

# Ammoniak- und Staubemissionen von Schweineställen

13

BENNO STOFFELS, EGILL ANTONSSON & JENS CORDES

## Zusammenfassung

Tierhaltungsanlagen werden in Hessen derzeit aufgrund der üblicherweise geringen Emissionen nicht systematisch überwacht. Im Zuge der Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) werden sich voraussichtlich die Emissionsgrenzwerte ändern, daher führte das Dezernat I3 des

HLNUG auf Anregung der hessischen Regierungspräsidien eine einwöchige Messkampagne an einem Schweinestall durch, um einen aktuellen Stand über typische Emissionen zu erhalten. Die ermittelten Messwerte liegen deutlich unter den aktuellen Grenzwerten.



**Abb. 1:** Schweine in konventioneller Haltung (©AdobeStock/agrarmotive) sowie Luftaufnahme eines für Hessen typischen Schweinestalls (© AdobeStock/Christian Schwier)

## Schweinehaltung in Hessen

In Hessen werden derzeit in ca. 800 Betrieben ungefähr 500 000 Schweine gehalten, das sind knapp 1,9 % des Schweinebestands in Deutschland. Die Schweinehaltung ist in Hessen insgesamt seit Jahren rückläufig, vor 20 Jahren gab es hier noch fast 900 000 Schweine in 15 000 Betrieben (1). Im Vergleich zu den Betrieben in den Schwerpunktregionen der deutschen Schweinehaltung z. B. in Südniedersachsen und dem nördlichen Nordrhein-Westfalen, sowie Großbetrieben in Ostdeutschland, sind die meisten Schweinehaltenden Betriebe in Hessen eher klein (2). Weniger als 180 der hessischen Betriebe haben einen Tierbe-

stand von mehr als 1 000 Schweinen, die übrigen ca. 620 Betriebe halten im Mittel weniger als 300 Tiere (3). Ähnlich wie in anderen Bereichen der Landwirtschaft besteht allerdings auch hier eine Tendenz zu weniger, dafür aber größeren Betrieben. Zugleich entsteht gerade in den letzten Jahren ein Trend zu modernen Haltungssystemen, in denen den Tieren mehr Stallfläche zur Verfügung steht (4). So ist zu erklären, dass trotz der insgesamt rückläufigen Anzahl an Betrieben und gehaltenen Schweinen die verbliebenen Betriebe auch heute noch neue Schweineställe bauen, die oft ältere und kleinere Stallgebäude ersetzen (5).

## Gesetzliche Regelungen

Die Anforderungen für die Genehmigung zum Neu- oder Umbau eines Schweinestalls hängen von der geplanten Anzahl an Tieren ab, die nach Fertigstellung auf dem gesamten Betrieb gehalten werden können. Ställe für kleine Betriebe werden nach Baurecht (§35 I 4 BauGB (6)) genehmigt und unterliegen keinen konkreten Einschränkungen bezüglich der Emissionen. Überschreitet die Anzahl der Tierplätze durch die Baumaßnahme bestimmte Grenzen, die in der 4. BImSchV (7) geregelt sind, erfolgt die Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG (8)) in einem vereinfachten Genehmigungsverfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung (§19 BImSchG) oder in einem Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung (§10 BImSchG). Tabelle 1 zeigt die Schwellenwerte, ab denen eine Erweiterung der Tierhaltungsplätze zu verschiedenen Genehmigungsverfahren führt.

Zu beachten ist dabei, dass bei Betrieben mit verschiedenen Tierkategorien eine Summenregelung greift. Hier wird ermittelt, zu welchem Anteil die Genehmigungsgrenzen der einzelnen Kategorien erreicht werden, diese Anteile werden dann addiert. Dadurch

greift z. B. für einen Betrieb, der auf einen Tierbestand von 1 400 Mastschweinen (70 % von 2 000) und 250 Sauen (33 % von 750) erweitert werden soll, nicht mehr das Baurecht, sondern das Genehmigungsverfahren nach §10 BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung (in Summe 103 % der Schwellenwerte). Für andere Tierarten wie z. B. Hühner oder Rinder gibt es vergleichbare Schwellenwerte, bei Mischbetrieben mit mehreren Tierarten werden auch diese zur Festlegung des Genehmigungsverfahrens über die Summenregelung einberechnet.

