem Wartungsprotokoll dokumentieren. Der Ar-

beitszeitaufwand liegt hier bei rund 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 ein bis zweimal jährlich durchgeführt.

In den regelmäßigen Wartungsüberprüfungen werden die Ammoniakkonzent-

Tabelle 8:

Erfüllung der Anforderungen an das elektronische Betriebstagebuch der Abluftreinigungsanlage System RIMU

|   | voll erfüllt | teilweise erfüllt | nicht erfüllt | Bemerkungen  |
|---|--------------|-------------------|---------------|--|
| Druckverlust über die Abluftreinigungsanlage        | X            |                   |               | elektronische Differenzdruckdose hinter dem Tropfenabscheider vor den Abluftventilatoren<br>Aufzeichnung des Druckverlustes über das Wäschersystem in Pa, um den Verschmutzungsgrad beurteilen zu können     |
| Abluftvolumenstrom                                  | X            |                   |               | Einsatz von frequenzgeregelten Abluftventilatoren<br>Aufzeichnung und Speicherung der Abluftvolumenströme in m <sup>3</sup> /h nach Aufnahme der Lüfterkennlinie oder über den Einsatz von Messventilatoren. |
| Pumpenlaufzeit                                      | X            |                   |               | ermittelt über den Stromverbrauch der Pumpen und der Abspeicherung der Pumpenlaufzeit in Stunden   |
| Berieselungsdichte <sup>1)</sup>                    | X            |                   |               | wird erfasst und gespeichert [9]   |
| Frischwasserverbrauch des Wäschers                  | X            |                   |               | Aufzeichnung in m <sup>3</sup> über einen Wasserzähler mit Impulsgeber   |
| Abgeschlammte Wassermenge <sup>1)</sup>             | X            |                   |               | Ermittlung über eine Durchflussmesseinrichtung und Abspeicherung in m <sup>3</sup>   |
| Roh- und Reingastemperatur                          | X            |                   |               | die Roh- und Reingastemperaturen (°C) werden aufgezeichnet [10]  |
| Sprühbildkontrolle                                  | X            |                   |               | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch  |
| Wartungs- und Reparaturzeiten                       | X            |                   |               | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch und Abspeicherung (im EBTB hinterlegt)   |
| pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessung im Prozesswasser | X            |                   |               | wird in einem Bypass der Hauptdruckleitung zur Berieselung der Füllkörper erfasst und in mS/cm bzw. [-] gespeichert  |
| Kalibrierung der pH-Wert-Sensoren                   | X            |                   |               | nachweisbar über ein manuell geführtes Betriebstagebuch  |
| Nachweis Chemikalienverbräuche                      | X            |                   |               | rechnerische Ermittlung der Fördermenge in Litern über die Laufzeit der eingesetzten Säurepumpe<br>Ermittlung der Alkaliverbräuche erfolgt über Einkaufsbelege   |
| Stromverbrauch                                      | X            |                   |               | Stromverbrauch des Wäschers und der Lüftung wird über geeignete Stromzähler erfasst und in kWh abgespeichert   |

1) Während der Untersuchungen im Zertifizierungszeitraum konnten die Berieselungsdichten und Abschlämrraten nicht ordnungsgemäß abgespeichert werden. Firma Möller erfasst die erforderlichen Durchflüsse und speichert diese im EBTB ab. Eine detaillierte Überprüfung dieser Messdaten durch die DLG konnte jedoch bislang nicht stattfinden. [11]

rationen im Roh- und Reingas, die Luftgeschwindigkeit durch die Füllkörperpackung, die Spülwassermenge und die Stromaufnahme der Pumpe erfasst. Zusätzlich wird die pH-Wert- und Leitfähigkeits-Messeinrichtung kontrolliert und kalibriert. Der Zustand der Füllkörperpackung und das Sprühbild der eingesetzten Düsen werden bewertet und das elektronische Betriebstagebuch auf Plausibilität überprüft.

Eine unabhängige Überprüfung der Anlage durch eine Messstelle nach § 26 BImSchG kann durch die Behörde angeordnet werden. Der „Check-up“ beinhaltet eine regelmäßige Funktionskontrolle der Abluftreinigungsanlage mit einer graphischen Darstellung des pH-Wert- und Leitfähigkeitsverlaufs im Waschwasser. Dieser Check-up wird in einigen Landkreisen verpflichtend an jeder Anlage durchgeführt. Weitere Informationen können von der Homepage des Landkreises Cloppenburg heruntergeladen werden.

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

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

mit dem zuständigen Veterinär abgesprochen werden.

Um Stillstandszeiten des Abluftreinigungssystems zwecks Reinigungsarbeiten zu minimieren, sollte eine separate Saug-Druck-Pumpe mit einer Förderleistung von mindestens 30 m<sup>3</sup>/h im Serviceraum der Abluftreinigungsanlage bereitgestellt werden.

Nach Abschluss eines Reinigungsvorganges benötigt das biologisch arbeitende Abluftreinigungssystem (Rieselbettfilter) wiederum eine Anlaufphase von sechs bis acht Wochen, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zur Geruchsstoffabscheidung sicher zu stellen. Während der Wiederanlaufphase muss das Prozesswasser sofort auf den erforderlichen pH-Wert zwischen pH ≥ 6,5 und ≤ 7,2 eingeregelt werden um eine sofortige Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % zu erzielen.

