

# VERA-PRÜFPROTOKOLL

## für Tierhaltungs- und Management-Systeme

Version 3:2018-09

*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 beispielsweise Verfahren zur Anwendung in Ställen sowie bei der Lagerung, Behandlung 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 anderen 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 Akteursgruppen zu schließen.

Die erste Version des Protokolls Tierhaltungs- und Managementsysteme wurde im Dezember 2009 veröffentlicht, eine 2. Version lag im Juni 2011 vor. Die 3. Version wurde im September 2018 herausgegeben. 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 2:2013 in folgenden Punkten:

- a. Die früheren Ausgaben beziehen sich hauptsächlich auf zwangsbelüftete Ställe, wie sie in der Schweine- und Geflügelhaltung üblich sind, da allgemein anerkannte Methoden für **freibelüftete** Ställe fehlten. Da Milchviehställe bei Emissionsbetrachtungen häufiger in den Fokus rücken, wurden neue Methoden validiert und Erfahrungen auf internationaler Ebene gesammelt. Diese wurden nun gemeinsam abgestimmt und in diesem Dokument in den derzeitigen drei Mitgliedsländern Dänemark, Deutschland und den Niederlanden in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Experten auch aus weiteren Ländern eingeführt.
- b. Die Verwendung von Tracergasen, sowohl den künstlichen als auch den metabolisch erzeugten, wurde in dieser neuen Version eingeführt – einschließlich detaillierter Anweisungen und Empfehlungen zu deren Verwendung für Emissionsmessungen in einem Stall. Der Anhang dieses Dokuments enthält praktische Beispiele.
- c. Die Berechnung der mit Tracergasen gemessenen Emissionen erfordert detaillierte Gleichungen einschließlich einiger Annahmen. Um eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten und die Auswertung bei einer VERA-Verifizierung zu erleichtern, wurde ein separates Excel-Tabellenblatt entwickelt, das zusammen mit diesem VERA-Testprotokoll auf der VERA-Website veröffentlicht wird.
- d. Dieses VERA Prüfprotokoll erlaubt die Prüfung von vielfältigen Arten von Techniken unter sehr unterschiedlichen Prüfbedingungen, wie verschiedene Richtungen der Tierproduktion und Stallsysteme. Daher wurde eine klarere und ausführlichere Beschreibung für die Auswahl (Festlegungen) des geeigneten Prüfstandortes und Versuchsaufbaues als notwendig erachtet.
- e. Die Anforderung von "mindestens sechs Messtagen" wurde in der Praxis manchmal falsch interpretiert. Je nach Versuchsaufbau können mehr als sechs 24-Stunden Perioden nötig sein, um die Emissionen und/oder Reduktionen adäquat zu quantifizieren. Dies wurde nun klarer formuliert.
- f. Statt einer Auflistung von geeigneten Methoden zur Messung der Prüfparameter führt diese neue Version des VERA-Prüfprotokolls „**Standardreferenzverfahren**“ nach EN 14793 ein. Auf diese Weise wurde nunmehr ein Standardreferenzverfahren für die wichtigsten Messparameter bestimmt. Dieses Verfahren wurde geprüft und hat sich für die spezifische Anwendung als geeignet erwiesen und ist als solches gemeinhin anerkannt. Die Äquivalenz einer anderen Messmethode muss nachgewiesen werden, z. B. gemäß EN 14793.
- g. Bei der gleichzeitigen Revision anderer VERA-Prüfprotokolle wurden das grundsätzliche Format und die Gliederung der Dokumente 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.

## Frühere Ausgaben

VERA Prüfprotokoll Tierhaltungssysteme Version 2:2011-08

VERA Prüfprotokoll Tierhaltungssysteme Version 1:2009-09

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Anwendungsbereich</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Normative Verweisungen</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Begriffe und Definitionen</b> .....	<b>10</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    Prüfaufbau, Probenahme und Messplanung .....	16
7.3.1    Vorüberlegungen zu den wesentlichen Grundsätzen .....	16
7.3.2    Auswahl des Prüfaufbaues .....	16
7.3.3    Anforderungen an die Prüfeinrichtung .....	18
7.3.3.1    Eignung des Prüfstandorts für Messungen .....	18
7.3.3.2    Repräsentativität des Prüfbetriebes .....	19
7.3.4    Allgemeine Probenahme-Strategie .....	20
7.3.5    Messplanung .....	21
7.3.5.1    Grundsätzliches .....	21
7.3.5.2    Messplanung für zwangsbelüftete Ställe .....	22
7.3.5.3    Messplanung für freibelüftete Ställe .....	22
7.4    Messungen .....	23
7.4.1.    Messparameter .....	23
7.4.2    Messmethoden .....	26
7.4.2.1    Wesentliche Grundsätze .....	26
7.4.2.2.    Messventilator .....	26
7.4.2.3.    Tracergas-Verfahren .....	27
7.5    Datenbehandlung, Berechnung und Bewertung von Emissionen .....	29
7.5.1    Vollständigkeit des Datensatzes zur Berechnung der Emissionsfaktoren .....	29
7.5.2    Berechnung der mittleren Tagesemissionen .....	29
7.5.3    Statistische Auswertung und Emissionsfaktoren .....	30
<b>8. Prüfberichterstattung und Bewertung</b> .....	<b>32</b>
<b>9. Literaturhinweise</b> .....	<b>35</b>
<b>Anhänge</b> .....	<b>37</b>

<b>Anhänge</b> .....	<b>37</b>
Anhang A (verpflichtend): Additive .....	37
Anhang B (verpflichtend): Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion .....	38
Anhang C (informativ): „Typischer Milchviehstall“ – gemeinsame Ausgangsbasis .....	40
Anhang D (informativ): Richtlinien für die Auswahl eines Prüfstandorts .....	41
Anhang E (informativ): Beispiel für die Verteilung der Messtage bei Masthähnchen über eine einjährige Prüfung .....	43
Anhang F (informativ): Kommentare und Erläuterungen zum VERA-Prüfprotokoll .....	45
Anhang G (informativ): Prüfung der Gasdichtigkeit des Messsystems .....	50
Anhang H (informativ): CIGR-Berechnungsregeln .....	51
Anhang I (informativ): Ammoniakemissionsfaktoren für verschiedene Tierkategorien .....	53
Anhang J (informativ): Geruchsemissionsfaktor für verschiedene Tierkategorien .....	55
Anhang K (informativ): Staubemissionsfaktor (PM10) für verschiedene Tierkategorien .....	57
Anhang L (informativ): Vorlage für einen Prüfplan .....	58
<b>Tabellenverzeichnis</b>	
Tabelle 1: Maximale Abweichung des durchschnittlichen Tiergewichts .....	17
Tabelle 2: Grundsätzliches Verfahren der Probenahme .....	20
Tabelle 3: Emissionsverhalten und Anforderungen an die Probenahme .....	20
Tabelle 4: Primäre Messparameter .....	23
Tabelle 5: Sekundäre Messparameter im Hinblick auf gasförmige Emissionen und Stallklima .....	24
Tabelle 6: Sekundäre Messparameter im Hinblick auf die Tierhaltung, Gülle- und Futterzusammensetzung. ....	25
Tabelle 7: Falls verfügbar, Messparameter zur Dokumentation der Funktion und Betriebssicherheit des Systems/der Technologie .....	26
Tabelle 8: Auswahl eines geeigneten Tracers .....	27
Tabelle 9: Variationsfaktoren bei der CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	28
Tabelle 10: Anforderungen bei Milchkühen .....	38
Tabelle 11: Anforderungen bei Geflügel .....	38
Tabelle 12: Anforderungen bei Schweinen .....	39
Tabelle 13: Standardhaltungssysteme für Milchkühe. ....	40
Tabelle 14: Ammoniakemissionsfaktoren .....	53
Tabelle 15: Emissionsfaktoren für Geruch - Schweinehaltung .....	55
Tabelle 16: Emissionsfaktoren für Geruch - Rinderhaltung .....	55
Tabelle 17: Emissionsfaktoren für Geruch - Geflügelhaltung .....	56
Tabelle 18: Faktoren für Staubemissionen (PM10) .....	57

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Optionen für den Prüfaufbau .....	16
Abbildung 2:	Ausreißerprüfung nach dem 3*IQR-Box-Plot-Verfahren. ....	29
Abbildung 3:	Stall 1 Milchviehhaltung, liegt nordöstlich von Stall 2 (Färsen), nordwestlich von Stall 3 (Milchvieh) und nordöstlich eines Wirtschaftsdüngerlagers. Kommt der Wind aus nördlicher Richtung, ist die Messung der Konzentrationen der einströmenden Luft unkompliziert. Kommt der Wind aus südlicher Richtung, sollte der Messplan für die Konzentrationen der einströmenden Luft angepasst werden, um auch Messpunkte zwischen dem Stall und anderen nahegelegenen Quellen zu erfassen. ....	41
Abbildung 4:	Kühe laufen zum Melken von Stall A nach Stall B. Beide Ställe sind miteinander verbunden, und selbst außerhalb der Melkzeiten kann ein Luftaustausch zwischen den Ställen auftreten. ....	41
Abbildung 5:	Links – beide Ställe sind miteinander verbunden; rechts – die Ställe sind voneinander isoliert, um Luftaustausch zu vermeiden .....	42
Abbildung 6:	Geschlossene Boxen und dazugehöriger Bodenbereich. ....	42
Abbildung 7:	Zwei Beispiele für Lufteinlassöffnungen. Links: Curtains sind fast vollständig geöffnet. Rechts: Curtains sind geschlossen, um die Lüftungsrate zu senken. ....	42
Abbildung 8:	Verteilung der Messtage innerhalb eines Jahres. In diesem Beispiel, unter der Annahme einer Mastdauer von 42 Tagen. Fall- und Kontrollabteile werden am gleichen Tag gemessen. Die horizontalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert. ....	43
Abbildung 9:	Beispiel der Verteilung der Messtage innerhalb einer 42-tägigen Mastperiode für Masthähnchen. Die vertikalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert .....	43
Abbildung 10:	Verteilung der Messtage innerhalb eines Jahres. In diesem Beispiel, unter der Annahme einer Mastdauer von 42 Tagen. Fall- und Kontrollabteile werden am gleichen Tag gemessen. Die horizontalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert. ....	44
Abbildung 11:	Beispiel der Verteilung der Messtage innerhalb einer 42-tägigen Mastperiode für Masthähnchen. Die vertikalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert .....	44
Abbildung 12:	Schematische Darstellung des Strömungsmusters für einen bestimmten zwangsbelüfteten Stall. ....	45
Abbildung 13:	Lage der Messpunkte innerhalb eines Milchviehstalls. A) Symmetrische Anordnung; B) bei offener Front. ....	46
Abbildung 14:	Schematische Ansicht eines Milchviehstalls, die eine Verteilung der Probenahmestellen (rote Punkte) entlang des Stalls zeigt. ....	46
Abbildung 15:	Links: Probenahmestelle mit kritischer Düse und Staubfilter. Rechts: Open-Path-Lasersystem .....	47
Abbildung 16:	Positionierung eines Messpunktes für die Konzentrationen in der einströmenden Luft. ....	47
Abbildung 17:	Messventilator (links) und Kalibrierkurve (rechts). ....	48
Abbildung 18:	Geschlossene Strömungskammer mit Umluftbetrieb zur Messung der CO <sub>2</sub> -Produktion durch Einstreumaterialien .....	48
Abbildung 19:	Schematische Ansicht des Verfahrens der konstanten Tracergas-Injektion. ....	49

## 1. Einleitung

Ziel dieses Prüfprotokolls ist die Festlegung eines Verfahrens zur Prüfung der Umweltleistung von Tierhaltungs- und Managementsystemen. Hierzu gehören Definitionen, spezifische Prüfanforderungen, Messmethoden und Methoden zur Probenahme sowie 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) über Tierhaltungssysteme erarbeitet.

Seit den 1990er Jahren wurden zahlreiche Systeme zur Senkung der Ammoniakemissionen aus der Nutztierhaltung entwickelt. Diese Systeme basieren in der Regel auf Standardhaltungssystemen mit Modifikationen in der Buchtengestaltung oder bei der Dunglagerung zur Reduzierung der emittierenden Oberflächen oder sie basieren auf einem Entmistungsverfahren, bei dem eine schnelle Abfuhr oder Trocknung erzielt wird. Die BVT-Schlussfolgerungen für die Intensivtierhaltung bieten einen Überblick über verfügbare Systeme in der Schweine- und Geflügelhaltung. Neben den Ammoniakemissionen, sind Geruchs- und Staubemissionen in Regionen mit hoher Tierdichte zu einem zentralen Thema geworden. Dies hat zur Entwicklung und Einführung von Abluftreinigungstechnologien in Nordeuropa geführt. In vielen Fällen kann jedoch die Realisierung von neuartigen Nutztierhaltungs- und Managementsystemen eine attraktive Option für Landwirte sein, um Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen zu reduzieren: denn so werden nicht nur Umweltziele eingehalten, sondern auch das Stallklima verbessert, wodurch gleichzeitig das Tierwohl erhöht und die Arbeitsbedingungen verbessert werden.

Mit den VERA Verifizierungsurkunden soll eine optimale Verwendbarkeit der Informationen durch die verschiedenen Akteursgruppen 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 Methoden und Normen begrenzt. Ausgangspunkt bei der Gestaltung dieses Prüfverfahrens war daher die Schaffung eines optimalen Kompromisses zwischen verlässlichen Informationen, die den Bedürfnissen der einzelnen Nutzer dienen, und dem Zeitaufwand sowie den Kosten des zur Durchführung der Prüfung.

## 2. Anwendungsbereich

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

### 2.1. Definition von „Tierhaltungs- und Managementsystemen“

Ein Tierhaltungs- und Managementsystem wird in diesem Prüfprotokoll als eine Einheit definiert, die in erster Linie als Behausung für eine spezifische Tierart dient. Seine spezifische Gestaltung, Ausrüstung und/oder sein Management bestimmt dessen Umweltleistung. Grundsätzlich können unter dieser Definition alle Teile eines Stalles verstanden werden, die die äußere Umgebung beeinflussen.

Emissionsmindernde Systeme können so definiert werden, dass sie eine der folgenden Faktoren enthalten:

- Gestaltung des Stalles, einschließlich Gestaltung der Buchten, Entmistungssystem und Dunglagerung
- Einstreumaterial und andere lose Stoffe
- Zusätzliche technische Stalleinrichtungen und Managementsysteme im Stall
- Behandlung der Stallluft/ des Stallklimas
- Güllebehandlung, einschließlich Zusatzstoffen und Management
- Futterzusammensetzung, einschließlich Zusatzstoffen und Management
- Allgemeines Management

## 2.2. Angestrebte Ergebnisse und Informationen

Zu den spezifischen Informationen gehören:

- Eine umfassende Systembeschreibung einschließlich einer Bedienungsanleitung
- Technische Leistung des Systems auf der Basis von Daten, die im Prüfzeitraum erfasst wurden
- Messmethoden, einschließlich der Anforderungen, Probenahmeverfahren, Datenerfassung/-behandlung, Berechnungsverfahren und Berichterstattung
- Parameter zur Bewertung der Umweltleistung und der Betriebssicherheit der geprüften Technologie.

Dieses Protokoll beschreibt die Anforderungen zur Verifizierung der Wirkungen durch die Gestaltung und das Management eines Tierhaltungssystems bzw. durch Futter- und Wirtschaftsdüngeradditiven auf gasförmige Emissionen aus Tierhaltungssystemen innerhalb eines definierten Prüfzeitraums.

In der Praxis gehen von den Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen die größten Umweltwirkungen von Haltungssystemen für Nutztiere aus. Tierhaltungs- und Managementsysteme können daher im Hinblick auf ihre Fähigkeit, eine oder mehrere dieser Emissionen zu reduzieren, charakterisiert werden. Dieses Prüfprotokoll skizziert die Methoden und Anforderungen an die Prüfung eines Systems hinsichtlich seiner Auswirkung auf die vorerwähnten Aspekte als deren primäre Parameter. Eine Prüfung kann auch so konzipiert sein, dass sie nur einzelne der primären Prüfparameter der Technologie untersucht, z. B. allein zur Reduktion von Ammoniakemissionen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn gewährleistet wird, dass die Technologie aller Wahrscheinlichkeit nach keine negativen Auswirkungen in Bezug auf die nicht geprüften Parameter hat.

Im Prüfzeitraum müssen die Betriebssicherheit und Abweichungen vom Normalbetrieb überwacht, aufgezeichnet und im Prüfbericht festgehalten werden. Tierische Leistungen, Tiergesundheit und Tierwohl, Arbeits- und besondere Umweltbedingungen werden im Prüfzeitraum beobachtet und im Prüfbericht dargelegt.

## 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. Endanwender tragen die alleinige Verantwortung für die Einhaltung aller geltenden Anforderungen des Bundes, der Bundesländer und der Kommunen. 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. Abkürzungsverzeichnis

a	annus ( <i>lateinisch: Jahr</i> )
C	Kohlenstoff
CH <sub>4</sub>	Methan
CIGR	International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
d	Tag ( <i>englisch: day</i> )
FPCM	Fett- und Protein korrigierte Milch
GC-ECD	Gaschromatographie - electron-capture detector
GC-FID	Gaschromatographie – flame-ionisation detector
GC-TCD	Gaschromatographie – thermoconductivity detector
GE	Geruchseinheit
GHG	Treibhausgase ( <i>englisch: Greenhouse gases</i> )
GV	Großvieheinheit
h	Stunde ( <i>englisch: hour</i> )
IVB	Internationales VERA Board
IVC	Internationales VERA Komitee
K	Kalium
ME	Umsetzbare Energie ( <i>englisch: metabolic energy</i> )
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> )
ppm	Teile pro Million ( <i>englisch: parts per million</i> )
TM	Trockenmasse
TP	Tierplatz
VERA	Verifizierung von Umwelttechnologien für die landwirtschaftliche Produktion ( <i>englisch: Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production</i> )
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein

## 5. Begriffe und Definitionen

### **Abteil**

Separater Teil eines Stalles mit eigenem Lüftungs- und Entmistungssystem.

### **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 in 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.

### **Bodengestaltung**

Bodentyp, z. B. planbefestigter (Beton-) Boden mit Einstreumaterial oder Spaltenboden. Spaltenboden kann aus Metall, Beton oder Kunststoff hergestellt sein.

### **Bucht**

Eine kleine Einheit für Nutztiere in einem Gebäude oder im Außenbereich.

### **Buchtengestaltung**

Die Strukturierung einer Bucht mit separaten Bereichen zum Liegen, Fressen und Abkoten. Einflächengebühren sind nicht strukturiert.

### **Einströmende Luft (Zuluft)**

Bevorzugte Bezeichnung, statt „Hintergrund(Luft)“, um den Effekt von Emissionsquellen aus der näheren Umgebung von der „sauberen Umgebungsluft“ abzugrenzen.

### **Emissionswert**

Höhe der Emission eines bestimmten Schadstoffes, der von einem Stall in die Atmosphäre abgegeben wird. Dieser kann ausgedrückt werden als die emittierte Menge pro Zeiteinheit und pro produziertem Tier (z. B. kg Jahr<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup>), Großvieheinheit (z. B. GE s<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>) oder pro m<sup>2</sup> Boden (z. B. kg Jahr<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>). Es kann auch als Prozentsatz angegeben werden (z. B. % gesamter ammoniakalischer Stickstoff oder Gesamtstickstoff).

### **Standard-Emissionsfaktor**

Beschreibung eines Emissionsfaktors für ein typisches Tierhaltungssystem, das als Referenz in dem jeweiligen Land dient.

### **Futterzusammensetzung**

Beschreibung der jeweiligen Komponenten und ihrer Inhaltsstoffe, die eine Futterration ausmachen.

### **Fütterungstechnik**

Beschreibung einer technischen Einrichtung für das Mischen, Transportieren und Verteilen von Futter an die Tiere. Das Futter kann trocken oder flüssig verabreicht werden.

### 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 (GE m<sup>-3</sup>) angegeben. Die Konzentration wird durch olfaktometrische Analysen nach der europäischen Norm CEN-Norm EN 13725 gemessen.

### Großvieheinheit (GV)

Eine Einheit, mit der eine Anzahl von Tiere unterschiedlicher Spezies oder Kategorien miteinander verglichen oder zusammengefasst werden können. Oft entspricht 1 GV = 500 kg Lebendmasse einer Tierkategorie. Andere Einheiten beziehen sich auf Fütterungsanforderungen (manchmal auch auf die Nährstoffausscheidung).

### Gülle-/ Entmistungssystem

Sammlung und Entfernung von Gülle oder Festmist aus dem Stall, z. B. durch Spalten, Kanäle, Schieber.

### Heizsystem

Technische Einrichtung für die Erzeugung, Transport und Verteilung von Wärme in einem Stall.

### Hintergrundkonzentration

Konzentration der Luftschadstoffe in der Zuluft.

### Luftrate

Die Luftrate beschreibt den Luftvolumenstrom (z. B. m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) durch ein Stallgebäude. Es kann für das ganze Gebäude, das Abteil oder pro Tier(-platz) angegeben werden.

