

# VERA-PRÜFPROTOKOLL

## für Abluftreinigungssysteme

Version 2:2018-09

*Deutsche Fassung*

## Vorwort

Um den ökologischen Herausforderungen in der Nutztierhaltung gerecht zu werden, wurden in den EU-Mitgliedstaaten und anderswo neue Technologien entwickelt. Diese „Umwelttechnologien“ dienen einer möglichen Verbesserung der ökologischen Effizienz der Nutztierhaltung durch die Verringerung des Ressourcenbedarfs, der Schadstoffemissionen und des Energieverbrauchs. Zudem werden wertvolle Nebenerzeugnisse zurückgewonnen und Abfallentsorgungsprobleme minimiert. In der Landwirtschaft können Umwelttechnologien in verschiedenen Phasen der Produktionskette eingeführt werden, wie beispielweise durch Verfahren zur Anwendung in Ställen sowie bei der Lagerung, Verwertung oder Ausbringung von Wirtschaftsdünger.

Die maßgeblichen Akteure, etwa Landwirte und Behörden, haben jedoch nur begrenzte Informationen über die Leistungsfähigkeit dieser Technologien, was ihre Verbreitung im landwirtschaftlichen Sektor erschwert.

Vor diesem Hintergrund haben das das dänische Ministerium für Umwelt, das niederländische Ministerium für Infrastruktur und Umwelt, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das deutsche Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit internationalen Fachexperten mit der Entwicklung von gemeinsamen Prüfprotokollen zur Prüfung und Verifizierung solcher Umwelttechnologien für den Bereich der landwirtschaftlichen Erzeugung begonnen. Die VERA-Prüfprotokolle dienen der Untersuchung der Umweltleistung und Betriebssicherheit einer Technologie. So erhalten Landwirte, Behörden und andere Akteure zuverlässige und vergleichbare Informationen über die Leistungsfähigkeit der betreffenden Technologie.

Diese Initiative wird von VERA – Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production – organisiert. Die VERA Kooperation wurde 2008 zur Förderung eines internationalen Marktes für Umwelttechnologien für die Landwirtschaft gegründet. Das übergeordnete Ziel von VERA ist eine unabhängige Verifizierung der Umweltleistung und Betriebssicherheit von Umwelttechnologien auf Basis der spezifischen VERA-Prüfprotokolle anzubieten, um die Informationslücke der Akteure zu schließen.

Die erste Version des Protokolls für Abluftreinigungssysteme wurde in 2010 herausgegeben. Die vorliegende 2. Version wurde im September 2018 veröffentlicht. Erstmals wurde 2018 auch eine deutsche Fassung, die hier vorliegende Ausgabe, publiziert.

Fragen und Anmerkungen zu den VERA-Prüfprotokollen sind an folgende Stelle zu richten:

Internationales VERA Sekretariat  
[www.vera-verification.eu](http://www.vera-verification.eu)  
[info@vera-verification.eu](mailto:info@vera-verification.eu)

## Änderungen

Diese Ausgabe des VERA Prüfprotokolls wurde zur Anpassung an den neuesten Stand des Wissens vollständig überarbeitet. Diese unterscheidet sich von Vorgängerversion 1:2010 in folgenden Punkten:

- a. Die Kapitelstruktur wurde verändert, um sie an die anderen VERA Prüfprotokolle anzupassen. Das grundsätzliche Format und die Gliederung der Dokumente wurden unter Einführung einer neuen **einheitlichen Grundstruktur** für VERA-Prüfprotokolle harmonisiert. Damit soll dem Benutzer das Navigieren durch die Dokumente erleichtert werden. Das Format lehnt sich enger an internationale Normen an.
- b. Anforderungen und Empfehlungen werden präziser dargestellt, insbesondere hinsichtlich der Beschreibung der Probenahme und der Prüfung bestimmter Parameter.
- c. Die Datenbehandlung und die Berechnung von verschiedenen Parametern, wie z. B. den Emissionen und die N-Bilanzierung, werden ausführlicher beschrieben.

## Frühere Ausgaben

VERA-Prüfprotokoll für Abluftreinigungssysteme Version 1:2010-09

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Anwendungsbereich</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Normative Verweisungen</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>5. Begriffe und Definitionen</b> .....	<b>9</b>
<b>6. Systembeschreibung</b> .....	<b>13</b>
<b>7. Prüfanforderungen</b> .....	<b>15</b>
7.1    Vorabprüfung oder Vorbereitung einer vollständigen Prüfung einer Technologie .....	15
7.2    Zuständigkeiten im Prüfzeitraum .....	15
7.3    Anforderungen an die Prüfeinrichtung .....	16
7.4    Prüfaufbau und Probenahme .....	16
7.4.1.  Prüfaufbau .....	16
7.4.2.  Probenahme .....	16
7.5    Messungen .....	18
7.5.1  Kalibrierung, Verifizierung und Validierung .....	18
7.5.2  Primäre Messparameter .....	19
7.5.2.1  Ammoniakmessung .....	20
7.5.2.2  Geruchsmessungen .....	21
7.5.2.3  Staubmessungen (PM-Messungen) .....	22
7.5.3  Messparameter zur Darstellung der Prüfbedingungen .....	23
7.6    Allgemeine Aspekte .....	25
7.6.1  Tiergesundheit und Tierschutz .....	25
7.6.2  Verordnungen, Arbeitsgesundheit und Arbeitssicherheit .....	25
7.7    Datenbehandlung, Berechnung und Bewertung von Emissionen .....	26
<b>8. Prüfberichterstattung und Bewertung</b> .....	<b>28</b>
<b>9. Literaturhinweise</b> .....	<b>31</b>
<b>Anhänge</b> .....	<b>34</b>

<b>Anhänge</b> .....	<b>34</b>
Anhang A (verpflichtend): Wichtige Konstruktions- und Betriebsparameter.....	34
Anhang B (informativ): Elektronische Überwachung und Dokumentation des Betriebs der Abluftbehandlung .....	36
Anhang C (verpflichtend) Stickstoffbilanz.....	37
Anhang D (informativ): Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion .....	39
Anhang E (informativ): Tierwohl und Abluftreinigung .....	40
Anhang F (informativ): Beispiele für Inhalte von Benutzerhandbüchern .....	42
Anhang G (informativ): Vorlage für einen Prüfplan .....	43
Anhang H (informativ): Vertragsbeispiel .....	46

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Probenahmeverfahren bei der Prüfung eines Abluftreinigungssystems.....	17
Tabelle 2: Qualitätssicherung (QA) für NH <sub>3</sub> -Messungen.....	18
Tabelle 3: Ammoniakmessung .....	20
Tabelle 4: Geruchsmessungen.....	21
Tabelle 5: Staub-Messung.....	21
Tabelle 6: Messparameter zur Darstellung der Prüfbedingungen.....	23
Tabelle 7: Konstruktionsparameter – einstufige Biofilter .....	34
Tabelle 8: Konstruktionsparameter – Abluftwäscher .....	35
Tabelle 9: Beispiel einer N-Bilanz .....	38
Tabelle 10: Gaskonzentrationen im Prüfgebäude .....	39
Tabelle 11: Fütterungsanforderungen je Tierkategorie.....	39

### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Überblick über die Massenströme der N-Verbindungen in einem Abluftreinigungssystem.....	37
--	----

## 1. Einleitung

Ziel dieses Prüfprotokolls ist die Festlegung eines Verfahrens zur Prüfung der Umweltleistung von Abluftreinigungssystemen für die Landwirtschaft.

Hierzu gehören Definitionen, spezifische Prüfanforderungen, Messmethoden, Vorgaben zur Verarbeitung und Auswertung der Messergebnisse und zur Berichterstattung. Die allgemeinen Anforderungen an die an der Prüfung beteiligten Parteien und die einzelnen Schritte des Prüf- und Verifizierungsverfahrens sind in den „Allgemeinen VERA-Richtlinien“ dargelegt, die vom International VERA Board genehmigt wurden.

Dieses Dokument wurde von nominierten internationalen Fachexperten des „Internationalen VERA Komitees“ (IVC) für Abluftreinigungssysteme erarbeitet.

In den vergangenen 20 Jahren wurden Abluftreinigungssysteme für den Einsatz in der Nutztierhaltung in nordeuropäischen Regionen mit hoher Tierdichte entwickelt. Anfangs wurde Abluftreinigung gelegentlich insbesondere zur Verringerung der Geruchsbelästigung durch produktionsintensive Nutztierbetriebe angewendet, die in der Nähe von Wohngebieten angesiedelt waren. In diesem Protokoll wird ein „Abluftreinigungssystem“ als Anlage definiert, die an das Lüftungssystem eines Nutztierhaltungssystems angeschlossen ist, um die austretende Luft zu behandeln und so die Emissionen eines oder mehrerer Schadstoffe zu reduzieren.

Die technischen Entwicklungen basierten hauptsächlich auf der Anwendung von Biofiltrationsverfahren mit organischen Packungsmaterialien. Die Entwicklung von Abluftreinigungssystemen zur Ammoniakreduzierung wurde später durch neue Richtlinien und Verordnungen über den Schutz von sensiblen Ökosystemen vorangetrieben. Zahlreiche chemische und biologische Abluftreinigungssysteme wurden zu diesem Zweck entwickelt.

In letzter Zeit wurden Abluftreinigungssysteme für mehrere Schadstoffe eingeführt, die Ammoniak, Geruch und Feinstaub (PM10 und PM2,5) gleichzeitig entfernen können. Diese Wäscher kombinieren physikalische, chemische und biologische Minderungsverfahren. Die Reduzierung von „Feinstaub“ wurde zu einem Problem in Regionen mit hohen PM10/PM2,5-Hintergrundkonzentrationen in der Umgebungsluft. Die EU-Grenzwerte für PM10- und PM2,5-Konzentrationen in der Umgebungsluft aus dem Jahr 2008, die zum Schutz der öffentlichen Gesundheit festgelegt wurden, können durch industrielle und landwirtschaftliche Aktivitäten überschritten werden. Dank ihrer Fähigkeit, PM10 und PM2,5 zu entfernen, wurden Abluftreinigungssysteme für eine Anwendung in Geflügelbetrieben interessanter, in denen die „Feinstaub“-Grenzwerte in der Umwelt überschritten werden.

Derzeit liefern etwa zehn europäische Hersteller Abluftreinigungssysteme an Nutztierproduzenten in Nordeuropa. Bisher unterlagen sie unterschiedlichen Zulassungs- und Bewertungsverfahren in den einzelnen Ländern. Diese Fragmentierung wurde durch dieses internationale Prüfprotokoll überwunden; das Verifizierungsschema ist für alle in den Bewertungsverfahren involvierten Interessensvertreter ein Vorteil und führt bei der Einführung von umweltfreundlichen Technologien zu Zeit- und Kostenersparnissen.

Mit den VERA Verifizierungsurkunden soll eine optimale Verwendbarkeit der Informationen durch die verschiedenen Interessensgruppen in den Mitgliedstaaten erzielt werden. Das Prüfprotokoll muss also ein breites Spektrum an verlässlichen Daten bereitstellen, die bei der Verifizierung so analysiert und zusammengefasst werden können, dass sie von den einzelnen nationalen Nutzern direkt oder indirekt auf möglichst breiter Basis verwendet werden können.

Aus Kosten- und Zeitgründen wird in den Prüfprotokollen jedoch nur eine begrenzte Anzahl von Parametern bewertet. Zudem ist die Anzahl der anwendbaren wissenschaftlichen Verfahren und Normen begrenzt. Ausgangspunkt bei der Gestaltung dieses Prüfverfahrens war daher die Schaffung eines optimalen Gleichgewichts zwischen verlässlichen Informationen, die den Bedürfnissen der einzelnen Nutzer dienen, dem Prüfungszeitraum sowie den entstehenden Prüfungskosten.

Dennoch wird empfohlen, die Haltbarkeit und die Wartungskosten der Abluftreinigungstechnologie drei bis fünf Jahre nach Markteinführung zu bewerten, obwohl das vorliegende Prüfprotokoll keine Vorgaben für eine solche Bewertung enthält.

## 2. Anwendungsbereich

Dieses Protokoll bestimmt die Informationen, die als Grundlage für eine Prüfung und Verifizierung der Umweltleistung und Betriebssicherheit von Abluftreinigungssystemen für die Nutztierhaltung notwendig sind.

### 2.1. Definition von Abluftreinigungssystemen

In diesem Protokoll sind Abluftreinigungssysteme definiert als:

- End-of-pipe-Technik zur Reinigung der Abluft von zwangsbelüfteten Tierställen von bestimmten Schadstoffen wie Geruch, Ammoniak und Staub.
- Auch als Abluftfilter oder Abluftwäscher bezeichnet.
- Abluftreinigungssysteme arbeiten nach unterschiedlichen Minderungsprinzipien (physikalisch, biologisch und/oder chemisch). Für die Beseitigung von Schadstoffen aus der Abluft von Ställen gibt es zur Zeit Biofilter, Rieselbettreaktoren, Säurewäscher und mehrstufige Abluftreinigungssysteme. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Minderungsleistung.

Die häufigsten Arten von Abluftreinigungssystemen werden in Abschnitt 5 definiert.

### 2.2. Angestrebte Ergebnisse und Informationen

Zu den spezifischen Informationen gehören:

- Eine umfassende Systembeschreibung: Wirkprinzipien, wesentliche Betriebsparameter, anwendbare Nutztierhaltungssysteme und Nutzerhandbuch.
- Technische Leistung des Abluftreinigungssystems auf der Basis von Daten, die im Prüfzeitraum erfasst wurden.
- Messverfahren und deren Anforderungen, Probenahmeverfahren, Datenerfassung/-behandlung, Berechnungsverfahren und Berichterstattung.
- Parameter zur Bewertung der Umweltleistung des Systems.
- Parameter zur Bewertung der Betriebssicherheit des Systems.

Der Prüfzeitraum und die Anzahl der Probenahmetage werden dadurch bestimmt, dass sie die Anforderungen einer statistisch gesicherten Bewertung erfüllen können. Die Betriebssicherheit und Abweichungen vom Normalbetrieb werden im Prüfzeitraum überwacht, aufgezeichnet und im Prüfbericht dargestellt. Spezifische Prüfparameter zur Bewertung der langfristigen Zuverlässigkeit und Lebensdauer sind jedoch nicht in diesem Protokoll enthalten.

### 2.3. Verwendung der Ergebnisse für die Verifizierung

Nach dem Abschluss einer Prüfung kann die Verifizierung der Leistung auf Basis der Prüfergebnisse gemäß diesem Protokoll und den Allgemeinen VERA Richtlinien vorgenommen werden.

Die VERA Verifizierung stellt keine Zulassung, Zertifizierung oder Abnahme einer Technologie dar!

VERA Verifizierungen beruhen auf der Bewertung der Leistungsfähigkeit einer Technologie entsprechend spezifischen, im Voraus festgelegten Kriterien und anhand geeigneter Qualitätssicherungsverfahren. VERA spricht weder explizit noch implizit eine Garantie für die Leistung einer Technologie aus und bescheinigt nicht, dass eine Technologie immer in der verifizierten Weise funktionieren wird. Hersteller und Endanwender tragen die alleinige Verantwortung für die Einhaltung aller geltenden Anforderungen des Bundes, der Bundesländer und der Kommunen. Hersteller und Endanwender müssen zudem berücksichtigen, dass die an VERA beteiligten Länder jeweils unterschiedliche rechtliche Anforderungen haben. Diese können sich in jedem Land entsprechend auf den Status und die Verwendung der Verifizierungsurkunde auswirken.

### 3. Normative Verweisungen

Die in dem folgenden Text und in den Literaturhinweisen genannten Normen und Standards sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die neueste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

### 4. List of abbreviations

a	annus ( <i>lateinisch: Jahr</i> )
C	Kohlenstoff
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
d	Tag ( <i>englisch: day</i> )
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy
GE	Geruchseinheit
GHG	Treibhausgase ( <i>englisch: Greenhouse gases</i> )
GV	Großvieheinheit
GE	Geruchseinheit
h	Stunde ( <i>englisch: hour</i> )
IVB	Internationales VERA Board
IVC	Internationales VERA Komitee
K	Kalium
N	Stickstoff
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NO <sub>x</sub>	Bezieht sich auf NO (Stickstoffmonoxid) und NO <sub>2</sub> (Stickstoffdioxid)
P	Phosphor
PM	Staub ( <i>englisch: Particulate matter</i> )
ppmv	Teile pro Million ( <i>englisch: parts per million</i> ) bezogen auf das Volumen
TAN	gesamter ammoniakalischer Stickstoff ( <i>englisch: total ammoniacal nitrogen</i> )
TM	Trockenmasse
TP	Tierplatz
VERA	Verifizierung von Umwelttechnologien für die landwirtschaftliche Produktion ( <i>englisch: Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production</i> )
XP	Rohprotein

## 5. Begriffe und Definitionen

### **Abluftreinigungssystem**

End-of-pipe-Technik zur Reinigung der Abluft von zwangsbelüfteten Tierställen von bestimmten Schadstoffen wie Geruch, Ammoniak und Staub.

### **Abluftfilter**

Siehe „Abluftreinigungssystem“.

### **Abluftwäscher**

Siehe „Abluftreinigungssystem“.

### **Ammoniak (NH<sub>3</sub>)**

Gas, das aus den Exkrementen der Nutztiere bei der Umwandlung aus Harnstoff bzw. bei Geflügelkot aus Harnsäure entsteht, welches zur Versauerung und Stickstoffanreicherung von empfindlichen Ökosystemen führt.