Für Betriebe, deren Genehmigung unter §10 oder §19 des BImSchG (8) fällt, gilt gemäß TA Luft (9) für die Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) ein Grenzwert von 30 mg/m<sup>3</sup>, für staubförmige Emissionen (PM) gilt ein Grenzwert von 20 mg/m<sup>3</sup>. Bei Grenzwertüberschreitungen ordnet die Genehmigungsbehörde emissionsmindernde Maßnahmen an und überprüft deren Umsetzung und Wirksamkeit. Sollte ein Betreiber wiederholt die vorgegebenen Emissionsgrenzwerte überschreiten, droht in letzter Konsequenz die Stilllegung des Betriebs (§20 BImSchG).

**Tab. 1:** Genehmigungsverfahren in Abhängigkeit von der Anzahl an Tierplätzen

Tierplätze im Betrieb nach Fertigstellung der Baumaßnahme	Genehmigungsverfahren
< 1 500 Mastschweine (Schweine ≥ 30 kg Lebendgewicht) < 560 Sauen (mit dazugehörenden Ferkeln < 30 kg Lebendgewicht) < 4 500 Ferkel in getrennter Aufzucht (zwischen 10 und 30 kg)	§35 I 4 BauGB (Baurecht)
1 500 bis 1 999 Mastschweine 560 bis 749 Sauen 4 500 bis 5 999 Ferkel in getrennter Aufzucht	§19 BImSchG (vereinfacht, ohne Öffentlichkeitsbeteiligung)
≥ 2 000 Mastschweine ≥ 750 Sauen ≥ 6 000 Ferkel in getrennter Aufzucht	§10 BImSchG (mit Öffentlichkeitsbeteiligung)

## Emissionen von Schweineställen

Die Menge der Emissionen von Staub und Ammoniak aus Schweineställen hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab. Wichtig sind vor allem die klimatischen Bedingungen, die Ernährung der Tiere und die Bauart des Stalls und seiner Lüftung (10) (11).

Die Messergebnisse verschiedener Untersuchungen in unterschiedlichen Teilen der Welt lassen sich deshalb nur bedingt auf die Situation in Hessen übertragen. Grundsätzlich wurde aber in allen bislang durchgeführten Studien übereinstimmend festge-

stellt, dass Schweineställe durchgehend Ammoniak und Staub emittieren, wobei die Emissionen mit der Aktivität der Tiere korrelieren und deshalb tagsüber höher sind als nachts. (12) (13)

Vor allem Ammoniakemissionen stellen in großen Mengen für sensible Ökosysteme wie z. B. Moore, Gewässer und Wälder ein Problem dar (14). Die damit verbundene hohe Zufuhr an Stickstoffdünger führt zu einer Eutrophierung (Nährstoffanreicherung), die sich negativ auf die Artenvielfalt auswirken kann. Um die negativen Umweltauswirkungen von Tierhaltungsanlagen zu begrenzen, wird bei der Genehmigung von Baumaßnahmen vor allem auf die Summe der zu erwartenden Ammoniakemissionen geachtet. Je mehr Ammoniak ein Betrieb freisetzt, desto größer ist der einzuhaltende Mindestabstand zu sensiblen Ökosystemen (Anhang 1 der TA Luft (9)).

## Messkampagne des HLNUG

Die von verschiedenen Institutionen bislang durchgeführten Messungen belegen, dass die Massenkonzentrationen von Ammoniak und Staub in den Abluftströmen von Schweineställen in der Regel deutlich unterhalb der in Deutschland zulässigen Emissionsgrenzwerte liegen. Kontrollmessungen, die schnell einige Tausend Euro kosten können, werden deshalb von den Genehmigungsbehörden angesichts des zu erwartenden Ergebnisses in der Regel als unverhältnismäßig bewertet und gegenüber den Betreibern nicht angeordnet. Vor diesem Hintergrund arbeitet das Dezernat I3 des HLNUG derzeit daran, durch eigene Messungen (17) zu überprüfen, ob die Annahme für Schweineställe in Hessen tatsächlich gerechtfertigt ist, ob also die Emissionen der Schweineställe in unserem Bundesland auch in der Praxis deutlich unterhalb der zulässigen Grenzwerte liegen.

Der Messaufwand bei einem solchen Projekt steigt naturgemäß mit der Anzahl der Emissionsquellen pro Anlage. An Industrieanlagen werden die Abgase aus verschiedenen Prozessen meist durch getrennte Schornsteine geleitet, die einzelnen Quellen können dort unabhängig voneinander untersucht werden.

