

Tatjana Winter, Torsten Hinz, Christopher Zierke und Jens Lippmann

# Henne oder Manager – wer ist für Staub und Ammoniak im Stall verantwortlich?

Europäischem und nationalem Recht folgend, werden in Deutschland Legehennen nicht mehr in Käfigen gehalten. Es sind bereits Alternativen auf dem Markt. Eine Beurteilung von verschiedenen Haltungs-/Managementsystemen für Legehennen mit dem Bezug auf die Gesundheit des Menschen und den Umweltschutz ist erforderlich. Eine offene Frage ist die Relevanz von luftgetragenem Staub und Ammoniak. Dieser Aufsatz stellt die Untersuchungen in zwei Systemen für die Haltung von Legehennen – Voliere und die Deutsche Kleingruppe – dar und nimmt Bezug auf die Staub- und Ammoniakkonzentrationen im Stall und deren Emissionsmassenströme. Die Systeme variieren in Größe, Besatzdichte und Betriebsführung. Erste Daten von luftgetragenen Expositionen zeigen Unterschiede zwischen den untersuchten Haltungssystemen. Die Ammoniakkonzentration reicht von unter 1 ppm bis über 20 ppm und bei PM4 von 0,1 bis 2 mg/m<sup>3</sup>. Ammoniak wird hauptsächlich durch den Kot der Vögel produziert. Entmischungsstrategie ist eine der wichtigsten Faktoren um die Konzentration von Ammoniak zu reduzieren. Staubemissionen werden hauptsächlich durch die Aktivität der Vögel verursacht, die z. B. durch das Lichtprogramm beeinflusst werden kann.

## Schlüsselwörter

Legehennen, Staub, Ammoniak, Voliere, Kleingruppenhaltung

## Keywords

Laying hens, dust, ammonia, aviary, German small group housing system

## Abstract

Winter, Tatjana; Hinz, Torsten; Zierke, Christopher and Lippmann, Jens

Hen or manager – who is responsible for dust and ammonia in the stable?

Landtechnik 67 (2012), no. 2, pp. 127–132, 6 figures, 3 tables, 10 references

According to EU and national regulations in Germany layers are kept not any longer in cages. There are alternatives on the market. An assessment of different keeping/management

systems for laying hens with regard to individuals' health and environmental protection is required. One open question concerned is the relevance of airborne dust and ammonia. This paper deals with investigations running in two systems for keeping laying hens – aviary and German small group housing system – regarding dust and ammonia concentrations inside the stable and their emission flows. The systems vary in size, stocking density and management. First data on airborne exposure indicate differences between the housing systems investigated. The ammonia concentrations reach from less than 1 ppm to more than 20 ppm and PM4 from 0,1 to 2 mg/m<sup>3</sup>. Ammonia produced essentially by the birds' faeces. Manure management is one of the most important factors to reduce the concentration of ammonia. Dust emissions are mainly caused by birds' activity which can be influenced by e.g. the light programme.

Die Produktion von Hühnereiern hat in Deutschland einen hohen Stellenwert und eine lange Tradition. Legehennen werden in kleineren Familienbetrieben mit einer Bestandsgröße von 3 000 Vögeln häufig mit Selbstvermarktung gehalten. Hier

Tab. 1

Einflussfaktoren der Lüftgüte im Stall

Table 1: Factors influencing air quality in the barn

<b>Haltungsform</b> <i>Keeping system</i>		
Interne Quellen <i>Internal source</i>	Staub <i>Dust</i>	Ammoniak <i>Ammonia</i>
Einstreu <i>Litter</i>	++	+
Kotbandreinigung <i>Manure belt cleaning</i>	+	++
Sandbad <i>Sand bath</i>	++	0
Lichtprogramm <i>Light programme</i>	++	0
<b>Management/Aktivität von Mensch und Tier</b> <i>Birds and farmers activity</i>		

herrscht ein individuelles Stallmanagement. In der Mehrzahl werden Legehennen in Betrieben mit einem industriellen, standardisierten Management gehalten. In diesen Ställen sind durchaus Bestände mit 100 000 Tieren pro Stall möglich.

Nach dem Verbot der konventionellen Käfighaltung 2010 in Deutschland [1] musste auf alternative Haltungsformen zurückgegriffen werden. Darüber hinaus hat sich in Deutschland eine neue Haltungsform, die Kleingruppenhaltung, entwickelt. Seit dem 1. Januar 2012 gilt das Verbot der Käfighaltung für alle Mitgliedsstaaten der EU. Es zeichnet sich jedoch ab, dass diese generelle Umsetzung nicht erreicht wurde.

Andere Faktoren, wie Raum- und Energiebedarf spielen neben der Gesundheit und dem Wohlergehen von Mensch und Tier ebenfalls eine große Rolle. Volieren haben gegenüber der Bodenhaltung den Vorteil, dass die Besatzdichte durch Nutzung der dritten Dimension höher sein kann. Diese Tatsache hat möglicherweise einen Einfluss auf die Luftgüte im Stall und die Emissionen luftfremder Stoffe, wie in früheren Projekten gezeigt werden konnte [2–6].