### **Ausfallzeit**

Die Zeit, in der das geprüfte System nicht in Betrieb ist, etwa aufgrund einer Funktionsstörung.

### **Betriebszeit**

Der Zeitraum, in dem das geprüfte System in Betrieb ist.

### **Biofilter**

Eine Anlage, bei der die Abluft durch ein Filterbett geführt wird, das in der Regel aus organischem Material besteht, etwa aus Wurzelholz oder Holzschnitzeln. Das Filtermaterial muss stets feucht sein, damit die gasförmigen Verunreinigungen vom Feuchtfilm des Biofiltermaterials absorbiert werden und durch die im Filtermaterial lebenden Mikroorganismen oxidiert oder abgebaut werden können. Um die Verdampfungsverluste auszugleichen und eine ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten, muss entweder die Abluft vorab befeuchtet (etwa durch einen Wäscher) oder der Filter durch periodische Bewässerung benetzt werden.

Biofilter werden hauptsächlich zur Eliminierung von Gerüchen aus Tierhaltungen ohne Einstreumaterial verwendet. Sie sind zudem zur Staubseparation geeignet, sofern mindestens auf der Rohgasseite grob strukturiertes Filtermaterial, das nicht zum Verstopfen neigt, eingesetzt wird. Als einstufiger Prozessschritt sind Biofilter nicht zur Ammoniakseparation geeignet.

### **Biologischer Rieselbettreaktor**

Ein Rieselbettreaktor zur Entfernung von Staub, Ammoniak und Geruch durch Absorption der Schadstoffe in der flüssigen Phase sowie durch mikrobiellen Abbau, bei denen die Mikroorganismen die Filterelemente als Biofilm besiedeln. Ammoniak wird durch einen bakteriellen Umbau zu Nitrit und Nitrat abgebaut; dieser Prozess wird als Nitrifikation bezeichnet. Das akkumulierte Nitrat und insbesondere Nitrit, das toxisch für Mikroorganismen sein kann, muss mit dem Abschlammwasser entfernt werden.

### **Chemischer Wäscher**

Ein Rieselbettreaktor, der Schadstoffe durch deren Absorption in einer flüssigen Phase mit spezifischen chemischen Eigenschaften entfernt. Sofern der pH-Wert zur Erleichterung der Entfernung der Schadstoffe genutzt wird, kann dieser durch das Hinzufügen einer Säure, etwa von Schwefelsäure (siehe „Säurewäscher“), oder einer Base angepasst werden.

### Denitrifikationssystem

Biologische Denitrifikationssysteme werden verwendet, um oxidierte Stickstoffverbindungen zu entfernen, die aus  $\text{NH}_3$  in der verschmutzten Luft stammen. Denitrifikation ist ein biologischer Prozess, bei dem Bakterien beim Abbau organischen Materials eine oder mehrere der oxidierten Stickstoffverbindungen, z. B. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), Stickoxid ( $\text{NO}$ ) und Stickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), zur Respiration unter anoxischen Bedingungen verwenden. Das letzte Endprodukt der Denitrifikation ist atmosphärischer Stickstoff ( $\text{N}_2$ ), der für die Umwelt ungefährlich ist, und  $\text{N}_2\text{O}$ , das durch den gesteuerten Denitrifikationsprozess minimiert werden muss. Vor der Denitrifikation muss  $\text{NH}_3$  im Abluftreinigungssystem oder in einem separaten System außerhalb des Abluftreinigungssystems oxidiert werden. Das Wachstum der Nitrifikanten ist streng temperaturabhängig. Daher empfiehlt es sich, Energieverluste so weit wie möglich zu vermeiden. Gute Betriebsergebnisse werden bei Temperaturen über  $15^\circ\text{C}$  erreicht, andernfalls sind die Wachstumsraten der nitrifizierenden Bakterien und die Nitrifikationsraten sehr niedrig.

### Druckverlust

Der Druckverlust [Pa] im Abluftreinigungssystem oder in der gesamten Anlage (Tierhaltung und Abluftreinigungssystem) kann für verschiedene Luftvolumenstromraten ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) als Kurve oder Tabelle dargestellt werden.

Die Lüftungsventilatoren müssen ausreichend druckstabil sein, um den Strömungswiderstand der Tierhaltung und des Abluftreinigungssystems jederzeit überwinden zu können und die Tiere insbesondere unter Sommerbedingungen mit der erforderlichen Luftrate zu versorgen.

### Filterfläche

Die Fläche der Filterfront, wo die Luft einströmt, basiert auf den äußeren Dimensionen des Filters ( $\text{m}^2$ ).

Die spezifische Filterfläche ist die Fläche des Filtermaterials pro Volumen des Filterelementes ( $\text{m}^2$  Filteroberfläche,  $\text{m}^3$  Filterelement).

### Geruch

Ein angenehmer oder unangenehmer Duft, der durch verschiedene Geruchsstoffe mit sehr unterschiedlichen chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften erzeugt wird. Die Geruchskonzentration wird gewöhnlich in Europäischen Geruchseinheiten pro Kubikmeter Luft ( $\text{GE m}^{-3}$ ) angegeben. Die Konzentration wird durch olfaktometrische Analysen nach der europäischen Norm CEN-Norm EN 13725 gemessen.

### Luftvolumenstrom

Der Volumenstrom der Abluft in  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$  kann für den gesamten Stall oder pro Tier(platz) angegeben werden. Falls das System auf einer **Teilstrom-Abluftreinigung** basiert, bei der das gesamte Abluftvolumen in zwei Luftströme aufgeteilt wird, fließt ein Luftstrom durch das Abluftreinigungssystem und ein Luftstrom gelangt unbehandelt in die Umgebung. Wenn die äußeren Dimensionen des Filters bewertet oder der Filter an die Größe eines anderen Betriebes angepasst wird, ist der Luftvolumenstrom pro Filterfläche (Filterflächenbelastung) in  $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-2}$  eine Basisgröße. Der Luftvolumenstrom kann auch pro Filtervolumen in  $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-3}$  angegeben werden, der den reziproken Wert der Verweilzeit darstellt.

### Mehrstufiges Abluftreinigungssystem

Mehrstufige Abluftreinigungssysteme bestehen meist aus zwei oder drei Stufen und kombinieren verschiedene Reinigungsprinzipien und deren Vorteile, z. B. verbesserte Ammoniakabscheidung durch einen Säurewäscher mit einer optimierten Geruchsbeseitigung in einem Biofilter.

### Physikalisches Abluftreinigungssystem

Experimentelle Systeme, bei denen die Oxidation von Geruchsstoffen mithilfe von UV-Strahlung, Ozon oder einer Plasma-Reaktionstechnologie veranlasst wird. Da die Wirksamkeit dieser und anderer Methoden, die derzeit noch in der Entwicklungsphase sind, hinsichtlich ihres Potenzials zur Senkung der Staub-, Ammoniak- und Geruchsemissionen bei angemessenem Kostenaufwand noch nicht in der Praxis erprobt wurden, werden sie an dieser Stelle nicht ausführlich beschrieben.

### Probenreihe

Eine Probenreihe enthält eine Probe der ausströmenden Luft („Reingas“) und eine Probe der einströmenden Luft („Rohgas“), die gleichzeitig beprobt werden.

### Punktabsaugung

siehe "Luftvolumenstrom".

### Rieselbettreaktor

Wird häufig auch als „Luftwäscher“ bezeichnet.

Eine Anlage, bei der die verschmutzte Luft die Filterelemente entweder horizontal (Kreuzstrom) oder aufwärts (Gegenstrom) passiert, die kontinuierlich oder periodisch mit einer Waschflüssigkeit besprüht werden. Aufgrund des intensiven Kontakts zwischen Luft und Waschflüssigkeit ändert sich die Phase der in der Luft enthaltenen Verunreinigungen von gasförmig zu flüssig.

Derzeit werden Wasser und verdünnte Säuren als Waschmedien verwendet. Der entscheidende Faktor für den ordnungsgemäßen Betrieb dieser Anlagen ist, dass die in der Abluft enthaltenen separierten Stoffe und deren Reaktionsprodukte durch Abschlämmen (d. h. durch Abpumpen des verschmutzten Abwassers) entfernt werden. Daher wird ein Teil der Waschflüssigkeit in der Regel immer wieder in Umlauf gebracht, ein anderer Teil wird entsorgt und durch frisches Wasser bzw. verdünnte Säure ersetzt.

Die Reaktorelemente (Filterelemente) bestehen in der Regel aus inertem oder anorganischem Packungsmaterial mit hoher Durchlässigkeit oder großem Porenvolumen und einer großen spezifischen Oberfläche, um die Stoffübertragung zu verbessern. Um die Abgabe von Aerosolemissionen an die Umwelt zu vermeiden, sind in jedem Fall Tropfenabscheider notwendig. Drei Arten von Rieselbettreaktoren sind üblich: Säurewäscher, biologische Rieselbettreaktoren und Wasserwäscher (siehe entsprechende Definitionen).

### Säurewäscher

Gehört zur Kategorie der chemischen Abluftreinigungssysteme. Ein Rieselbettreaktor, bei dem der pH-Wert des Waschwassers durch die Säurezugabe (meist Schwefelsäure) niedrig gehalten wird ( $\text{pH} < 5$ ), um Ammoniak aus der belasteten Luft zu entfernen. Durch die chemische Reaktion des Ammoniaks mit der Säure entstehen Ammonium-Ionen, welche mit dem Waschwasser entfernt werden. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes findet kein mikrobieller Abbau statt. Daher ist die Geruchsreduzierung hier relativ unbedeutend und unterliegt beträchtlichen Schwankungen.

### Staub

Siehe 'Staubfraktion'.

### Particulate matter (PM)

Oft als (Fein-)Staub bezeichnet.

Kleine feste oder flüssige Teilchen, die in einem gasförmigen Medium schweben.

Unterschiedliche Fraktionen werden durch ihren aerodynamischen Durchmesser spezifiziert oder durch die Probenahme- und Bewertungsmethode gemäß der jeweiligen Norm, z. B.:

Bezeichnung	Definition	Norm
PM10	Partikel, die einen größe-selektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 $\mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.	EN 12341
PM2.5	Partikel, die einen größe-selektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 $\mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.	EN 14907
Einatembarer Staub (ID = „inhalable dust“)	Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Mund und Nase eingeatmet wird. Definiert bis ca. 100 $\mu\text{m}$ aerodynamischem Durchmesser.	ISO 7708 EN 481
Gesamtstaub (TD = total dust)	Anteil der Schwebstoffe, die durch Probenahmegeräten mit 37 mm Filterkassetten erfasst werden.	NIOSH 0500
TSP (Total Suspended Particles)	Veralteter Ausdruck, der vor der Einführung von PM10 von der US Umweltagentur verwendet wurde. Partikel bis zu 25-50 $\mu\text{m}$ , abhängig von der Windgeschwindigkeit und -richtung. Entspricht grob PM35.	40 CFT 50, Anhang B

**Tierhaltungssystem**

Ein Haltungssystem beschreibt die Art und Weise, wie eine bestimmte Tierkategorie aufgestellt ist (z. B. Boden- und Buchtengestaltung), das Management und die Lagerung des Wirtschaftsdüngers im Stall, das Lüftungssystem zur Steuerung des Stallklimas innerhalb des Gebäudes sowie die Fütterung und das Tränken.

**Tierkategorie**

Eine Tiergruppe eingeteilt entsprechend ihrer Art (Schweine, Rinder, Hühner, Enten, Puten etc.), Geschlecht, Alter und Produktionsrichtung (Zucht, Aufzucht, Mast, Milch- oder Eierproduktion)

**Verifizierung**

Bestätigung, dass eine Prüfung gemäß einer Norm durchgeführt wurde.

**Verweilzeit**

Die Verweilzeit(en) ist die Zeitspanne oder Zeitdauer, in der die Luft den Filter des Abluftreinigungssystems durchströmt.

**Wasserwäscher**

Rieselfilter mit Wasser als Absorbtionsmittel.

## 6. Systembeschreibung

Der Hersteller/Antragsteller muss vor dem Beginn einer VERA-Prüfung eine genaue und vollständige Beschreibung der Technologie bereitstellen. Diese Informationen werden von dem Prüfinstitut, von den Benutzern des Systems, den Verifizierungsstellen und anderen benötigt. In gewissem Umfang sind sie auch Bestandteil des abschließenden Prüfberichts. Die Systembeschreibung muss alle relevanten und wesentlichen Informationen umfassen, um

- die Prüfung zu organisieren und zu gestalten.
- den Landwirt in die Lage zu versetzen, das System ordnungsgemäß zu betreiben, zu warten und zu überwachen.
- das System online zu überwachen, einschließlich der wichtigen Parameter, die zur Bestimmung der Betriebs-/Ausfallzeit des Systems benötigt werden.
- den Verifizierungsstellen die Kontrolle des Systems nach der Durchführung einer Prüfung zu ermöglichen.
- Einsichten in die Arbeitsmechanismen des Systems gewähren.

Die **detaillierte Beschreibung des Abluftreinigungssystems** muss Folgendes umfassen:

- Die Anwendungsbereiche hinsichtlich der Tierkategorien und der Haltungssysteme;
- Funktionsweise im Detail und Angabe der erwarteten Leistung des Systems hinsichtlich dessen Wirkung auf Schadstoffe (Geruch, Ammoniak, Staub);
- Abbildungen und/oder Skizzen des Systems (Draufsicht und Detailabbildungen, sofern erforderlich);
- Dimensionierung des Systems (Volumen des Füllkörpers, Oberflächengrößen, Filterflächenbelastung pro m<sup>2</sup>);
- Liste mit (technischen) Komponenten, die für die Anwendung benötigt werden, einschließlich Typ (z. B. Material und Merkmale), technische Beschreibung, Funktionsbeschreibung und Konstruktion. Diese Parameter und deren Bereiche sind besonders für die Skalierung eines Systems wichtig und für die Bewertung, wie das System verändert werden kann, bevor ein neuer Test nötig wird.
- Liste mit den wesentlichen Konstruktionsmerkmalen und Betriebsparametern (Wertebereiche), die für das Abluftreinigungssystem spezifisch und für eine ordnungsgemäße Funktion entscheidend sind und aus diesem Grund im Rahmen der Prüfung überwacht werden müssen (siehe Anhang A).
- Liste mit Kenngrößen, die für das elektronische oder manuelle Betriebstagebuch als Teil der Systemüberwachung wesentlich sind, einschließlich einer Beschreibung, wie diese überwacht werden (siehe Anhang B).
- Zusammenstellung aller notwendigen Eingabematerialien sowie Flüssigkeiten und produzierten Abfällen mit Angabe der Menge und der chemischen Zusammensetzung.
- Liste mit wesentlichen Parametern, die für die Berechnung der Betriebs- und Ausfallzeiten des Systems nötig sind (wenn auch das Prüfinstitut für die professionelle Bewertung zuständig ist, ob diese Information ausreichend und verlässlich ist).

Der Hersteller/Antragsteller muss folgende allgemeine Informationen bereitstellen:

- Ausführliche Anleitungen zum Betrieb, Service, Wartung und Überwachung.
- Potentielle Risiken für den Tierschutz, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz.
- Prognostizierte Lebensdauer des Systems und seiner Komponenten
- Garantiebedingungen
- Sofern zutreffend, eine Liste mit Demonstrationsanlagen (Tierkategorie, Typ des Stallsystems, Tiergewichte, Lüftungsraten und insbesondere Strömungswiderstände).

## Benutzerhandbuch

Für die Technologie muss ein Benutzerhandbuch in der Landessprache verfügbar sein. Bei der Abfassung sind die Norm EN 82079 *Erstellen von Gebrauchsanleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung* zu berücksichtigen. Dort sind allgemeine Prinzipien und detaillierte Anforderungen an die Gestaltung und die Formulierung aller Arten von Anleitungen zusammengestellt. Außerdem ist die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und das Produktsicherheitsgesetz zu erfüllen, welche die Rechtsgrundlage für die Harmonisierung wesentlicher Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen für Maschinenausstattungen bilden.

Das Benutzerhandbuch muss zusammen mit der Systembeschreibung bereitgestellt werden und die Informationen enthalten, wie sie in diesem Abschnitt aufgeführt sind. Sie muss insbesondere Anleitungen folgende Themenbereiche enthalten:

- Betrieb des Systems und der technischen Anlagen
- Verhütung und Umgang von/mit Störfällen (Umweltsicherheit)
- Gesundheitsschutz und Sicherheitsmaßnahmen im Betrieb
- Kundendienst und Wartung
- Überwachung der Anlagen.

Im Anhang F sind Beispiele aufgeführt.

## 7. Prüfanforderungen

Dieses Kapitel beschreibt die Anforderungen an die Prüfung von Abluftreinigungssystemen.

Darüber hinaus sind in diesem Kapitel die bei der Prüfung zu berücksichtigenden Messparameter und die zu verwendenden Methoden sowie die Personen/Stellen angegeben, die für die Bereitstellung der angegebenen Informationen zuständig sind. Außerdem beschreibt das Kapitel die Anforderungen hinsichtlich der Auswirkung des Systems auf die Gesundheit am Arbeitsplatz, die Arbeitssicherheit, die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere sowie die Lebensmittelsicherheit.

Alle übrigen Anforderungen allgemeiner Art an den Prüf- und Verifizierungsprozess, einschließlich der Qualifikation der Prüfpartner, werden in den **Allgemeinen VERA-Richtlinien** (GVG) dargelegt, die auf der VERA Website unter [www.vera-verification.eu](http://www.vera-verification.eu) frei zugänglich sind.