### Lüftungssystem

System zur Bereitstellung von frischer Luft und zur Entfernung von gasförmigen Stoffen, Hitze und Feuchtigkeit mit dem Ziel, ein geeignetes Stallklima sicherzustellen. Es gibt entweder die Zwangsbelüftung oder die freie Lüftung.

### Standardhaltungssystem

Das Standardhaltungssystem beschreibt das häufigste Tierhaltungssystem in einem bestimmten Land.

### Staub

Siehe ‚Partikel‘.

### Partikel (PM = „particulate matter“)

Oft als Staub bezeichnet. Kleine feste oder flüssige Teilchen, die in einem gasförmigen Medium verteilt sind. 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 gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.	EN 12341
PM2,5	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm 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 µm 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 µm, abhängig von der Windgeschwindigkeit und -richtung. Entspricht groÙ PM35.	40 CFT 50, Anhang B

### **Tierhaltungssystem**

Eine Einheit mit der primären Funktion Tieren einer bestimmten Tierkategorie eine Behausung zu bieten. Durch seine spezifische Gestaltung, technische Ausrüstung und Management wird dessen Umweltwirkung bestimmt. Dies beinhaltet die Art, wie eine bestimmte Tierkategorie aufgestellt ist (z. B. Boden- und Buchtengestaltung), die Dunglagerung und das Dungmanagement, das Lüftungssystem zur Steuerung des Stallklimas innerhalb des Gebäudes sowie die Art und Weise der Fütterung und des Tränkens. Dies kann in verschiedene Abteile oder funktionale Bereiche unterteilt werden.

### **Tierkategorie**

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

### **Treibhausgase (GHG)**

Gase, die zum „Treibhauseffekt“ und zur globalen Erwärmung beitragen. In diesem Kontext sind dies in erster Linie Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O).

### **Verifizierung**

Bestätigung, dass eine Prüfung gemäß einer Norm durchgeführt wurde.

## 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 Anwendern 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 (nur sofern zutreffend, z. B. nicht bei Böden).
- den Verifizierungsstellen die Kontrolle des Systems nach der Durchführung einer Prüfung zu ermöglichen.
- Einsichten in die Funktionsmechanismen des Systems gewähren (bei Additiven: Beschreibung der chemischen oder biologischen Reaktionen mit den Massenbilanzen für die wichtigen Parameter (z. B. Ammoniumstickstoff oder Schwefelwasserstoff)).

Die Beschreibung muss **ausführliche Informationen zum Stallsystem** beinhalten, in dem die Technologie oder das System angewendet wird. Folgende Aspekte müssen berücksichtigt werden:

- Tierkategorie (Art, Rasse, Gewichtsbereich, Herdengröße, Gesamtzahl, Platz pro Tier);
- Herdenmanagement und Buchtengestaltung (Beschreibung der Buchtengestaltung, idealerweise als Zeichnung);
- Konstruktion und Gebäudemaße, einschließlich der Bereiche unter dem Boden (Materialien, Dämmung, Abteile, Kapazität, Länge, Breite und Höhe);
- Lüftungssystem und dessen Auslegung (Ventilortypen, Größen/Zahl und Beschreibung der Luftein- und -auslässe, Kapazität, Stellgrößen);
- Heiz-/ Kühleystem;
- Aufteilung der funktionellen Bereiche, Ausläufe, Weidewirtschaft;
- Bodentypen (z. B. planbefestigt/perforiert, Bodenmaterial);
- Art, Menge, Management und Anwendung von Einstreumaterial;
- Entmistungssystem, Güllemanagement/-behandlung;
- Fütterungstechnik und -regime;
- Futterzusammensetzung (Komponenten und Inhaltsstoffe) und Futterzusatzstoffe;
- Tränkesystem.

Die **detaillierte Beschreibung des zu prüfenden Systems oder Technologie** muss folgendes umfassen:

- Liste mit (technischen) Komponenten, die für die Anwendung benötigt werden, einschließlich Typ (z. B. Material und Merkmale), technische Beschreibung, Funktionsbeschreibung und Konstruktion
- Beschreibung der angewendeten Verfahren und dessen Funktionsprinzip
- 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)
- Liste mit den wesentlichen Konstruktionsmerkmalen und Betriebsparametern (Wertebereiche), die für das zu prüfende System spezifisch und für eine ordnungsgemäße Funktion entscheidend sind und aus diesem Grund im Rahmen der Prüfung überwacht werden müssen (z. B. Gülleensäuerung, pH, Mindestmenge von Zusatzstoffen).
- Liste mit Kenngrößen, die für das elektronische oder manuelle Betriebstagebuch als Teil der Systemüberwachung wesentlich sind, einschließlich einer Beschreibung, wie diese überwacht werden.
- Zusammenstellung aller notwendigen Eingabematerialien sowie Flüssigkeiten und produzierten Abfällen mit Angabe der Menge und der chemischen Zusammensetzung
- Ausführliche Anleitungen zum Betrieb, Service, Wartung und Überwachung.

Wenn der Anmelder/Antragsteller bereits Prüfungen von Vorgängermodellen des Systems durchgeführt hat, müssen diese Berichte beigefügt werden, einschließlich einer Beschreibung der Unterschiede zwischen den Modellen.

### **Der Hersteller/Antragsteller muss folgende allgemeine Informationen bereitstellen:**

- Umwelt- und Lebensmittelsicherheit der angewendeten Technologie sowie die Sicherheit für Tier und Mensch
- Kenngrößen für die Berechnung zur Bestimmung der Betriebs-/Ausfallzeit des Systems (Das Prüfinstitut bewertet, ob diese Information zuverlässig und ausreichend ist).
- Prognostizierte Lebensdauer des Systems und seiner Komponenten
- Garantiebedingungen
- Sofern zutreffend, eine Liste mit Demonstrationsanlagen, die bereits in Betrieb sind (Tierkategorie, Typ des Stallsystems, Tiergewichte, insbesondere Lüftungsraten).

Das System muss vor Prüfbeginn die nationalen Mindestanforderungen hinsichtlich Tiergesundheit und Tierwohl erfüllen.

### **Betriebsanleitung**

Für die Technologie muss eine Betriebsanleitung 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 sind die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und das Produktsicherheitsgesetz zu erfüllen, welche die Rechtsgrundlage für die Harmonisierung wesentlicher Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen für Maschinenausstattungen bilden.

Die Betriebsanleitung muss zusammen mit der Systembeschreibung bereitgestellt werden und die Informationen enthalten, wie sie in diesem Abschnitt

- 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.

## 7. Prüfanforderungen

Dieses Kapitel beschreibt die Anforderungen an die Prüfung von Tierhaltungs- und Managementsysteme.

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 um repräsentative Fütterungs- und Managementbedingungen im Prüfbetrieb zu gewährleisten, und Anforderungen hinsichtlich der Auswirkung des Systems auf die Gesundheit am Arbeitsplatz, die Arbeitssicherheit, die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere sowie die Lebensmittelsicherheit. Auf weitere, spezifischere Anforderungen und Empfehlungen für einige Aspekte wird auch in den Anhängen Bezug genommen.

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 oder zur Gewinnung von grundlegenden Informationen, beispielsweise zu Nebenwirkungen.

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 haben.

Um die Leistung und Stabilität einer neuen Technologie zu überprüfen und zu optimieren, sind bei der Vorprüfung einer Technologie Teile des Prüfprotokolls verwendbar. In einer solchen Vorprüfung kann der Hersteller die Prüfbetrieb 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 L 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. Zu den protokollierten Parametern müssen alle Parameter gehören, die für die Berechnung der Betriebszeit/Ausfallzeit des Systems wichtig sind, vgl. Kapitel 6.

Der Antragsteller/Hersteller der Technologie darf den Betrieb im Prüfzeitraum nur zusammen mit der Prüfstelle besuchen. Betriebsprobleme sind zu datieren und von der Prüfstelle in einem Protokollbuch zu beschreiben. Ein Protokollbuch muss im Prüfzeitraum jederzeit für den Landwirt und die Prüfstelle zur Verfügung stehen. Die Prüfstelle muss die zur Behebung von Betriebsproblemen und zur Wartung des Systems verwendete Zeit protokollieren. Zusätzlich muss ein Datum und 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.

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.

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

### 7.3 Prüfaufbau, Probenahme und Messplanung

#### 7.3.1 Vorüberlegungen zu den wesentlichen Grundsätzen

Die Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen werden als die „primären Parameter“ zur Bestimmung der Umweltwirkung der geprüften Nutztierhaltungs- und Managementsysteme definiert. Der Prüfaufbau und die Messplanung

- basieren auf der erwarteten Auswirkung des Systems auf die Ammoniak-, Staub- und Geruchsemissionen
- und werden als relative Minderungsleistung im Vergleich zu einem Referenzsystem und, sofern zutreffend, als Emissionswerte ausgedrückt.

Je nach Technologie kann der Anwender entscheiden, ob einer oder mehrere der emissionsrelevanten Parameter, z. B. Ammoniak, Geruch, Staub und Treibhausgase, geprüft werden sollen.

#### 7.3.2 Auswahl des Prüfaufbaues

Der bevorzugte Prüfungsaufbau ist der Fall-Kontroll-Ansatz (*engl.: „case-control approach“*). Dies ist ein wirksames Verfahren, die Effekte von systemfremden Faktoren (z. B. Temperatur, Lüftungsrate, Fütterung, Alter usw.) in den Kontrollabteilungen (ohne Behandlung) und den Fallabteilungen (mit Behandlung) zu minimieren. Nur wenn der Fall-Kontroll-Ansatz aus den unten dargelegten Gründen nicht praktikabel ist, muss die Prüfung auf einem Ansatz mit mehreren Betrieben aufgebaut werden (mehrere Prüfstandorte ohne Kontrollabteile in demselben Betrieb).

Der Fall-Kontroll-Ansatz und der Ansatz mit mehreren Betrieben haben eine Reihe von identischen Anforderungen. Diese Anforderungen sowie die wichtigsten Merkmale und Anforderungen der beiden Arten des Prüfungsaufbaus werden in den nächsten Absätzen beschrieben.

Abbildung 1 bietet einen Überblick über die verschiedenen Optionen.

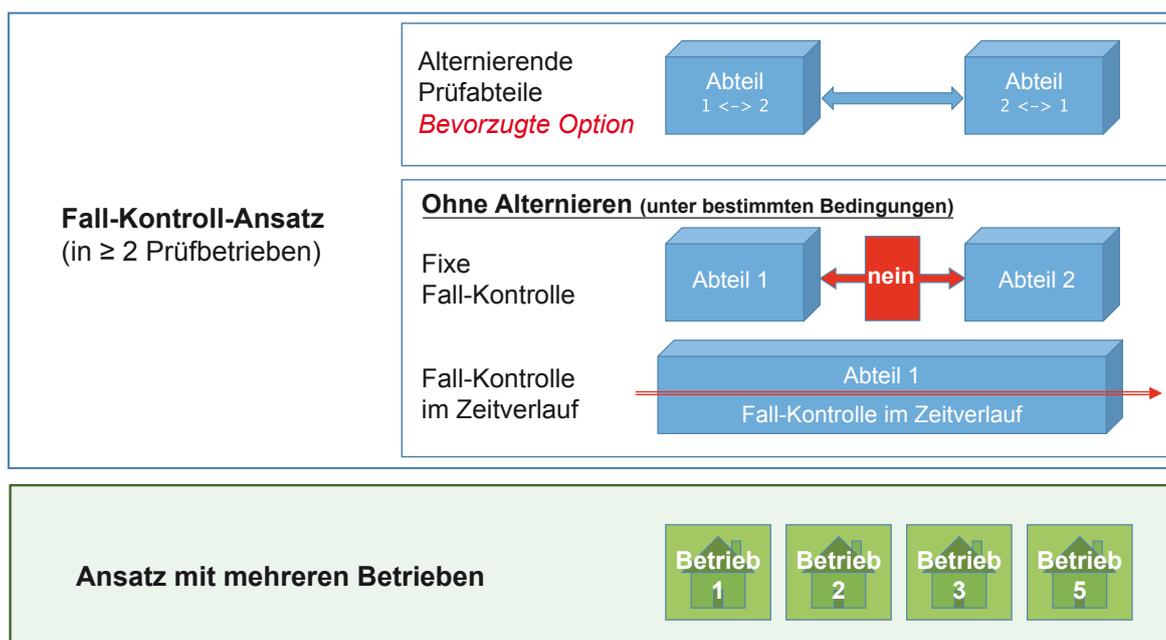


Abbildung 1: Optionen für den Prüfaufbau.

### Prüfungsaufbau nach dem Fall-Kontroll-Ansatz („case-control design“)

Beim Fall-Kontroll-Ansatz müssen die Messungen an mindestens zwei Standorten durchgeführt werden. An jedem Prüfstandort (landwirtschaftlichen Betrieb) müssen zwei ähnliche Abteile ausgewählt werden: ein Abteil, das mit dem zu prüfenden System ausgerüstet ist (Fall), und eines ohne das zu prüfende System (Kontrolle). Auf diese Weise wird durch gleichzeitige Messungen ein direkter Vergleich ermöglicht. Die Abteile müssen so ähnlich wie möglich sein und sich auf demselben Betrieb befinden, um ein identisches Management sicherzustellen. Üblicherweise werden Fall und Kontrolle zwischen den Abteilen und Messperioden alterniert; es sei denn, dies ist aus den unten dargelegten technischen Gründen nicht möglich. Empfehlungen über die Auswahl des richtigen Prüfstandorts: siehe Anhang D.

Der Aufbau der Prüfung als Fall-Kontroll-Studie kann in Tierhaltungen angewendet werden, die in Abteile mit jeweils separater Lüftung und separatem Entmistungssystem unterteilt sind, wie sie in der Schweinehaltung für laktierende Sauen, Ferkel und Mastschweine üblich sind. Ist der Stall nicht unterteilt, können Vergleiche zwischen identisch gestalteten Stallgebäuden innerhalb desselben Betriebs angestellt werden – in der Geflügelhaltung bestehen beispielsweise Masthähnchenbetriebe oft aus zwei und mehreren identischen Stallgebäuden, die hierfür verwendet werden könnten.

Der Fall-Kontroll-Ansatz liefert Daten, die den Unterschied der Emissionen zwischen dem zu prüfenden System und der Referenz ausdrücken. Die Wirkung der Umwelttechnologie kann dann als Gesamtmittelwertdifferenz zwischen den Emissionswerten aus den Fall- und Kontrollabteilen ermittelt werden. Die Varianzwerte können zwischen den verschiedenen Emissionen und Tierkategorien schwanken. Werden hohe Schwankungen oder geringe Emissionsminderungswerte erwartet, ist es unter Umständen notwendig, die Anzahl der Messungen zu erhöhen, um eine statistisch signifikante Wirkung der zu prüfenden Technologie zu erzielen.

Alle relevanten systemfremden Faktoren (Temperatur, Lüftungsrate, Anzahl und Alter der Tiere, Futter usw.), die die Emissionen beeinflussen können, müssen zwischen den Fall- und den Kontrollabteilen so ähnlich wie möglich gehalten werden:

- Die Abweichung der durch das Abteil bedingten, emissionsrelevanten Faktoren beim Wechsel zwischen den Abteilen darf letztlich nur eine Differenz von weniger als 5 % aufweisen.
- Zulässige Abweichungen des durchschnittlichen Tiergewichts (Tabelle 1):

Tabelle 1: Maximale Abweichung des durchschnittlichen Tiergewichts

Tierart	maximale Abweichung des durchschnittlichen Tiergewichts
Masttiere mit linearem Anstieg	20 % (10 % bei Ferkeln)
Masttiere mit exponentiellem Anstieg (Masthähnchen)	5 % (da das Rein-Raus-Prinzip gängige Praxis ist)
Andere Tierhaltungssysteme	10 %

### Fall-Kontroll-Ansatz ohne Wechsel

Ist ein Wechsel zwischen den Abteilen nicht möglich, gibt es zum klassischen Fall-Kontroll-Ansatz oder dem Ansatz mit mehreren Betrieben zwei weitere Optionen:

1. **Fixer Fall-Kontroll-Ansatz:** In Fällen, bei denen die (De-)Installation des Systems nicht erschwinglich ist, sind alternierende Abteile unter Umständen keine praktikable Option. Dann sollen die Abteile so ähnlich wie möglich sein, z. B. hinsichtlich Anzahl/Alter/Gewicht der Tiere und das Management.
  - Futter und Lüftungssystem einschließlich Management (Klimakontrolle) müssen identisch sein.
  - Das durchschnittliche Tiergewicht darf eine maximale Abweichung von 5 % nicht übersteigen.
  - Die Tiere müssen im Abteil gleichmäßig verteilt sein.

Bei diesem spezifischen Ansatz ist eine Ausgangsmessung/Vergleichsmessung der Emissionen beider Abteile (für mindestens sechs Messtage innerhalb von zwei Monaten) erforderlich, bevor das System in einem der Abteile installiert wird. Diese Messung dient dazu Abteilunterschiede zu quantifizieren (z. B. systematische Unterschiede, systematischer Messfehler der Emissionen). Die in den jeweiligen Messperioden gemessenen Emissionen müssen entsprechend diesem systemischen Messfehler korrigiert werden, sofern signifikante Unterschiede zwischen den Abteilen bestehen.

2. **„Ein/Aus“-Ansatz als Fall und Kontrolle:** Falls das zu prüfende System innerhalb von max. zwei Wochen wirksam ein- und ausgeschaltet werden kann, ist der „Ein/Aus“-Ansatz oder der **„Fall-Kontroll-Ansatz im Zeitverlauf“** möglich. Die Zeit zur Anpassung des Systems (Adaptationsphase) muss berücksichtigt werden.

Hierbei werden die Emissionen der Kontrolle (System aus) und des Falles (System ein) nacheinander statt gleichzeitig gemessen. Dieses Verfahren ist nur dann zulässig, wenn folgende Kriterien erfüllt werden:

- Anzahl und Gewicht der Tiere bleiben konstant.
- Das System ist stabil, bevor die Messungen beginnen. In einigen Fällen kann dies zu einer Verzögerung von einigen Tagen führen, bevor die Messungen von anderen Einstellungen (ein/aus) beginnen können.
- Die Messbedingungen (Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion, Lüftungsregime usw., vgl. Anhang B und Abschnitt 7.3.3.2) müssen für beide Messperioden vergleichbar sein.

### **Prüfungsaufbau mit mehreren Betrieben**

Ist eine Fall-Kontroll-Studie auf einem Prüfbetrieb nicht möglich, muss der Aufbau mit mehreren Betrieben gewählt werden. In diesem Fall müssen mindestens vier Prüfbetriebe an verschiedenen Standorten ausgewählt, mit dem System ausgerüstet und anschließend im erforderlichen Prüfzeitraum überwacht werden. Die Emissionswerte werden berechnet und nacheinander mit einer Referenz verglichen, entweder mit einer repräsentativen Anzahl von mindestens vier Referenzbetrieben (dies ist die bevorzugte Option) oder mit einem Emissionsrichtwert.

Ähnlich wie beim Fall-Kontroll-Ansatz hängt beim Prüfungsaufbau mit mehreren Betrieben die Verteilung von (mindestens) sechs unabhängigen Probenahmetagen über ein Jahr vom Emissionsverhalten der betreffenden Tierkategorie ab (vgl. Abschnitt 7.3.4). Das Verfahren zur Auswahl der Probenahmetage gilt analog zum Fall-Kontroll-Ansatz.

### **7.3.3 Anforderungen an die Prüfeinrichtung**

Ob die Prüfstandorte für die Durchführung der Emissionsmessungen geeignet sind, sind im Wesentlichen drei Fragen zu beantworten: Ist der Standort für Messungen geeignet? Ist er für das zu untersuchende Tierhaltungs- oder Managementsystem repräsentativ? Erfüllt er die Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion?

#### **7.3.3.1 Eignung des Prüfstandorts für Messungen**

Um verlässliche Ergebnisse zu erzielen, ist die Wahl geeigneter Prüfstandorte wichtig. Aufgrund der vielfältigen Stallkonzepte und der Lage von anderen Emissionsquellen in der Nähe des Prüfstandortes können die Messbedingungen sowohl in den unterschiedlichen Ländern als auch innerhalb eines Landes stark variieren.

Die Eignung des Prüfstandortes ist besonders bei Messungen in freibelüfteten Ställen entscheidend.

Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Die Auswirkung anderer Emissionsquellen: sie hängt von der Entfernung, der Art der Quelle, der Stärke und der Windrichtung ab. Dies muss für alle relevanten Emissionsgrößen berücksichtigt werden, einschließlich CO<sub>2</sub>, insbesondere wenn zur Bestimmung der Luftwechselraten natürliche Tracergase verwendet werden. Sowohl die Gaskonzentrationen in der Luft, die das Gebäude verlässt (ausströmende Luft), als auch die Konzentrationen in der Luft, die in das Gebäude eintritt (einströmende Luft), müssen bei der Existenz anderer Quellen in der Nähe des Gebäudes quantifiziert werden. Falls Lufteinlass- und Auslass – insbesondere bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten – nicht klar erkennbar sind oder häufig wechseln, ist der Standort nicht geeignet.
- Die Prüfabteile eines einzelnen Standorts (Fall-Kontroll-Ansatz) müssen voneinander isoliert werden, um einen Luftwechsel zwischen den Abteilen zu verhindern.
- Verbringen viele Tiere einige Zeit außerhalb des Gebäudes (z. B. in Ausläufen, auf der Weide oder beim Melken in einem anderen Gebäude), darf dies die zur Schätzung der Lüftungsrate verwendete Tracergas nicht direkt beeinflussen. Das von den Tieren in den Prüfabteilen produzierte CO<sub>2</sub> kann in diesen Fällen nicht als Tracergas verwendet werden (vgl. Abschnitt 7.4.2).