Außerdem kann Ammoniak in der Umwelt auch durch chemische Reaktion mit anderen Luftbestandteilen oder Umsetzung durch Bakterien in Boden und Gewässern in eine der vielen anderen umweltwirksamen Stickstoffverbindungen umgewandelt werden und so durch Bildung von Feinstaub und Ozon die Qualität der Atemluft beeinträchtigen, als Nitrit oder Nitrat die Grundwasserqualität mindern, sowie als Lachgas zum Klimawandel beitragen.

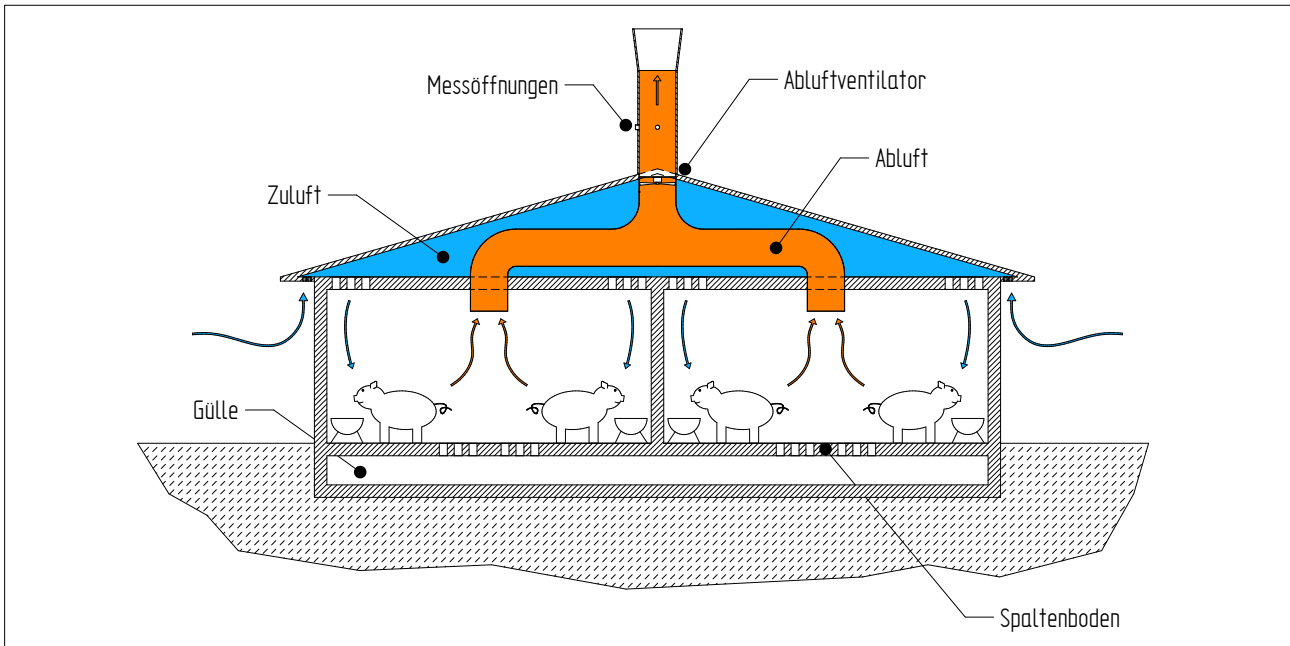
Der aus Schweineställen emittierte Staub besteht verschiedenen Untersuchungen zufolge hauptsächlich aus Partikeln, die sich aus Teilen von Hautschuppen, Kot- und Futterresten zusammensetzen (15). Es handelt sich deshalb um umweltmedizinisch relevante Bioaerosole, die bei Freisetzung in großen Mengen eine Gesundheitsgefährdung darstellen können (16). Die Emission von Gerüchen ist ebenfalls ein wichtiges Thema in der Schweinehaltung. Geruchsemissionen waren allerdings nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Zusätzlich kann der jeweilige Prozess gesteuert werden und so das Emissionsverhalten der Anlage unter bestimmten Bedingungen gezielt untersucht werden. Bei Tierställen hingegen kann das Emissionsverhalten für die Messung nicht gezielt beeinflusst werden; die Tiere können schließlich nicht an- oder ausgeschaltet werden. Außerdem sind die Emissionsquellen bei Tierställen die Schornsteine der Lüftungsanlage. Diese werden zumindest bislang funktional nur auf den Zweck der Lüftung des Stalls ausgerichtet. In der Regel wird daher die Abluft aus einem Stall oder Stallabschnitt über mehrere gleichmäßig über das Dach verteilte Schornsteine abgeleitet, deren Ventilatoren je nach Luftbedarf ein- und ausgeschaltet werden. Um an einem solchen Stall die Emissionen zu messen, müsste folglich entweder an allen Schornsteinen zeitgleich gemessen werden, oder die Lüftungsanlage müsste für die Messung umgebaut und alle Schornsteine bis auf einen stillgelegt werden. Offensichtlich sind beide Alternativen mit erheblichem Aufwand verbunden. Die Stilllegung von Schornsteinen ist nur im Winter überhaupt eine Option, da bei Schweineställen durch die Lüftung maßgeblich die Temperatur im Stall gesteuert wird und nur bei sehr kalter