### 7.1 Vorabprüfung oder Vorbereitung einer vollständigen Prüfung einer Technologie

Das Prüfprotokoll kann sowohl während der Entwicklung einer neuen Technologie (im Sinne einer Vorprüfung) verwendet werden als auch zur Prüfung einer ausgereiften Technologie (bereit für die Markteinführung) mit dem Ziel einer Verifizierung.

Bei einer neuen Technologie wird dringend empfohlen, die Vorabprüfung vor Beginn der umfassenden Prüfung durchzuführen. Eine vollständige Prüfung sollte erst dann gestartet werden, wenn die Vorversuche deren Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit gezeigt hat. Um die Leistung und Stabilität der neuen Technologie zu erläutern und zu optimieren, sind bei der Vorprüfung einer Technologie bereits Teile des Prüfprotokolls verwendbar. In einer solchen Vorprüfung kann der Hersteller die Prüfeinrichtung jederzeit besuchen.

Für eine umfassende Prüfung einer Technologie mit dem Ziel einer VERA Verifizierung müssen alle nachstehend genannten Anforderungen erfüllt sein. Hierzu gehören auch die in den GVG genannten allgemeinen Anforderungen, Anforderungen/Beschränkungen beim Besuch landwirtschaftlicher Betriebe und bei Modifizierungen der Technologie.

An der Prüfung einer Technologie wirken mehrere Akteure mit:

1. Der Antragsteller/Hersteller, der die Prüfung der Technologie beabsichtigt.
2. Die Prüfstelle, die die gewünschten Prüfungen durchführt.
3. Der/die Landwirt(e), die die Anlagen betreiben, an denen die Prüfungen erfolgen.

Ein detaillierter **Prüfplan** muss von der Prüfstelle nach der Vorlage in Anhang G erstellt werden, einschließlich aller relevanten Parameter.

Der Antragsteller/Hersteller hat vor Beginn einer VERA Prüfung eine vollständige Beschreibung der zu prüfenden Technologie zu liefern, vgl. Kapitel 6. Die Beschreibung muss detaillierte Anweisungen für den Betrieb, Kundendienst, die Wartung und Überwachung enthalten.

### 7.2 Zuständigkeiten im Prüfzeitraum

Während des Betriebs ist der Antragsteller/Hersteller für die elektronische oder manuelle Aufzeichnung einer Reihe von wichtigen Parametern zur Überprüfung des Anlagenbetriebs verantwortlich (siehe Anhang B). Zu den protokollierten Parametern müssen alle Parameter gehören, die für die Berechnung der Betriebszeit/Ausfallzeit des Systems wichtig sind, vgl. Kapitel 6.

Das Prüfinstitut muss bestätigen, dass die ausgewählten Parameter für die Überwachung des Anlagenbetriebes wesentlich und geeignet sind.

Während des Prüfzeitraumes darf der Antragsteller/Hersteller den Betrieb nicht besuchen, wenn er nicht vom Prüfinstitut oder dem Landwirt aufgrund von Problemen mit dem Abluftreinigungssystem gerufen wird. Dann darf er den Betrieb zusammen mit der Prüfstelle besuchen.

Die Prüfstelle muss die zur Behebung von Betriebsproblemen und zur Wartung des Systems verwendete Zeit protokollieren. Zusätzlich muss eine Beschreibung dazu aufgenommen werden, wann und wie das Problem gelöst wurde. Das Protokollbuch wird von der Prüfstelle und dem Antragsteller/Hersteller unterschrieben, nachdem Reparaturen abgeschlossen wurden.

Während des Prüfzeitraumes dürfen keine Änderungen an dem System vorgenommen werden, die einen wesentlichen Einfluss auf die Reinigungswirkung haben. Falls der Anmelder/ Hersteller bereits Untersuchungen an früheren Modellen vorgenommen hat, muss er die Berichte einschließlich einer Erläuterung der Unterschiede zwischen den Modellen beifügen.

Die Prüfstelle ist für die Koordinierung und Umsetzung des Prüfplans sowie für die Aufzeichnung aller erforderlichen Datentabellen zuständig. Ferner ist die Prüfstelle für die Errechnung der Betriebs-/Ausfallzeiten des geprüften Systems verantwortlich.

Außerdem muss das Prüfinstitut sicherstellen, dass ein Protokollbuch an einem zugänglichen Ort im Stall in der Nähe des Abluftreinigungssystems zur Verfügung steht.

Der Landwirt ist für die Aufzeichnung der Produktionsbedingungen gemäß dem Prüfplan verantwortlich. Der Landwirt muss auch die Zeit dokumentieren, die er für auftretende Probleme und die Wartung des Systems oder der Technologie aufgewendet hat.

### **7.3 Anforderungen an die Prüfeinrichtung**

Dieses Kapitel beschreibt die allgemeinen Anforderungen an den landwirtschaftlichen Betrieb, der als Prüfbetrieb verwendet wird. Die Anforderungen an die Bewirtschaftungsbedingungen werden in Anhang D dargelegt.

Für die Prüfung des Abluftreinigungssystems muss der Landwirtschaftsbetrieb die Bedingungen aufweisen, die für die übliche Praxis in der jeweiligen Tierkategorie repräsentativ sind, bei der das System verwendet werden soll. Dies bedeutet, dass Anforderungen definiert werden müssen, dass sowohl die zu prüfende Anlage für die betreffenden Kategorien typisch ist als auch repräsentative Bewirtschaftungsbedingungen im Prüfzeitraum sichergestellt werden.

Zudem müssen die verwendeten Prüfbetriebe Merkmale aufweisen, die für die Standardpraktiken im betreffenden Land als repräsentativ betrachtet werden können. Folgende Aspekte sind dabei zu berücksichtigen:

1. Großvieheinheiten in der Prüfung
2. Bestandsdichte
3. Buchtengestaltung
4. Fütterungssystem
5. Anwendbarkeit auf andere Tierhaltungssysteme und Tierkategorien
6. System zur Entfernung des Wirtschaftsdüngers
7. Lüftungssystem: Gestaltung und Dimensionierung im Verhältnis zur Anzahl der Tiere
8. Management

Der Landwirt muss in der Lage sein, die tatsächlichen Rohproteinwerte im Futter im Prüfzeitraum zu dokumentieren. Kann der Landwirt diese Dokumentation nicht vorlegen, müssen drei Futterproben, über den Messzeitraum verteilt, entnommen und analysiert werden.

### **7.4 Prüfaufbau und Probenahme**

#### **7.4.1. Prüfaufbau**

Die VERA-Prüfung wird in zwei landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt.

Die Prüfanlagen der beiden Betriebe müssen repräsentativ für Betriebe in den teilnehmenden Ländern sein, einschließlich Betriebsgröße, Fütterungsregime und Lüftungsraten, vgl. Abschnitt 7.3.

Es empfiehlt sich, die beiden Prüfungen möglichst auf Betrieben durchzuführen, die sich in zwei verschiedenen Ländern befinden. Um im Fall grundlegender Betriebsprobleme unnötige Kosten zu vermeiden, können die Versuche auf den beiden Prüfstandorten auch nacheinander durchgeführt werden.

#### **7.4.2. Probenahme**

Die spezifischen Probenahmen- und Messparameter werden im Folgenden dargelegt, um Informationen über die technische Leistung des Abluftreinigungssystems zu gewinnen. Zur Gestaltung der Prüfung gehören auch die Überwachung des Systems und die laufende Protokollierung der wichtigsten Parameter über einen Zeitraum von einem Jahr (rund um den Prüfzeitraum).

Dadurch wird eine Basis zur Bewertung der Betriebssicherheit des Systems geschaffen, vgl. Anhänge A und B.

- Die Betriebssicherheit ist durch mindestens eine jährliche Überwachung und jeweils mindestens einen Besuch der Prüfstandorte außerhalb der achtwöchigen Messperiode zu überprüfen; hierbei müssen das „Protokollbuch“ und das Abschlammwasser einer Gesamtprüfung unterzogen werden.
- Wöchentliche Prüfungen der elektronischen Aufzeichnung der sekundären Parameter (gleiche Anforderungen wie in den Messperioden).

Table 1: Probenahmeverfahren bei der Prüfung eines Abluftreinigungssystems

Probenahme/ Parameter	Anforderung	
	Prüfstandort A	Prüfstandort B
<b>Zeitraum der Probennahme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>≥ 8 aufeinanderfolgende Wochen, Sommerbedingungen.</li> <li>≥ 8 aufeinanderfolgende Wochen, Winterbedingungen.</li> <li>Für Prüfungen bei Masthähnchen: 2 Durchgänge mit Messungen über 4 Wochen am Ende jedes Durchgangs.</li> <li>Ziel ist die Prüfung der Minimal- und Maximalbedingungen.</li> </ul>	Identisch mit Standort A.
	<p><b>Sommerbedingungen:</b> In der achtwöchigen Messperiode muss die Lüftungsrate des Stalles &gt; 80 % der dimensionierten maximalen Lüftungsrate pro Tier an <u>mindestens</u> 3 Stunden pro Tag an 50 % aller Messtage betragen. Bei der Entnahme der Proben für die Geruchsmessungen muss die Lüftungsrate über 80 % betragen.</p> <p><b>Winterbedingungen:</b> In der achtwöchigen Messperiode muss die Lüftungsrate des Stalles niedrig sein und unter 30 % der maximalen Lüftungsrate pro Tier an <u>mindestens</u> 3 Stunden pro Tag an 50 % aller Messtage liegen. Bei der Entnahme der Proben für die Geruchsmessungen muss die Lüftungsrate unter 30 % betragen. Bei einer Teilabluftbehandlung und in der Geflügelproduktion müssen im Prüfplan individuelle Probenahmebedingungen für diesen speziellen Fall festgelegt werden. Jedoch müssen auch in diesen Fällen sowohl Sommer- als auch Wintermessungen durchgeführt werden. Zwischen den Sommer- und den Wintermessungen muss ein Zeitabstand von mindestens zwei Monaten liegen.</p>	
<b>Probenahme- stellen</b>	Gleichzeitige Probenahme einströmender und ausströmender Luft.	Identisch mit Standort A.
<b>Mindestanzahl an Messtagen</b>		
<b>Geruch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x 8 Messtage.</li> <li>• Hedonik (optional).<sup>1</sup></li> </ul>	4 Tage in der Winter- und 6 Tage in der Sommerperiode.
<b>Staub</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtstaub und PM10: 2 Tage in jeder achtwöchigen Messperiode.</li> <li>• PM2,5 optional.</li> </ul>	Keine Staubmessungen.
<b>Ammoniak</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x 8 Messtage, bestehend aus 24-stündigen Dauermessungen.</li> <li>• Kontinuierliche NH<sub>3</sub>-Messung über zwei Wochen in beiden achtwöchigen Messperioden</li> </ul>	4 Tage in der Winter- und 6 Tage in der Sommerperiode. Gleichmäßig verteilt über die achtwöchige Messperiode.
<b>Stickstoff- bilanz</b>	<p><u>Für Betriebssicherheit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasseranalysen einmal wöchentlich (in jeder Messperiode).</li> </ul> <p><u>Für N-Bilanz:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 2 Wochen (für Biofilter: &gt; 4 Wochen) in jeder achtwöchigen Messperiode mit Online-Gasmessungen (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O), Messungen des Volumenstroms</li> </ul>	Keine Messungen.
<b>Betriebs- parameter</b>	<p>Bei den Messungen vom Geruch und Ammoniak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftvolumenstrom (kontinuierlich).</li> <li>• Temperatur und relative Feuchte (vor und hinter dem Abluftreinigungssystem) mindestens einmal wöchentlich.</li> <li>• pH des Abschlammwassers.</li> </ul>	Identisch mit Standort A.
<b>Abschlamm- wasser</b>	Während der kontinuierlichen, zweiwöchigen NH <sub>3</sub> -Messungen muss das Abschlammwasser in einem Tank gelagert werden. Flüssigkeitsproben vom ersten Tag, von einem Tag in der Mitte und vom letzten Tag des zweiwöchigen Zeitraums sind aus dem Abluftreinigungssystem und dem Tank zu entnehmen.	Proben des Umlaufwassers des Abluftreinigungssystems sind an allen Tagen mit Geruchs- und Ammoniakmessungen zu entnehmen.

<sup>1</sup> Für deutsche Behörden: Charakterisierung des Geruchs ist vorgeschrieben.

## 7.5 Messungen

### 7.5.1 Kalibrierung, Verifizierung und Validierung

Die Kalibrierung der Messinstrumente ist essentiell und wesentlicher Bestandteil der Definition der Konfiguration. Dies betrifft sowohl Kalibrierungsverfahren, die nur mehrjährig oder jährlich vorgenommen werden, als auch solche, die vor jedem Einsatz durchzuführen sind. Neben Temperatur, relativer Leuchtfeuchtigkeit usw. muss die Kalibrierung auch mögliche Querempfindlichkeiten mit anderen Gasen in der Prüfumgebung berücksichtigen.

Sämtliche Kalibrierungs- und Verifizierungsverfahren sowie Messunsicherheitsbetrachtungen für die relevanten Parameter müssen die Anforderungen der ISO 17025 erfüllen, dokumentiert und in der Berichterstattung berücksichtigt werden.

Der Messbereich und die Nachweisgrenze der betreffenden Messmethode müssen für alle Parameter adäquat sein und im Prüfbericht dokumentiert werden.

#### Spezifische Anforderungen an Ammoniakmessungen:

Nachfolgend werden die erforderlichen Mindestanforderungen an die Qualitätssicherung (QA) dargestellt, die vom Prüfinstitut zu dokumentieren und auf Anfrage vorzulegen sind:

Tabelle 2: Qualitätssicherung (QA) für  $\text{NH}_3$ -Messungen

QA-Parameter	Anforderungen
<b>Nachweisgrenze</b>	Die nachweisbare Mindestkonzentration von Ammoniak. Definiert als die Konzentration, bei der sich die Wahrscheinlichkeit eines falsch-positiven Ergebnisses auf 1 % und die Wahrscheinlichkeit eines falsch-negativen Ergebnisses auf 50 % beläuft. In der Regel wird sie als die dreifache Standardabweichung von mindestens sieben Blindwertbestimmungen definiert, aber es existieren auch andere Verfahren.
<b>Quantifizierungsgrenze (Limit of quantification, LOQ)</b>	Die Mindestkonzentration, bei der eine Konzentration mit akzeptabler Präzision angegeben werden kann, welche in der Regel als die 10-fache Standardabweichung von mindestens sieben Blindwertbestimmungen definiert wird. Es existieren aber auch andere Verfahren. Alle Ergebnisse unterhalb der LOQ können bei der Berechnung des Abscheidegrades nicht berücksichtigt werden, können aber der LOQ gleichgesetzt werden. Es empfiehlt sich, dass die LOQ für Ammoniakminderung in Abluftreinigungssystemen mindestens < 1 ppm und vorzugsweise < 0,5 ppm beträgt.
<b>Messunsicherheit</b>	Die Unsicherheit der Gesamtmethode unter Berücksichtigung des Fortpflanzungsfehlers, zu der Unsicherheiten der Kalibrierungsfunktion und andere Unsicherheiten gehören (z. B. Verdünnungen). Für Ammoniak darf die Messunsicherheit nicht über 15 % liegen.
<b>Messbereich</b>	Der Konzentrationsbereich, für den die Kalibrierungsfunktion (siehe unten) und die Methodenunsicherheit gültig sind. Der Messbereich kann sich nicht bis unter die LOQ erstrecken; es ist zu beachten, dass die Unsicherheit bei der LOQ in der Regel ~ 25 % beträgt.
<b>Messpräzision (Wiederholpräzision)</b>	Wird als Prozentwert auf der Basis einer Messreihe bei stabilen Konzentrationswerten als relative Standardabweichung berechnet.

### Methodengenauigkeit

Bezieht sich auf die Richtigkeit einer Methode, die auf unterschiedlichen Wegen bestimmt werden kann. Die Methodengenauigkeit kann für jede Messbedingung bestimmt werden. (Es ist jedoch zu beachten, dass es viele unterschiedliche Bedingungen je nach Tierkategorie, Gestaltung der Tierhaltung, Fütterung, vor/hinter dem Abluftreinigungssystem usw. gibt) und muss nicht in jede Prüfung einbezogen werden. Zwei anwendbare Methoden werden hier aufgeführt (andere sind die Leerprobenaufstockung und die Standardaddition, diese sind jedoch mit Gasmessungen unter Stallbedingungen schwer durchzuführen):

- Vergleich mit einer anerkannten Referenzmethode nach EN 14793.
  - Für Ammoniak wäre die Referenzmethode die Impinger-Methode nach VDI 3496 und NEN 2826.
  - Bei Gasmessungen ist es wichtig, dass die Stichprobensysteme so identisch wie möglich sind.
  - Nach EN 14793 beträgt der Korrelationskoeffizient  $r \geq 0,97$  ( $R^2 \geq 0,94$ ), und die Steigung sollte nicht signifikant über oder unter 1 liegen, wie in der Norm dargelegt wird.
- Vergleich mit einem synthetischen Standardgas, das eine zertifizierte Ammoniakkonzentration (mit einer bestimmten Unsicherheit) enthält, in Verbindung mit Prüfungen, die dokumentieren, dass die Methode frei von Störungen aus zu messenden bekannten Bestandteilen in der Matrix ist. Relevante Bestandteile sind Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan und flüchtige organische Verbindungen (VOC). Für Emissionen aus Nutztierhaltungen sind die relevanten VOC hauptsächlich flüchtige Carbonsäuren, flüchtige Alkohole und Ketone. Der Vergleich sollte auch das gesamte Stichprobensystem der Feldanordnung berücksichtigen. Die Akzeptanzkriterien der Genauigkeit dieser Methode werden wie folgt definiert: Die Regression des Vergleichs mit einem zertifizierten Standard sollte einen Korrelationskoeffizienten von  $r \geq 0,97$  haben, und die Steigung sollte sich von 1 nicht um mehr als die Unsicherheit des zertifizierten Referenzgases unterscheiden (max. 10 %). Die Summe aller Interferenzen sollte  $< 5 \%$  betragen.