- Ist die Verteilung der Tiere innerhalb des Gebäudes nicht gleichmäßig, müssen die Messpunkte (und Injektionsstellen, wenn mit einem künstlichen Tracergas gearbeitet wird) so gewählt werden, dass diese ungleichmäßige Quellenverteilung berücksichtigt wird (vgl. Abschnitt 7.3.5.3).

Eine Anleitung mit Bildern und Empfehlungen für die Auswahl eines geeigneten Prüfstandortes findet sich in Anhang D.

### 7.3.3.2 Repräsentativität des Prüfbetriebes

Das Tierhaltungs- und Managementsystem muss unter Betriebsbedingungen geprüft werden, die für die übliche Praxis in der jeweiligen Tierkategorie repräsentativ sind und für die das System oder die Technologie verwendet werden soll. Dies impliziert bestimmte Anforderungen an den Prüfungsaufbau sowie an die Bedingungen für das Management und die Messungen im Prüfzeitraum.

Die Anhänge B und C zeigen die verpflichtenden und die nationalen Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion von einigen VERA-Mitgliedstaaten sowie den Gemeinsamkeiten eines „Standardhaltungssystems“.

#### Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Anzahl der Tiere (GV) während der Prüfung, Minima/Maxima;
- Besatzdichte und Zusammensetzung;
- Buchtengestaltung, Auslaufgestaltung, sofern zutreffend;
- Entmistungssystem; Wirtschaftsdüngermanagement
- Lüftungssystem, Management, Aufbau und Dimensionierung im Verhältnis zur Anzahl der Tiere.
  - Das Lüftungsregime muss der üblichen Praxis und den geltenden Vorschriften entsprechen und sicherstellen, dass eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 3000 ppm nicht wesentlich überschritten wird.
  - Die Änderung des Lüftungsregimes (z. B. Verkleinerung der Einlassöffnungen) darf die „Standardbedingungen“ nicht beeinträchtigen, es sei denn, dies ist Bestandteil der Spezifikationen des zu prüfenden Tierhaltungs-/Managementsystems.
- Fütterungssystem und Futterration – z. B. repräsentative Protein- und Energiegehalte;
- Produktionsintensität – repräsentative Leistungen;
- Gesundheitsmanagement und Einsatz von Medikamenten: Anwendung oder Absetzen von Zusatzstoffen zu Futter-/Wirtschaftsdünger oder Medikamente, die die Emission beeinflussen können, müssen angegeben werden.
- Managementfaktoren, die die Emissionen beeinflussen können (z. B. Homogenisieren von Gülle, Melken und Weiden von Milchvieh) müssen aufgezeichnet werden. Sofern ein großer Einfluss auf diese Faktoren durch das Tierhaltungs-/Managementsystem erwartet wird, muss die Messplanung diesen Aspekt berücksichtigen.
- Klimatische Einflüsse während der Messungen - extreme Wetterbedingungen wie heftige Stürme oder extreme Kälte/Hitze sind zu vermeiden.

Die Tierproduktion muss zu jeder Zeit alle relevanten Vorschriften, z. B. hinsichtlich Tiergesundheit, Tierschutz und Arbeitssicherheit, erfüllen.

Die übliche Praxis kann von Land zu Land variieren. Der Anwender muss die für seine Kunden wichtigsten Kriterien berücksichtigen und die Mindestanforderungen an die Tierproduktion der jeweiligen Kategorien gemäß den Beschreibungen in den Anhängen B und C befolgen. Damit soll die Übertragbarkeit der Ergebnisse verbessert und den Behörden ermöglicht werden, die Ergebnisse später auf „typische“ Tierhaltungssysteme extrapolieren zu können.

Während der Prüfung muss eine Reihe von entsprechenden betrieblichen Kennzahlen aufgezeichnet werden, um die übliche Praxis zu bestätigen. Diese Parameter sind in den Tabellen 6 und 7 aufgeführt.

### 7.3.4 Allgemeine Probenahme-Strategie

Die Probenahme-Strategie beinhaltet die Anzahl und Verteilung der Messungen über die Zeit, auf und zwischen den Prüfbetrieben.

Table 2: Grundsätzliches Verfahren der Probenahme

Parameter	Mindestanforderung
Anzahl der Abteile/ Stalleinheiten für die Probenahme	<b>Fall-Kontroll-Ansatz:</b> zwei verschiedene Betriebe (vgl. Abschnitt 7.3) <b>Ansatz mit mehreren Betrieben:</b> vier verschiedene Betriebe
Mindestgröße der Ställe für die Probenahme	Die Größe der Ställe muss für Betriebe in den teilnehmenden Ländern repräsentativ sein.
Messperioden	Auf jeden Betrieb: <b>Für Ammoniak, Geruch und Staub:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq</math> sechs unabhängige Messperioden von jeweils mindestens 24 Stunden, verteilt über ein Jahr, je nach Emissionsverhalten (siehe unten).</li> </ul> <b>Für Geruch (spezifisch für DK, bei Anwendung des Ansatzes mit mehreren Betrieben)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq</math> sechs unabhängige Messperioden mit Außentemperaturen über 16°C während der Probenahme. Alle Geruchsproben, die bei Temperaturen über 16°C entnommen wurden, können als Teil der für die nationale Freigabe in Dänemark erforderlichen sechs zusätzlichen Geruchsproben verwendet werden.</li> </ul>

Die Verteilung der Probenahmetage hängt vom Emissionsverhalten der betreffenden Tierkategorie ab. Je nach Entwicklung der Tiere können die Emissionen entweder stabil bleiben oder linear oder exponentiell ansteigen. Tabelle 3 zeigt die Anforderungen für das jeweilige Emissionsverhalten.

Table 3: Emissionsverhalten und Anforderungen an die Probenahme

Wachstumsverhalten	Beispiel	Anforderungen an die Probenahme pro Prüfstandort
Stabil/konstant	Milchvieh	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichmäßige Verteilung über ein Jahr: Das Jahr ist in gleich lange Abschnitte zu unterteilen. Die Anzahl der Perioden muss identisch mit der Anzahl der Messtage sein, z. B. bei sechs Messtagen wird alle zwei Monate ein Messtag angesetzt.</li> <li>• Die Messungen müssen unabhängig sein.</li> </ul>
Linearer Anstieg	Mastschweine	Zusätzlich zu den Anforderungen bei stabilem Wachstumsverhalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 % der Probenahmetage in der ersten Hälfte des Produktionszyklus.</li> <li>• 50 % der Probenahmetage in der zweiten Hälfte des Produktionszyklus.</li> <li>• Die Probenahmetage in der zweiten Hälfte des Produktionszyklus sollten gleichmäßig über das Jahr verteilt werden.</li> </ul>
Exponentieller Anstieg	Masthähnchen	Zusätzlich zu den Anforderungen bei stabilem Wachstumsverhalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Produktionszyklus muss in drei gleich lange Perioden (gleiche Anzahl von Tagen) eingeteilt werden.</li> <li>• 1. Periode: mindestens ein Probenahmetag.</li> <li>• 2. Periode: mindestens zwei Probenahmetage.</li> <li>• 3. Periode: mindestens drei Probenahmetage, gleichmäßig über das Jahr verteilt.</li> </ul> <p>Ein Beispiel für die Verteilung der Probenahmetage innerhalb des Jahres und des Produktionszyklus (für Masthähnchen, mit exponentiellem Anstieg der Emissionen im Verlauf des Produktionszyklus) wird in Anhang E aufgezeigt.</p>
Standorte mit Auslauf bzw. Weide		Im gesamten Zeitraum dürfen die Messungen nur dann durchgeführt werden, wenn sich die Tiere innerhalb des Gebäudes aufhalten.

### **Probenahmematerial für Gase**

Wenn eine Messgasleitung verwendet wird, muss das verwendete Material näher bezeichnet werden. Es kann beispielsweise Polyethylen (PE) oder Polytetrafluoroethylen (PTFE) verwendet werden. Für SF<sub>6</sub>, NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub>, muss die Adsorption/Desorption minimiert werden.

Die Gaswiederfindungsrate des Messsystems sollte getestet werden (siehe Anhang G).

Treten Temperaturunterschiede entlang der Messgasleitungen auf, bei denen Kondensation auftreten kann, ist eine Wärmedämmung und Beheizung der Messleitungen erforderlich.

## **7.3.5 Messplanung**

### **7.3.5.1 Grundsätzliches**

#### **Kalibrierung, Verifizierung und Validierung**

Für einige Messgrößen sind in diesem VERA Prüfprotokoll mehrere Messverfahren aufgeführt. Diese gelten damit als für eine VERA Verifizierung als zulässig. Einige Verfahren für die primären und sekundären Parameter CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> sind ausdrücklich als „**Referenzmethode**“ bezeichnet. Diese sollen zur Verifizierung der Messdaten und Validierung anderer Methoden verwendet werden.

Jede Konfiguration eines Teils der Messgeräte muss gemäß der in diesem Protokoll vorgeschriebenen Referenzmethode validiert werden. Die Validierung ist zu berichten und sollte nach EN 14793 oder einer ähnlichen, geeigneten und von VERA freigegebenen Methode erfolgen.

Die Kalibrierung der Messinstrumente ist ein wesentlicher Bestandteil der Definition der Konfiguration.

Dies betrifft sowohl Kalibrierverfahren, die nur mehrjährig oder jährlich vorgenommen werden müssen, als auch solche, die vor jedem Einsatz durchzuführen sind. Bei der Kalibrierung müssen auch mögliche Querempfindlichkeiten durch andere Gase in Ställen sowie Temperaturen, relative Luftfeuchte etc. berücksichtigt werden.

Die Verifizierung der verwendeten Messverfahren/-ausrüstung im Sinne einer Vorort-Prüfung muss am Prüfstandort mithilfe eines Messverfahrens durchgeführt werden, welches präziser als das verwendete ist.

Sämtliche Kalibrierungs- und Verifizierungsverfahren sowie Messunsicherheitsbetrachtungen für die relevanten Parameter müssen die Anforderungen der ISO 17025 erfüllen und sind zu dokumentieren und zu berichten.

#### **Zulässige Abweichung vom Prüfprotokoll**

Wenn bekannt ist, dass die Art der geprüften Umwelttechnologie einen bestimmten Parameter nicht oder nur marginal reduziert, kann der Hersteller/Antragsteller die Minderung für diesen spezifischen Parameter mit Null angeben und die für diesen Parameter vorgeschriebenen Messungen weglassen. Der Prüfbericht muss allerdings zeigen, dass die Umwelttechnologie aufgrund früherer Untersuchungen oder Prüfergebnissen aller Wahrscheinlichkeit nach keinerlei negative Auswirkung auf den spezifischen Parameter hat.

#### **Gesetze und Richtlinien**

Bei der Durchführung einer Prüfung gemäß diesem Prüfprotokoll, müssen bei allen Aktivitäten die relevanten, geltenden nationalen und EU-Gesetzgebungen sowie die entsprechenden Normen beachtet werden.

Auf folgende Aspekte sollte besondere Aufmerksamkeit gelegt werden:

- Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit
- Tiergesundheit und Tierwohl
- Lebensmittelsicherheit
- Chemikalienrecht

Verzeichnisse der relevanten EU-Richtlinien und der internationalen Normen auf diesen Gebieten sind im Literaturverzeichnis dieses Prüfprotokolls und auf der VERA Webseite <http://www.vera-verification.eu/de/hersteller/pruefprogramme/> unter „Links zu EU Direktiven und internationalen Normen“ verfügbar. Die Liste erhebt jedoch keinen Wert auf Vollständigkeit. Nationale Gesetzesvorgaben und Normen sind darin nicht enthalten.

### 7.3.5.2 Messplanung für zwangsbelüftete Ställe

Zwangsbelüftete Ställe werden durch gut definierbare Ein-/Auslässe charakterisiert, bei deren Einlässen die Luft durchmischt wird und das Gebäude über die eingebauten Luftauslässe (Abluftkamine) wieder verlässt.

Die Emission kann auf zwei Arten ermittelt werden:

- Durch Messung der Lüftungsrate und der Konzentration außerhalb (Hintergrund) und innerhalb des Gebäudes an den Lüftungsschächten. Die Berechnung der Emissionen aus zwangsbelüfteten Gebäuden erfolgt aus dem Produkt der Luftmenge, die das Gebäude pro Zeiteinheit verlässt ( $V$ ; Lüftungsrate), und der Konzentration in der ausströmenden Luft des gemessenen Schadstoffs ( $C_{out}$ ), korrigiert um die Konzentration in der einströmenden Luft ( $C_{in}$ ):
- $E = V \times (C_{out} - C_{in})$
- Durch Verwendung einer Berechnungsmethode auf der Basis des Verhältnisses der gemessenen Konzentrationen des primären Parameters (z. B. Ammoniak), eines Tracergases innerhalb des Gebäudes und der Injektionsrate des Tracergases. Für die Berechnung der Emissionen siehe Abschnitt 7.4.2.3.

### 7.3.5.3 Messplanung für freibelüftete Ställe

Die Emissionen können nur durch die Verwendung einer Berechnungsmethode auf der Basis des Verhältnisses der gemessenen Konzentrationen des primären Parameters, eines im Stall freigesetzten, künstlichen/natürlichen Tracergases und der Injektions-/ Produktionsrate des Tracergases bestimmt werden. Das Tracergas- Verfahren wird in Abschnitt 7.4.2 beschrieben.

Folgende Aspekte müssen bei der Bestimmung einer Messplanung für freibelüftete Ställe berücksichtigt werden (Empfehlungen und Beispiele zu diesen Aspekten sind in Anhang F aufgeführt):

- Positionierung der Probenahmestellen/Messpunkte im Gebäude (dies kann je nach Gestaltung des Stalls variieren).
  - Der Abstand zwischen den Probenahmestellen und der Seitenwand oder einer Auslassöffnung muss mindestens zwei Meter betragen.
  - Eine Mindesthöhe von drei Metern über dem Boden ist erforderlich, um die Auswirkung von Tieren, Liegeboxen und anderen Hindernissen zu minimieren.
  - Hindernisse innerhalb des Stalls dürfen nicht die Repräsentativität des Messpunktes beeinträchtigen (z. B. durch Veränderung der Strömungsverhältnisse).
- Anzahl der Messpunkte: mindestens eine Probenahmestelle je zehn Meter Stalllänge, gleichmäßig über den Stall verteilt.
- Bei Verwendung einer Messgasleitung mit mehreren Probenahmestellen müssen die Probenahmestellen mit einer kritischen Düse (Kapillare) versehen sein, um einem konstanten und kontrollierten Durchfluss zu realisieren, und einen Staubfilter aufweisen (außer bei Staubmessungen). Die Leistung der Pumpe muss auf die Länge der Messgasleitung und die Gesamtanzahl der Kapillaren sowie den am Messgerät erforderlichen Durchfluss angepasst sein, u.a. um an allen Düsen denselben Durchfluss sicherzustellen.
- Um die Vermischung und die Beprobung von Innenluft in der Außenluft zu vermeiden, müssen die Messpunkte in einer Entfernung von mindestens fünf Metern senkrecht zu den Seitenwänden platziert werden, um die tatsächliche Gaskonzentration der einströmenden Luft zu messen.
- Mindestens eine Probenahmestelle ist außerhalb des Gebäudes (an allen offenen Seitenwänden) anzulegen. Sind weitere Quellen vorhanden, die die Emissionen des Stalls beeinflussen könnten, sind zusätzliche Messpunkte erforderlich (für Beispiele siehe Anhang F).

## 7.4 Messungen

### 7.4.1. Messparameter

Die Messparameter werden in primäre und sekundäre Parameter unterteilt und beziehen sich entweder auf die Emissionen oder auf andere Faktoren wie die Produktionsintensität und die Betriebssicherheit des zu prüfenden Systems.

#### Primäre Messparameter

Die „primären Parameter“ umfassen die primären Umweltschadstoffe, die von der Nutztierhaltung emittiert werden. Sie sind die primären Ziele der in der Tierhaltung eingesetzten Umwelttechnologien. In diesem Protokoll sind diese primären Parameter die Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen, die in Tabelle 4 zusammen mit Einheiten, Bedingungen der Probenahme und Messverfahren dargestellt werden.

Tabelle 4: Primäre Messparameter

Parameter [Einheiten]	Probenahme (wo, wie und wie oft)	Messmethode Standard Referenzmethode zur Validierung gemäß EN 14793 oder ähnliches.
Ammoniak [mg m <sup>-3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kumulative Messung über 24 Stunden</li> <li>• kontinuierliche Messmethoden: basierend auf Stundenwerten (24 Proben)</li> <li>• Ort: siehe 7.3.5.2 und 7.3.5.3</li> <li>• Korrektur der Hintergrundkonzentration</li> </ul>	Impinger system (prEN/DIS 21877, NEN 2826, VDI 3496).
Geruch [GE m <sup>-3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindestens drei Proben pro Messtag</li> <li>• Probenahme zwischen 9:00 und 16:00 Uhr</li> <li>• Dauer: 30 - 120 min</li> <li>• Material: Polyethylenterephthalat, Polyvinylfluorid oder Polytetrafluoroethylen Beutel</li> <li>• Ort: an Luftauslässen, vorzugsweise Mischprobe</li> </ul>	EN 13725 Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie <i>(Bemerkung: in NL ist die Verwendung der Forced Choice Response-Methode für die niederländische 'Regeling geur en veehouderij' (Richtlinien für Geruch und Nutztiere) vorgeschrieben).</i>
Staub (PM) [mg m <sup>-3</sup> ]	<p>Messung von PM10 und einer größeren Fraktion (z. B. 'TD', 'ID') ist obligatorisch. PM2.5 ist aus methodischen Gründen optional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kumulative Messung über 24 Stunden</li> <li>• kontinuierliche Messmethoden: basierend auf Stundenwerten (24 Proben)</li> <li>• Dauer: 24 Stunden für PM10/PM2.5</li> <li>• Ort: Luften- und -auslass</li> <li>• Zweifachbestimmung an jedem Messpunkt</li> </ul>	<p>Die beprobte Staubfraktion muss genau beschrieben werden, d.h. entweder durch die Angabe einer bestimmten Fraktion (z. B. PM10, ID), durch die Nennung der 50 % Abscheidewirksamkeit oder durch die Darstellung der Abscheidewirksamkeit</p> <p>Normen zur Messung (siehe Literaturhinweise), z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 7708 und EN481 (einatembarer Staub, PM100)</li> <li>• 40 CFR 50, Anhang B (TSP, PM35)</li> <li>• NIOSH Method 0500 (Gesamtstaub)</li> <li>• EN 12341 und EN 13284-1 (PM10)</li> <li>• EN 14907 (PM2.5)</li> </ul>

Für die Staubmessung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

Die Messverfahren sollten Konzentrationen nahe den realen Konzentrationen erzeugen. Die systematischen Messfehler können schwerwiegend sein. Selbst wenn die Messungen eine Minderungswirkung der Staubemission „nur“ auf einer relativen Skala (d.h. bestimmt durch die Staubemissionen in einem Behandlungsgebäude und einem Kontrollgebäude) erzeugen sollen, ist es fragwürdig, ob die resultierende Wirkung, bei der der systematische Fehler aufgehoben wäre, die Leistungen in der Praxis widerspiegelt.

Die Messverfahren können nur nach Prüfung der Äquivalenz mittels relevanten Referenzmessungen und Anwendung von Korrekturmaßnahmen verwendet werden. Zu solchen Maßnahmen können z. B. die Rekalibrierung eines Verfahrens, das den betreffenden Staub verwendet, oder die Anwendung von Korrekturfaktoren gehören. Derzeit liegt keine Norm vor, die die Durchführung von Äquivalenzprüfungen in der Tierhaltung beschreibt. Die in der Literatur aufgeführten Normen (insbesondere EN 12341) bieten einen Leitfaden, etwa bezüglich der Referenzmessungen, der allgemeinen Verfahren und der statistischen Prüfungen.

Auf Lichtstreuung basierende Messverfahren dürfen nicht bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit verwendet werden, etwa hinter dem Wärmetauscher oder Gülletrocknungssystemen. Die Wasseraufnahme durch die Partikel kann das Arbeitsprinzip der Lichtstreuung stören. In diesen Fällen ist ein gravimetrisches Verfahren die beste verfügbare Option. Lichtstreuungsgeräte sind nur dann zulässig, wenn die o. g. Bedingungen erfüllt sind sowie Doppelmessungen zur Reduktion des Zufallsfehlers verwendet werden und die systematischen Messfehler durch Rekalibrierung oder durch die Verwendung von Korrekturfaktoren angepasst wurden.

### Sekundäre Parameter

Sekundäre Parameter beziehen sich entweder indirekt auf die Emissionen oder auf andere Faktoren wie die Produktionsintensität und die Betriebssicherheit des zu prüfenden Systems. Je nach deren Einfluss sind sie verpflichtend oder optional.