Witterung ein kleiner Teil der Anlage ausreicht, um diesen Zweck zu erfüllen.

Für den Start dieses Projekts wurde deshalb ein verhältnismäßig kleiner Deckstall mit etwa 100 Sauen ausgewählt, der die gesamte Abluft über einen ein-

zigen Schornstein ableitet (siehe Abbildung 2). Der Stall hat eine Grundfläche von  $16,5 \times 22 \text{ m}^2$ ; gefüttert werden die Tiere mit Getreide und einem Fasermix aus Sojaschrot, Zuckerrübenschnitzel und Rapschrot.



**Abb. 2:** Querschnitt des Stalls. Der Stall besteht aus zwei Abschnitten, die durch eine Wand voneinander getrennt sind. Frischluft wird an den beiden langen Seiten des Gebäudes in den Dachbereich gesaugt und dann in den eigentlichen Stall geleitet. Von dort aus wird über zwei Leitungen die Abluft gesammelt und über einen zentralen Schornstein entfernt. Die Gülle fließt durch den Spaltenboden in einen separaten Sammelbehälter.

## Ergebnisse

Die Emissionsmessungen am Stall wurden zwischen dem 26. und 30. August 2019 durchgeführt. Die Massenkonzentrationen für die Komponenten Staub und Ammoniak wurden jeweils durch 30 min-Messungen nach dem Standardreferenzverfahren (Staub: DIN EN 13284-1 (18), Ammoniak: VDI 3878 (19)) bestimmt. Da der zu erwartende Tagesverlauf der Emissionen durch einzelne, diskontinuierliche Mes-

sungen nicht zufriedenstellend bestimmt werden kann, kam zusätzlich für die kontinuierliche (durchgehende) Bestimmung von Ammoniak ein Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR) zum Einsatz. Des Weiteren wurden kontinuierlich die Abgasparameter Feuchte, Temperatur und Staudruck bestimmt, um daraus den Volumenstrom der Anlage zu ermitteln.

## Volumenstrom

Die Steuerung des Abluftventilators versucht, im Stall eine Temperatur von ca.  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  einzustellen. Während des Messungszeitraums lag die Außentemperatur tagsüber durchgehend über diesem Wert, so dass

der Ventilator auf Vollast lief und einen Abluft-Volumenstrom von etwa  $20\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  erzeugte (siehe Abbildung 3, mittlere Grafik). In der Nacht sank dieser Wert bis auf ein Minimum von etwa  $13\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## Staub