*Besonders wichtige Parameter bezüglich der Kalibrierungsfunktion:*

- *Empfindlichkeit:* Die Steigung der Kalibrierungsfunktion in Einheiten des Signals pro Konzentrationseinheit.
- *Linearität:* Angegeben als der Korrelationskoeffizient ( $R^2$ ), der in der Regel vorzugsweise  $> 0,99$  betragen sollte. Niedrigere Werte können akzeptiert werden, sie werden jedoch die Unsicherheit der Methode beeinflussen.

*Reaktionszeit und Probenahmezeit:*

Bei kontinuierlichen Messungen müssen die Zeit der Probenahme und deren Häufigkeit (Messzeit an jedem Probenahmepunkt) an die Reaktionszeit angepasst werden. Damit soll sichergestellt werden, dass die gesamte Reaktionsänderung erreicht und eine ausreichende Anzahl von Datenpunkten erlangt wird.

### 7.5.2 Primäre Messparameter

Die primären Messparameter zielen auf die primären Umweltschadstoffe ab, die vom mechanischen Lüftungssystem eines Nutztierhaltungssystems emittiert werden. In diesem Protokoll handelt es sich dabei um Ammoniak, Geruch und Staub.

Falls bekannt ist, dass der Typ des geprüften Abluftreinigungssystems einen spezifischen Parameter nicht senkt oder nur eine geringe Wirkung darauf hat (z. B. Geruchskonzentration in Abluftreinigungssystemen, die Schwefelsäure verwenden) oder dass der Hersteller/Anmelder aus anderen Gründen einen spezifischen Parameter nicht messen möchte, kann der Hersteller/Anmelder entscheiden, die spezifische Reinigungswirksamkeit als null zu definieren, ohne die entsprechenden Messungen vorzunehmen.

### 7.5.2.1 Ammoniakmessung

Tabelle 3: Ammoniakmessung

#### Probenahmebedingungen – Ammoniak

- Mindestanzahl und Verteilung der Probennahmetage:

##### Prüfstandort A:

- Kontinuierliche 24-Stunden-Messung einmal wöchentlich im Laufe jeder der beiden achtwöchigen Messperioden.
- Eine kontinuierliche  $\text{NH}_3$ -Messung über zwei Wochen unter Verwendung von Dauermessmethoden jeweils innerhalb der beiden Messperioden an Zeiten mit den höchsten Belastungen. Die kontinuierlichen  $\text{NH}_3$ -Messungen werden zur Ermittlung der N-Bilanz verwendet.

##### Prüfstandort B:

- Identisch mit Standort A, aber Messungen an nur vier Tagen während der achtwöchigen Wintermessperiode und an sechs Tagen innerhalb der achtwöchigen Sommermessperiode.
- Messtage gleichmäßig über die achtwöchige Messperiode verteilt.
- Bei Masthähnchen: mindestens eine Probenahme in der letzten Woche des Produktionszyklus.
- Parameter, die an jedem Messtag gemessen werden müssen: Luftvolumenstrom (kontinuierlich), Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit (vor und hinter dem Abluftreinigungssystem) und pH des Abschlammwassers (mindestens einmal wöchentlich).
- Proben des Umlaufwassers des Abluftreinigungssystems sind an allen Messtagen zu entnehmen.
- Während der Messung muss die Tierbesatzdichte zwischen 90 % und 100 % liegen.

#### Messmethode – Ammoniak

Details zu den Messstandards: siehe Quellennachweis.

Besondere Anforderungen: siehe Abschnitt 7.5.1

- Für die N-Bilanz sind kontinuierliche Messsysteme erforderlich.
- Die Messmethode muss für den Lufteinlass und Luftauslass jeweils dieselbe sein.
- Gasprüfrohre sind nicht anwendbar und können nur für orientierende Messungen verwendet werden.

#### N-Bilanz

##### Für Betriebssicherheit:

- Wasseranalysen einmal wöchentlich mit pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ , und  $\text{NO}_3\text{-N}$  (innerhalb der achtwöchigen Messperioden).
- Tests zur Ermittlung der N-Bilanz sind nur bei hinreichender Betriebssicherheit des Abluftreinigungssystems zulässig.

##### Für N-Bilanz:

- Eine mindestens zweiwöchige Messperiode (für Biofilter: mindestens vier Wochen) jeweils innerhalb der achtwöchigen Messperioden mit kontinuierlichen Gasmessungen ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) und Volumenstrommessungen (Gas und Flüssigkeit).
- Wasseranalysen (Prüfstandort A): Während der kontinuierlichen zweiwöchigen  $\text{NH}_3$ -Messungen muss das Abschlammwasser in einem Tank gelagert werden. Flüssigkeitsproben vom ersten Tag, von einem Tag in der Mitte und vom letzten Tag des zweiwöchigen Zeitraums sind aus dem Abluftreinigungssystem und dem Tank zu entnehmen. Analysen gemäß Quellennachweis.
- Berechnung: siehe Anhang C.
- $\text{NO}_x$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Messungen sind für Säurewäscher nicht notwendig.
- Für mehrstufige Wäschersysteme ist nur die N-Gesamtbilanz erforderlich (nicht die einzelnen Schritte). Der Schritt der Biofilterung mit organischem Füllmaterial sollte nicht in die Bilanz einbezogen werden.

### 7.5.2.2 Geruchsmessungen

Tabelle 4: Geruchsmessungen

#### Probenahmebedingungen – Geruch

- Mindestanzahl und Verteilung der Probennahmetage:
  - Prüfstandort A: Wöchentlich, mit zwei Probenreihen pro Tag jeweils während der achtwöchigen Sommer- und Wintermessperioden.
  - Prüfstandort B: Zwei Probenreihen pro Tag an vier Tagen während der achtwöchigen Wintermessperiode und an sechs Tagen innerhalb der achtwöchigen Sommermessperiode. Gleichmäßig über die achtwöchige Messperiode verteilte Probennahmetage, mit mindestens einer Probenahme jeweils in der ersten und der letzten Woche.
- Probenahme zwischen 9:00 und 16:00 Uhr.
- Die Roh- und Reingasproben sind gleichzeitig zu entnehmen.
- Beprobungsort: Querprofile der Luftauslässe, vorzugsweise Mischprobe.
- Beprobungszeit: mindestens 30 Minuten.
- Probenahmearbeitsmittel: nach EN 13725.
- Nach EN 13725 muss das Labor dokumentieren, wie das Risiko einer Kondensation in den Probenahmebeuteln vermieden wird.

Parameter, die an den Messtagen zu messen sind:

- Luftvolumenstrom (gleichzeitig und kontinuierlich mit einer Messfrequenz von < 5 min).
- Temperatur
- Feuchte (vor und hinter dem Abluftreinigungssystem) – muss > 90 % im Reingas betragen, um die ordnungsgemäße Funktion des Systems nachzuweisen.
- pH des Abschlammwassers (mindestens einmal wöchentlich).

#### Geruchsmerkmale (optional)

- Nur für Proben an Prüfstandort A.
- Analyse bezüglich der Geruchsarten (z. B. Schweinegeruch oder erdiger Geruch) (*in Deutschland verpflichtend*)
- Zur Bestimmung des spezifischen Geruchs von Schweinen oder Geflügel wird ein Team eingesetzt, das nach EN 13725 qualifiziert ist. Das Team muss auf verfahrenstypische Gerüche geschult sein, um qualifizierte Ja-/Nein-Aussagen über den verfahrenstypischen Geruch während der olfaktometrischen Messungen treffen zu können.

#### Messmethode – Geruch

Olfaktometrie nach EN 13725: *Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie.*

*(Bemerkung: in NL ist die Verwendung der 'Forced choice response' Methode für die 'Regeling geur en veehouderij (= niederländische Richtlinie für Geruch und Tierhaltung) erforderlich).*

### 7.5.2.3 Staubmessungen (PM-Messungen)

Tabelle 5: Staub-Messung

#### Probenahmebedingungen – Staub

- Nur an Prüfstandort A erforderlich.
- Die Messung von PM10 sowie die Messung einer größeren Fraktion (z. B. Gesamtstaub [TD] und einatembarer Staub [ID]) ist obligatorisch. PM2,5 ist optional.
- Mindestanzahl und Verteilung der Probennahmetage für Gesamtstaub und PM10:
- Zwei Tage in jeder achtwöchigen Messperiode. Probennahmetage sollten in unterschiedlichen Wochen liegen.
- Mindestens zwei Probenreihen an jedem Probennahmetage, entweder aufeinanderfolgend oder parallel.
- Die Roh- und Reingasproben sind gleichzeitig zu entnehmen.
- Die Probenahme muss isokinetisch erfolgen oder die Luftgeschwindigkeit unter 2 m/s liegen.
- Beprobungsort: basierend auf der Luftgeschwindigkeit und Lufthomogenität.
- Die Beprobungszeit muss so gewählt werden, dass eine nachweisbare Partikelmasse angegeben werden kann – Richtschnur: zwischen 30 Minuten und 24 Stunden. Bei kurzen Messungen sollte die Probenahme zwischen 9:00 und 16:00 Uhr stattfinden.

#### Messmethode – Staub (PM)

##### Gravimetrische Verfahren

Die Probenahme der Staubfraktion muss detailliert angegeben werden, d. h. entweder durch Bezugnahme auf eine Fraktion (PM10, TSP, TD und ID), durch Angabe ihres 50 %-Schnittdurchmessers oder durch Angabe ihrer Schnittkurve.

Messstandards (für Details siehe Quellennachweis), z. B.:

- EN 12341 und EN 13284-1 (für PM10 und PM2,5).
- ISO 7708 und EN 481 (für inhalierbaren Staub, PM100).
- NIOSH-Methode 0500 (für Gesamtstaub).
- 40 CFR 50, Anhang B (für TSP, PM35).

Bei Staubmessungen sollte folgendes berücksichtigt werden: Wenn die Messungen zur Gewinnung der absoluten Konzentrationswerte für Staub oder der absoluten Emissionsraten für Staub dienen, sollten die Messmethoden Konzentrationen nahe der realen Konzentration erzeugen. Die systematischen Messfehler können schwerwiegend sein. Die Messverfahren dürfen nur nach Durchführung und Veröffentlichung von Äquivalenzprüfungen zu relevanten Referenzprobennehmern und Anwendung von Korrekturmaßnahmen verwendet werden. Zu solchen Messungen können z. B. die Neukalibrierung einer Messmethode für den betreffenden Staub oder die Anwendung von Korrekturfaktoren gehören. Derzeit liegt keine Norm vor, die beschreibt, wie Äquivalenzprüfungen in der Tierhaltung durchzuführen sind. Die in den Literaturhinweisen aufgeführten Normen bieten jedoch einen Leitfaden, etwa bezüglich der Referenzprobennehmern, der allgemeinen Verfahren und der statistischen Prüfungen. EN 12341 bietet hier viele nützliche Informationen.

Wenn die Messungen der Bestimmung des Staubabscheidegrades auf einer relativen Skala dienen (d. h. durch die Staubkonzentrationen bestimmt sind, die der Technologie vor- und nachgelagert sind), wäre der systematische Messfehler eines Probenehmers (d. h. eine systematische Abweichung der gemessenen Konzentration von der realen Konzentration) prinzipiell weniger relevant. Wenn an beiden Seiten der Abluftreinigungstechnologie exakt derselbe Fehler aufträte, würde er sich bei der Berechnung des Abscheidegrades aufheben. Es ist jedoch fragwürdig, ob die letztgenannte Annahme in der Praxis zutrifft, weil sich die Verteilung der Partikelgrößen und die Luftmerkmale in der Regel ändern, wenn Luft durch eine Abluftreinigungstechnologie strömt. Diese nachgelagerten Änderungen können Fehler einer anderen Art oder Schwere verursachen. Daher sind in dieser Situation auch Probenehmer erforderlich, die Konzentrationen nahe der realen Konzentration erlauben.

Es empfiehlt sich grundsätzlich, die Konzentrationswerte an einer Stichprobenposition doppelt zu messen, weil Zufallsfehler zwischen den Instrumenten derselben Messmethode in Nutztierhaltungen relativ hoch sind. Wenn mehrere Einzelmessungen durchgeführt werden, kann dieses Prinzip auf einen „Mehrere-Einzelentnahmen“-Ansatz zugeschnitten werden, verteilt über eine große Querschnittsfläche (wie sie häufig in Filterwänden, Luftwäschern, Biofilter usw. vorliegt). Der letztgenannte Ansatz berücksichtigt sowohl räumliche Variationen als auch Zufallsfehler zwischen Instrumenten.

### 7.5.3 Messparameter zur Darstellung der Prüfbedingungen

Tabelle 6 zeigt die Messparameter, die die Prüfbedingungen darstellen, einschließlich der Parameter, die die Emissionswerte der primären Umweltschadstoffe beeinflussen können, z. B. durch Einflussnahme auf die Leistung des Abluftreinigungssystems. Die Tabelle enthält zudem weitere (sekundäre) Umweltschadstoffe.

Einige der Parameter zur Darstellung der Prüfbedingungen sind verpflichtend, andere wiederum sind optional. Die verpflichtenden Parameter sind in der Tabelle mit „P“ (Pflicht) und die optionalen mit „O“ gekennzeichnet.

Tabelle 6: Messparameter zur Darstellung der Prüfbedingungen

Parameter [Einheit] P: verpflichtend O: optional	Probenahmebedingungen (wo, wie und wie oft)	Messmethoden
Betriebsfunktion und Betriebssicherheit (P)	Kontinuierliche Messungen der wichtigsten Funktionsparameter	Siehe Anhang A
Lüftungsrate (P) [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Lüftungsrate durch das Abluftreinigungssystem.  Kontinuierliche Messungen.  In Ställen mit Teilabluftreinigung muss auch die Lüftungsrate der unbehandelten Luft gemessen werden.	Windrad-Anemometer, das den gesamten Luftauslass vor dem Ventilator erfasst.  Die Anforderungen an die Strömungsmechanik sind einzuhalten, d. h. ausreichender Abstand zwischen Ventilator und Anemometer (Hinweise und Details siehe EN 15259).
Anzahl und Gewicht der Tiere (P) [kg]	Datum, Anzahl und Gewicht der Tiere, wann sie ein- und ausgestallt werden.	Wiege- und Stalltagebuch
N <sub>2</sub> O (P nur für biologische Systeme) [mg m <sup>-3</sup> ]	Kontinuierliche Messung während der N-Bilanz	z. B. FTIR und GC-ECD
NO <sub>x</sub> (P nur für biologische Systeme) [mg m <sup>-3</sup> ]	Kontinuierliche Messung während der N-Bilanz	z. B. Chemilumineszenz
Temperatur (P) [°C]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Messungen</li> <li>• Beprobungsort: Rohgas und Reingas</li> </ul>	Thermoelemente  Adäquate/r Messbereich, Sensibilität und Nachweisgrenze  Hinweis: Unerwünschte Wirkungen auf das Messgerät, z. B. durch Verunreinigung, Windeinwirkung oder direkte Sonnenstrahlung.
Feuchtigkeit (P) Relative Feuchte [%]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punktmessungen während der Geruchsmesstage</li> <li>• Beprobungsort: Rohgas und Reingas</li> </ul>	Kapazitätssensor  Hinweis: Unerwünschte Wirkungen auf das Messgerät, z. B. durch Verunreinigung, Windeinwirkung, direkte Sonnenstrahlung oder Frost.
Druckverlust (P) [Pa]	Nur im Abluftreinigungssystem sowie im gesamten Lüftungssystem, einschließlich Abluftreinigungssystem.  Kontinuierliche Messungen	Manometer, elektronische Mikro-Manometer (Differenzdruck in der Membran)
Stromverbrauch (P) [kWh]	Kontinuierliche Messung von Stromverbrauch der Lüftung im Allgemeinen sowie der Pumpen des Abluftreinigungssystems.	Beide Messungen alle zwei Wochen
Wasserverbrauch (P) [l], [m <sup>3</sup> ] Bezogen auf Zeit	Kumulative Messung	Dokumentation
Chemikalienverbrauch (z. B. Säure) (P) [mg oder kg] Masse [l oder m <sup>3</sup> ] Volumen	Kumulative Messung	Dokumentation

Parameter [Einheit] P: verpflichtend O: optional	Probenahmebedingungen (wo, wie und wie oft)	Messmethoden
Abschlammflüssigkeit aus dem Abluftreinigungssystem <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menge (P)</li> <li>• pH (P)</li> <li>• Leitfähigkeit (P)</li> <li>• NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (P)</li> <li>• NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (P)</li> <li>• Chemikalien (die dem Abluftreinigungssystem zugegeben werden) (P)</li> </ul>	Die Proben müssen sofort nach der Probenahme bei Temperaturen < 5 °C gelagert werden.	Methoden: siehe Quellennachweis
Leeren der Gruben und Güllekanäle (P)	Daten aufzeichnen	Dokumentation
Reinigung des Stalles und Entmistung (P)	Beschreibung des Reinigungsverfahrens Aufzeichnung der Entmistung in jeder Bucht an Tagen mit Geruchsprobenahme	Dokumentation
Fütterungsparameter (P)	Der Proteingehalt der Fütterung sollte im Prüfzeitraum innerhalb des spezifischen Bereichs für die einzelnen Tierkategorien liegen. Siehe Anhang D.	Dokumentation
Lärm (O)	Außen, 1-2 m vom Lüftungsauslass	Schallpegelmessgerät ISO 3746
NH <sub>3</sub> (O) auf Tierebene [ppmv]	Auf Tierebene (Höhe der Nase des Tiers)	Gasprüfröhrchen oder siehe Methoden für Ammoniak
CO <sub>2</sub> (O) [mg m <sup>-3</sup> ]	Siehe oben „Ammoniak“ und „Allgemeine Empfehlungen“	
CH <sub>4</sub> (O) [mg m <sup>-3</sup> ]	Siehe oben „Ammoniak“ und „Allgemeine Empfehlungen“ oder in Kombination mit Geruchsproben	
H <sub>2</sub> S (O) [mg m <sup>-3</sup> ]	Kombination mit Geruchsproben	z. B. GC-SCD

## 7.6 Allgemeine Aspekte

### 7.6.1 Tiergesundheit und Tierschutz

Das Abluftreinigungssystem ist direkt an das Lüftungssystem der Tierhaltung angeschlossen. Daher hat das Abluftreinigungssystem eine direkte Auswirkung auf das Klima in der Stalleinheit sowie auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere. Das Stallsystem, das darin vorherrschende Klima und das Wohlergehen der Tiere müssen grundsätzlich die nationalen Rechtsvorschriften erfüllen.