In einem weiteren interdisziplinären Projekt soll herausgefunden werden, welchen Einfluss die Vögel und das Management auf die Produktion von Stäuben und Ammoniak in Volieren und Kleingruppenhaltungen haben. Hieraus sollen Managementempfehlungen abgeleitet werden, die eine Freisetzung dieser Stoffe vermindern. Dies ist Gegenstand des vorliegenden Artikels. Weitergehende Ergebnisse zum Tierwohl, Tierverhalten und anderer Parameter sind nicht in diesem Bericht enthalten.

**Tabelle 1** zeigt die relevanten Quellen von Staub und Ammoniak im Stall, die von der Haltungsform, dem Management und von Aktivitäten von Mensch und Tier abhängig sind. Die Größe der Abhängigkeiten werden aufsteigend von „0“ (kein Einfluss) bis „++“ (großer Einfluss) dargestellt. Eine Wertung (positiv oder negativ) ist damit nicht verbunden.

## Material und Methoden

Innerhalb von 3 Jahren, von Januar 2010 bis Dezember 2012, sollen 72 Ställe kommerzieller Farmen untersucht werden. Die Anlagen sind annähernd gleichmäßig über das Bundesgebiet verteilt (**Abbildung 1**). Die östlichen Gebiete sind leider unterrepräsentiert.

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichtes nehmen 32 Volieren und 28 Kleingruppen (KG) an der Feldstudie teil, die mit unterschiedlichem Management bezüglich der Einstreu arbeiten. In beiden Haltungsformen wurden Ställe mit und ohne Einstreu untersucht. Emissionen und Konzentrationen der gesundheitsrelevanten Partikelfractionen sowie Ammoniak werden einmal im Projektverlauf über einen Zeitraum von 24 bis 48 h online gemessen. Messungen zur Luftgüte im Stall wurden an einer zentralen Position durchgeführt. Die Emissionen werden direkt in den Abluftkanälen ermittelt. Bei mehreren Kanälen ist zumeist nur die Messung an einem Kanal möglich. Die Zulässigkeit dieses Vorgehens zur Erlangung genereller Aussagen konnte in einem früheren Projekt aufgezeigt werden [7].

Beide Messpositionen waren mit der gleichen Messtechnik ausgerüstet. Alle Instrumente waren gegeneinander kalibriert. Jedes einzelne Gerät wurde in gewissen Abständen werksseitig kalibriert.

Die Ammoniakkonzentrationen wurden mit einem Multi-gas-Monitor gemessen. Für PM-Konzentrationen kamen optische Aerosol-Spektrometer zum Einsatz, mit denen die arbeitsplatzrelevante alveolengängige Fraktion nach DIN EN 481 (A-Staub, später als PM<sub>4</sub> bezeichnet) und bezüglich der Umwelt PM<sub>10</sub> nach DIN EN 12341 bestimmt wurden [8, 9].



Abb. 1

Räumliche Verteilung der Ställe im Verbundprojekt – Praxis  
Fig. 1: Local distribution of farms attending the field study

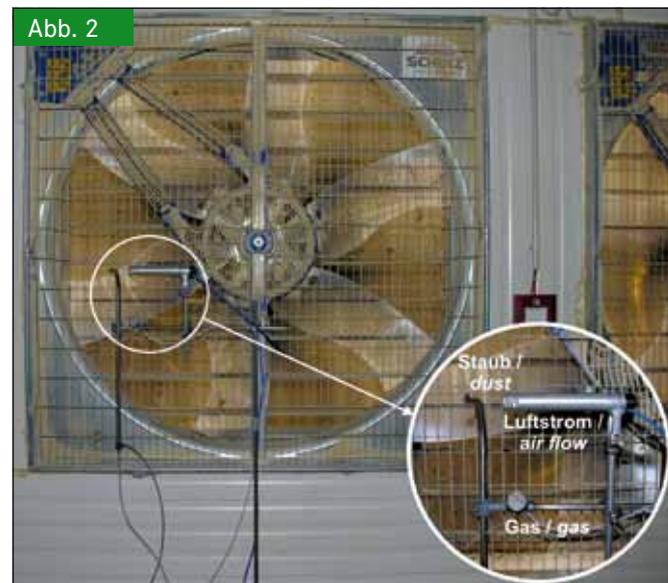
Um aus den optischen Messungen Massenkonzentrationen ableiten zu können, ist die Kenntnis der physikalischen Dichte erforderlich. Diese wurde aus Staubproben mittels Pyknometer bestimmt. Alle Proben wurden vorher mit einem 100- $\mu$ m-Sieb von größeren Gebilden, z.B. Federn, getrennt. Die 100- $\mu$ m-Grenze wurde gewählt, um einen Anschluss an die Definition des einatembaren (E-)Staubes zu erlangen.

Als ein großes Problem stellte sich die Bestimmung des Abluftvolumenstromes dar. Verschiedene Steuerungsstrategien mit einer teils hohen Anzahl von Abluftkaminen machten bei begrenzten messtechnischen Ressourcen die direkte Erfassung des Gesamtabluftstromes unmöglich. In vielen Fällen bieten die Stallcomputer diese Information, wenn auch nicht durch direkten Datentransfer. Mit einem Camcorder wurden die Momentanwerte des Volumenstromes vom Display aufgenommen.