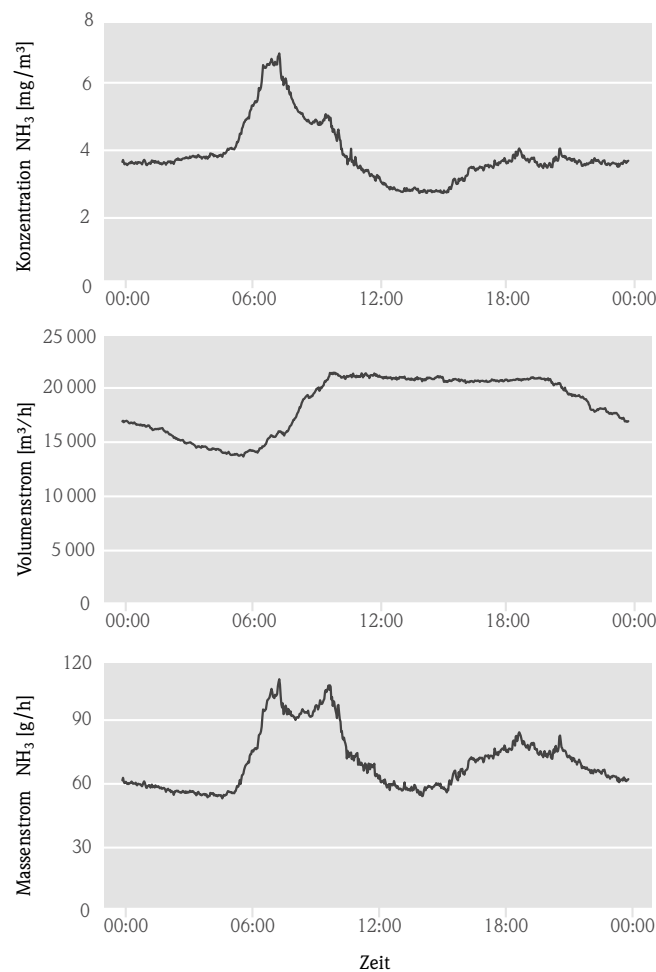
Die partikelförmigen Emissionen des Stalls sind sehr gering. Wegen des vermuteten hohen Organikanteils des Staubs wurden die Filter zunächst bei nur 80 °C getrocknet und dann ausgewogen; anschließend erfolgte die Trocknung bei 160 °C und eine

weitere Wägung der Filter. In beiden Fällen lagen die Massenkonzentrationen im Bereich von 1 mg/m<sup>3</sup>; zuzüglich der Messunsicherheit liegt der maximale Messwert bei 1,4 mg/m<sup>3</sup> und damit deutlich unter dem Grenzwert von 20 mg/m<sup>3</sup>.

## Ammoniak

Dank des FTIR-Systems kann man deutlich einen sich wiederholenden Tagesverlauf der Konzentration bzw. des Massenstroms erkennen (siehe Abbildung 3, obere und untere Grafik). In den Nacht- und frühen Morgenstunden liegt der Ammoniakmassenstrom im Bereich von ca. 50–70 g/h (Konzentrationen von ca. 3–4 mg/m<sup>3</sup>). Morgens zur Füt-

terungszeit steigt die Emission deutlich auf etwas über 100 g/h (ca. 7 mg/m<sup>3</sup>) an, fällt zur Mittagszeit wieder auf etwa die Nachtwerte und steigt dann im Zeitraum von 18:00 bis 21:00 Uhr noch einmal auf etwa 80 g/h (ca. 4 mg/m<sup>3</sup>) an. Zu jedem Zeitpunkt lagen die Messwerte deutlich unter dem Grenzwert von 30 mg/m<sup>3</sup>.



**Abb. 3:** Mittlerer Tagesverlauf (Daten vom 26.08.–30.08.2019) der Ammoniak-Massenkonzentration, des Volumenstroms und des Ammoniak-Massenstroms

## Schlussfolgerungen

Es wird davon ausgegangen, dass die Messungen am Stall repräsentativ für die Bauart, die Art der Fütterung und Sommermonate sind, in denen die Umgebungstemperatur für längere Zeit über 21 °C liegt. Ob dies tatsächlich der Fall ist, müssen aber weitere Untersuchungen an anderen Ställen und zu anderen Jahreszeiten zeigen.

Aus dem Ammoniak-Massenstrom des Stalls lässt sich auch ein Mittelwert für die Emissionen eines einzelnen Tieres ermitteln. Über den Zeitraum der Messung gemittelt emittiert ein Tier – auf ein Jahr bezogen – 6,2 kg Ammoniak. Zu beachten ist, dass aufgrund der sehr geringen Massenkonzentrationen von NH<sub>3</sub> diese mit einer relativ hohen Unsicherheit verbunden ist, die sich direkt auf den Massenstrom auswirkt. Dieser Wert stimmt dennoch gut mit dem

in Anhang 1 der TA Luft (9) genannten Ammoniak-emissionsfaktor überein. Für eine Zuchtsau wird dort ein Wert von 7,29 kg/a genannt, dabei werden in der TA Luft allerdings noch die zu den Sauen gehörenden Ferkel berücksichtigt. In dem untersuchten Betrieb werden die Ferkel in einem anderen Stall aufgezogen und tragen somit nicht zu dem hier ermittelten Wert bei.

Derzeit laufen Gespräche mit den hessischen Regierungspräsidien bezüglich des weiteren Vorgehens. Die Messung an nur einem Stall reicht selbstverständlich nicht aus, um daraus generelle Handlungsempfehlungen abzuleiten. Derzeit angedacht sind längerfristige Messungen, um auch Erkenntnisse über jahreszeitliche Verläufe zu erhalten.