Da das Abluftreinigungssystem das Tierwohl beeinflusst und im Extremfall zum Tod der Tiere führen kann, müssen die Installationsfirmen Fachkenntnisse über Lüftung und Klimakontrolle in Ställen nachweisen können. Die Systeme müssen so gestaltet, betrieben und gesteuert werden, dass die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere nicht negativ beeinträchtigt werden. Zudem muss das Prüfinstitut Zugang zum gesamten Abluftreinigungssystem und nicht nur zu einer einzelnen Abluftwäschereinheit haben.

Zur Vermeidung von Problemen enthält Anhang E Empfehlungen über die ordnungsgemäße Gestaltung und den ordnungsgemäßen Betrieb.

### 7.6.2 Verordnungen, Arbeitsgesundheit und Arbeitssicherheit

Bei der Durchführung einer Prüfung nach diesem Prüfprotokoll müssen alle Aktivitäten die relevanten nationalen und EU-Rechtsvorschriften sowie alle relevanten Normen erfüllen.

Grundsätzlich müssen Luftbehandlungssysteme (wie bei allen industriellen Maschinen und Ausrüstungen) mit der Maschinenrichtlinie übereinstimmen (Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG [Neufassung]). Sie müssen so gestaltet und konstruiert werden, dass sie während ihrer gesamten Lebensdauer betrieben, angepasst und gewartet werden können, ohne Menschenleben zu gefährden.

Die Anlagen müssen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen von Anhang I der Richtlinie erfüllen. Eine ordnungsgemäße Konformitätsbeurteilung ist durchzuführen und eine „Konformitätserklärung“ muss vorliegen.

Es obliegt dem Hersteller/Anwender, Einführer oder Endlieferanten sicherzustellen, dass die gelieferte Ausrüstung mit den Richtlinien übereinstimmt. Zudem legt die Richtlinie 89/655/EWG des Rates vom 30. November 1989 die Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit fest (geändert durch 2007/30/EG) und verpflichtet Unternehmen und Arbeitgeber, die möglichen Risiken für Betreiber und andere Personen zu berücksichtigen, die die Maschinen und Arbeitsmittel verwenden oder von ihnen betroffen sind.

Die Richtlinie sieht vor, dass alle am Arbeitsplatz bereitgestellten Arbeitsmittel für ihren Verwendungszweck geeignet und sicher sind, in sicherem Zustand gehalten und unter bestimmten Umständen geprüft werden, um ihren sicheren Zustand zu gewährleisten, nur von Personen verwendet werden, die geeignete Informationen, Anleitungen und Schulungen erhalten haben, und durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen unterstützt werden, z. B. Schutzvorrichtungen, Markierungen und Warnhinweise.

*ISO 12100 Sicherheit von Maschinen* legt außerdem technische Grundsätze fest, damit die Konstrukteure der Arbeitsmittel die erforderliche Sicherheit erreichen.

Die o. g. Verpflichtung ist grundsätzlich einzuhalten, insbesondere bei chemischen Wäschern und in den chemischen Phasen mehrstufiger Anlagen, die mit anorganischen Säuren, etwa Schwefelsäure, arbeiten, obwohl die Säure in den Waschphasen stark verdünnt wird.

Die Sicherheitsanleitungen müssen in einem Datensicherheitsblatt dokumentiert und streng befolgt werden.

Neben der Anforderung, dass die Gestaltung und Konstruktion der Anlagen so erfolgen muss, dass sie in ihrer gesamten Lebensdauer betrieben, angepasst und gewartet werden können, ohne Menschenleben zu gefährden, sind eine gute Lüftung und geeignete Schutzausrüstung erforderlich, etwa säurebeständige Schutzkleidung und Schutzbrille. Zudem muss sichergestellt werden, dass Schutzeinrichtungen, etwa Augenspüleinrichtungen und Duschen, vorhanden sind und ordnungsgemäß funktionieren.

Darüber hinaus sollten chemische Wäscher und die chemischen Phasen mehrstufiger Anlagen nach dem Abschalten gründlich mit Wasser durchgespült werden. Bei diesen Anlagen setzen sich Säure- und Salzrückstände in den hoch porösen Lamellen sowie an den übrigen Filterwänden ab. Diese Rückstände müssen entfernt werden.

Eine Liste der relevanten EU-Richtlinien und der internationalen Normen für dieses Arbeitsgebiet ist im Quellennachweis dieses Prüfprotokolls sowie auf der VERA-Website <http://www.vera-verification.eu/en/technology-manufacturers/test-protocols/> unter „Links zu EU-Richtlinien und internationalen Normen“ enthalten. Hinweis: Diese Liste ist nicht erschöpfend, und die nationalen Rechtsvorschriften und Normen sind darin nicht enthalten.

## 7.7 Datenbehandlung, Berechnung und Bewertung von Emissionen

Für jeden Messparameter werden die notwendigen Einheiten für die jeweiligen Ergebnisse spezifiziert, um die größtmögliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse und eine hinreichende Informationsgrundlage für eine Neuberechnung, Reproduktion, Konvertierung und Bezugnahme der Werte zu gewährleisten.

Da die einzelnen Länder unterschiedliche Anforderungen an die Art der Bewertung der Leistung eines Abluftreinigungssystems stellen, müssen die Ergebnisse für Ammoniak, Geruch und Staub als Mittelwert (einschließlich der Standardabweichung für Ammoniak) und der Abscheidegrad angegeben werden.

Bei der Berechnung der Mittelwerte und des Abscheidegrades sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen:

### 1. Berechnung der Tagesmittelwerte (Staub und Geruch)

#### Staub (PM)

Für Staub wird in einem ersten Schritt der Abscheidegrad für jeden Messtag berechnet:

Mittlerer Staub-Abscheidegrad für jeden Messtag [%] =

$$100 * \frac{\text{mittlere Staubkonzentration [mg m}^{-3}\text{] im Rohgas} - \text{mittlere Staubkonzentration [mg m}^{-3}\text{] im Reingas}}{\text{mittlere Staubkonzentration [mg m}^{-3}\text{] im Rohgas}}$$

#### Geruch

Die Geruchskonzentration für jeden Probennahmetag muss zunächst auf den Luftvolumenstrom bezogen werden:

Geruchsmassenstrom [GE h<sup>-1</sup>] = Geruchskonzentration [GE m<sup>-3</sup>] \* mittlerer Abluftvolumenstrom [m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>].

Mittlerer Geruchsabscheidegrad für jeden Messtag [%] =

$$100 * \frac{\text{Tagesmittelwert für Geruchsmassenstrom [GE h}^{-1}\text{] im Rohgas} - \text{Tagesmittelwert für Geruchsmassenstrom [GE h}^{-1}\text{] im Reingas}}{\text{Tagesmittelwert für Geruchsmassenstrom [GE h}^{-1}\text{] im Rohgas}}$$

### 2. Berechnung des Abscheidegrades pro Prüfzeitraum (für Ammoniak, PM und Geruch)

#### Ammoniak

Die Ammoniakentnahmeleistung im Prüfzeitraum kann auf der Basis einer Massenbilanz anhand von Messungen der Ammoniakkonzentrationen [z. B. mg m<sup>-3</sup>] und der Rate des Luftvolumenstroms [z. B. m<sup>3</sup> Stunde<sup>-1</sup>] in den Prüfzeiträumen (Sommer und Winter) berechnet werden.

Für jedes Messintervall (z. B. 1 Minute) wird die NH<sub>3</sub>-Belastung im Rohgas wie folgt berechnet:

$$NH_3 \text{ Fracht}_{\text{Rohgas}} [\text{kg}] = C_{\text{Rohgas}} [\text{kg m}^{-3}] * Q [\text{m}^3 \text{ h}^{-1}]$$

Mit:

$C_{\text{Rohgas}}$  [kg m<sup>-3</sup>] = mittlere NH<sub>3</sub>-Konzentration im Rohgas für jedes Zeitintervall

$Q$  [m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>] = mittlere Luftvolumenstromrate für jedes Zeitintervall

Liegt das gemessene  $C_{\text{Rohgas}}$  unter der Quantifizierungsgrenze, wird zur Berechnung die Quantifizierungsgrenze statt des gemessenen Werts verwendet. Ähnlich wird die Austrittsbelastung, die Fracht im Reingas (NH<sub>3</sub> Fracht<sub>Reingas</sub>), berechnet.

Am Ende des Prüfzeitraums (Winter oder Sommer) werden alle NH<sub>3</sub>-Frachten im Rohgas zusammengefasst und ergeben so eine kumulative Fracht (CumNH<sub>3</sub> Fracht<sub>Rohgas</sub>). Dasselbe wird für die NH<sub>3</sub>-Fracht im Reingas gemacht. Basierend auf diesen beiden Zahlen wird der mittlere NH<sub>3</sub>-Abscheidegrad wie folgt berechnet:

$$\text{Abscheidegrad je Prüfzeitraum [\%]} = 100 * \frac{\text{CumNH}_3\text{ Fracht}_{\text{Rohgas}} [\text{kg}] - \text{CumNH}_3\text{ Fracht}_{\text{Reingas}} [\text{kg}]}{\text{CumNH}_3\text{ Fracht}_{\text{Rohgas}} [\text{kg}]}$$

Wobei:

CumNH<sub>3</sub> Fracht<sub>Rohgas</sub> = Summe der berechneten Belastung im Rohgas für jeden Prüfzeitraum

CumNH<sub>3</sub> Fracht<sub>Reingas</sub> = Summe der berechneten Belastung im Reingas für jeden Prüfzeitraum

### PM und Geruch

Basierend auf den Tagesmittelwerten für Staub und Geruch und auf dem Mittelwert der einzelnen Prüfzeiträume für Ammoniak werden die Mittelwerte für jeden Prüfstandort (A und B) und für jeden Prüfzeitraum (Sommer und Winter) separat berechnet.

Für Ammoniak ist die entsprechende Standardabweichung anzugeben.

### 3. Berechnung des Abscheidegrades pro Prüfstandort

$$\text{Abscheidegrad für Prüfstandort X [\%]} = \frac{\text{Abscheidegrad im Winter} + \text{Abscheidegrad im Sommer}}{2}$$

### 4. Berechnung des verifizierten Abscheidegrades

$$\text{Verifizierter Abscheidegrad [\%]} = \frac{\text{mittlerer Abscheidegrad Standort A} + \text{mittlerer Abscheidegrad Standort B}}{2}$$

Es ist sehr wichtig, dass die Abluftvolumenstromraten insbesondere im Sommer während der Messungen aufgezeichnet werden, um die dazugehörigen Belastungen der Filterflächen verifizieren zu können.

In der Verifizierungsurkunde wird der Abscheidegrad in % der maximalen Belastung der Filterflächen in [m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>] angegeben. Die verifizierte maximale Belastung der Filterfläche kann je nach Parameter (z. B. Ammoniak, Staub oder Geruch) variieren. Der Vorteil dieser Beschreibung ist, dass je nach den Anforderungen, die an das Abluftreinigungssystem gestellt werden, der Hersteller und die Zulassungsbehörden das entsprechende Filtersystem im Hinblick auf die gesamte Filterfläche präzise prüfen können.

## 8. Prüfberichterstattung und Bewertung

In diesem Abschnitt sind die Anforderungen an den Prüfbericht aufgeführt. Hierzu gehören auch die Form der System- und Prüfbeschreibung, Datenbehandlung, statistische Auswertung etc.

Grundsätzlich müssen die Ergebnisse auf Basis der EN 15259: *Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht*; erfolgen.

Der Prüfbericht muss in englischer Sprache und, falls nötig, in einer lokalen Sprache verfasst werden. Der Bericht muss die nachstehend aufgeführten Abschnitte und Zwischenüberschriften beinhalten. Der folgende Text umfasst eine Beschreibung dessen, was in den Abschnitten aufzunehmen ist, sowie Vorschläge zum Inhalt der einzelnen Abschnitte.

### Vorwort

Zum Vorwort soll Folgendes gehören:

- Eine Beschreibung der an der Prüfung mitwirkenden Parteien – der Anmelder, die Prüfstelle und die Landwirte – und deren jeweilige Rollen in Prüfungszeitraum;
- Spezifikation des Prüfzeitraums, einschließlich Datumsangaben
- Datum und Unterschrift(en) der für die Prüfung verantwortlichen Person(en)
- Name und Anschrift der Prüfstelle.

### Einführung

Die Einleitung soll eine Begründung enthalten, wie das geprüfte System/ die Technologie den ökologischen Herausforderungen begegnet und wie es Emission von Umweltschadstoffen wie Ammoniak, Geruch und Staub reduziert und dadurch die gesamte Umweltwirkung der jeweiligen landwirtschaftlichen Produktionsrichtung mindert.

Die Technologie sowie der Antragsteller/ Hersteller, der in die Prüfung involviert ist, soll allgemein beschrieben werden. Wenn der Antragsteller/Hersteller bereits früher Prüfungen durchgeführt hat, sind diese zu beschreiben und Referenzen beizufügen.

### Material und Methoden

Der Abschnitt „Material und Methoden“ muss folgende Beschreibung enthalten:

- Die an der Prüfung beteiligten Betriebe;
- Das Abluftreinigungssystem, einschließlich der Anforderungen für den ordnungsgemäßen Betrieb;
- Verwendete Messmethoden und deren Messunsicherheit;
- Das Stallgebäude, in dem die Prüfung durchgeführt wurde.

Ferner muss beschrieben werden:

- Tierkategorie;
- Anzahl der Abteile, die an das Abluftreinigungssystem angeschlossen sind;
- Größen der Abteile und Buchten;
- Anzahl der Buchten pro Abteil; und
- Anzahl der Tiere pro Bucht.

Außerdem muss die Art des Bodens sowie das Entmistungs-, Fütterungs- und Lüftungssystem beschrieben werden. Dem Prüfbericht sind Fotos aus dem Innenbereich der Abteilungen und der Tierhaltungseinheit beizufügen.

Der Beschreibung des Tierhaltungssystems soll die Beschreibung des Abluftreinigungssystems, der Dimensionierungskriterien und des Kontrollprinzips folgen. Es muss zudem darlegen, wie das Abluftreinigungssystem an das Lüftungssystem angeschlossen ist. Weitere spezifische Details können in einem Anhang dargelegt werden. Der Prüfbericht muss daneben Fotos und alle Zeichnungen des Abluftreinigungssystems enthalten.

Zur Beschreibung des Abluftreinigungssystems gehört eine Beschreibung des Prüfaufbaues, der Dimensionierung der Prüfung und der Messverfahren, einschließlich einer Spezifizierung der verwendeten Messinstrumente, der Messpunkte, der Messhäufigkeit und der Kalibrierungsverfahren. Darüber hinaus muss der Prüfbericht eine Beschreibung der Verarbeitungsmethode der statistischen Daten enthalten, einschließlich der verwendeten Modelle und der Statistiksoftware.

### Ergebnisse

Die Beschreibung der Ergebnisse beginnt mit der Angabe der gemessenen primären Parameter (Geruchs-, Ammoniak- und Staubkonzentrationen, vgl. Tabelle 3 bis 5), die die primären Zielgrößen der Prüfung sind. Die einzelnen Rohdaten sind zunächst in Grafiken darzustellen. Anschließend sind die verarbeiteten Daten tabellarisch mit Medianen, Mittelwerten, und 95-%-Perzentilen anzugeben.