Sekundäre Messparameter werden in den folgenden drei Tabellen kategorisiert:

- Parameter, die die Höhe der Emissionen der primären Umweltschadstoffe beeinflussen (könnten) oder die relevante Referenzwerte sind (Tabelle 5);
- Parameter bezüglich der Tiere/ Wirtschaftsdünger / Futterzusammensetzung (Tabelle 6);
- Parameter, die die Funktionsweise des Systems dokumentieren (Tabelle 7).

Tabelle 5: Sekundäre Messparameter im Hinblick auf gasförmige Emissionen und Stallklima.

Parameter [Einheiten] (M) = verpflichtend (O) = optional	Probenahme (wo, wie und wie oft)	Messmethode (vgl. 7.4.2, Standard-Referenzverfahren zur Validierung gemäß EN 14793 oder ähnlich)
Luftrate (M) [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftrate durch alle Luftauslässe (nur bei zwangsbelüfteten Ställen möglich)</li> <li>• Bei freibelüfteten Ställen (vgl. 7.3.5.3)</li> </ul>	<p><u>Zwangsbelüftung:</u> Kalibrierter Messventilator</p> <p><u>Freie Lüftung:</u> Tracergas Methode (vgl. 7.5).</p>
CO <sub>2</sub> (M) [mg m <sup>-3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Messmethoden, basierend auf Stundenwerten (24 Proben),</li> <li>• Oder über die Zeit gemittelte Probe über einen 24-stündigen Beprobungszeitraum</li> <li>• Ort der Probenahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zwangsbelüftung: Lufteinlass und Luftauslass</li> <li>- Freie Lüftung: vgl. 7.3.5.3</li> </ul> </li> <li>• Korrektur der Hintergrundkonzentration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GC-TCD (Säule mit guter Trennung von Gasen verwenden)</li> </ul>
Temperatur (M) [°C]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuierliche Messung. Mindestzeit: 24 Stunden an Messtagen</li> <li>• Kontinuierliche Messmethoden, basierend auf Stundenwerten (24 Proben)</li> <li>• Ort der Probenahme: Lufteinlass und Luftauslass</li> </ul>	<p>Thermoelemente oder andere kalibrierte Temperatursensoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeigneter Messbereich, Empfindlichkeit, Nachweisgrenze</li> <li>• Unerwünschte Effekte auf das Messgerät, z. B. durch Verschmutzung, Wind oder direkte Sonneneinstrahlung, sind zu beachten.</li> </ul>
Feuchte, relative Feuchtigkeit (M) [% oder mg m <sup>3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog zur Temperatur</li> </ul>	<p>Kapazitive Sensoren oder andere kalibrierte Feuchtigkeitssensoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unerwünschte Effekte auf das Messgerät, z. B. durch Verschmutzung, Wind, Wasser, Sonneneinstrahlung</li> </ul>
Wind (M nur für frei belüftete Ställe) Richtung [°] Geschwindigkeit [m s <sup>-1</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme analog zur Temperatur</li> <li>• Für die Windrichtung: Messhöhe 10 m (gemäß VDI Richtlinie 3786) oder Daten von der lokalen Wetterstation</li> <li>• Windgeschwindigkeit am Lufteinlass: ca. 2 m abhängig von der Höhe des Lufteinlasses</li> </ul>	<p>Ultraschall-Anemometer, Windfahne, Schalenkreuzanemometer, Flügelrad-Anemometer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unerwünschte Effekte auf das Messgerät, z. B. durch Verschmutzung, Windschatten oder Frost, sind zu beachten.</li> </ul>
CH <sub>4</sub> (O) [mg m <sup>-3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog zu CO<sub>2</sub></li> </ul>	GC-FID (Säule mit guter Trennung von Gasen verwenden)
N <sub>2</sub> O (O) [mg m <sup>-3</sup> ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog zu CO<sub>2</sub></li> </ul>	GC-ECD (Säule mit guter Trennung von Gasen verwenden)

Tabelle 6: Sekundäre Messparameter im Hinblick auf die Tierhaltung, Dung- und Futterzusammensetzung.

Parameter [Einheiten] (M) = verpflichtend (O) = Optional	Probenahme (wo, wie und wie oft)	Messmethode
Anzahl und Lebendmasse der Tiere [kg] (M)	Datum, Anzahl und Gewichtsschätzung an den Probenahmetagen	Zählung, Wägung oder Schätzung
Bodentyp und Flächenangebot pro Tier [m <sup>2</sup> ] (M)	Bodentypen (Material, Perforationsgrad, Zustand)	Dokumentation durch Aufzeichnung
Luftvolumen je Tier [m <sup>3</sup> ] (M)	Berechnung basierend auf dem Luftvolumen des Abteils und der Anzahl der Tiere	Dokumentation durch Aufzeichnung
Dungparameter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menge [m<sup>3</sup>] (M)</li> <li>• pH</li> <li>• TM [g kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• Organische TM [g kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• N, P und K [g kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• TAN [g kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• C:N-Verhältnis</li> <li>• Additive/ Rückstände</li> </ul>	<p>Probenahme mindestens an allen terminierten Tagen für Emissionsmessungen</p> <p>Die Menge an Wirtschaftsdünger (der im Gebäude gelagert wird) muss manuell während der Probenahmetage ermittelt werden (z. B. durch die Füllstandshöhe).</p> <p>Gülleproben müssen unmittelbar nach der Entnahme inaktiviert werden, durch die Lagerung der Proben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in einer Kühlbox ≤ 5°C, bis sie eingefroren werden.</li> <li>• in Gefrierschrank innerhalb von 5 Stunden nach der Probenahme.</li> </ul>	<p>Labormethoden</p> <p>Der TAN Gehalt kann mit dem dänischen System (Poulsen et al., 2001) ermittelt werden.</p> <p><b>Bemerkung:</b> Die Messung von Dungparametern sollten zur Validierung und Erläuterung der Emissionswerte oder, falls relevant, der Wirkung von Additiven durchgeführt werden. Die Menge an Wirtschaftsdünger ist obligatorisch, die anderen Parameter sind optional.</p>
Entleerungszeitpunkte der Güllelager oder Güllekanäle (M)		Dokumentation durch Aufzeichnung
Reinigung des Stalles und Verschmutzungsverhalten (M)	Beschreibung des Reinigungsverfahrens und der Verschmutzung in jeder Bucht während der Probenahmetage für Geruch.	Dokumentation durch Aufzeichnung
Verschmutzung von Oberflächen (Bucht und Tiere) (M)	Erhebung während der Messtage	Messung Bewertung
Futterzusammensetzung (O) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menge [kg]</li> <li>• TM [g kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• ME [MJ kg<sup>-1</sup>]</li> <li>• P und K</li> <li>• XP und XF</li> <li>• Lysin</li> <li>• Zusatzstoffe</li> <li>• Fütterungsregime und -häufigkeit</li> </ul>	<p>Rückstellmuster der Chargen</p> <p>Beprobung mindestens an den Messtagen für Emissionen, wenn möglich.</p> <p>Während des Prüfzeitraumes sollte der Proteingehalt der Ration innerhalb gewisser Bereiche für die jeweilige Tierkategorie bleiben, vgl. Anhang B. Der Landwirt muss den im Prüfzeitraum gültigen Gehalt an Rohprotein im Futter dokumentieren können. Sollte er dies nicht liefern können, müssten drei Futterproben über den Messzeitraum verteilt genommen und analysiert werden.</p> <p>Bei Futterzusatzstoffen muss die richtige Menge/ Dosis verifiziert werden.</p>	<p>Labormethoden und Dokumentation durch Aufzeichnung</p> <p><b>Bemerkung:</b> Die Futterzusammensetzung sollte gemessen werden, sofern sie für die Erläuterung der Leistung des geprüften Systems/ Technologie relevant sind, z. B. bei Zusatzstoffen.</p>
Tierische Leistung (O, M: bei der Verwendung von Tracer gasen) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Milchleistung [kg Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>]</li> <li>• Eierproduktion [kg Tier<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>]</li> <li>• Trächtigkeitstag</li> </ul>		Dokumentation durch Aufzeichnung

## Parameter zur Bewertung der Betriebssicherheit

Tabelle 7: Falls verfügbar, Messparameter zur Dokumentation der Funktion und Betriebssicherheit des Systems/der Technologie

Parameter [Einheiten] (M) = verpflichtend (O) = Optional	Probenahme (wo, wie und wie oft)	Messmethode
Energiebedarf der Technologie/ des Systems [kWh] (M) Bezogen auf die Zeit	Kontinuierliche Messung des Energiebedarfs der Lüftung und der Technologie	Dokumentation durch Aufzeichnung
Wasserverbrauch der Technologie/ des Systems [l], [m <sup>3</sup> ] (M) Bezogen auf die Zeit	Kontinuierliche Messung	Dokumentation durch Aufzeichnung
Verbrauch von Chemikalien/ Additiven (z. B. Säure) Masse [mg oder kg] oder Volumen [l oder m <sup>3</sup> ] bezogen auf Raum und Tiere [m <sup>2</sup> ], [GV], [TP] (M)	Messung/Überwachung	Dokumentation durch Aufzeichnung
Funktion und Betriebssicherheit (M) Aktivitäten, Spezialfälle (M)	Kontinuierliche Beobachtung	Dokumentation durch Aufzeichnung
Lärm (O)	Außen, 1-2 m vom Luftauslass entfernt	Schallpegelmessgerät ISO 3746

### 7.4.2 Messmethoden

#### 7.4.2.1 Wesentliche Grundsätze

Die meisten der in diesem Protokoll spezifizierten Messparameter basieren auf existierenden Normen und Richtlinien. Da Emissionen meist auf dem Volumenstrom bezogen sind, ist es wichtig, sie mit der größtmöglichen Präzision zu messen. Je nach Prüfstandort kann dies eine Herausforderung sein und ganz spezifische Bedingungen erfordern. Die Anforderungen der wichtigsten Messverfahren werden in den nächsten Abschnitten ausführlicher beschrieben.

Neben den in den Tabellen 4 bis 7 beschriebenen Prüfverfahren können auch andere Prüfverfahren akzeptabel sein, sofern sie gegen das entsprechende Referenzverfahren hinreichend validiert wurden.

Bei der Messung aller in den Tabellen 4 bis 7 aufgeführten Parameter ist folgendes wichtig:

- Während der Probenahme jegliche Absorption, Adsorption, Diffusion, Kondensation, Leckage und Blockade zu vermeiden;
- Konstante Bedingungen durch Berücksichtigung der Totzeiten in den Messleitungen, Anstiegszeiten und Trocknungszeiten der Messinstrumente zu gewährleisten;
- Potentielle Querempfindlichkeiten der Messinstrumente zu berücksichtigen;
- Den Bereich der erwarteten Werte an den Messbereich der Instrumente anzupassen oder das Verfahren an die erwarteten Werte anzupassen und Messungen nahe der unteren oder oberen Nachweisgrenze zu vermeiden;
- Kalibrierung und Wartung der Instrumente und Verfahren nach den Anforderungen von ISO 17025 vorzunehmen.

#### 7.4.2.2. Messventilator

Das Referenzverfahren zur Messung der Lüftungsrate in zwangsbelüfteten Nutztierställen erfolgt mithilfe von Messventilatoren, die zuvor kalibriert werden müssen. Der Messventilator muss den gesamten Abluftbereich erfassen und so platziert werden, dass ein ausreichender Abstand zum Ventilator eingehalten wird (vgl. Tabelle 5).

### 7.4.2.3. Tracergas-Verfahren

Das Referenzverfahren für freibelüftete Ställe ist das Tracergas-Verfahren.

Das Tracergas-Verhältnis-Verfahren beruht auf der Ableitung der Emission eines Schadstoffs (z. B. Ammoniak  $E_{\text{NH}_3}$ ) auf der Basis der Produktion/Emission eines Tracergases ( $P_{\text{tracer}}$ ) und des Konzentrationsverhältnisses des Schadstoffs (z. B.  $C_{\text{NH}_3}$ ) und des Tracers ( $C_{\text{tracer}}$ ), korrigiert um die Konzentrationen in der ausströmenden/einströmenden Luft:

$$E_{\text{NH}_3} = P_{\text{tracer}} \times \frac{[C_{\text{NH}_3}]_{\text{Zuluft}} - [C_{\text{NH}_3}]_{\text{außen}}}{[C_{\text{tracer}}]_{\text{Zuluft}} - [C_{\text{tracer}}]_{\text{außen}}}$$

### Auswahl eines geeigneten Tracergases

Als Tracergas kann entweder ein künstliches oder ein metabolisch erzeugtes Tracergas verwendet werden. Die folgende Tabelle ist ein Instrument zur Auswahl des richtigen Tracergases:

Tabelle 7: Auswahl eines geeigneten Tracers.

	Künstliches Tracergas	Metabolisch erzeugtes Tracergas
Gebräuchlichste Gase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{SF}_6</math> (kann in kleinen Konzentrationen (ppb) anhand eines mit einem ECD ausgerüsteten Gaschromatographen gemessen werden. <i>Hinweis: Es ist in Dänemark aufgrund seines hohen globalen Erwärmungspotenzials verboten.</i>)</li> <li>• Krypton-85 (<math>^{85}\text{Kr}</math>)</li> <li>• Trifluoromethylsulfat-Pentafluorid (<math>\text{SF}_5\text{CF}_3</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{CO}_2</math></li> </ul>
Handhabung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion/Emission des Tracergases kann akkurat quantifiziert werden.</li> <li>• Tracergas-Injektion und deren Steuerungs- und Überwachungssysteme sind erforderlich.</li> <li>• Mindestens eine Injektionsstelle pro <math>10 \text{ m}^2</math> ist notwendig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzung des metabolisch erzeugten <math>\text{CO}_2</math> anhand der Berechnungsregeln der International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering</li> <li>• (siehe VERA-Berechnungsvorlage)</li> <li>• So nötig: Korrektur um andere <math>\text{CO}_2</math>-Quellen, z. B. Gülle (siehe Anhang H)</li> </ul>
Betriebe mit Tiefstreu-systemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messdaten über den <math>\text{CO}_2</math>-Beitrag des Festmistes müssen vorgelegt werden.</li> </ul>
Außen-konzentration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswirkungen sind in der Regel vernachlässigbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räumlich und zeitlich variabel</li> <li>• Konzentration in der einströmenden Luft muss bestimmt werden.</li> </ul>

### Verfahren mit künstlichem Tracergas

Das Verfahren der konstanten Tracergas-Injektion ist die gängigste Form der Verwendung von künstlichem Tracergas. Die allgemeinen Einzelheiten zu diesem Ansatz werden in Anhang F erläutert.

Um eine repräsentative Emissionsschätzung zu erhalten, ist folgendes zu berücksichtigen:

- Das Tracergas muss chemisch inert und thermisch stabil sein und darf nicht mit anderen Komponenten im Stall reagieren. Tracer und Schadstoffe müssen eine ähnliche Dispersion von der Quelle zum Messpunkt haben.
- Sowohl die Injektionsrate ( $P_{\text{tracer}}$ ) als auch die Konzentration des Tracers ( $C_{\text{tracer}}$ ) innerhalb und außerhalb des Gebäudes sowie des gemessenen Schadstoffs (z. B.  $C_{\text{NH}_3}$ ) müssen akkurat überwacht und an denselben Probenahmestellen gemessen werden.
- Das Tracergas muss nahe der Emissionsquellen des gemessenen Schadstoffs emittiert werden (vgl. Abbildung 19 für künstlichen Tracer). Dazu muss es gleichmäßig und in großer Menge verteilt werden, um die Verdünnung und Ausbreitung des betreffenden Schadstoffs abzubilden.
- Die Injektionspunkte müssen mit z. B. kritischen Düsen ausgestattet sein, damit pro Injektionspunkt eine definierte und vergleichbare Menge Tracergas passieren kann.
- Ein Injektionspunkt pro ca.  $10 \text{ m}^2$  emittierender Oberfläche, gleichmäßig verteilt, ist erforderlich.

### **CO<sub>2</sub>-Tracergas-Verfahren**

Dieses Verfahren beruht auf Konzentrationsmessungen des Schadstoffs (z. B. C<sub>NH<sub>3</sub></sub>) und des CO<sub>2</sub>-Tracers in der einströmenden (Außenluft, Hintergrund) und ausströmenden Luft (Stall) und auf der Schätzung der CO<sub>2</sub>-Produktion (P<sub>tracer</sub>) von Tieren (PCO<sub>2</sub> (Tiere)) und von Mist (PCO<sub>2</sub> (Mist)) im Stall:

$$P_{\text{tracer}} = \text{PCO}_2 (\text{Tiere}) + \text{PCO}_2 (\text{Mist})$$

Die CO<sub>2</sub>-Produktion von Tieren im Stall (PCO<sub>2</sub> (Tiere) Standard; m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) für Standardbedingungen (Innentemperatur von 20 °C) basiert auf der Wärmeerzeugung durch die Tiere und der daraus folgenden CO<sub>2</sub>-Produktion. Sie wird anhand der Berechnungsregeln aus Anhang H bestimmt.

Für Betriebe mit Tiefstreusystemen müssen Messdaten über den CO<sub>2</sub>-Beitrag durch das Einstreumaterial / Festmist präsentiert werden.

Tabelle 9 fasst die wichtigsten Variationsfaktoren zusammen und zeigt, welche Faktoren bereits als Schätzwerte in den CIGR-Berechnungsregeln berücksichtigt sind und welche gemessen werden müssen. Für alle Einzelheiten siehe Anhang H.

*Tabelle 9: Variationsfaktoren bei der CO<sub>2</sub>-Bilanz.*

Prognosefaktor	Schätzwert durch CIGR-Regeln	Erforderliche Daten
Tiere	Einbezogen	Anzahl der Tiere, Produktionsparameter
Temperatur	Einbezogen	Messungen
Gülle	Einbezogen	Standardwert
Festmist/ Einstreu	Korrektur erforderlich	Messungen
Tieraktivität	Nicht einbezogen	Korrektur optional

Eine Kalkulationsvorlage für diese Gleichungen für Messungen in Milchkuhställen ist auf der VERA Website erhältlich.

## 7.5 Datenbehandlung, Berechnung und Bewertung von Emissionen

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

### 7.5.1 Vollständigkeit des Datensatzes zur Berechnung der Emissionswerte

Für die Berechnung der Emissionswerte müssen alle Messergebnisse aus dem vollständigen Probenahmeplan in die Berechnungen einbezogen werden, ausgenommen:

- Fehlende Messergebnisse oder Messergebnisse, die aufgrund einer Störung der Geräte oder ungewöhnlicher Witterungsbedingungen unzuverlässig sind, sofern sie nicht im Zeitverlauf ersetzt werden konnten.
- Alle Messergebnisse eines Probenahmetages, für die aufgrund einer Störung der Geräte weniger als 80 % der Messdaten des Tages verfügbar sind.
- Messergebnisse, bei deren Erzeugung der Prüfbetrieb die erforderlichen Managementbedingungen aus Anhang B und Abschnitt 7.3 nicht erfüllte.
- Messergebnisse, die nach statistischer Analyse als Ausreißer (z. B. für normal verteilte Daten durch die Grubbs-Prüfung, wie in EN 14793 empfohlen, oder durch Verwendung des Box-Plot-Verfahrens mit dem Dreifachen des Interquartilabstands, wie in Abbildung gezeigt) des Tagesdurchschnitts des vollständigen Datensatzes betrachtet werden können.

Q1: Unteres (erstes) Quartil (25 %)

Q2: Mittleres (zweites Quartil)

Q3: Oberes (drittes) Quartil (75 %)

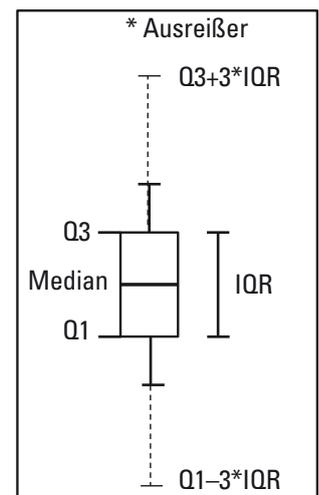
**IQR = Q3-Q1**

Ausreißer, falls:

Wert > Q3+3\*IQR

ODER Wert < Q1-3\*IQR

Abbildung 2: Ausreißerprüfung nach dem 3\*IQR-Box-Plot-Verfahren.



### 7.5.2 Berechnung der mittleren Tagesemissionen

#### Mittlere Emissionen pro Zeiteinheit

Im ersten Schritt werden die **Ammoniak- und Staubemissionen** auf der kleinsten gemeinsamen Zeitbasis der gemessenen Konzentrationen und Lüftungsraten berechnet. Die gemeinsame Zeitbasis kann zwischen den Prüfungen infolge unterschiedlicher Analysegeräte variieren. Diese Werte werden anschließend verwendet, um die mittleren Tagesemissionen zu berechnen. Wenn pro Messperiode mehrere Tage gemessen werden, muss erst ein Mittelwert für jeden einzelnen Tag berechnet und anschließend der Mittelwert dieser Tageswerte als Einzelergebnis verwendet werden.