## Literatur

- (1) Statistisches Bundesamt (2019): GENESIS-Online Datenbank. [[www-genesis.destatis.de](http://www-genesis.destatis.de); Stand: 09.10.2019]
- (2) DEBLITZ, C., ROHLMANN, C., VERHAAGH, M. & EFKEN, J. (2019): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastschweine; Braunschweig (Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei).
- (3) PASCHER, P., HEMMERLING, U. & NAB, S. (2019): Situationsbericht 2018/19 – Trends und Fakten zur Landwirtschaft; Berlin (Deutscher Bauernverband e. V.).
- (4) JANSSEN, H., LÖSEL, D., MENNING, J., MEYER, E., NESER, S., PAULKE, T., PREIBINGER, W., SANDHÄGER, A., SCHRADER, H. & ZACHARIAS, T. (2019): Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Schwein – Mastschweine; Bonn (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung).
- (5) EBERS, H., & FORSTNER, B. (2016): Ex-post-Bewertung EPLR Hessen 2007 bis 2013. Agrarinvestitionsförderungsprogramm (ELER-Code 121); Braunschweig (Johann Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei).
- (6) Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634). Im Internet: [www.gesetze-im-internet.de/bbaug](http://www.gesetze-im-internet.de/bbaug)
- (7) Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440). Im Internet: [www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_4\\_2013](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013)
- (8) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I, 2013, Nr. 25, S. 1274–1). Im Internet: [www.gesetze-im-internet.de/bimschg](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschg)
- (9) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. S. 511). Im Internet: [bit.ly/36k28u3](http://bit.ly/36k28u3)

- (10) CAMBRA-LÓPEZ, M., AARNINK, A.J.A., ZHAO, Y., CALVET, S. & TORRES, A.G. (2010): Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. – *Environ. Pollut.*, 158 (1): 1–17.
- (11) NI, J.Q., HEBER, A.J. & LIM, T.T. (2018): Ammonia and hydrogen sulfide in swine production. In: ALAND, A., HARTUNG, J. & BANHAZI, T. (Hrsg.): *Air Quality and Livestock Farming*; London (CRC Press).
- (12) WINKEL, A., MOSQUERA, J., GROOT KOERKAMP, P.W.G., OGINK, N.W.M. & AARNINK, A.J.A. (2015): Emissions of particulate matter from animal houses in the Netherlands. – *Atmos. Environ.*, 111: 202–212.
- (13) VAN DER HEYDEN, C., BRUSSELMAN, E., VOLCKE, E.I.P. & DEMEYER, P. (2016): Continuous measurements of ammonia, nitrous oxide and methane from air scrubbers at pig housing facilities. – *J. Environ. Manage.*, 181: 163–171.
- (14) BEHERA, S.N., SHARMA, M., ANEJA, V.P. & BALASUBRAMANIAN, R. (2013): Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. – *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20: 8092–8131.
- (15) CAMBRA-LÓPEZ, M., HERMOSILLA, T., LAI, H.T.L., AARNINK, A.J.A. & OGINK, N.W.M. (2011): Particulate Matter Emitted from Poultry and Pig Houses: Source Identification and Quantification. – *T. ASABE*, 54 (2): 629–642.
- (16) MACKIEWICZ, B. (1998): Study on exposure of pig farm workers to bioaerosols, immunologic reactivity and health effects. – *Ann. Agric. Environ. Med.*, 5 (2): 169–175.
- (17) CORDES, J., STOFFELS, B. & WILDANGER, D. (2017): Emissionsüberwachung vor Ort. – *Jahresbericht 2016 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie*: 125–130; Wiesbaden (HLNUG).
- (18) DIN EN 13284-1:2002-04: Emissionen aus stationären Quellen – Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen – Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren; Deutsche Fassung EN 13284-1:2001. (Stationary source emissions. Determination of low range mass concentration of dust. Manual gravimetric method). Berlin (Beuth-Verlag).
- (19) VDI 3878:2017-09 – Messen gasförmiger Emissionen – Messen von Ammoniak (und gas- und dampfförmigen Ammoniumverbindungen) – Manuelles Verfahren. (Stationary source emissions – Measurement of ammonia (and gaseous ammonium compounds) – Manual method). Berlin (Beuth-Verlag).