Um Geruch darzustellen, müssen die Daten für jeden Messtag mit den relevanten zugehörigen Daten, die die Messbedingungen beschreiben, wie in der folgenden Tabelle präsentiert werden:

Geruchsmessung	
Datum	Datum des jeweiligen Messtages
Tiere	Anzahl der Tiere am Messtag
Tiergewicht	Durchschnittliches Gewicht der Tiere am Messtag
Umgebungs- und Randbedingungen	
Außentemperatur	Mittelwert in °C während der Probenahme
Außenfeuchte	Mittelwert in % während der Probenahme
Roh- und Reingastemperatur	Mittelwert in °C während der Probenahme
Roh- und Reingasfeuchte	Mittelwert in % während der Probenahme
Ø Abluftvolumenstrom	Durchschnitt in m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> während der Probenahme
Ø Filterflächenbelastung	Mittelwert in m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> während der Probenahme
Geruchskonzentration	
Rohgaskonzentration	Geometrischer Mittelwert der einzelnen Proben
Reingaskonzentration	Geometrischer Mittelwert der einzelnen Proben

Nach der Darstellung der Rohdaten folgt eine Diskussion der Ergebnisse.

Der Mittelwert und die Standardabweichung der Messparameter zur Darstellung der Prüfbedingungen (vgl. Tabelle 4) und alle zusätzlichen Messparameter sind tabellarisch aufzuführen und im Text zu kommentieren.

Eine Massenbilanz für Stickstoff ist erforderlichenfalls anzugeben, vgl. Anhang C.

Eine Bewertung der Funktionssicherheit des Systems muss vorgenommen werden. Diese Evaluierung muss auf Beobachtungen basieren, die im gesamten Prüfzeitraum angestellt wurden, und sie muss alle aufgezeichneten Daten enthalten, die die Stabilität des Abluftreinigungssystems beschreiben.

Die Betriebszeit der Technologie im Prüfzeitraum sowie die Wirksamkeit der Technologie, korrigiert um den Betriebszeitfaktor, sind zu berechnen (Beispiel: Beträgt die Minderungswirkung der Technologie 90 % und die Betriebszeit 80 %, ergibt sich eine korrigierte Wirkung der Technologie von 72 %).

Der Prüfbericht muss zudem eine Evaluierung der möglichen Risiken enthalten, die gegebenenfalls mit der Benutzung des Systems einhergehen, einschließlich der möglichen Auswirkungen auf

- die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere,
- die Arbeitsgesundheit und Arbeitssicherheit und
- die gesamte (externe) Umwelt.

Diese Bewertungen müssen sowohl Situationen bei Normalbetrieb des Abluftreinigungssystems als auch unvorhergesehene Verwendungen und Probleme berücksichtigen.

Der Prüfbericht muss Anleitungen bereitstellen, die Behörden das System inspizieren können, vgl. Anhang B: Überwachung und Dokumentation des Betriebs.

Am Ende schließt der Prüfbericht mit der Beurteilung, wie die Ergebnisse auf andere Arten von Ställen oder Tierkategorien angewendet werden können (vgl. Anhang E).

### **Schlussfolgerungen**

Die Schlussfolgerungen sollen die wesentlichen Ergebnisse zusammenfassen und das Abluftreinigungssystem im Allgemeinen bewerten. Zu diesem Abschnitt dürfen nur Schlussfolgerungen gehören, die sich anhand des Ergebnisteils im Prüfbericht begründen lassen.

### **Literaturhinweise**

Relevante Verweisungen sind anzugeben.

### **Anhänge**

Falls relevant, können Anhänge beigefügt werden.

## 9. Literaturhinweise

### Anwendbare Normen:

#### Allgemeines

**Richtlinie 2006/42/EG** des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung).

**Richtlinie 89/655/EWG** des Rates vom 30. November 1989 (zur Änderung von 2007/30/EG) über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit.

**EN ISO/IEC 17025** Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

**EN 15259 Luftbeschaffenheit** – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht.

**EN 12599** Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen.

**EN ISO 12100** Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung.

**EN 82079** Erstellen von Anleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung.

**ISO 3600** Traktoren, Land- und Forstmaschinen, angetriebene Rasen- und Gartengeräte - Betriebsanleitungen – Inhalt und Aufmachung.

**KTBL (2008)** Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen. KTBL 464, Darmstadt.

**IMAG (2002)** Meetmethoden gasvormige emissies uit de veehouderij (Messmethoden für gasförmige Emissionen in der Nutztierproduktion), IMAG-rapport 2002-12, Wageningen.

#### Partikelmessungen

**ISO 7708 Luftbeschaffenheit** – Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobenahme.

**EN 481** Arbeitsplatzatmosphäre – Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel.

**EN 12341** Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM10 oder PM2,5-Massenkonzentration des Schwebstaubes.

**EN 13284-1** Emissionen aus stationären Quellen – Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen – Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren.

**EN 13284-2** Emissionen aus stationären Quellen – Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen – Teil 2: Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen.

**NIOSH Method 0500** Particulate not otherwise regulated, Total aerosol mass, Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition.

**40 CFR Appendix B to Part 50** Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method).

**VDI 2066 Blatt 1-7**, Messen von Partikeln; Staubmessungen in strömenden Gasen.

**VDI 2066 Blatt 10**, Ausgabe: 2004-10 Messen von Partikeln – Staubmessung in strömenden Gasen – Messung der Emissionen von PM10 und PM2,5 an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren.

## Geruchsmessungen

**EN 13725** Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie.

**VDI 3940 Blatt 1-5**, Ausgaben: 2006-2013 Bestimmung der Geruchsstoffimmission durch Begehungen.

## Ammoniakmessung

**prEN ISO/DIS 21877** Emissionen aus stationären Quellen – Ermittlung der Massenkonzentration von Ammoniak – Manuelles Verfahren.

**NEN 2826** Luftbeschaffenheit – Emissionen aus stationären Quellen – Probenahme und Bestimmung des gasförmigen Ammoniakgehalts.

**VDI Richtlinie VDI 3496, Blatt 1** Messen gasförmiger Emissionen. Bestimmung der durch Absorption in Schwefelsäure erfassbaren basischen Stickstoffverbindungen.

**KTBL (2001)** Messmethoden für Ammoniakemissionen. KTBL-Schrift 401, Darmstadt.

**IMAG (2002)** Meetmethoden gasvormige emissies uit de veehouderij (Messmethoden für gasförmige Emissionen in der Nutztierproduktion), IMAG-rapport 2002-12, Wageningen.

## Abwasseranalyse

### Ammoniumstickstoff

**EN ISO 11732** Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Ammoniumstickstoff - Verfahren mittels Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion.

**EN ISO 14911** Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Kationen  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$  mittels Ionenchromatographie-Verfahren für Wasser und Abwasser.

**DIN 38406-5** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs (E 5).

### Nitritstickstoff:

**EN 26777** Wasserbeschaffenheit; Bestimmung von Nitrit; Spektrometrisches Verfahren.

**EN ISO 10304-1** Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat.

**EN ISO 13395** Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion.

### Nitratstickstoff:

**EN ISO 10304-1** Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat.

**EN ISO 13395** Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion.

**DIN 38405-09-2/9-3** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Bestimmung des Nitrat-Ions (D 9).

**DIN 38405-29** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 29: Photometrische Bestimmung von Nitrat mit Sulfosalizylsäure (D 29); ISO 7890-3:1988, modifiziert

## **Gasanalyse**

### **Methoden:**

**EN 14792** Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden ( $\text{NO}_x$ ) – Standardreferenzverfahren: Chemilumineszenz.

**VDI Richtlinie 3496 Blatt 1** Messen gasförmiger Emissionen; Bestimmung der durch Absorption in Schwefelsäure erfassbaren basischen Stickstoffverbindungen.

## Anhänge

### Anhang A (verpflichtend): Wichtige Konstruktions- und Betriebsparameter

Die Beschreibung des zu prüfenden Abluftreinigungssystems muss eine Liste der wesentlichen systemspezifischen und betriebstechnischen Parameter (Wertebereiche) enthalten, die für den ordnungsgemäßen Betrieb entscheidend sind.

Die Beschreibung muss die unten aufgeführten Parameter enthalten (Der blaue Text zeigt Beispiele an). Die relevanten Parameter hängen vom Reinigungsprinzip ab; die größten Unterschiede gibt es zwischen Biofiltern und anderen Systemen.

#### Anhang A1: Wichtige und verpflichtende Konstruktions- und Betriebsparameter (einstufige Biofilter)

(Der blaue Text zeigt Beispiele an.)

Table 7: Konstruktionsparameter – einstufige Biofilter

Systembeschreibung	(einstufiger Biofilter mit Frischwasserzufuhr)		
Filtermaterial	(Wurzelholz oder Hackschnitzel)		
Zusätze zum Filtermaterial	(Mikroorganismen, Dünge-/ Puffersubstanzen)		
Eignung	(Schweinehaltung: Staub- und Geruchsminderung, Gülle-/Einstreusysteme, Lüftungssysteme)		
Gesamtsystem	Einheit	Daten	Zusätzliche Informationen
Art und Gewicht der Tiere	kg	X	
Maximale Tierplätze (TP)	-	X	
Maximaler Luftvolumenstrom	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	X	
Spezifischer Wasserverbrauch	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	X	
Maximaler Druckverlust über die gesamte Anlage	Pa	X	
Länge/Breite/Höhe	m	X	(Schicht 1, Einlass: 10 x 10 x 0,2) (Schicht 2, Auslass: 10 x 10 x 0,8)
Max. Filterflächen-Belastung	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	X	
Max. Filtervolumen-Belastung	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup>	X	
Zahl der Berieselungsdüsen	-	X	
Wasserdruck des Berieselungssystems	bar	X	
Berieselung	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	X	(5 Minuten pro Stunde)
Berieselungsdichte	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	X	
Filtermaterial	Einheit	Daten	Zusätzliche Informationen
Filtermaterial	-	X	(Wurzelholz oder Hackschnitzel)
Dicke (Bereich)	mm	X	
Zusätze zum Filtermaterial	-	X	(Mikroorganismen, Dünge-/ Puffersubstanzen), Datenblatt
Verwendbarkeit des Filtermaterials	Jahre	X	

## Anhang A 2: Wichtige und verpflichtende Konstruktions- und Betriebsparameter (Wäscher und mehrstufige Anlagen) (Der blaue Text zeigt Beispiele an.)

Tabelle 8: Konstruktionsparameter – Abluftwäscher

Systembeschreibung	(einstufiger Rieselbettreaktor)				
Eignung	(Schweinehaltung: Ammoniak-, Staub- und Geruchsminderung, Gülle-/Einstreusysteme, Lüftungssysteme)				
<b>Gesamtsystem</b>	<b>Einheit</b>	<b>Daten</b>	<b>Zusätzliche Informationen</b>		
Art und Gewicht der Tiere	kg	x			
Maximale Tierplätze (TP)	-	x			
Maximaler Luftvolumenstrom	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	x			
Verweilzeit	s	x	(Gesamtsystem)		
Spezifischer Wasserverbrauch	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	x			
Spezifische Abschlämzung	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	x			
Maximaler Druckverlust über die gesamte Anlage	Pa	x			
Spezifischer Säureverbrauch	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	x	(96 % Schwefelsäure)		
Spezifischer Laugenverbrauch	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	x	(50 % Natriumhydroxid)		
Spezifischer Verbrauch an Additiven	m <sup>3</sup> TP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	x	(Entschäumer: Produkt xx (siehe Datenblatt))		
<b>Füllkörper</b>	<b>Einheit</b>	<b>Stufe 1</b>	<b>Stufe 2</b>	<b>Stufe 3</b>	<b>Bemerkung</b>
		Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt	Beschreibung, falls Datenblatt fehlt
Länge/Breite/Höhe	m	x	x	x	
Spezifische Filterfläche	m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup>	x	x	x	
Max. Filterflächen-Belastung	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	x	x	x	
Max. Filtervolumen-Belastung	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup>	x	x	x	
Berieselung	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	x	x	x	
Berieselungsdichte	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	x	x	x	
Volumen des Wasserbeckens	m <sup>3</sup>	x	x	x	
pH Bereich	-	min - max	min - max	min - max	
Max. Leitwert	mS cm <sup>-1</sup>	x	x	x	
<b>Tropfenabscheider</b>	<b>Einheit</b>	<b>Datenblatt</b>			<b>Beschreibung, falls Datenblatt fehlt</b>
Länge/Breite/Höhe	m	x			
Max. Luftgeschwindigkeit	m s <sup>-1</sup>	x			

## Anhang B (informativ): Elektronische Überwachung und Dokumentation des Betriebs der Abluftbehandlung

Alle Abluftreinigungssysteme sind mit elektronischen Betriebstagebüchern auszustatten, die die relevanten Betriebsdaten aufzeichnen und in erster Linie der Dokumentation des ordnungsgemäßen Betriebs des Abluftreinigungssystems dienen.

Es kann sein, dass die nationalen Rechtsvorschriften vorsehen, örtlichen Behörden bestimmte Datenaufzeichnungen vorzulegen.

Die in diesem Betriebstagebuch aufzuzeichnenden Daten

Parameter	Einheit	Deutschland (abhängig von der Region)		Niederlande	Dänemark
		Biofilter	Rieselbettreaktoren, Wäscher, Mehrstufige Anlagen		
(X = verpflichtend)					
Luftvolumenstrom	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	X	X		Anforderungen in DK werden von den lokalen Behörden gestellt und können einige der aufgeführten Parameter enthalten.
Gesamtdruckverlust	Pa	X	X	X	
Gesamter kumulativer Frischwasserverbrauch	m <sup>3</sup>	X	X		
Gesamter kumulativer Strombedarf	kWh	X	X	X	
Laufzeit der Sprinkler/Befeuchtungspumpen	time	X	X		
Gesamte kumulative Abschlammmenge	m <sup>3</sup>		X	X	
pH-Wert	-		X	X	
Elektrische Leitfähigkeit	mS cm <sup>-1</sup>		X	X	
Rohgas-Temperatur	°C	X	X		
Außentemperatur	°C	X	X		
Reingas-Temperatur	°C		X		

Weitere manuelle Aufzeichnungen können sein:

- Steuerung des Befeuchtungssystems/Sprinklerschaltung;
- Kalibrierung von pH und Leitfähigkeitssensoren;
- Wartungs- und Reparaturzeiten, einschließlich Art der Arbeiten;
- Austausch der Filtermaterialien (Zeit und Häufigkeit);
- Wasserdruck der hausinternen Wasserversorgung.

Betriebsdaten wie Druckverlust und Luftdurchsatz, Pumpenlaufzeiten und Sprühintervalle sowie Daten über den Frischwasser- und Säureverbrauch (sofern zutreffend) und die Schmutzwassermenge sind grundsätzlich relevant und sollten mindestens stündlich aufgezeichnet werden.

In Einzelfällen kann es notwendig sein, neben den in der Tabelle aufgeführten auch weitere Parameter zu dokumentieren. Dies gilt insbesondere für Abluftreinigungsverfahren, die nicht als Variante eines der beschriebenen Verfahren klassifiziert werden können. Methoden wie Abluftreinigung durch Oxidation, bei der die Luft mithilfe von Additiven gereinigt wird, fallen in diese Kategorie. In diesem Fall müssen die verbrauchten Additivmengen in geeigneter Form aufgezeichnet werden.

Die Daten des elektronischen Betriebstagebuchs helfen Landwirten, ihre Anlagen wirksam und kosteneffektiv zu betreiben. Wenn die Druckverluste infolge unsachgemäßen Betriebs steigen, z. B. während der Luftvolumenstrom konstant bleibt, entstehen signifikante zusätzliche Energiekosten, die vermieden werden können. Signifikant höhere Säureverbrauchswerte zeigen zudem, dass das Abluftreinigungssystem unsachgemäß bedient wird und folglich unnötige Kosten verursacht. Wenn Wartungsverträge bestehen, sinken diese Kosten, sofern die potenziellen Störungen erkannt werden, weil die zur Eliminierung der Fehlfunktion benötigten Informationen sofort verfügbar sind.

Durch die elektronische Betriebsdatenerfassung können Landwirte zudem den ordnungsgemäßen Betrieb ihrer Anlagen jederzeit nachweisen, etwa wenn sich Nachbarn beschweren oder ein solcher Nachweis von der Aufsichtsbehörde verlangt wird, was die Rechtssicherheit signifikant verbessert.

## Anhang C (verpflichtend): Stickstoffbilanz

In der Tierhaltung genutzte Abluftreinigungstechnologien dürfen nicht zur Entstehung von sekundären Spurengasen beitragen, die größere Umweltauswirkungen haben können als die Rohgasverbindungen selbst. Bei biologischen Prozessen mit Ammoniakoxidation kann eine unbeabsichtigte Umwandlung von Ammoniak in NO und N<sub>2</sub>O bis zu einem gewissen Grad auftreten und muss dokumentiert werden.

Mit der Stickstoffbilanz der Abluftreinigungstechnologien sollten die nachstehenden Ziele erreicht werden:

- Dokumentation aller relevanten Prozesse innerhalb des Abluftreinigungssystems.
- Dokumentation der möglichen sekundären Spurengase, die ein sehr hohes Erderwärmungspotenzial haben (N<sub>2</sub>O) oder zur Bildung troposphärischen Ozons beitragen (NO).
- Sicherstellung einer langlebigen Abluftreinigungstechnologie durch Stickstoffmassenbilanz.

Für die Stickstoffbilanz eines Abluftreinigungssystems sind alle möglichen in Abbildung 1.