Eine Emission (E) im Prüfteil (i) an Probenahmetag (j) in einem Zeitintervall (= kleinste gemeinsame Zeitbasis) (k) wird aus der Lüftungsrate (V) und der Differenz zwischen Konzentrationen im Auslass und Einlass (C<sub>out</sub>, C<sub>in</sub>) berechnet:

$$E_{ijk} = V_{ijk} \times (C_{out,ijk} - C_{in,ijk}) \quad (1)$$

In Gleichung 1 werden folgende Einheiten für Ammoniak und Staub verwendet:

- Konzentrationen im Einlass und im Auslass: g m<sup>-3</sup>
- Lüftungsrate: m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>
- Emissionen: g h<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder g h<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup> (nicht für Tiere mit exponentiellem Wachstum).

Ähnlich werden die **Geruchsemissionen** aus der Lüftungsrate und der mittleren Geruchskonzentration (C<sub>out</sub>) im Auslass berechnet, entnommen an Tag (j) im Probenahmeintervall (k) als:

$$E_{ijk} = V_{ijk} \times (C_{out,ijk}) \quad (2)$$

In Gleichung 2 werden folgende Einheiten für Geruch verwendet:

- Konzentration in der Abluft: GE m<sup>-3</sup>
- Lüftungsrate: m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>
- Emissionen: GE s<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder GE s<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>.

### Mittlere Tagesemission

Im nächsten Schritt werden die mittleren Tagesemissionen  $E_{ij}$  für Abteil  $i$  während des Probenahmetags  $j$  aus  $E_{ijk}$  berechnet.

$$E_{ij} = \overline{E_{ijk}} \quad (3)$$

Die Tagesmittelwerte müssen im Bericht für die einzelnen Prüfstandorte tabellarisch erfasst werden. Die Tagesmittelwerte werden als Eingabedaten für die statistische Auswertung, sofern dies relevant ist, und zur Berechnung der Jahresemissionswerte verwendet.

### 7.5.3 Statistische Auswertung und Emissionswerte

Wegen der teilweise unterschiedlichen Struktur der Datensätze werden im Folgenden die statistische Auswertung und die Berechnung der jährlichen Emissionswerte für den Fall-Kontroll-Ansatz und für den Ansatz mit mindestens vier Prüfstandorten separat beschrieben.

Wenn Emissionswerte berichtet werden, müssen diese in den folgenden Einheiten dargestellt werden:

- Staub: g Staubfraktion Jahr<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder g Staubfraktion Jahr<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>
- Geruch: GE s<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder GE s<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>
- Ammoniak: kg NH<sub>3</sub> Jahr<sup>-1</sup> Tier<sup>-1</sup> oder kg NH<sub>3</sub> Jahr<sup>-1</sup> GV<sup>-1</sup>

Ammoniak-Emissionen können auch relativ als Fraktion der gesamten Ammoniak-N-Ausscheidung der Tiere ausgedrückt werden. Es muss zudem berücksichtigt werden, dass die Ammoniak-Emission aus der Nutztierhaltung nicht nur von der Gestaltung und dem Management der Tierhaltung sondern auch von der Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngers beeinflusst wird. Der Letztgenannte ist ein dynamischer Faktor, der sich im Laufe der Zeit infolge veränderter Futterzusammensetzung und Fütterungsstrategie, Tiergenetik, Tierproduktivität usw. ändert.

### Fall-Kontroll-Ansatz: Statistische Auswertung

Zweck des Fall-Kontroll-Ansatzes ist die Ermittlung der proportionalen Wirkung des zu prüfenden Systems (Fall) auf die Emissionen im Vergleich zum Referenzsystem (Kontrolle). Daher müssen die Jahresemissionen sowohl des zu prüfenden als auch des Referenzsystems nach dem unten beschriebenen Verfahren berechnet werden.

Für Tierkategorien mit stabilem Emissionsverhalten oder mit linearem Anstieg der Emissionen:

- Für jeden Prüfbetrieb  $i$  werden die mittleren Tagesemissionen  $E_{ij}$  über den gesamten Probenahmezeitraum gemittelt und in die gewünschten Einheiten umgewandelt. Dies wird sowohl für die Kontrollabteile ( $E_{\text{control-}i}$ ) als auch für die Fallabteile ( $E_{\text{case-}i}$ ) gemacht.

Für Tierkategorien mit exponentiellem Anstieg der Emissionen:

- Der Produktionszyklus wird in drei gleich lange Perioden (gleiche Anzahl von Tagen) eingeteilt, wie in Abschnitt 5.5 dargelegt. Innerhalb jeden Zeitraums werden die mittleren Emissionen anhand der verfügbaren Tagesmittelwerte (periodische Mittelwerte) berechnet.
- Die Emissionsfaktoren für jedes Prüfabteil (Kontrolle und Fall) werden als Durchschnitt der drei periodischen Mittelwerte sowohl für die Kontrollabteile ( $E_{\text{control-}i}$ ) als auch für die Fallabteile ( $E_{\text{case-}i}$ ) berechnet.
- Da Mediane als Eingabeparameter in Ausbreitungsmodellen verwendet werden, sollten auch die Mediane der Geruchsemissionen anhand des oben beschriebenen Verfahrens berichtet werden.

Für jeden Prüfstandort  $i$  wird die proportionale Wirkung [%] der Behandlung (Fall) wie folgt berechnet:

$$\frac{E_{\text{control-}i} - E_{\text{case-}i}}{E_{\text{control-}i}} \times 100 \quad (4)$$

Ein statistisch signifikanter Rückgang an jedem Betriebsstandort ist erforderlich, um eine verifizierbare Emissionsminderung zu erhalten. Ist diese Bedingung erfüllt, wird die proportionale Gesamtwirkung als Durchschnitt der einzelnen Standortmittelwerte berechnet.

Für Ammoniak und Staub müssen auch die Mittelwerte und die Standardabweichungen des Fallabteils und des Kontrollabteils für jeden Prüfstandort berichtet werden.

**Ansatz mit mehreren Betrieben: Statistische Auswertung**

Zweck des Ansatzes mit mehreren Betrieben ist die Berechnung der jährlichen Emissionen (Emissionswerte) des geprüften Tierhaltungssystems. Für Tierkategorien mit stabilem Emissionsverhalten oder mit linearem Anstieg der Emissionen werden die über alle Probenahmetage gemittelten Emissionen einschließlich deren Standardabweichungen für jeden Prüfbetrieb kalkuliert und berichtet. Die Gesamtemissionen des Tierhaltungssystems werden als Durchschnitt aller Betriebsmittelwerte berechnet.

Für Tierkategorien mit experimentellem Wachstum muss dasselbe Verfahren wie beim Fall-Kontroll-Ansatz angewendet werden, d. h. es muss ein gewichtetes Mittel der drei Prüfzeiträume für jeden Prüfbetrieb berechnet werden. Die jährlichen Emissionen werden anschließend aus dem Mittelwert aller Prüfbetriebe abgeleitet.

Für Tierproduktion mit Produktionslücken im Laufe des Jahres müssen die Jahresemissionen hinsichtlich der Tierbelegung korrigiert werden. Die folgende Gleichung zeigt ein Beispiel für Mastschweine zur Umwandlung der Stundenwerte in Jahreswerte pro Tierplatz (TP):

$$E(\text{kg NH}_3 \text{ a}^{-1} \text{ TP}^{-1}) = E(\text{g NH}_3 \text{ d}^{-1} \text{ Schwein}^{-1}) \times 365 \times \text{Belegung} \times 1/1000 \quad (5)$$

With

- 365                    Zur Änderung von Tag auf Jahr
- Belegung            Zur Berücksichtigung der Zeiten, in denen die Ställe leer sind.  
*Die Belegung variiert zwischen einzelnen Ländern (in NL: 90 %, andere 95 %)*
- 1/1000                Zur Änderung von g auf kg

Und mit der Annahme, dass Schwein = Tierplatz.

## 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.

Der Prüfbericht muss in englischer 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 drei an der Prüfung mitwirkenden Parteien – Anmelder, Prüfinstitut und Landwirt(e) – und ihre jeweiligen Rollen in Prüfungszeitraum;
- Spezifikation des Prüfzeitraums, einschließlich Datumsangaben
- Datum und Unterschrift(en) der für die Prüfung verantwortlichen Person(en)
- Name und Anschrift der Prüfstelle

### Einleitung

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 oder das Tierhaltungs- und Managementsystem sowie der Antragsteller/ Hersteller, der in die Prüfung involviert ist, sollen 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 Betriebe, die in die Prüfung involviert sind;
- Das Tierhaltungs- und Managementsystem (vgl. Kapitel 6);
- Versuchsdesign, einschließlich der Ausgestaltung der Prüfung;
- Die Messmethoden und deren Messunsicherheiten, einschließlich einer Erläuterung, warum diese verwendet wurden, und einen Validierungsbericht, falls die Methode von der Referenzmethode abweicht;
- Spezifikation der verwendeten Messinstrumente, die Messpunkte, Häufigkeit der Messungen (Probenahmeverfahren) und alle zugehörigen Verfahren zur Kalibrierung, Validierung und Verifizierung (im Sinne einer Vorortkontrolle);
- Beschreibung der rechnerischen und statistischen Methoden – einschließlich der zur Verarbeitung statistischer Daten verwendeten Methode, der Modelle und, falls vorhanden, der Umgang mit Ausreißern, sowie der Statistik-Softwareprogramme, wie in Abschnitt 7.5.3. festgelegt.

Die Stalleinheit, in der die Messungen durchgeführt wurden, ist mit Hilfe von Fotos der Abteile und des Stallgebäudes zu veranschaulichen und folgende Details aufzuführen:

- Tierkategorie;
- Abmessungen der Abteile/ Buchten und Gebäude;
- Anzahl der Buchten pro Abteil;
- Anzahl der Tiere pro Abteil;
- Gestaltung des Stalles: Bodentyp, Entmistungs-, Fütterungs- und Lüftungssystem.

### **Ergebnisse**

Die Beschreibung der Ergebnisse sollte mit den Ausführungen zu den gemessenen Geruchs-, Ammoniak- und Staubemissionen beginnen, die die primären Prüfparameter sind.

Die einzelnen Rohdaten (zumindest die Tagesmittelwerte) müssen als erstes in Graphen und dann die aufgearbeiteten Daten in Tabellenform mit Mittelwert, Median, 95-%-Perzentilen sowie die Ergebnisse der Prüfungen auf signifikante Effekte präsentiert werden (siehe Abschnitt 7.5 für Richtlinien zur Datenbehandlung). Die einzelnen Rohdaten im Detail sind auf Anfragen der VERA Verifizierungsstelle zur Verfügung zu stellen.

Die Mittelwert und die Standardabweichung der sekundären Messparametern (Tabellen 5 bis 7) müssen in Tabellen dargestellt und im Text kommentiert werden.

Die Ergebnisse müssen eine Darstellung der Ergebnisse mit dem Fokus auf die Dokumentation eines Umwelteinflusses enthalten.

### Für die Emissionen von Ammoniak, Treibhausgasen oder Staub

Für jeden Messtag und Stalleinheit müssen die folgenden Eigenschaften angegeben werden:

- Datum der Messung
- 24-Stunden-Mittelwert der Stallinnentemperatur
- 24-Stunden-Mittelwert der Außentemperatur
- 24-Stunden-Mittelwert der Lüftungsrate
- 24-Stunden-Mittelwert der Konzentration in der Zuluft
- 24-Stunden-Mittelwert der Konzentration in der Abluft
- Berechnete Emission über die 24 Stunden

### Für Geruchsemissionen

Für jeden Messtag und Stalleinheit müssen die folgenden Eigenschaften angegeben werden

- Datum der Messung
- Uhrzeit zur Beginn der Probenahme der Luft
- Dauer der Probenahme der Luft
- Innentemperatur während der Probenahme der Luft
- Außentemperatur während der Probenahme der Luft
- Luftvolumenstrom während der Messung
- Gemessene Geruchskonzentration
- Berechnete Emissionen

### Im Fall-Kontroll-Versuchsdesign gefundene Effekte

Die folgenden Eigenschaften sind aufzuführen:

- Berechnete Emissionen pro Tag von jedem Abteil; und als Mittelwert für bei Fall-Abteile und für beide Kontrollabteile.
- P-Wert von t-Tests für die Berechnung von signifikanten Unterschieden zwischen Fall und Kontrolle für jedes Einheitenpaar.

### Betriebssicherheit

Es ist eine Bewertung der Betriebssicherheit des Systems vorzunehmen. Diese Evaluierung muss auf den Beobachtungen beruhen, die im gesamten Prüfzeitraum gemacht wurden, sowie auf allen aufgezeichneten Daten zur Stabilität des Systems oder der Technologie.

Kalkuliert wird die Betriebszeit der Technologie im Prüfzeitraum sowie die, nach dem Laufzeitfaktor korrigierte Effizienz der Technologie. *(Beispiel: Wenn die Effizienz einer Technologie bei der Minderung von Ammoniak 90 % und die Betriebszeit 80 % ist, beträgt die korrigierte Effizienz der Technologie 72 %.)*

### Zusätzliche Angaben

Darüber hinaus muss der Prüfbericht eine Bewertung potenzieller Risiken enthalten, die sich auf die Verwendung des Systems beziehen. Hierzu gehört auch eine mögliche Auswirkung auf:

- Tierwohl;
- Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit;
- sonstige Umweltaspekte;
- Lebensmittelsicherheit (z. B. Futterzusatzstoffe)
- falls zutreffend, Chemiegesetzgebung.

Diese Bewertungen müssen den Normalbetrieb der Technologie sowie den nicht-bestimmungsgemäßen Gebrauch oder Probleme berücksichtigen.

Der Prüfbericht muss Hinweise für Behörden enthalten, wie das System zu inspizieren ist.

Schließlich muss der Prüfbericht eine Bewertung dahingehend abgeben, wie sich die Ergebnisse auf andere Tierhaltungssysteme oder Tierkategorien anwenden lassen.

Wenn es die Verifizierungsstelle für notwendig erachtet, müssen die Rohdaten vom Antragsteller oder dem Prüfinstitut zur Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen vorgelegt werden.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse müssen in Bezug auf das Arbeitsprinzip des Systems, der Plausibilität der Ergebnisse und der Erkenntnisse in zugehöriger wissenschaftlicher Literatur diskutiert werden.

Die Schlussfolgerungen sollen die wesentlichen Ergebnisse zusammenfassen und das Tierhaltungs- und Managementsystem und die Technik 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**

Die Rohdaten sollten in elektronischer Form beigefügt werden. Ein Excel-Arbeitsblatt zur Darstellung der Rohdaten ist auf der VERA Website verfügbar.

Falls relevant, können andere Anhänge beigefügt werden.

## 9. Literaturhinweise

### Verwendete Normen:

#### Allgemein:

- **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).
- **ISO 12100** Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung.
- **EN 82079** Erstellen von Anleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung.
- **ISO 3746** Akustik – Bestimmung der Schalleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren.
- **ISO/IEC 17025** Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- **EN 14793** Emissionen aus stationären Quellen – Nachweis der Gleichwertigkeit eines Alternativverfahrens mit einem Referenzverfahren.
- **EN 15259** Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht.
- **VDI-Richtlinie: VDI 3786, Blatt 13** Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Messstation.
- **VDI-Richtlinie: VDI 3894, Blatt 1** Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde.

#### Staubfraktionen (PM):

- **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).

#### Geruch:

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

**Ammoniak:**

- **prEN ISO/DIS 21877:2018** 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.

**Literaturhinweise:**

- **Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Heetkamp M. J. W., and Aarnink. A. J. A. (2008).** Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR E-journal*. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December 2008.
- **Poulsen, H. D., Børsting, C. F., Rom, H. B., and Sommer, S. G. (eds.) (2001).** *Kvælstof, fosfor og kalium I husdyrgødning – normal 2000* (Nitrogen, phosphorus and potassium in livestock manure – norm figures 2000). JF Rapport nr. 36 Husdyrbrug, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning. pp. 152. <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfh36.pdf>

## Anhänge

### Anhang A (verpflichtend): Additive

#### Definition eines Additivs

Ein Stoff, der durch seine spezifische Anwendung, wie unten beschrieben, dazu verwendet wird, das Emissionspotenzial von verschiedenen definierten Parametern, etwa Ammoniak, Geruch, Schwefelwasserstoff, Methan, Stickstoffoxid und Partikel, z. B. Aerosole, zu reduzieren.

#### Arten von Additiven sind:

Säurebildende Verbindungen

Oxidationsmittel

Desinfektionsmittel

Urease-Inhibitoren

Adsorptionsmittel

Elektrostatistisches Aufladen von gasförmigen Verbindungen und Aerosolen

Öle

#### Zu den Anwendungen gehören:

Zusatzstoff im/zum Tierfutter

Zusatzstoff bei der Wirtschaftsdüngerlagerung.

Zusatzstoff zum Einstreumaterial.

Zugabe zur Innenluft durch direktes Berieseln oder Zerstäuben (Vernebeln) der Additive, gelegentlich kombiniert mit interner Luftzirkulation.

Zugabe von elektrischen Ladungen zu gasförmigen Verbindungen und Aerosolen durch Corona.

#### Besondere Anforderungen an die Prüfung von Additiven

Zunächst muss das Arbeitsprinzip des betreffenden Additivs bestimmt werden. In der Praxis erweist sich dies oft als Herausforderung, insbesondere bei mikrobiellen/biologischen Wirkstoffen. Daher müssen Massenbilanzen für die betreffenden Additive und Verbindungen (z. B. Ammoniak, Schwefelverbindungen, wenn Ozon oder andere oxidierende Wirkstoffe angewendet wurden) dargestellt werden.

Vor dem Beginn von umfassenden Prüfungen ist es ratsam, Laborexperimente durchzuführen, um das Potenzial der Additive zur Emissionsminderung zu bewerten. Dies ist ein relativ kostengünstiger Zwischenschritt, durch den große Enttäuschungen nach erfolglosen Großversuchen vermieden werden können.

Für umfassende Prüfungen ist der Fall-Kontroll-Ansatz die sinnvollste Form der Prüfung von Additiven. Besonders ist die Eliminierung von Wirkungen zu beachten, die nicht dem betreffenden Additiv zugeordnet werden können. Die meisten Additive werden beispielsweise der Gülle in einer Wasserlösung hinzugegeben. Das Hinzugeben von Wasser kann eine emissionsreduzierende Wirkung haben (z. B. durch Verdünnung), die nicht dem Additiv zugeordnet werden kann. Daher muss die Fall-Kontroll-Studie sinnvoll geplant werden, um solche Aspekte zu berücksichtigen. Die Prüfung muss so aufgebaut sein, dass deutlich wird, ob die Dosen oder Dosierungen der Additive die postulierte Wirkung adäquat erklären können.

## Anhang B (verpflichtend): Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion

### Milchkühe

Tabelle 10: Anforderungen bei Milchkühen.

Kriterium	Milchkühe
<b>Herdenzusammensetzung</b>	> 70 % der verfügbaren Stallfläche muss für Kühe zur Verfügung stehen. <i>(NL (obligatorisch): &gt; 70 % Kühe, &lt; 30 % Färsen – älter als ein Jahr, &lt; 25 % Färsen im Mittel aller Messtage, Trockensteher: &lt; 25 % der Gesamtkuhzahl über alle Messtage.)</i>
<b>Besatzdichte des Versuchsabteils an allen Messtagen (%)</b>	90–100 % <i>(NL: zusätzlich dürfen max. 10 % der Liegeboxen (und zugehörige Stallfläche) geschlossen und unbenutzt sein.)</i>
<b>Mindestanzahl an Tieren pro Versuchsabteil</b>	30 Kühe (melkend + trockenstehend) für Versuchsdesign mit mehreren Betrieben 15 Kühe für Fall-Kontrolle-Versuchsdesign
<b>Nutzung des Haltungssystem vor Prüfungsbeginn</b>	≥ 2 Monate
<b>Futterzusammensetzung</b>	≥ 50 % Raufutter
<b>Fütterungsanforderungen: XP/ Energie</b>	≥ 160 g (oder 160 – 180 g) XP pro kg TM <i>(NL: Milchwahnharnstoffgehalt ≥ 15 mg pro 100 g)</i>
<b>Mindestanforderungen an die Produktion</b>	25 kg Milch Kuh <sup>-1</sup> Tag <sup>-1</sup>
<b>Tierschutz</b>	Die Produktion muss der nationalen Tierschutz-Gesetzgebung entsprechen.

### Geflügel

Tabelle 11: Anforderungen bei Geflügel

Kriterium	Legehennen	Masthähnchen
<b>Erlaubter Gewichtsbereich (kg)</b>	-	0,05-3
<b>Besatzdichte des Versuchsabteils an allen Messtagen (%)</b>	80–100 %	80–100 %
<b>Mindestanzahl an Tieren pro Versuchsabteil</b>	750	1000
<b>Nutzung des Haltungssystem vor Prüfungsbeginn</b>	Zwei Monate	Ein Durchgang
<b>Fütterungsanforderungen für Rohprotein (XP)</b>	DK: 16-18 % XP DE: 15-20 % XP	DK: 35-40 Tage/1,6-3 kg: 20-21 % XP Freiland: 56 Tage/2,4 kg: 15 % XP DE: 17-23,5 % XP
<b>Mindestanforderungen an die Produktion</b>	300 Eier pro Henne und Jahr	min 1900 g bei max. 45 Tagen
<b>Tierschutz</b>	Die Produktion muss der nationalen Tierschutz-Gesetzgebung entsprechen.	