### Dokumentation

Das elektronische Betriebstagebuch ermöglicht eine lückenlose Aufzeichnung der für den sicheren Anlagenbetrieb erforderlichen Daten, die als Halbstundenmittelwerte abgespeichert werden müssen. Die Aufzeichnung erfolgt automatisch und wird über 5 Jahre gespeichert. Diese Daten können durch den Landwirt oder durch den Hersteller per Fernwartung ausgelesen werden. Für die unabhängige Überprüfung der Anlage mittels „Checkup“ müssen die Daten in ein gängiges Tabellenprogramm überführt werden können. Behörden haben die Möglichkeit mit einem USB-Anschluss die abgespeicherten Daten herunterzuladen. Eine detaillierte Darstellung der aufgezeichneten Daten fasst Tabelle 8 zusammen.

### Umweltsicherheit

Das abgeschlammte Prozesswasser (pH-Wert 6,5 bis 7,2) aus dem Wasservorlagebecken unterliegt der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1 = schwach wassergefährdend) und kann in einem Güllebehälter oder im Stall zwischengelagert werden. Der Lagerzeitraum richtet sich nach der aktuellen Düngeverordnung, die den Lagerzeitraum von Flüssigmist vorschreibt. Die Verwertung erfolgt nach ordentlicher landwirtschaftlicher Praxis auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche gemäß Düngeverordnung.

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

Für den Anlagenbetrieb werden Schwefelsäure und Alkalien benötigt. Der Umgang mit diesen Chemikalien ist durch eine Betriebsanweisung seitens des Herstellers gemäß den EG-Sicherheitsdatenblättern für 96 %-ige Schwefelsäure und für 33 %-ige Natronlauge Nr. 1907/2006 Stand Februar 2015 (Schwefelsäure) bzw. November 2012 (Natronlauge) erklärt und liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers. Zusätzliche Sicherheitseinrichtungen sind nach Vorgabe der zuständigen Genehmigungsbehörde zu installieren.

### Sicherheitsaspekte

Die Arbeitssicherheit des beschriebenen Abluftwäschers „System RIMU“ [12] wurde durch die Prüf- und Zertifizierungsstelle der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) kontrolliert. Aus arbeitssicherheitstechnischer liegen keine Bedenken gegen den Betrieb der Abluftreinigungsanlage vor.

## Fazit

Der einstufige biologische Abluftwäscher mit Tropfenabscheider „System RIMU“ [12] eignet sich zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak (N-Entfrachtung) und Geruch aus dem Abluftvolumenstrom einstreuloser Schweinehaltungsanlagen mit einer eingebauten Oberflurabsaugung. Für eine Kombinationslüftung aus Ober- und Unterflurabsaugung hat die Anlage keine Zulassung.

Um eine sichere Geruchsstoffabscheidung zu gewährleisten (Geruchsstoffkonzentrationen ≤ 300 GE/m<sup>3</sup> ohne

Rohgasgeruch wahrzunehmen) wird eine Filterflächenbelastung von 2.800 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) zertifiziert. Der pH-Wertbereich im Prozesswasser liegt zwischen pH 6,5 und pH 7,2. Der zertifizierte maximale Leitwert zur Abschlammung liegt bei 20 mS/cm.

Bei Einhaltung der beschriebenen verfahrenstechnischen Parameter werden die Mindestanforderungen des DLG Prüfrahmens zur Geruchsstoffabscheidung eingehalten. Bezüglich der Staub- und Ammoniakabscheidung werden diese sogar übertroffen. Die gemittelten

Ergebnisse aller Messungen liegen bei der Staubabscheidung bei 89,0 % (Gesamtstaub), 85,8 % (PM<sub>10</sub>) und 95,9 % (PM<sub>2,5</sub>), bei der Ammoniakabscheidung bei 90,5 %. Die mittlere N-Entfrachtung kann mit 78,0 % angegeben werden.

# Weitere Informationen

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

## DLG-Prüfrahmen

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

## Prüfungskommission

*prüfungsbegleitend*

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

*beratend*

Gerd Franke, LLH Kassel  
Ewald Grimm, KTBL Darmstadt  
Christian Dohrmann, Landwirt

*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

Landwirtschaft [13]

## Projektleiter

Dr. Ulrich Rubenschuh [14]

## Prüfingenieur(e)

Dipl.-Ing. (FH) Tommy Pfeifer [14]

\* 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](http://www.dlg.org/mitgliedschaft).

## Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel Groß-Umstadt ist der Maßstab für geprüfte Agrartechnik

und Betriebsmittel und führender Prüf- und Zertifizierungsdienstleister für unabhängige Technik-Tests. Mit modernster Messtechnik und praxisnahen Prüfmethode stellen die DLG-Prüfingenieure Produktentwicklungen und Innovationen auf den Prüfstand.

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

Die Firma RIMU wurde im Juli 2023 von der Firma Möller GmbH übernommen, wobei das Zertifikat unverändert fortgeführt wird. Das Produkt wird nach wie vor unter gleichem Namen vertrieben. [15]

13-519, Update 2308-0025  
2011, ergänzt 2023  
© 2023 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](http://www.dlg-test.de)!