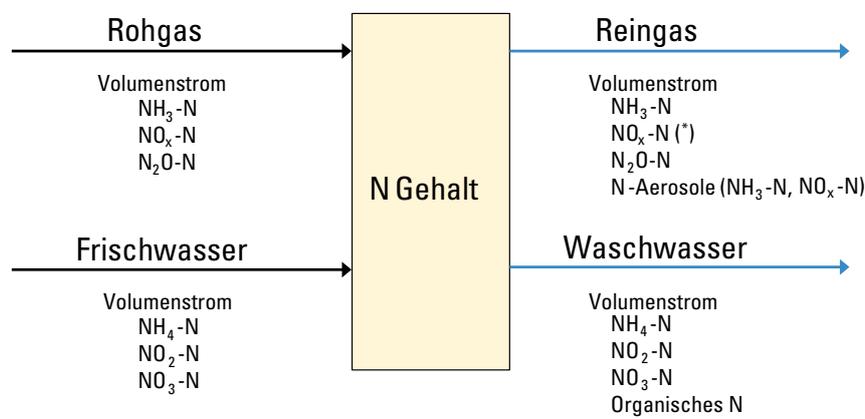


Abbildung 1: Überblick über die Massenströme der N-Verbindungen in einem Abluftreinigungssystem

(\*) Kommentar zu NO<sub>x</sub>-N im Reingas: Bei biologischen Filtern besteht bei einem pH-Wert < 6 das Risiko, dass durch Verdampfung signifikante HNO<sub>2</sub>-Mengen in die Abluft freigesetzt werden. Dieses gasförmige HNO<sub>2</sub> wird fälschlicherweise von einem Chemilumineszenz-Instrument als NO<sub>2</sub> gemessen und dadurch in die Stickstoffbilanz fälschlicherweise als NO<sub>x</sub> aufgenommen. NO<sub>x</sub> ist als NO und NO<sub>2</sub> definiert, aber Chemilumineszenz-Instrumente mit reduktivem Konverter zur Messung von NO<sub>2</sub> werden tatsächlich auch andere oxidierte Stickstoffverbindungen messen, einschließlich HNO<sub>2</sub>. Für die Stickstoffmassenbilanz sind alle gemessenen NO<sub>2</sub>-Mengen einzubeziehen, sie müssen aber als „verdampftes HNO<sub>2</sub>“ angegeben werden. Dies ist nur relevant, wenn der pH unter 6 liegt, was bei einigen biologischen Rieselbettreaktoren beobachtet wurde.

Die Frage, ob die Stickstoffbilanz erforderlich ist, hängt von der Art der verwendeten Abluftreinigungstechnologie ab. Beispielsweise ist sie bei mechanischen Staubseparationssystemen nicht notwendig.

Bei chemischen Wäschern mit niedrigem pH-Wert in der Waschflüssigkeit ist es sinnvoll, Informationen über die Aerosolabgabe und Abscheidungsprozesse innerhalb des Systems zu haben (z. B. das Füllmaterial und Tropfenabscheider). In der Regel sind bei der Bilanzierung der chemischen Wäscher nur reduzierte Stickstoffverbindungen wie NH<sub>3</sub> und NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zu berücksichtigen.

Die Stickstoffbilanz für biologisch betriebene Abluftreinigungssysteme ist hingegen komplexer und sollte die in Abbildung 1 angegebenen Daten berücksichtigen. Biologische Rieselbettreaktoren und konventionelle Biofilter mit organischem Filtermaterial können signifikant zu sekundären Spurengas-Emissionen beitragen, wenn keine ausreichende Abschlammung (biologische Rieselbettreaktoren) oder kein ausreichender Materialaustausch (Biofilter) stattfindet.

Die für eine N-Bilanz zu erfüllenden Grundanforderungen werden in Abschnitt 7.5.2.1 dargelegt.

Die Messungen sollten in den letzten vier Wochen der Messperioden durchgeführt werden. Bei Masthähnchen sollten sich die Messungen über die erste Hälfte der Charge erstrecken, um die niedrigsten Emissionswerte zu erhalten.

Um die Retention aller Stickstoffkomponenten in der N-Ablagerung bewerten zu können, werden alle Stickstoffeingaben in das System und alle Stickstoffemissionen des Systems (einschließlich Aerosolabgänge und im Waschwasser und Schlamm angereicherte Stickstoffmasse) während des zweiwöchigen Bilanzierungszeitraums gemessen und bewertet.

Außerdem werden die Eingangs- und Ausgangsluftvolumenströme kontinuierlich aufgezeichnet und als halbstündiger Mittelwert festgehalten.

### Beispiele einer N-Bilanz:

#### Beispiel: Chemowäscher

Unter Betrachtung der gasförmigen Stickstoffein- und austräge sowie der Anreicherung von Stickstoff im Prozesswasser wurde während des Messzeitraums eine Bilanz erstellt. Damit die Gaskonzentrationen hierzu herangezogen werden können, müssen die Rohgaskonzentrationen ( $\text{NH}_3$ )  $\geq 3,3$  ppm betragen. Weitere gasförmige Stickstoffverbindungen lagen in ihren Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze und werden hier nicht betrachtet.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmung des im Prozesswasser gebundenen Stickstoffes nur mit einer sehr hohen Messunsicherheit bestimmt werden kann. Die Analytik der Proben ist sehr genau, jedoch lässt sich das tatsächlich im System befindliche Prozesswasservolumen zum Probenahmezeitpunkt nur sehr schwer bestimmen (d. h. die Genauigkeit der Füllstandsmessung ist gering).

Tabelle 9: Beispiel einer N-Bilanz

<b>Eintrag [kg]</b>	$\text{NH}_3$ -N Rohgas	101,0
	Rohgas <sub>weitere gasförmige N-Verbindungen</sub>	0,0
	<b>Summe EIN</b>	101,0
<b>Austrag [kg]</b>	DELTA $\text{N}_{\text{anorg}}$ Prozesswasser	38,1
	$\text{N}_{\text{anorg}}$ Abschlammwasser	47,5
	$\text{NH}_3$ -N Reingas	9,1
	Reingas <sub>weitere gasförmige N-Verbindungen</sub>	0,0
	<b>Summe AUS</b>	94,7
<b>Differenz</b>	EIN – AUS	6,4
<b>Wiederfindung [%] gesamt</b>	AUS/EIN	94
<b><math>\text{NH}_3</math> Minderungsrate</b>	(EIN-AUS)/EIN	0,91
<b><math>\text{N}_{\text{gasf.}}</math> Minderungsrate</b>	(EIN-AUS)/EIN	0,91

Von den eingetragenen 101 kg  $\text{NH}_3$ -N wurden 85,6 kg im Prozesswasser und Abschlammwasser am 01.01.1900 wiedergefunden. Dies entspricht einer Abscheidung von 85 %.

Es muss jedoch die erhöhte Messunsicherheit bei der Prozesswasservolumenbestimmung berücksichtigt werden.

#### N-Entfrachtung

Zur Bestimmung der N-Entfrachtung wird der gasförmige Stickstoff-Eintrag mit dem im System angereicherten Stickstoff in Bezug gesetzt.

- Zur Bestimmung des gasförmigen Eintrags werden die Halbstundenmittelwerte der gemessenen Konzentrationen und die entsprechenden Volumenströme zur N-Fracht verknüpft.
- Zur Bestimmung des im System angereicherten Stickstoffs wird der N-Gehalt im Prozesswasser sowie das Prozesswasservolumen zu Beginn und am Ende der Bilanz ermittelt und daraus die Differenz gebildet.

Aufgrund der erheblichen Messunsicherheit bei der Bestimmung des Prozesswasservolumens erweist sich diese Bestimmung des im System angereicherten Stickstoffes als problematisch.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass es auch zu nicht von außen sichtbaren Ablagerungen im System kommen kann, die dann im Rahmen der Reinigung entfernt werden. Diese Bestandteile wurden ggf. dann ebenso dem gasförmigen Eintrag entzogen und wären entsprechend zu berücksichtigen.

Da hier keine signifikanten Umsetzungen von  $\text{NH}_3$  zu Sekundärverbindungen stattfinden, können die Roh- und Reingaskonzentrationen unmittelbar miteinander verglichen und aus der Abscheidung die gasförmige N-Entfrachtung bestimmt werden.

## Anhang D (informativ): Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion

### Gaskonzentrationen im Stall

Tabelle 10: Gaskonzentrationen im Prüfgebäude

Gas	Zulässiger Bereich	Tierkategorie
CO <sub>2</sub>	< 3000 ppm	Schweine, Geflügel, Kälber
NH <sub>3</sub> auf Tierhöhe	< 20 ppm	Schweine, Geflügel, Kälber
NH <sub>3</sub> im Rohgas	< 30 ppm	Schweine, Geflügel, Kälber
H <sub>2</sub> S	< 5 ppm	Schweine, Geflügel, Kälber

### Landwirtschaftliche Bedingungen

#### Für alle Tierkategorien:

<b>Tierschutz</b>	Die Haltung muss der nationalen Tierschutz-Gesetzgebung entsprechen (siehe Anhang E).
<b>Belegdichte der Versuchsabteils an allen Messtagen</b>	90-100 %

Tabelle 11: Fütterungsanforderungen je Tierkategorie

Tierkategorie	Futterzusammensetzung/ Rohprotein (XP)	
<b>Rinder</b>	≥ 50 % Raufutter ≥ 160 g (oder 160 – 180 g) XP/kg Trockenmasse (NL: Milchwahnharnstoff ≥ 15 mg pro 100 g)	
<b>Sauen</b>	tragend: 11-14 % XP säugend: 13-17 % XP	
<b>Absetzferkel</b>	< 20 kg: 18-21 % XP > 20 kg: 17-20 % XP	
<b>Mastschweine</b>	< 50 kg: 15-18 % XP > 50 kg: 14-16,5 % XP	
Geflügel	Dänische Empfehlungen	Deutsche Empfehlungen
<b>Legehennen</b>	16-18 % XP	15-20 % XP
<b>Masthähnchen</b>	35-40 Tage/1.6-3 kg: 20-21 % XP; 56 Tage/2.4 kg: 15 % XP	17-23,5 % XP
<b>Enten</b>	4 kg Lebendgewicht: 17 % XP	Woche 1-2: 20-24 % XP Woche 3-7: 16-18 % XP
<b>Puten</b>	10 kg Lebendgewicht: 20 % XP 20 kg Lebendgewicht: 18 % XP	Woche 1-5 (Küken): 26-29,5 % XP Woche 6-16 (weiblich): 18-24,5 % XP Woche 6-21 (männlich): 14-24,5 % XP
<b>Gänse</b>	7 kg Lebendgewicht: 16 % XP	

## **Anhang E (informativ): Tierwohl und Abluftreinigung**

Das Prüfinstitut und der Hersteller bzw. die Firma, die das Abluftreinigungssystem installiert, sollen theoretische und praktische Erfahrung vorweisen können, hinsichtlich:

- Wärmebedarf von Tieren;
- Klimasteuerung in Stallgebäuden;
- Gestaltung von Lüftungssystemen;
- Elektronische Steuerung von Lüftungssystemen im gesamten Stall;
- Regulatorische Anforderungen und Sicherheitsempfehlungen hinsichtlich eines Alarmsystems;
- Projektmanagement und
- Mündliche und schriftliche Unterweisungen für den Landwirt und seine Mitarbeiter.

In den nachstehenden Absätzen finden sich Beispiele, wann der Anschluss des Abluftreinigungssystems an das Lüftungssystem negative Auswirkungen auf das Wohlergehen der Tiere haben kann. Dadurch können Unternehmen, die Abluftreinigungssysteme an Lüftungssysteme anschließen, aus bisherigen Fehlern lernen. Das Prüfinstitut kann die Beschreibungen zudem verwenden, wenn es das gesamte Abluftreinigungssystem bewertet.

Folgende Punkte werden ausführlich beschrieben:

- unterschiedliche Luftbeschaffenheit in den einzelnen Buchten;
- Luftaustausch in der Stalleinheit im Allgemeinen;
- Schwankungen in Lüftungsstromraten und Temperaturwerten;
- Probleme mit dem Lufteintritt in die Stalleinheiten bei diffusem Lufteinlass durch die Decke;
- Notlüftung in der Stalleinheit bei Stromausfall;
- Schwanzbeißen;
- vermehrte Atemprobleme bei den Tieren;
- reduzierter Wärme komfort;
- reduzierte Produktivität bis hin zum Tod der Tiere, in Extremfällen.

### **Unterschiedliche Luftbeschaffenheit in den einzelnen Buchten**

Die Stalleinheiten wurden früher mithilfe von Gebläsen belüftet, die in regelmäßigen Abständen im Stall verteilt waren. Beim Anschließen des Abluftreinigungssystems an das Lüftungssystem reduzierten einige Unternehmen die Anzahl der Luftaustritte – entweder aus Unwissen oder um die Installationskosten zu senken.

Dies führte zu einer ungleichmäßigen Luftbeschaffenheit in den einzelnen Abteilen. Die Tiere, die von den Luftaustritten weiter entfernt standen, hatten eine schlechtere Luftqualität mit höheren Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentrationen zur Verfügung.

### **Luftaustausch im Stall im Allgemeinen**

Eines der allgemeinen Probleme von Stallungen ist der reduzierte Luftaustausch in den einzelnen Abteilen infolge einer schrittweisen Verstopfung des Filters.

Eine schrittweise Verstopfung kann aufgrund der Ansammlung von Staubpartikeln im Filter auftreten. Durch schnelles Wachstum von Mikroorganismen im Filter kann eine Verstopfung aber auch schneller auftreten (z. B. innerhalb weniger Tage).

Alle früheren Prüfungen haben gezeigt, dass die Verstopfung des Filters unvermeidbar ist. Daher müssen die Unternehmen einen Plan zur Handhabung der Filterverstopfungsprobleme haben. Automatische Systeme für eine systematische Filterreinigung können beispielsweise eine Lösung bieten. Eine andere Lösung kann die manuelle Reinigung sein, ergänzt durch ein Alarmsystem. Das Alarmsystem könnte durch Druckabfall im Filter gesteuert werden, je nach Luftvolumenstrom im Filter.

**Probleme mit dem Lufteintritt im Stall bei diffusem Lufteinlass durch die Decke**

Das Abluftreinigungssystem kann direkt an ein einzelnes Abteil angeschlossen werden oder man verwendet ein größeres Abluftreinigungssystem, das die Luft mehrerer Abteile behandelt. Behandelt das Abluftreinigungssystem die Abluft mehrerer Abteilen, muss ein zentraler Schacht installiert werden, der das Abluftreinigungssystem und die Auslässe aus den Abteilen verbindet.

In Dänemark sind die meisten Einrichtungen für Absetzferkel und Mastschweine mit diffuser Lüftung mit einem Lufteinlass über die Decke ausgestattet. Der zentrale Schacht befindet sich oft im Dachgeschoss. Es ist sehr wichtig, dass der Abstand zwischen dem diffusen Lufteinlass und dem Schacht ausreichend groß ist, um eine gleichmäßige Frischluftzufuhr über die Decke zu ermöglichen.

**Notlüftung im Stall bei Stromausfällen**

Die Rechtsvorschriften sehen vor, dass im Falle eines Stromausfalls oder eines anderweitigen Lüftungsausfalls ein Alarmsystem installiert sein muss. In traditionellen Ställen ohne Abluftreinigungssystem öffnet sich automatisch eine Klappe im Auslass und bietet natürliche Lüftung. Ist ein Abluftreinigungssystem installiert, steigt der Druckverlust an, was eine natürliche Lüftung verhindert. In Ställen mit Abluftreinigungssystem müssen andere Arten von Notfallöffnungen installiert sein.

Die Filter der Abluftreinigungssysteme können durch Staub, Pilzwachstum oder andere Mikrofilme verstopfen. Vorteilhaft wäre die automatische Aufzeichnung der Lüftungsrate und des Druckverlusts im Filter. Die Steuerung könnte diese Daten nutzen, um einen Alarm auszusenden, wenn die Filter zu verstopfen beginnen.

**Reduzierte Produktivität, Schwanzbeißen, reduzierter Wärmekomfort bis hin zu Extremfällen, wie Atemproblemen oder dem Tod der Tiere**

Ist das Abluftreinigungssystem nicht ordnungsgemäß an die einzelnen Abteilungen angeschlossen, besteht das Risiko reduzierter Produktivität und reduzierten Wärmekomforts. Im Extremfall können Zugluft in den Buchten und reduzierter Luftaustausch zu Stress, Schwanzbeißen und erhöhten Atemproblemen führen. Darüber hinaus gibt es Beispiele, bei denen es infolge eines Lüftungsausfalls zum Tod der Tiere im gesamten Stall gekommen ist. In der Regel wird sich ein Lüftungsausfall nur auf die Tiere in einem Abteil auswirken. In Ställen, in denen die Zentrallüftung an dasselbe Abluftreinigungssystem angeschlossen ist, könnten die Auswirkungen alle Tiere in dem Stallsystem Einrichtung betreffen.

## Anhang F (informativ): Beispiele für Inhalte von Benutzerhandbüchern

### Betriebsanleitungen enthalten:

- Die vom Betreiber regelmäßig (täglich/wöchentlich etc.) zu kontrollierenden relevanten Parameter
- Die Einstellung der Parameter
- Die Position und den Zugang zu wesentlichen Bestandteilen der Anlage.
- Den Betrieb während der Bewirtschaftung des Stalles.
- Den Arbeitsablauf zur Leerung, Reinigung und Befüllung der Anlage (z. B. Austausch des Wassers, Tausch des Filtermaterials).
- Die Betriebsdokumentation (Daten und Wartungsarbeiten).