### Proteingehalte in der Ration bei der Fütterung von Geflügel (Näherungswerte)

DK			DE		
Putenhennen	10 kg Lebendgewicht	20 % XP	Puten	Woche 1–5 (Küken)	26–29,5 % XP
Puter	20 kg Lebendgewicht	18 % XP		Woche 6–16 (Hennen)	18–24,5 % XP
Enten	4 kg Lebendgewicht	17 % XP		Woche 6–21 (Puter)	14–24,5 % XP
Gänse	7 kg Lebendgewicht	16 % XP	Enten	Woche 1–2	20–24 % XP
				Woche 3–7	16–18 % XP

## Schweine

Table 12: Anforderungen bei Schweinen

Kriterium	Sauen	Abferkelsauen/ Saugferkel	Aufzucht- ferkel	Mastschweine
<b>Erlaubter Gewichtsbereich (kg)</b>	-	-	6–35	25–115
<b>Besatzdichte des Versuchs- abteils an allen Messtagen (%)</b>	90–100	90–100	90–100	90–100
<b>Mindestanzahl an Tieren pro Versuchsabteil</b>	20	10 Sauen	50	50
<b>Nutzung des Haltungssystem vor Prüfungsbeginn</b>	4 Monate	1 Durchgang	1 Durchgang	1 Mastperiode
<b>Fütterungsanforderungen für Rohprotein (XP)</b>	Tragende Sau: 11–14 % XP	laktierende Sau: 13–17 % XP	< 20 kg: 18–21 % XP > 20 kg: 17–20 % XP	< 50 kg: 15–18 % XP >50 kg: 14–16,5 % XP
<b>Mindestanforderungen an die Produktion</b>	22 Ferkel pro Sau und Jahr	10 Ferkel pro Wurf	350 g d <sup>-1</sup>	760 g d <sup>-1</sup>
<b>Tierschutz</b>	Die Produktion muss der nationalen Tierschutz-Gesetzgebung entsprechen.			

## Anhang C (informativ): „typischer Milchviehstall“ – gemeinsame Ausgangsbasis

### Beschreibung eines Referenzsystems

Das häufigste Tierhaltungssystem für Milchkühe in den drei VERA-Ländern ist:

#### Laufstallsysteme mit Liegeboxen

Der Stall ist in Liegeboxenreihen unterteilt, in denen die Tiere liegen und ruhen und die jeweils an einer oder beiden Seiten des Fütterungsbereichs platziert sind. Diese Fütterungs- und Ruhebereiche (Liegeboxen) sind meist mit Betonboden ausgestattet. Der Liegeboxen können als Hochboxen mit Matratzen ggf. ergänzt mit Minimaleinstreu ausgestattet sein und/oder ausgeführt als Tiefboxen mit Einstreumaterial (Stroh, Sägemehl, Holzspäne, Sand, Torf, Feststoffe aus separierter Gülle).

In den Lauf- und Separationsbereichen wird oft ein perforierter Boden verwendet. Derzeit steigt das Interesse für die Anwendung von neu entwickelten planbefestigten Böden (z. B. gerillte Böden, planbefestigt mit Gefälle und Harnsammelrinnen).



Wirtschaftsdünger (Mist und Harn) fällt meist in Form von Flüssigmist an. Dieser muss regelmäßig vom Bodenbereich (z. B. mithilfe von Mistschiebern) entfernt werden und in den Güllekanälen (unter dem Boden im Stall) oder in einem Wirtschaftsdüngerlager außerhalb des Stalls gesammelt werden. Die verschmutzte Fläche pro Kuh variiert von 2,5 bis 5 m<sup>2</sup>. Die typische Tiefe eines Güllelagers/-kanals (unter dem Spaltenboden) liegt zwischen 0,5 und 2,5 m.

Die meisten Laufställe werden freibelüftet. Die Luft tritt in den Stall zumeist durch Öffnungen in der Fassade des Stalls ein und verlässt das Gebäude durch Wandöffnungen und/oder einen offenen First.

### Merkmale von Haltungssystemen für Milchkühe

Tabelle 13: Standardhaltungssysteme für Milchkühe

Tierhaltungssystem	Laufstall mit Liegeboxen	Laufstall mit Tiefstreu
Vorkommen der Tierhaltungsart	Am häufigsten	Weniger häufig
Einstreuart	Stroh, Sägemehl, Holzspäne, Sand, Wirtschaftsdüngerfasern (in einigen Ländern: Matratzen)	Stroh
Bodenfläche – Liegebereich	NL: 3-5 m <sup>2</sup> / DK: 2,5-4 m <sup>2</sup>	Wie bei Ställen mit Liegeboxen
Bodenfläche – Laufbereich	DK: 3-5 m <sup>2</sup>	Wie bei Ställen mit Liegeboxen
Bodentyp – Laufbereich	Meist perforiert, manchmal planbefestigt	Stroh und perforiert/planbefestigt
Entmistungssystem Güllelager unter dem Boden?	Ja, in Ställen mit perforierten Laufflächen. In Ställen mit planbefestigten Boden wird die Gülle außerhalb gelagert.	nur bei perforierten Laufflächen
Entmistung	Entmistungsschieber	Entmistungsschieber auf planbefestigten Flächen
Güllekanaltiefe	NL: 2-2,5 m/ DK: 0,8-1,2 m	<1 m
Lüftung	freie Lüftung	freie Lüftung

## Anhang D (informativ): Richtlinien für die Auswahl eines Prüfbetriebes

Um die Eignung eines Prüfbetriebes hinsichtlich der Messbarkeit zu bewerten, insbesondere wenn ein freibelüfteter Stall gemessen werden soll, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Andere Quellen in der Nähe des zu messenden Abteils / Stalles machen den Prüfstandort unter Umständen für bestimmte Windrichtungen nicht messbar (Abbildung 3).

Es ist wichtig, sowohl die Konzentration in der Luft, die den Stall verlässt (ausströmende Luft), als auch die Konzentrationen in der Luft, die in den Stall eintritt (einströmende Luft), akkurat zu quantifizieren. Wenn sich in der Nähe des Stalls andere Quellen befinden und der Wind aus der Richtung dieser Quellen kommt, sollte die Konzentration der einströmenden Luft zwischen diesen Quellen und dem gemessenen Stall/Abteil gemessen werden. Zur Vermeidung von Wechselwirkungen zwischen dem Stall und den Messpunkten für die Konzentration der einströmenden Luft sollten diese Messpunkte in mindestens fünf Meter Entfernung von den Einlassöffnungen platziert werden. Befindet sich die Quelle zu nah am Stall, ist dies unter Umständen nicht möglich. Der Standort ist dann gegebenenfalls für diese spezielle Windrichtung nicht messbar, aber vielleicht für andere Windrichtungen. Dies erfordert eine sorgfältige Planung der Messungen und ggf. Abänderungen der Planung (z. B. durch Platzierung von Messpunkten der Konzentration der einströmenden Luft an beiden Seiten des Stalls und Benutzung von (halb-)kontinuierlichen Messinstrumenten, um zu prüfen, ob die Luft zur gemessenen Konzentration der einströmenden Luft beiträgt). Wird in einer Messkampagne eine bestimmte Windrichtung ausgeschlossen, ist es wichtig zu erwägen, ob das Risiko besteht, dass dieser Ausschluss zu verzerrten Ergebnissen führen kann.

Die meisten dieser Aspekte könnten mit folgenden Hilfsmitteln geprüft werden:

- Luftbild vom Prüfstandort, einschließlich anderer nahegelegener Quellen (Ställe, Wirtschaftsdüngerlager usw.).
- Schematischer Grundriss des Stalls, aus dem die Anordnung der Funktionsbereiche und das Lüftungskonzept hervorgehen.
- Windrose für den Prüfstandort oder einen nahegelegenen Standort.
- Ist das zu messende Abteil direkt an ein anderes Abteil mit Luftaustausch zwischen den beiden Abteilen angeschlossen (Abbildung 4), dann ist der Standort als solcher nicht messbar, weil es nicht möglich ist, zwischen den zwei Abteilen und den möglichen Wechselwirkungen zu unterscheiden.

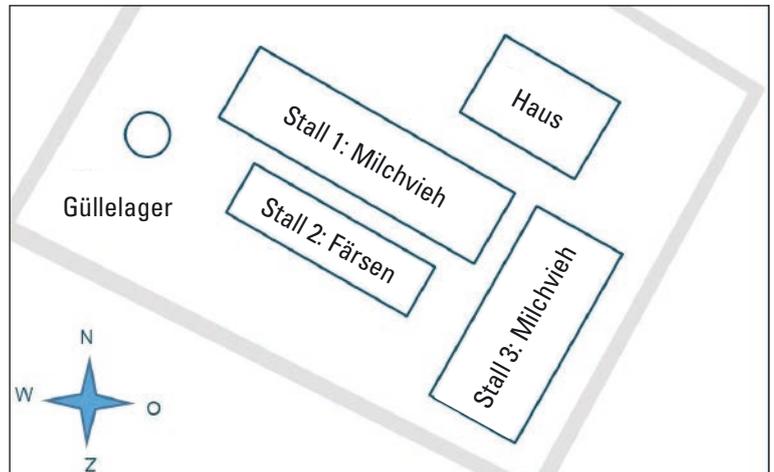


Abbildung 3: Stall 1 Milchviehhaltung, liegt nordöstlich von Stall 2 (Färsen), nordwestlich von Stall 3 (Milchvieh) und nordöstlich eines Wirtschaftsdüngerlagers. Kommt der Wind aus nördlicher Richtung, ist die Messung der Konzentrationen der einströmenden Luft unkompliziert. Kommt der Wind aus südlicher Richtung, sollte der Messplan für die Konzentrationen der einströmenden Luft angepasst werden, um auch Messpunkte zwischen dem Stall und anderen nahegelegenen Quellen zu erfassen.

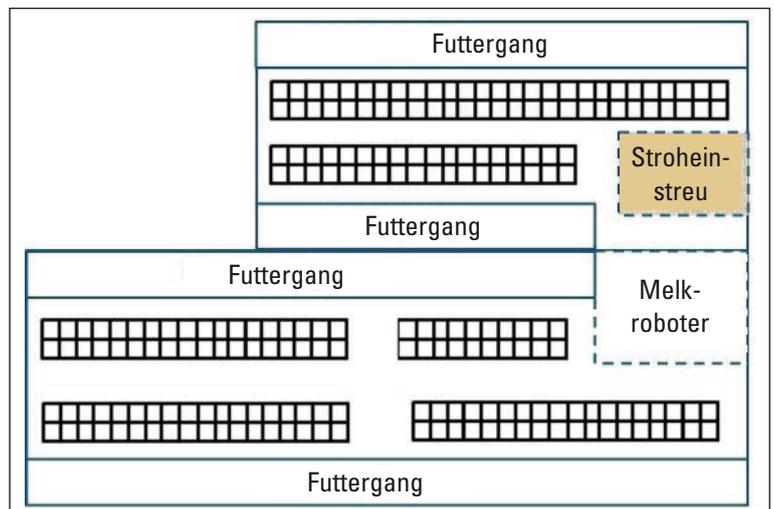


Abbildung 4: Kühe laufen zum Melken von Stall A nach Stall B. Beide Ställe sind miteinander verbunden, und selbst außerhalb der Melkzeiten kann ein Luftaustausch zwischen den Ställen auftreten.



Abbildung 5: links – beide Ställe sind miteinander verbunden; rechts – die Ställe sind voneinander isoliert, um Luftaustausch zu vermeiden

Um den Prüfstandort messbar zu machen, müssen beide Abteile vollständig voneinander isoliert werden (vgl. Abbildung 5):

- Verbringt eine große Anzahl von Tieren einige Zeit außerhalb des Stalls (z. B. zum Weiden oder Melken in einem anderen Gebäude), dann ist der Standort messbar, solange die Produktion des zur Schätzung der Lüftungsrate verwendeten Tracers von dieser Maßnahme nicht direkt beeinflusst wird. In solchen Fällen kann kein metabolisch erzeugtes CO<sub>2</sub> als Tracergas verwendet werden (vgl. Abschnitt 7.4.2).
- Unbenutzte Bereiche, die aber emittierende Flächen sind, können gegebenenfalls durch Abdeckungen reduziert werden, siehe Abbildung 6:



Abbildung 6: geschlossene Boxen und dazugehöriger Bodenbereich

### Messbedingungen

- Messungen bei extremen Witterungsbedingungen sollten vermieden werden: z. B. wenn für die Region hohe Windgeschwindigkeiten oder extreme Kälte/Hitze vorhergesagt werden.
- Die Messungen müssen ohne jegliche Änderung des Lüftungsregimes (z. B. Verkleinerung der Einlassöffnungen, wie in Abbildung 7 dargestellt) durchgeführt werden, es sei denn, dies ist Bestandteil der Spezifikationen des geprüften Tierhaltungs-/Managementsystems. Änderungen der Luftzirkulation im Stall infolge von Änderungen der Lüftungsrate beeinflussen die Ammoniakemissionen aus Milchviehställen erheblich.

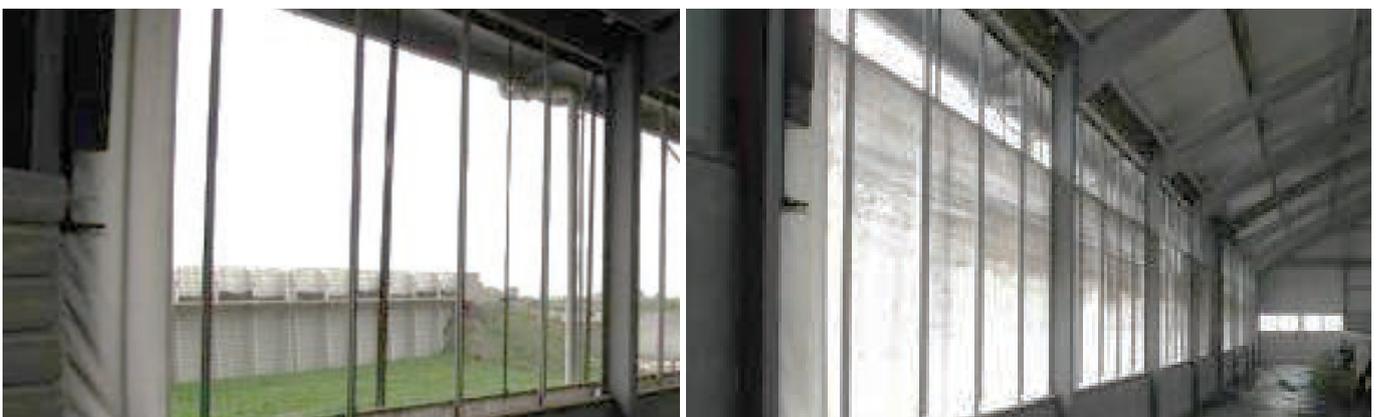


Abbildung 7: Zwei Beispiele für Lüfteinlassöffnungen. Links: Curtains sind fast vollständig geöffnet. Rechts: Curtains sind geschlossen, um die Lüftungsrate zu senken.

**Anhang E (informativ): Beispiel für die Verteilung der Messtage bei Masthähnchen über eine einjährige Prüfung**  
 (Exponentielle Zunahme der Emissionen während des Produktionszyklus)

**Fall-Kontroll-Versuchsdesign (innerhalb eines Betriebs)**



Abbildung 8: Verteilung der Messtage innerhalb eines Jahres. In diesem Beispiel, unter der Annahme einer Mastdauer von 42 Tagen. Fall- und Kontrollabteile werden am gleichen Tag gemessen. Die horizontalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert.

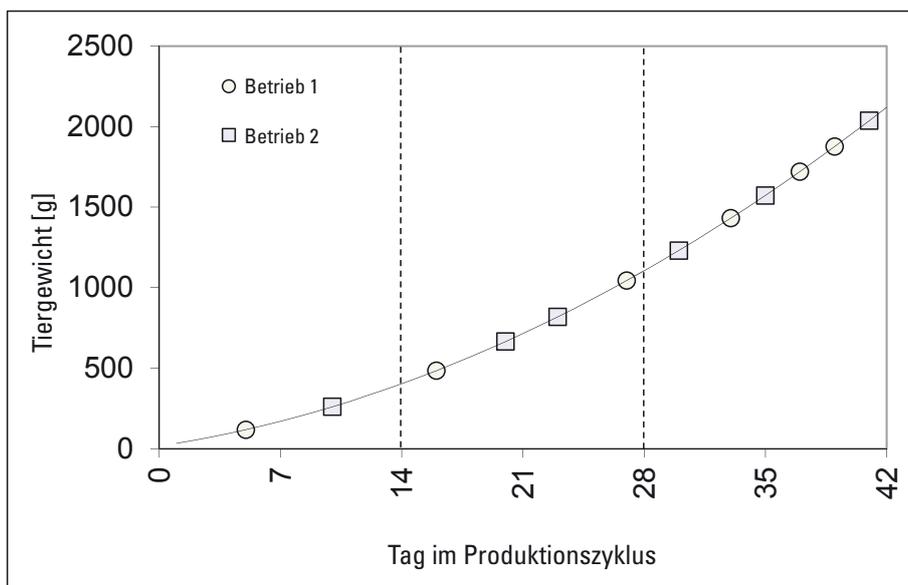


Abbildung 9: Beispiel der Verteilung der Messtage innerhalb einer 42-tägigen Mastperiode für Masthähnchen. Die vertikalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert

**Versuchsdesign mit mehreren Betrieben**

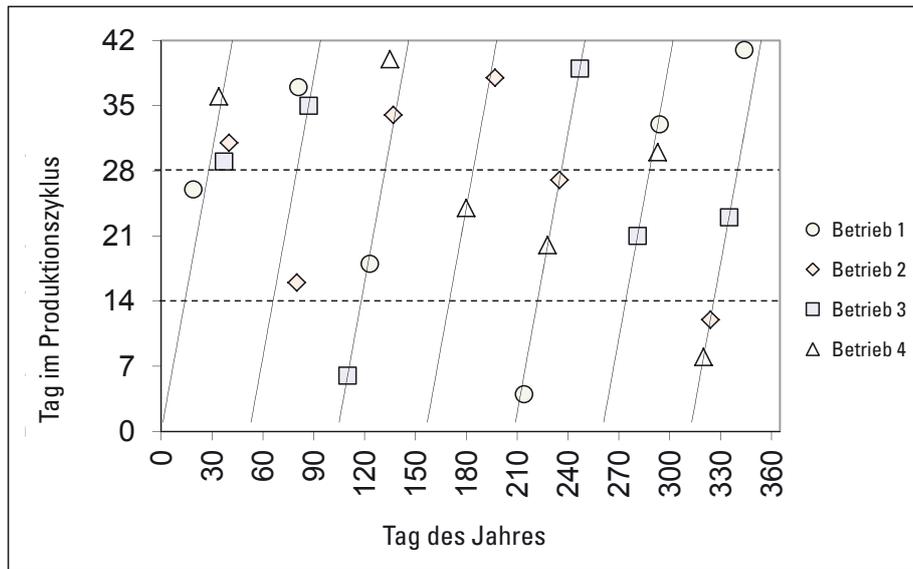


Abbildung 10: Verteilung der Messtage innerhalb eines Jahres. In diesem Beispiel, unter der Annahme einer Mastdauer von 42 Tagen. Fall- und Kontrollabteile werden am gleichen Tag gemessen. Die horizontalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert.

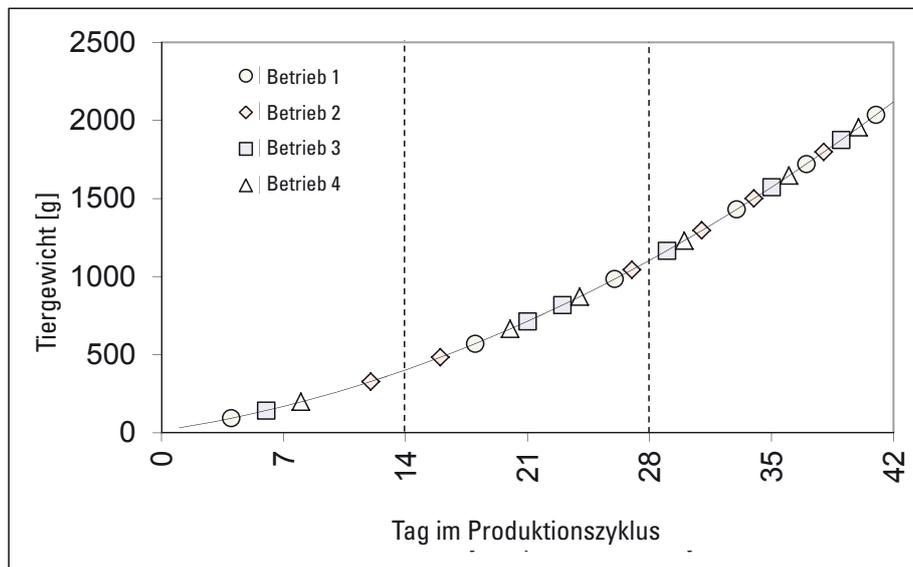


Abbildung 11: Beispiel der Verteilung der Messtage innerhalb einer 42-tägigen Mastperiode für Masthähnchen. Die vertikalen Linien stellen die drei gleichlangen Perioden (gleiche Anzahl an Tagen) der jeweiligen Mastzyklen dar, wie in Tabelle 3 gefordert.

## Anhang F (informativ): Kommentare und Erläuterungen zum VERA-Prüfprotokoll

### (Abschnitt 7.3.2): Vorteile des Fall-Kontroll-Ansatzes

- Der Fall-Kontroll-Ansatz ist effektiv, weil er ein optimales Verhältnis zwischen Kosten und statistischer Genauigkeit schafft. Bei diesem Versuchsansatz werden die Einflüsse der systemfremden Faktoren, die in den Fall- und Kontrollabteilungen zur gleichen Zeit ähnlich sind, durch Beobachtung der Unterschiede zwischen den Fall- und Kontrollabteilungen eliminiert.
- Die Übertragung der Ergebnisse in den Ländern kann dadurch erleichtert werden, dass die beobachteten relativen Effekte mit den jeweiligen nationalen Standardhaltungssystemen in Beziehung gesetzt werden. Eine Tabelle mit Emissionsfaktoren (gemessene und mögliche rechtliche/zulässige Grenzwerte) für verschiedene Tierkategorien findet sich in Anhang I für Ammoniak, in Anhang J für Geruch und in Anhang K für Staub.
- Zwischen den Fall- und den Kontrollsystemen sollte, wenn möglich, mindestens zweimal hin- und her gewechselt werden. Der Wechsel kann beim Aufstallen einer neuen Mastgruppe, an den Entmistungsterminen, bei Futteränderungen oder anderen für die betreffende Prüfung relevanten Änderungen erfolgen.

### (Abschnitt 7.3.5): Überlegungen zur Messplanung

Abhängig vom Zweck der Messungen kann die Entscheidung auf einen integrierten Ansatz mit der Messung einer Kombination von mehreren emissionsrelevanten Parametern fallen, etwa Ammoniak, Geruch, Staub und Treibhausgase. Die für die Messungen anfallenden Kosten sind der Hauptnachteil eines integrierten Ansatzes. Jedoch bietet sich hierbei die Möglichkeit, die emissionsmindernde Wirkung für einen Schadstoff auf die Emissionen eines anderen Stoffes zu untersuchen (d. h. Wechselwirkungen zwischen den Emissionen).

Mechanisch belüftete Ställe sind durch gut definierte Lufteinlässe und Auslässe gekennzeichnet (Abbildung 12).

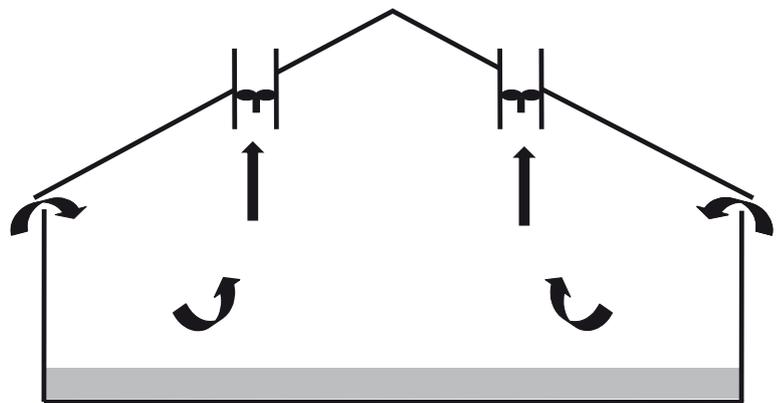


Abbildung 12: Schematische Darstellung des Strömungsmusters für einen bestimmten zwangsbelüfteten Stall

### (Abschnitt 7.3.4 und 7.4.2): Empfehlungen für Tracergas-Messungen (bei Messungen in freibelüfteten Ställen)

- Die horizontale Position der Messpunkte hängt von der Gestaltung des Gebäudes ab. Bei einem symmetrischen Stall empfiehlt es sich, die Messpunkte in die Mitte des Stalls (Abbildung 13A, Position 1 oder 2) anzubringen. Wenn die Messpunkte nahe den Seitenwänden (Abbildung 13A, Position 3) liegen, muss ein Mindestabstand von zwei Metern zwischen Probenahmestelle und Seitenwand eingehalten werden, um den Einfluss zufälliger Interferenzen der Außenluft auf die Probenahmestellen im Stall zu minimieren. Bei offeneren Ställen (z. B. Offenfrontställen, Abbildung 13B) können die Messpunkte mehr in Richtung der Auslassöffnungen platziert werden, um eine bessere Dispersion der Luft vor der Probenahme zu ermöglichen. Es ist zu beachten, dass die Messpunkte nicht zu nah an den Auslassöffnungen platziert werden (eine Mindestentfernung von zwei Metern sollte eingehalten werden). Rauchtests unter unterschiedlichen Bedingungen (Curtainöffnung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung) können zur Bestimmung der Messpunkte hilfreich sein.
- Bei einer Querlüftung empfiehlt es sich, die vertikalen Positionen der Probenahmestellen in der Mitte des Stalls in einer Mindesthöhe von drei Metern zu messen (Mendes et al., 2015), um eine Beeinträchtigung der Messung durch Tiere, Liegeboxen und andere Hindernisse zu minimieren (Abbildung 13A, Position 2), anstatt zu nah am First zu messen (Abbildung 13A, Position 1). Wird erwartet, dass die Luft den Stall durch den First verlässt, können die Messpunkte auch Richtung First verlagert werden (mindestens zwei Meter unterhalb des Firsts, um die Wirkung von Außenluftstörungen zu minimieren), obwohl auch in diesem Fall eine Messung an der Mittellinie weiterhin möglich ist.

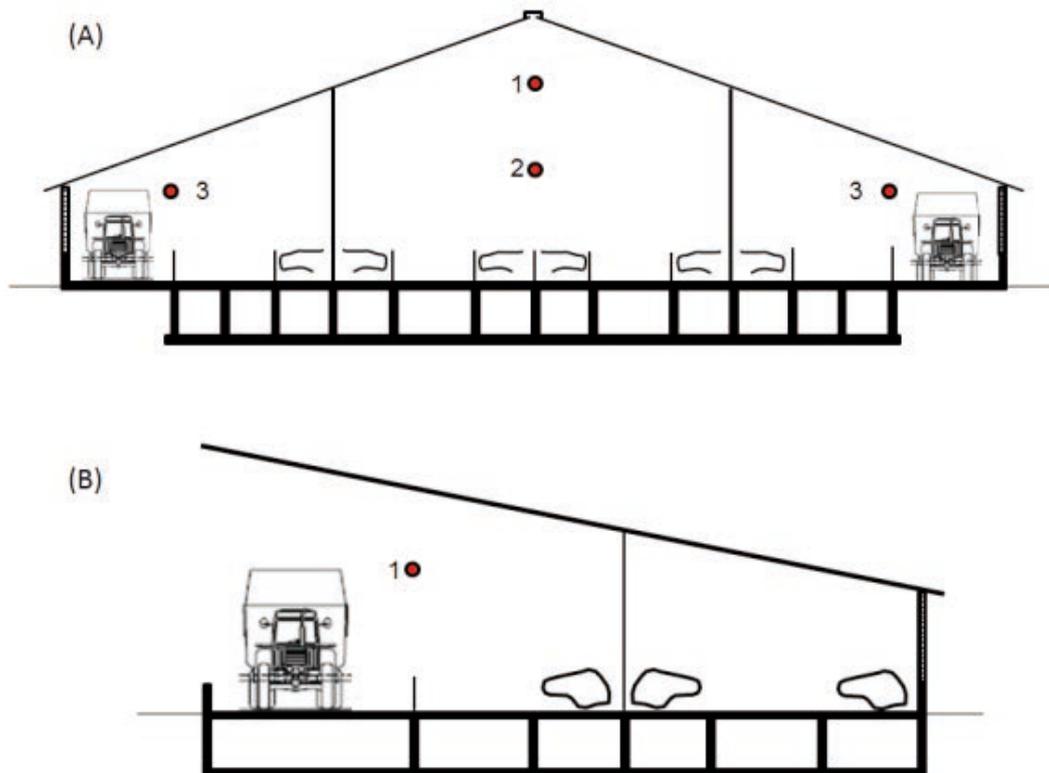


Abbildung 13: Lage der Messpunkte innerhalb eines Milchviehstalls. A) Symmetrische Anordnung; B) bei offener Front

- Die Anzahl der zu berücksichtigenden Messpunkte wurde noch nicht untersucht. Es sollte aber mindestens eine Probenahmestelle je zehn Meter Stalllänge gewählt werden (Abbildung 14). Die Probenahmestellen sollten zur Gewährleistung eines konstanten und kontrollierten Probenahmedurchsatzes mit einer kritischen Düse und mit einem Staubfilter ausgestattet sein (Abbildung 15). Die Verwendung von perforierten Leitungen (mit mindestens einem Loch alle 10 m Messleitung) ist ebenfalls zulässig. Es sollte beachtet werden, dass Hindernisse innerhalb des Stalls nicht die Repräsentativität des Messpunktes beeinträchtigen dürfen (z. B. durch Veränderung der Strömungsmuster). Sofern verfügbar, empfiehlt sich die Verwendung von Open-Path-Messinstrumenten (die eine durchschnittliche Konzentration über die gesamte Länge des Stalls messen).

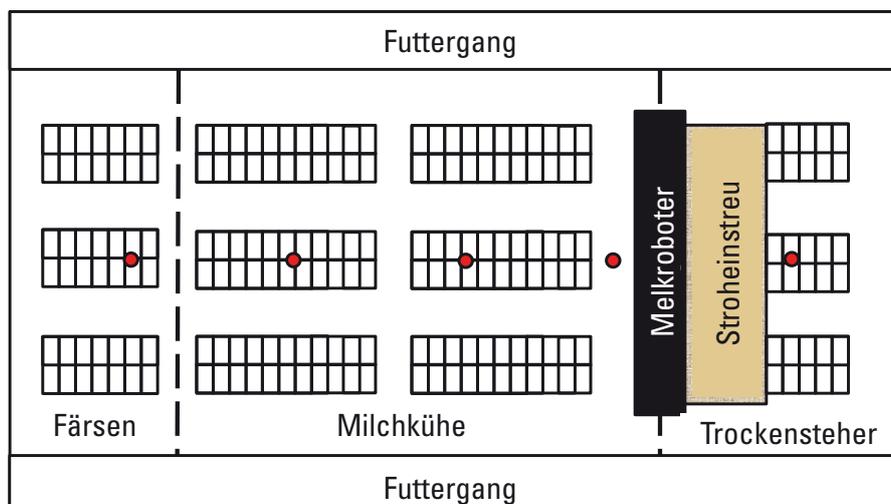


Abbildung 14: Schematische Ansicht eines Milchviehstalls, die eine Verteilung der Probenahmestellen (rote Punkte) entlang des Stalls zeigt.



Abbildung 15: Links: Probenahmestelle mit kritischer Düse und Staubfilter. Rechts: Open-Path-Lasersystem

- Zu den Probenahmestellen außerhalb des Stalls, um die Gaskonzentration in der einströmenden Luft zu messen (*Hinweis: Der Begriff „einströmende Luft“ ist dem Begriff „Hintergrundkonzentration“ vorzuziehen, um die Wirkung naheliegender Emissionsquellen von einem „sauberen“ Hintergrund zu unterscheiden*). Gewöhnlich reicht ein Messpunkt außerhalb des Stalls in einer Entfernung von mindestens fünf Metern vom Stall (um die Wirkung der Stallluft auf die gemessene Außenluft zu minimieren) zur Quantifizierung der  $\text{NH}_3$  und Tracergaskonzentration der einströmenden Luft aus, sofern die Luft aus nicht verschmutzten Bereichen kommt (z. B. Abbildung 16, Position 1 für Südwinde). Je nach Standort der Quelle und Windrichtung können jedoch andere Quellen in der Nähe des gemessenen Stalls existieren, die die Konzentration der in den Stall eintretenden Luft erhöhen. In diesen Fällen sollten bei der Messplanung mehr Messpunkte gewählt werden, um den Beitrag dieser Quellen zu quantifizieren (z. B. Abbildung 16, Position 2 für Nordwinde). Liegen andere Quellen vor, ist zudem ein niedrigerer Konzentrationsunterschied zwischen einströmender und ausströmender Luft zu erwarten, weswegen die Verwendung von präziseren Messinstrumenten erforderlich sein kann. Bei schnell wechselnden Windrichtungen wird empfohlen (aber nicht vorgeschrieben), laufende Messungen an beiden Seiten des Stalls gleichzeitig durchzuführen (mindestens fünf Meter vom Gebäude entfernt). Die Mindestkonzentrationswerte spezifizieren dann die Einlasskonzentration beim Vergleichen der beiden Seiten.

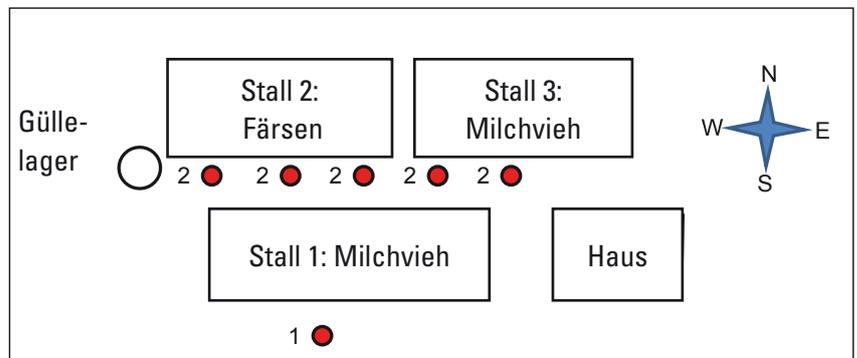


Abbildung 16: Positionierung eines Messpunktes für die Konzentrationen in der einströmenden Luft

Ein Mindestkonzentrationsunterschied (ausströmende/einströmende Luft) von 200 ppm  $\text{CO}_2$  ist nicht erforderlich, da das Überspringen dieser Messungen zu einer systematischen Unterschätzung der Lüftungsrate und somit der entsprechenden Emissionen führt.

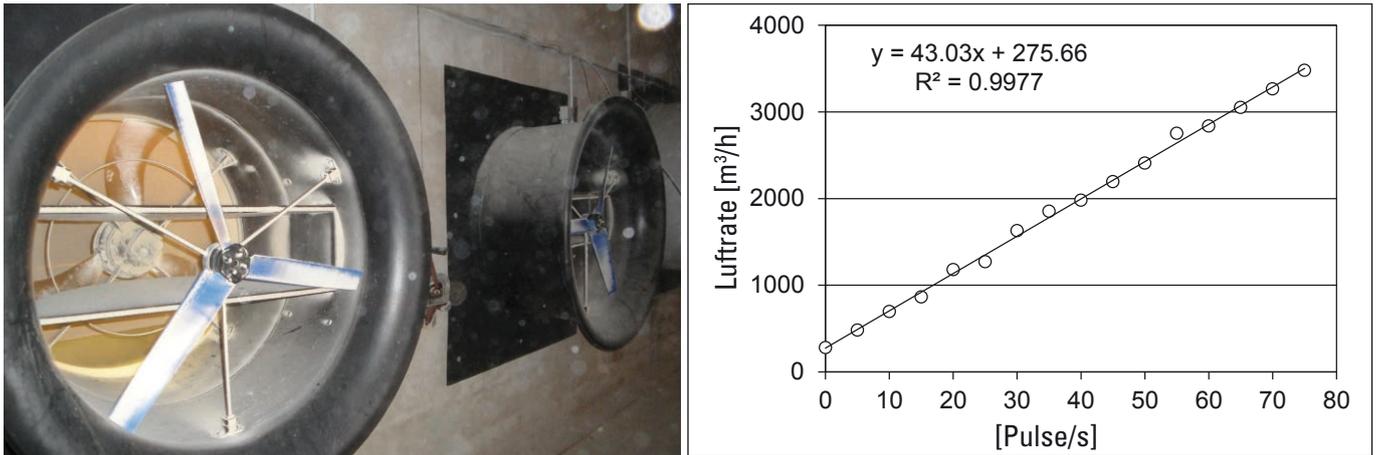


Abbildung 17: Messventilator (links) und Kalibrierkurve (rechts)

#### (Abschnitt 7.4.2): Messung des CO<sub>2</sub>-Beitrags durch die Einstreu

Ein Messventilator liefert mehrere Pulse pro Drehung. Durch Aufzeichnen der Anzahl der Pulse pro Sekunde und Verwendung einer Kennlinie, die die Lüftungsrate in Beziehung zur Reaktion des Anemometers setzt (Anzahl der Pulse pro Sekunde) kann die gesamte Luft bestimmt werden, die den Stall verlässt.

Messventilatoren sind eine verlässliche Methode, die akkurate ( $\pm 5\%$ , außer bei niedrigen Luftgeschwindigkeiten) und direkte Messungen der Luftvolumenströme liefert. Eine Einschränkung bei der Verwendung dieses Verfahrens ist, dass bei der Messung des Luftvolumenstroms in zwangsbelüfteten Ställen alle Lüftungsschächte mit einem kalibrierten Messventilator ausgestattet sein müssen.

#### (Abschnitt 7.4.2): Messung des CO<sub>2</sub>-Beitrags durch die Einstreu

Für Tiefstreuställe müssen Messdaten über den CO<sub>2</sub>-Beitrag durch das Einstreumaterial dargestellt werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung von geschlossenen Strömungskammern, um die CO<sub>2</sub>-Produktion durch Einstreu an verschiedenen Stellen zu messen und dabei die räumliche Variabilität bei der CO<sub>2</sub>-Produktion zu berücksichtigen.



Abbildung 18: Geschlossene Strömungskammer mit Umluftbetrieb zur Messung der CO<sub>2</sub>-Produktion durch Einstreumaterialien.

**(Abschnitt 7.4.2.3): Verfahren mit künstlichem Tracergas**

Das Verfahren der konstanten Tracergas-Injektion ist die gängigste Form mit künstlichem Tracergas zu arbeiten. Dieser Ansatz (Abbildung 19) sieht vor, dass zunächst die Gebäudehülle mit Tracergas aufgeladen und anschließend eine Injektionsrate eingestellt wird, die hoch genug ist, eine leicht messbare Konzentration im Gebäude zu erzeugen (innerhalb des Nachweisbereichs der Messinstrumente). Die Überwachung der Injektionsrate erfolgt in der Regel mithilfe eines Massendurchflussreglers (MFC). Durch das Aufzeichnen des Massenstroms als Zeitfunktion kann die Gesamtmasse des in einem bestimmten Zeitraum injizierten Tracers berechnet werden. Der Tracer wird mit Druckluft mit gesteuerten Massendurchflussraten gemischt, bevor er in die Gebäudehülle eintritt, um die Vermischung von Tracergas und Luft zu verbessern.

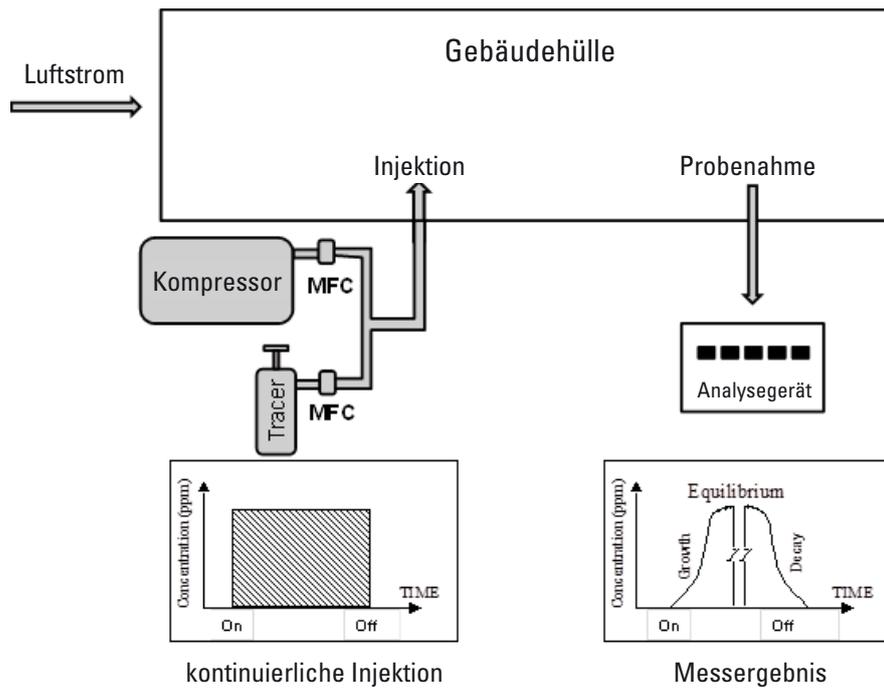


Abbildung 19: Schematische Ansicht des Verfahrens der konstanten Tracergas-Injektion

**Anhang G (informativ): Prüfung der Gasdichtigkeit des Messsystems**

Wie in Abschnitt 7.3.4 dargelegt, muss die Wiederfindungsrate vor Beginn der Messungen getestet werden.