### Service- und Wartungsanleitungen enthalten:

- Einen Wartungsplan, der einzelne und wiederholende Arbeiten und ihre Häufigkeit festlegt, wie die Kalibrierung des pH-Meters, die Reinigung der Systemkomponenten und den Wechsel von Bauteilen (z. B. Filterelemente oder –material).
- Die Grenzwerte von entscheidenden Parametern (z. B. pH-Wert, Wasserfüllhöhe, Druckverlust), welche die Durchführung von Wartungsarbeiten erforderlich machen.
- Den Standort und Zugriff auf Wartungszentren.
- Benötigtes Werkzeug, Schutzausrüstung und Hilfsmaterial.

Der größte Teil der notwendigen Wartungs- und Reparaturarbeiten kann durch den Betreiber der Anlage durchgeführt werden. Zusätzlich sollte ein Wartungsvertrag mit dem Hersteller/Anmelder abgeschlossen werden.

### Anleitungen zur Vermeidung und Umgang mit Störfällen (Umweltsicherheit) enthalten:

- Arten von möglichen Störfällen (z. B. Auslaufen von Wasser, Stromausfall, Lüftungsausfall), deren Vermeidung und zu ergreifende Gegenmaßnahmen.
- Reststoffmanagement, d. h. Entstehung, Menge, Zusammensetzung und Umgang mit Reststoffen.
- Hotline des Herstellers/Anmelders.

**Hinweis:** Bei Säurewäschern und mehrstufigen Systemen, muss die Ammonium-Sulfat-Lösung regelmäßig aus der chemischen Stufe entfernt werden. Dass mit Ammonium-Sulfat angereicherte Washwasser muss von der Gülle getrennt in einem für die Lagerung von Ammoniumsulfat geeigneten und zugelassenen Behälter gelagert werden.

### Abhängig vom betriebenen System enthalten Überwachungsanleitungen:

#### 1. Im Allgemeinen:

- Die Überwachung eines gleichmäßigen Luftstromes durch die Kontaktflächen des Füllkörpers und der Filteroberflächen.
- Die Überwachung von Rohgasdurchbrüchen.
- Die Überwachung einer ausreichenden und gleichmäßigen Befeuchtung der Oberflächen (regelmäßige Überprüfung der Sprinklerdichte, der Umwälzpumpe und des Flüssigkeitsverteilungssystems etc.); ein automatisch überwacht Frischwasserversorgungssystem mit Wasserstandskontrolle sollte eingebaut und regelmäßig überprüft werden.

#### 2. Für Biofilter:

- Die Kontrolle der Filterhöhe und Eigenschaften des Filtermaterials wie Gleichmäßigkeit, Körnung, Alter und Zersetzungsgrad des Materials.
- Die Überwachung und Entfernung von aufkommendem Wachstum.

#### 3. Für Rieselbettreaktoren sowie einzel- und mehrstufige Anlagen:

- Die Kontrolle von Verstopfung und Reinigung von Tropfenabscheidern aus Drahtgewebe und Füllkörpern.
- Die Erfassung der Abschlammung.
- Die Überprüfungen der pH-Kontroll- und Säuremesssysteme.

**Anhang G (informativ): Vorlage für einen Prüfplan**

**NAME DER PRÜFSTELLE**

**PRÜFPLAN FÜR** [Name des Abluftreinigungssystems]

**geliefert von** [Name des Herstellers/Antragstellers]

**kombiniert mit Lüftungssystem vom** [Name des Herstellers]

**DATEN:**

<b>Betreiber des Prüfstandortes</b> Name und Adresse	
<b>Adresse des Stalles</b> (falls von der Adresse des Betreibers abweichend)	
<b>Gesundheitsstatus</b>	
<b>Besuchsregeln</b>	
<b>Beginn der Prüfung (TT. MM. JJJJ)</b>	
<b>Ende der Prüfung (TT. MM. JJJJ)</b>	
<b>Name und Adresse der Prüfstelle</b>	
<b>Verantwortlicher Techniker</b>	
<b>Techniker</b>	
<b>Berater der Prüfstelle</b>	
<b>Betriebsberater/ Tierarzt</b>	
<b>Ansprechperson der Firma, die den Test finanziert</b>	
<b>Servicetechniker des Antragstellers</b>	
<b>Aktennr.</b>	

## HINTERGRUND UND ZIEL [max. eine Seite]

Eine Kurzbeschreibung des Abluftreinigungssystems, einschließlich des Lüftungssystems, soll gemäß den Angaben in Anhang A gemacht werden. Der Entwicklungsprozess des Systems und alle früheren Prüfungen müssen angegeben werden (alle Literaturhinweise müssen in der Liste der Literaturhinweise am Ende des Prüfplans angegeben sein).

Der Abschnitt muss eine genaue Beschreibung des Ziels der Prüfung und eine Spezifikation der Prüfparameter enthalten.

## PRÜFVERFAHREN

Zur Beschreibung des Prüfverfahrens gehören folgende Punkte:

- Beschreibung der Herde, dessen Management und das Abluftreinigungssystem, wo die Prüfung durchgeführt wird (Beschreibung der einzelnen Komponenten des Systems/der Technologie müssen im Anhang des Prüfplans angegeben werden. So kann die Verifizierungsstelle prüfen, ob das angemeldete System identisch mit dem geprüften ist).
- Angabe der in primären Messparameter, z. B. Geruch und Ammoniak: Konzentration vor, im Innern und nach dem Abluftreinigungssystem (VERA Prüfprotokoll, Tabelle 3) und die verwendeten Methoden.
- Angabe der in sekundären Messparameter und deren Messmethoden (VERA Prüfprotokoll, Tabelle 4).
- Beschreibung der Messpunkte, der Probenahme, der Instrumente und der Art ihrer Kalibrierung unter Berücksichtigung der EN 15259: *Luftbeschaffenheit - Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht*.
- Beschreibung der Arbeitsprozesse im Stall und wie die Parameter der Tierproduktion aufgezeichnet werden sollen.
- Zeitplan für den gesamten Prüfzeitraum.
- Protokollbuch. Standort des Protokollbuchs und Beschreibung der aufzuzeichnenden Messgrößen.

## DATENAUFZEICHNUNG

Die zur Aufzeichnung der Daten verwendeten Tabellen müssen dargestellt werden.

## ZUWEISUNG VON VERANTWORTLICHKEITEN

Die Zuweisung von Verantwortlichkeiten muss alle Arbeitsprozesse an dem System umfassen, so dass der Techniker die Liste benutzen kann, wenn er die Tierbetreuer anweist.

Für jeden Abschnitt und das System/die Technologie muss eine Liste erstellt werden.

Was zu tun ist	Wann	Von wem

## **VERARBEITUNG DER ERGEBNISSE**

Rohdaten sind in Tabellen darzustellen, die dem abschließenden Prüfbericht als Anhang beizufügen sind. Die Rohdaten sind zudem in Grafiken darzustellen, die im Abschnitt „Ergebnisse“ des abschließenden Prüfberichts enthalten sein müssen.

Die primären Messgrößen müssen dann analysiert werden, inwieweit sich die Konzentrationen und die Emissionen vor und nach dem Abluftreinigungssystem signifikant unterscheiden.

Zum Beispiel kann die Ammoniak-Konzentration und die logarithmierte Geruchskonzentration mittels einem gemischten Modell in einer Varianzanalyse in SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC) ausgewertet werden. Sowohl die Mediane als auch die 95-%-Perzentile müssen für die Geruchskonzentration und die Geruchsemissionen sowie die prozentuale Minderung vor und nach dem Abluftreinigungssystem berechnet werden. Für die anderen primären Messgrößen müssen Mittelwerte statt Mediane berechnet werden.

Mittelwerte und Standardabweichungen sind für die sekundären Parameter gemäß Prüfprotokoll nötig.

## **KOSTENERSTATTUNG**

Alle Vereinbarungen im Zusammenhang mit dem Angebot einer finanziellen Entschädigung für die Prüfung an den Betreiber des Prüfstandorts können beschrieben werden, z. B.: Landwirt erhielt XXX Euro pro Stunde für Mehrarbeit.

## **ANHÄNGE**

Die Anhänge müssen alle Datenaufzeichnungstabellen enthalten, z. B. Tabellen über

- Geruchsaufzeichnungen
- Ammoniak-Aufzeichnungen
- Entmistungszyklen
- Produktionsdaten.

## **AKTUALISIERUNGEN DES PRÜFPLANS**

Bei jeder Änderung muss der Prüfplan aktualisiert werden. Es genügt nicht, die Änderungen im Protokollbuch aufzuführen. Bei jeder Aktualisierung muss das Änderungsdatum angegeben und dem Prüfplan eine neue Versionsnummer zugeordnet werden.

Beispiel:

1. Version: TT.MM.JJ, Initialen 1/Initialen 2
2. Version: TT.MM.JJ, Initialen 1/Initialen 2

*Es empfiehlt sich, den Prüfplan vor Beginn einer VERA-Prüfung von der Verifizierungsstelle freigegeben zu lassen.*

**Anhang H (informativ): Vertragsbeispiel****VERTRAG**

<b>ZWISCHEN</b>	[Name des Unternehmens, das die Prüfung finanziert]
<b>UND</b>	[Name der Prüforganisation]
<b>UND</b>	[Name des Landwirts]
<b>ÜBER</b>	Prüfung des Abluftreinigungssystems [Name des Abluftreinigungssystems] der Firma [Name des Herstellers/Anmelders]

**1 ZIEL**

- 1.1 Das Vertragsziel ist die Prüfung des Abluftreinigungssystems [Name des Abluftreinigungssystems] gemäß VERA Prüfprotokoll Abluftreinigungssysteme.

**2 GELTUNGSBEREICH UND PRÜFVERFAHREN**

- 2.1 Die Prüfung beinhaltet das Abluftreinigungssystem und das angeschlossene Lüftungssystem in einem Stall für Sauen/Absetzferkel/Mastschweine, Geflügel, Rinder ... mit einem Gewicht zwischen xx und yy kg.
- 2.2 Das beiliegende Prüfprotokoll legt die Durchführung der Prüfung fest und definiert, welche Datenaufzeichnungen und Analysen durchgeführt werden.
- 2.3 Die an der Prüfung beteiligten Tiere müssen gemäß nationaler und EU-Gesetzgebung gehalten werden.
- 2.4 Der Tierhalter, das Unternehmen, das die Prüfung finanziert und der Hersteller/Anmelder kommen überein, dass die Ergebnisse während des Prüfzeitraumes und bis zur Veröffentlichung des finalen Prüfberichts vertraulich behandelt werden.
- 2.5 Datenaufzeichnungen und Analysen können durch fremde Institute durchgeführt werden, vorausgesetzt dieses wird im Vertrag festgelegt.
- 2.6 Die Datengenerierung und Durchführung von Analysen muss durch nach ISO 17025 akkreditierte Labore vollzogen werden. Sollten Analysen durch andere Institute durchgeführt werden, trägt das akkreditierte Prüfinstitut die Verantwortung für die generierten Daten.  
Die Serviceverträge müssen vor Prüfungsstart abgeschlossen werden und können während des Prüfzeitraums nicht verändert werden.

**3 ANFORDERUNGEN**

- 3.1 Anforderungen zur Fütterung und Produktion gemäß Arbeitsplan müssen durch den Tierhalter erfüllt werden.
- 3.2 Sämtliche Produktionsdaten müssen verfügbar sein, einschließlich Kauf- und Verkaufsbelegen von Tieren und Futter.
- 3.3 Die Tiere dürfen nur in Übereinstimmung mit den durch das Prüfinstitut festgelegten Richtlinien bewegt werden.
- 3.4 Veränderungen am Stallsystem und/oder der Produktion dürfen nicht ohne Zustimmung des Prüfinstituts durchgeführt werden.
- 3.5 Während der Vertragslaufzeit ist es dem Tierhalter nicht gestattet, Prüfungen mit anderen Parteien als dem Prüfinstitut durchzuführen.
- 3.6 Der Tierhalter verpflichtet sich, den zuständigen Tierarzt und Produktionsberater über die Durchführung der Prüfung zu informieren.

#### **4 STALLBESUCHE / INFORMATION / AUSWERTUNG**

- 4.1 Falls nötig, führt ein Techniker des Prüfinstituts eine Überprüfung des Tierbestandes und des Abluftreinigungssystems durch. Der Techniker sammelt die Daten und stellt dem Tierhalter Datentabellen zur Verfügung. Weitere Einzelheiten zu Besuchen sind im angehängten Testprotokoll beschrieben.
- 4.2. Die Prüfungsergebnisse werden solange vertraulich behandelt, bis diese veröffentlicht worden sind.
- 4.3. Analysen des Futterinhalts werden in Übereinstimmung mit dem Prüfplan durchgeführt.

#### **5 BEENDIGUNG DES VERTRAGES**

- 5.1 Der Vertrag läuft bis zum TT/MM/JJ.
- 5.2 Der Vertrag kann vom Landwirt, dem Prüfinstitut und dem Hersteller/Anmelder bis zum TT/MM/JJ nicht widerrufen werden.
- 5.3 Im Fall von unvorhergesehenen Problemen bei der Tierproduktion oder mit dem Abluftreinigungssystem können der Vertrag und das Testprotokoll überprüft werden. Sollte es nicht möglich sein, eine Lösung zu finden, können der Landwirt, das Prüfinstitut und/oder der Hersteller/Anmelder die Prüfung mit einer Kündigungsfrist von einem Monat beenden.

#### **6 BESUCHSREGELUNGEN**

- 6.1 Mit Unterschrift des Vertrages erklärt der Tierhalter, dass der Gesundheitsstatus seines Tierbestandes \_\_\_\_\_ ist Das Prüfinstitut ist umgehend über Krankheitsausbrüche zu informieren, sofern der Gesundheitsstatus des Bestandes gefährdet ist.
- 6.2 Der Tierhalter stimmt Besuchen nach vorheriger Kontaktaufnahme durch das Prüfinstitut zu, um den Kenntnisstand über die neue Technologie zu erweitern.
- 6.3 Während der Besuche des Tierbestandes stimmt der Tierhalter allgemeinen Besuchsregelungen zu, z. B. der Einhaltung einer Quarantänezeit von 12 Stunden nach Kontakt mit Tieren mit niedrigerem Gesundheitsstatus als der restliche Tierbestand. Eine Quarantäne ist auf Landwirtschaftsbetrieben mit einem höheren oder gleichen Gesundheitsstatus des Tierbestandes nicht erforderlich.  
Sollte der Tierhalter eigene Besuchsregelungen haben, müssen diese ebenso eingehalten werden.

#### **7 AUFWANDSENTSCHÄDIGUNG**

- 7.1 Für zusätzliche Arbeiten während des Prüfzeitraums wird eine Aufwandsentschädigung gezahlt. Der Tierhalter erhält XXX Euro pro Stunde für Zusatzarbeiten.  
Dieser Punkt beinhaltet jegliche Vereinbarung zwischen den drei Vertragspartien bezüglich der Summe der Aufwandsentschädigung und was diese abdeckt.

#### **8 HAFTUNG**

## 9 UMBBAUKOSTEN

- 9.1 Kosten, die durch Veränderungen oder Installationen für eine bestimmte Prüfung entstehen, werden vom Prüfinstitut oder Hersteller/Anmelder getragen.
- 9.2 Vom Testinstitut oder Hersteller/Anmelder angeschaffte Gerätschaften oder Material gehen in deren Besitz über, außer es gibt hierzu eine andere Vereinbarung.
- 9.3 Nach Beendigung der Prüfung müssen die Besitzverhältnisse definiert werden.
- 9.4 Sollte der Tierhalter den vorliegenden Vertrag während des Prüfzeitraums beenden (siehe Punkt 5.3) behalten sich das Prüfinstitut und der Hersteller/Anmelder das Recht vor zu entscheiden, was mit den auf dem Betrieb eingesetzten Gerätschaften geschehen soll. Der Tierhalter kann die gesamte Anlage mit Zustimmung des Prüfinstituts zum Festpreis erstehen.
- 9.5 Sollte das Prüfinstitut oder der Hersteller/Anmelder den vorliegenden Vertrag während des Prüfzeitraums beenden (siehe 5.3) sind die Besitzverhältnisse an Anlage und Gerätschaften gemäß Punkt 9.3 festzulegen. Sollte der Hersteller/Anmelder den Vertrag während des Prüfzeitraums beenden, übernimmt dieser desweiteren die Kosten für bis dahin durchgeführte Messungen.
- 9.6 Sollte der Tierhalter insolvent werden oder der Landwirtschaftsbetrieb zum Verkauf stehen, ist das Prüfinstitut berechtigt, die von ihm gekauften Gerätschaften zurückzufordern. Das gleiche gilt für den Hersteller/Anmelder, falls das Unternehmen Insolvenz anmeldet oder schließt.
- 9.7 Der Tierhalter ist für die Wartung der Gerätschaften und die Übernahme der Feuerversicherung für die im Zusammenhang mit der Prüfung installierten Teile zuständig. Der Tierhalter ist auch dafür verantwortlich, die Übereinstimmung der Gerätschaften mit den Umweltauflagen sicherzustellen.
- 9.8 Das Prüfinstitut und der Hersteller/Anmelder sind bezüglich der Prüfungsaufbauten auf dem landwirtschaftlichen Betrieb an die Einhaltung der Gesetze, in dem Land, in dem die Prüfung durchgeführt wird, gebunden. Daher ist das Prüfinstitut nicht für entstehende Betriebsverluste haftbar und kann nicht für irgendwelche Verluste durch die Prüfungsaufbauten verantwortlich gemacht werden.

---

Datum und Ort

---

Tierhalter

---

Datum und Ort

---

Hersteller/Anmelder

---

Datum und Ort

---

Prüforganisation