Die Wiederfindung des betreffenden Gases kann anhand eines zertifizierten Gases ermittelt werden, dessen Konzentration für die Probenahmestellen repräsentativ ist. Um lange Messgasleitungen mit oder ohne kontinuierlichem Durchfluss zu testen, verwenden Sie einen oder zwei große Beutel (z. B. 60 Liter) aus einem Material, das für das betreffende Gas zugelassen ist, und mit einer für die Probenahmestellen repräsentativen Konzentration. Das verdünnte Gas kann anhand von Gasen aus einem Gaszylinder und eines Verdünnungssystems mit Reinluft oder Stickstoff erzeugt werden.

Messen Sie die Konzentration im Beutel mit dem Einlasssystem des Instruments, platzieren Sie dann den Beutel auf die Messgasleitung und messen Sie, bis ein stabiles Signal erreicht ist. Wiederholen Sie die Messung anschließend am Einlass des Instruments. Die Wiederfindungsrate ist das Verhältnis zwischen der gemessenen Konzentration im Beutel an der Probenahmestelle und am Einlass des Instruments.

## Anhang H (informativ): CIGR-Berechnungsregeln

Die CIGR-Berechnungsregeln sind die Grundlage für die Berechnung der Emissionswerten.

Die metabolische CO<sub>2</sub>-Produktion wird anhand der Gleichungen und Daten in CIGR (2002) für Wärmeerzeugung und der anschließenden Umwandlung der Wärme in CO<sub>2</sub> anhand der Werte aus Tabelle 6 in Pedersen et al. (2008) berechnet.

Die Wärmeerzeugung (die Einheit ist Wärmeproduktionseinheit „Heat Production Unit“, HPU, das sind 1000 W Gesamtwärme bei 20 °C) basiert auf der Anzahl und Größe der Tiere, ihren Leistungsparametern (Gewichtszunahme, Milch- oder Eierproduktion usw.), ihrem Aktivitätsgrad und der Umgebungstemperatur gemäß den Gleichungen von CIGR (2002). In einigen Fällen kann eine Extrapolation notwendig sein, z. B. für den Tageszuwachs bei Mastschweinen. Das Extrapolationsverfahren sollte im Prüfbericht beschrieben werden. Beachten Sie, dass die Wärmeerzeugung auf Tagesmittelwerten basiert.

Da die Stalltemperatur ( $t_{\text{Stall}}$ ) in der Regel von der Standard-Innentemperatur (20 °C) abweicht, wird ein Korrekturfaktor für die Temperatur angewandt, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Tieren zu bestimmen.

Für das Tracergas-Verhältnis-Verfahren sollte die CO<sub>2</sub>-Gesamtproduktion von den Tieren und vom Güllesystem berücksichtigt werden. Die CO<sub>2</sub>-Produktion vom Güllesystem ist in der Spalte „Stallebene“ („House level“) in Tabelle 6 in Petersen et al. (2008) angegeben. Für Tiefstreuställe, Güllelagerung im Inneren, häufiger Güllespülung, reduzierten Gülleflächen usw. sollte die CO<sub>2</sub>-Produktion des Güllesystems gemessen werden oder es sollten künstliche Tracer verwendet werden.

Ein Excel-Arbeitsblatt zur Berechnung der Emissionen von Milchviehbetrieben steht zur Verfügung und wird zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Produktion empfohlen.

Folgende Standardwerte und Gleichungen werden in diesem Arbeitsblatt verwendet:

Tierkategorie	STANDARDWERTE			
	Gewicht m [kg]	Tage tragend p [d]	Energiewert des Futters M [MJ (kg TM) <sup>-1</sup> ]	Gewichtszunahme Y <sub>2</sub> [kg d <sup>-1</sup> ]
Milchkühe	650	160	---	---
Trockenstehende Kühe	650	220	---	---
Färsen (tragend)	400	140	10	0,6
Färsen (nicht tragend)	250	---	10	0,6

Y<sub>1</sub>: Milchproduktion [kg d<sup>-1</sup>] --> Messungen

$$PCO_2 \text{ (Milchkühe)} = 0,2 * (5,6 \text{ m}^{0,75} + 22 * Y_1 + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (Trockensteher)} = 0,2 * (5,6 \text{ m}^{0,75} + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (Färsen, tragend)} = 0,2 * \left( 7,64 \text{ m}^{0,69} + Y_2 * \left( \frac{23}{M} - 1 \right) * \left( \frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) + 1,6 * 10^{-5} * p^3 \right) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (Färsen, nicht tragend)} = 0,2 * \left( 7,64 \text{ m}^{0,69} + Y_2 * \left( \frac{23}{M} - 1 \right) * \left( \frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) \right) / 1000$$

PC: CO<sub>2</sub>-Produktion pro Wärmeproduktionseinheit (HPU), ausgedrückt als m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup> pro HPU

- PC = 0,18 für geschlossene Böden  
(kein Beitrag von Gülle in der Güllegrube zur CO<sub>2</sub>-Produktion im Stallgebäude)
- PC = 0,20 für Spaltenböden (partiell)  
(enthält 10 % Beitrag von Gülle in der Güllegrube zur CO<sub>2</sub>-Produktion im Stallgebäude)

$$PCO_2 = PCO_2 \text{ (Milchkühe)} * \text{Anzahl der Milchkühe} \\ + PCO_2 \text{ (Trockensteher)} * \text{Anzahl der Trockensteher} \\ + PCO_2 \text{ (Färsen, tragend)} * \text{Anzahl der tragenden Färsen} \\ + PCO_2 \text{ (Färsen, nicht tragend)} * \text{Anzahl der nicht tragenden Färsen}$$

$$PCO_2 = PCO_2 * (1000 + 4 * (20 - t_{\text{innen}})) / 1000$$

t<sub>innen</sub>: Temperatur [°C] im Stall

Die Emissionen (E<sub>i</sub>; kg Jahr<sup>-1</sup> TP<sup>-1</sup>) werden pro Messtag anhand von PCO<sub>2</sub> (m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) berechnet, und die mittleren Konzentrationen (24 Stunden, in mg m<sup>-3</sup>) von NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> innerhalb und außerhalb des Gebäudes werden berechnet gemäß folgender Formel:

$$E_i = PCO_{2i} * \frac{(NH_{3i})_{\text{innen}} - (NH_{3i})_{\text{außen}}}{(CO_{2i})_{\text{innen}} - (CO_{2i})_{\text{außen}}} * \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * \frac{365 \text{ d}}{1 \text{ a}} * \frac{1}{TP}$$

## Anhang I (informativ): Ammoniakemissionsfaktoren für verschiedene Tierkategorien

Die Tabelle unten zeigt die Ammoniakemissionskoeffizienten und die Emissionsfaktoren für verschiedene Nutztierkategorien und Nutztierhaltungssysteme in Deutschland (DE), den Niederlanden (NL) und Dänemark (DK).

Tabelle 14: Emissionsfaktoren für Ammoniak

Nutztiere	Tierhaltungs- und Bodensystem	Wirtschaftsdünger <sup>a</sup>	DE (kg NH <sub>3</sub> - N kg <sup>-1</sup> N <sup>b</sup> )	DE (kg NH <sub>3</sub> AP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup> ) <sup>c</sup>	NL (kg NH <sub>3</sub> AP <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>	DK (kg NH <sub>3</sub> - N kg <sup>-1</sup> TAN) <sup>b</sup>	DK (kg NH <sub>3</sub> - N kg <sup>-1</sup> N <sup>e</sup> )
Milchkühe	Liegeboxenstall (planbefestigt oder Spaltenboden (Kanal, Rückspülung), kein Weidegang)	Flüssig	0,236	14,6	-	0,16	
	Planbefestigt mit Auslauf	Flüssig		-	-	0,08	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,236	14,6	-		0,06
	Kein Weidegang, Spaltenboden	Flüssig			13		
Mast-schweine	Teilspalten (50-75 % geschlossen)	Flüssig	0,268	3,6	3,0	0,13	
	Teilspalten (25-49 % geschlossen)	Flüssig		3,6	-	0,17	
	Vollspaltenboden (1/3 der Fläche mit max. 10 % Spaltenanteil)					0,21	
	Vollspalten	Flüssig	0,268	3,6	4,5	0,24	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,384	4,9	-		0,25
Absetz-ferkel	Zwei-Klima-Haltung, Teilspalten	Flüssig	0,196 <sup>e</sup>	0,4	0,39	0,10	
	Vollspalten	Flüssig	0,268	0,5	0,69	0,24	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,384		-		0,15
Tragende Sauen	Einzelhaltung, Teilspalten	Flüssig	0,239 <sup>f</sup>	7,3 <sup>h</sup>	4,2	0,13	
	Einzelhaltung, Vollspalten	Flüssig			-	0,19	
	Gruppe, Teilspalten					0,16	
	Gruppe, Tiefstreu	Tiefstreu			2,6		0,15
Säugende Sauen	Bucht, Teilspalten	Flüssig			8,3	0,13	
	Bucht, Vollspalten	Flüssig			-	0,26	
Mast-hähnchen	Tiefstreu	Tiefstreu	0,138 <sup>g</sup>	0,05	0,068		0,20
Lege-hennen	Freiland, Festmist	Fest	0,351 <sup>g</sup>	0,32	0,315		0,32
				Boden-haltung, Güllegrube			
	Ausgestalteter Käfig, Kotband	Fest					0,12
	Voliere, Kotband	Fest					0,14
	Tiefstreu	Fest					0,36

- a Flüssigmist: Basierend auf TAN = Gesamtammoniumstickstoff (Stickstoff in Harn)  
Tiefstreu und Festmist: Basierend auf Gesamtstickstoff, ausgeschieden mit Mist und Harn.
- b Bezogen auf TAN.
- c TP = Anzahl der erlaubten Tiere
- d Für NL nur Referenzhaltungssysteme inbegriffen; Mindestwerte für BVT-Systeme sind niedriger.
- e Freibelüftete Ställe mit Buchten.
- f Keine Differenzierung zwischen den Haltungssystemen.
- g Bezogen auf Gesamt-N.
- h für alle Phasen; Sauen, tragend: 4,8; Sauen, laktierend: 8,3

### Kommentare:

**Absetzferkel, Vollspalten:** In DK dominieren zwei Arten: „Zwei-Klima-Haltung, Teilspalten“ und „50 % drainierter Boden/50 % Spaltenboden“.

**Legehennen, Freiland, Festmist:** Es wird davon ausgegangen, dass in DK 10 % des von den Tieren ausgeschiedenen Gesamt-N außerhalb des Stalls, 30 % N im Stalleinstreu und die übrigen 60 % N auf den Spalten ausgeschieden werden. 25 % N aus dem Einstreu und 40 % N ausgeschieden auf den Spalten gehen als Ammoniak verloren. Daher betragen die Ammoniak-N-Gesamtemissionen  $(0,30 \cdot 0,25 + 0,60 \cdot 0,40) = 0,32$  kg  $\text{NH}_3$ -N pro ausgeschiedenem kg N. 10 % Wirtschaftsdünger-N, der außerhalb des Stalls ausgeschieden wird, werden nicht bilanziert.

**Legehennen, Voliere, Kotband:** Es wird davon ausgegangen, dass in DK 75 % des von den Tieren ausgeschiedenen Gesamt-N auf Kotbänder und die übrigen 25 % N in die Einstreu ausgeschieden werden. 10 % N auf den Kotbändern und 25 % N in der Einstreu gehen als  $\text{NH}_3$ -N verloren. Daher betragen die mittleren Ammoniak-N-Emissionen  $(0,75 \cdot 0,10 + 0,25 \cdot 0,25) = 0,14$  kg  $\text{NH}_3$ -N pro ausgeschiedenem kg N.

**Legehennen, Tiefstreu, Festmist:** Es wird davon ausgegangen, dass in DK 33 % N in die Stalleinstreu und die übrigen 67 % N auf den Spalten ausgeschieden werden. 25 % N aus dem Einstreu und 14 % N von den Spalten gehen als Ammoniak verloren. Daher betragen die mittleren Ammoniak-N-Emissionen  $(0,33 \cdot 0,25 + 0,67 \cdot 0,40) = 0,36$  kg  $\text{NH}_3$ -N pro ausgeschiedenem kg N.

### Gemessene Ammoniakemissionen in Bezug auf den von den Tieren ausgeschiedenen Stickstoff (dänischer Ansatz)

In dänischen Regularien wird die ex-Tier-Kalkulation von Normwerten als einfache Differenz zwischen dem Eintrag und dem Austrag von Stickstoff durchgeführt. Der Eintrag basiert auf Aufzeichnungen und Berechnungen der Futtermittelaufnahme bei den einzelnen Nutztierkategorien, kombiniert mit statistischen Daten zu Nährstoffkonzentrationen im Futter. Hiernach wird die Nährstoffretention in tierischen Erzeugnissen (Fleisch, Milch, Eier) auf der Basis von Standardwerten berechnet und subtrahiert. Die separate Ausscheidung von Nährstoffen in Fäkalien- und Harnfraktionen wird anhand der Verdaulichkeitskoeffizienten der verschiedenen Nährstoffe ebenfalls berechnet (Poulsen et al., 2001, 2006).

Die Normwerte, einschließlich ex-Tier-Stickstoff, werden jährlich berechnet. Für jede Tierkategorie gelten die Normwerte für eine bestimmte Futtermittelaufnahme, einen Gewichtsbereich (bei Fleischproduktion), Milchproduktion bzw. Eierproduktion. Weichen die während der Prüfung erhaltenen Basisparameter von den Werten ab, die in den veröffentlichten Normwerten im relevanten Jahr dargelegt wurden, geben Poulsen et al. (2001) tierspezifische Gleichungen vor, um ex-Tier-Stickstoffwerte erneut zu berechnen.

### Literaturhinweise:

Deutsche Daten: Dämmgen, U. (ed.) (2009) Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR), Landbauforschung, Sonderheft 324.

VDI-Richtlinie: VDI 3894, Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Beuth Verlag, Berlin

Niederländische Daten: Infomil, (2009). Information centre for the environment: Infomil. Verzeichnis der Rechtsvorschriften für Ammoniakemissionsfaktoren und Systembeschreibung auf Niederländisch. Erhältlich unter: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen/>

Dänische Daten: Poulsen, H. D., Børsting, C. F., Rom, H. B., and Sommer S. G. (Eds.), (2001). Kvælstof, fosfor og kalium I husdyrgødning – normtal 2000 (Nitrogen, phosphorus and potassium in livestock manure – norm figures 2000). DJF Rapport nr. 36 Husdyrbrug, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning. pp. 152. <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfh36.pdf>

Eine Kurzbeschreibung ist bei Poulsen et al. (2006) verfügbar. Quantifizierung von Stickstoff, Phosphor im Wirtschaftsdünger im Dänischen Normativen System. In: Petersen, S.O. (Ed.). 2006. Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective. 12. Internationale Konferenz in Ramiran. Vol. II, DIAS\_Bericht Nr. 123. Ministerium für Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei, Dänisches Institut für Agrarwissenschaften, S. 105-107.

## Anhang J (informativ): Geruchsemissionsfaktor für verschiedene Tierkategorien

Die Tabelle unten zeigt die Geruchsemissionskoeffizienten für verschiedene Nutztierkategorien und Nutztierhaltungssysteme in Deutschland (DE), den Niederlanden (NL) und Dänemark (DK).

Table 15: Emissionsfaktoren für Geruch – Schweinehaltung

Tierart	Tierhaltungseinheit	DE [GE GV <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ] Jahresmittelwert	NL [GE TP <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ]	DK (5 %- und 95 %-Perzentil)
Tragende Sauen	Einzelhaltung	22	19	16 GE s <sup>-1</sup> Tier <sup>-1</sup> (7-39)
	Sauen in Gruppenhaltung (Laufstall)	22	19	16 GE s <sup>-1</sup> Tier <sup>-1</sup> (7-39)
Laktierende Sauen	Einzelhaltung, Teilspaltenboden	20	28	72 GE s <sup>-1</sup> Sau <sup>-1</sup> (40-125)
	Einzelhaltung, Vollspaltenboden	20	28	100 GE s <sup>-1</sup> Sau <sup>-1</sup> (56-280)
Absetzferkel	Buchten, Teilspaltenboden	75	8	380 GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup> (200-750)
	Buchten, Vollspaltenboden	75	8	380 GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup> (200-750)
Mast-schweine	Buchten, Teilspaltenboden	50	23	300 GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup> (110-810)
	Buchten, Vollspaltenboden	50	23	450 GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup> (190-1200)

Table 16: Emissionsfaktoren für Geruch – Rinderhaltung

Tierart	Tierhaltungseinheit	DE [GE GV <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ] Jahresmittelwert	NL [GE TP <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ]	DK
	Alle Arten von Rinderhaltung	12		170 GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup>
Schlachtrinder 6-24 Monate alt		12	36	
Mastkälber		30	36	

Tabelle 17: Emissionsfaktoren für Geruch – Geflügelhaltung

Tierart	Tierhaltungseinheit	DE [GE GV <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ] Jahresmittelwert	NL [GE TP <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ]	DK [GE s <sup>-1</sup> (1000 kg Tier) <sup>-1</sup> ]
Legehennen	Bodenhaltung	42	0,35	900
Legehennen	Käfighaltung	30 Haltungssysteme in kleinen Gruppen (ausgestaltete Käfige)	0,34	400
			0,34	
	Volierensysteme	30	0,34	
Masthähnchen	Bodenhaltung mit Einstreu	60	0,33	400

**Sources:**

Niederländische Daten: Infomil, 2009. Information centre for the environment: Infomil. Regulatory list of ammonia emission factors and system description, auf Niederländisch. Erhältlich unter:

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen/>

Deutsche Daten: VDI-Richtlinie VDI 3894, Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Beuth Verlag, Berlin

## Anhang K (informativ): Staubemissionsfaktor (PM10) für verschiedene Tierkategorien

Die Tabelle unten zeigt die Emissionsfaktoren für PM10-Staub für verschiedene Nutztierkategorien und Nutztierhaltungssysteme in Deutschland (DE), den Niederlanden (NL) und Dänemark (DK).

Tabelle 18: Faktoren für Staubemissionen (PM10)

Nutztiere	Tierhaltungs- und Bodensystem	Wirtschaftsdünger	DE [kg TP <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	NL [kg TP <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	DK (Nicht zutreffend)
Milchkühe	Spaltenboden (Kanal, Rückspülung)	Flüssig	0,18	0,148	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,4	-	
Mast-schweine	Teilspalten (50-75 % geschlossen)	Flüssig	0,24	0,153	
	Teilspalten (25-49 % geschlossen)	Flüssig		-	
	Vollspalten	Flüssig	0,24	0,153	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,32	-	
Ferkel	Zwei-Klima-Haltung, Teilspalten	Flüssig	0,08	0,074	
	Vollspalten	Flüssig	0,08	0,074	
	Tiefstreu	Tiefstreu	-	-	
Tragende Sauen	Einzelbuchten, Teilspalten	Flüssig	0,16 <sup>*</sup> )	0,175	
	Einzelbuchten, Vollspalten	Flüssig	0,16 <sup>*</sup> )	0,175	
	Tiefstreu	Tiefstreu	0,8 <sup>*</sup> )	-	
Säugende Sauen	Einzelhaltung, Teilspalten	Flüssig	0,16 <sup>*</sup> )	0,160	
	Einzelhaltung, Vollspalten	Flüssig	0,16 <sup>*</sup> )	-	
Masthähnchen	Bodenhaltung mit Einstreu	Tiefstreu	0,015	0,022	
Legehennen	Freiland, Festmist	Festmist	0,12	0,084	

<sup>\*</sup>) Für alle Phasen

### Quellen:

Niederländische Daten: Infomil, 2009. Information centre for the environment: Infomil. Regulatory list of ammonia emission factors and system description, auf Niederländisch. Erhältlich unter:

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen/>

Deutsche Daten: VDI-Richtlinie VDI 3894, Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Beuth Verlag, Berlin

**Anhang L (informativ): Vorlage für einen Prüfplan**
**NAME DER PRÜFSTELLE**
**PRÜFPLAN FÜR** [Name der Technologie/des Systems]

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

**Daten**

<b>Art der Technologie</b>	
<b>Name und Adresse des Herstellers/ Antragstellers</b>	
<b>Betreiber des Prüfbetriebes</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 Systems und ein Verweis für den Fundort von Details sollten angegeben 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 und des Haltungssystems/ Technologie, 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 die angewendete Technologie/das angewendete System identisch mit der geprüften Technologie/dem geprüften System ist).
- Angabe der in primären Messparameter, z. B. Geruch, Ammoniak und Staub (VERA Prüfprotokoll, Tabelle 4).
- Angabe der in sekundären Messparameter (VERA Prüfprotokoll, Tabellen 5 bis 7).
- Beschreibung der Messpunkte, der Instrumente und der Art ihrer Kalibrierung.
- 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/ der Technologie 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 nach den im Prüfprotokoll vorgegebenen Spezifikationen analysiert werden. *Zum Beispiel: die Ammoniak-Konzentration und die logarithmierte Geruchskonzentration wird mittels einem gemischten Modell in einer Varianzanalyse in SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC) ausgewertet).*

Sowohl der Median als auch die 95 Perzentile müssen für die Geruchskonzentration und die Geruchsemissionen berechnet werden. Für die anderen primären Messgrößen müssen Mittelwerte statt Mediane berechnet werden.

Mittelwerte und Standardabweichungen müssen für die sekundären Parameter gemäß Prüfprotokoll berechnet werden.

### 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.*