Zusätzlich wurde im Referenzkanal die Luftgeschwindigkeit mit einem Flügelradanemometer mit eigenem Datenlogger aufgezeichnet. Die gesamte eingesetzte Messtechnik ist in **Tabelle 2** aufgeführt.

Zur Messung der Partikelemissionen wurde eine Probenahme in der Eintrittsebene des Abluftkanals unter isokinethischer Bedingung nach VDI 2066 angestrebt. In einigen Fällen war es jedoch nicht möglich, die Sonde entsprechend zu po-

sitionieren. In diesen Fällen wurde die Probe isokinethisch in einem Abstand von etwa 15 cm von der eigentlichen Messposition gezogen (**Abbildung 2**).



Positionierung des PM Sammlers vor einem Abluftkanal  
(Foto: Winter)

Fig. 2: Localisation of the PM sampler in front of an exhaust opening

Tab. 2

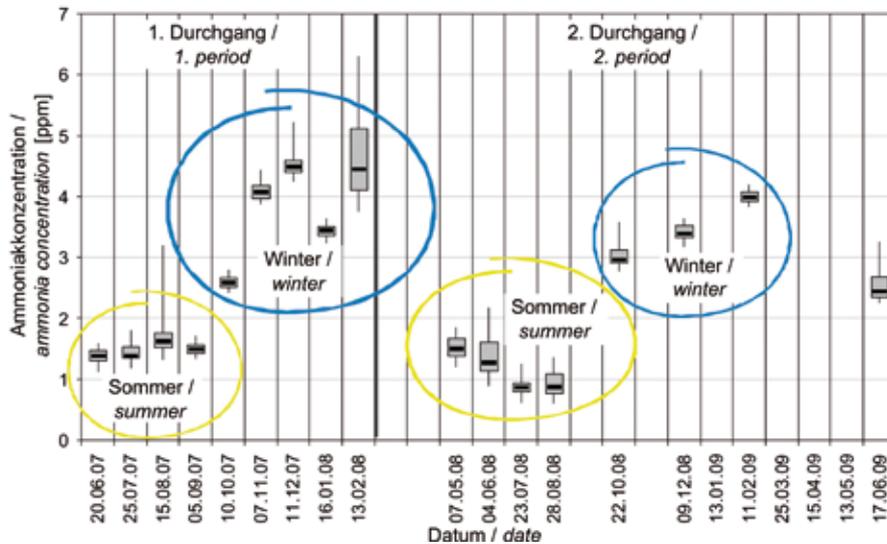
Messtechnik in der Feldstudie

Table 2: Measuring equipment of the field study

Messgröße Measure	Messinstrument Measuring instrument	Messprinzip Measuring principle
Ammoniak Ammonia	Innova 1302 Multigas-Monitor Innova 1302 multi gas monitor	Optoakustik opto acoustics
Ammoniak Ammonia	Innova 1312 Multigas-Monitor* Innova 1312 multi gas monitor*	Optoakustik opto acoustics
12-Kanal-Überwachungssystem Twelve-channel monitoring system	Innova 1309 Mehrpunktsammler* Innova 1309 multipoint sampler*	Elektroklappen electronic valves
PM10, PM4, PM2,5	Grimm optischer Partikelzähler 1.108 und 1.108 Grimm optical partical counter 1.108 and 1.108	Streulicht light scattering
Luftstrom Air flow	Hoentzsch Flügelrad-Anemometer Hoentzsch anemometer fan wheel	Anemonetrie anemometry
Luftstrom Air flow	Reventa Flügelrad-Anemometer* Reventa anemometer fan wheel*	Anemonetrie anemometry
Dichte Density	Pyknometer 50 ml pycnometer 50 ml	Gravimetrie gravimetry
Temperatur, rel. Feuchte Temperature, rel. humidity	Wetterstation weather station	Pt100 und kapazitiver Sensor Pt100 and capacitive sensor
Temperatur, rel. Feuchte Temperature, rel. humidity	Tinytag Ultra* Tinytag Ultra *	NTC Thermistor und kapazitiver Sensor NTC thermistor and capacitive sensor
Luftdruck Pressure	Fischer Barometer* Fischer barometer	Aneroid aneroid

\* Messinstrumente von SMUL/equipment of SMUL.

Abb. 3



Saisonaler Einfluss auf die Ammoniakkonzentration in einer Kleingruppe  
 Fig. 3: Seasonal influence of ammonia concentration in the small group

Alle Messungen sollten zur besseren Vergleichbarkeit mit den Untersuchungen zum Tierverhalten und Tierwohl im letzten Drittel einer Legeperiode durchgeführt werden. Die Daten zum Legedurchgang mussten vom Betreiber abgefragt werden. So ergab sich ein eher zufälliger Zeitplan der Messungen im Bezug auf die Jahreszeit. Die äußeren Wetterbedingungen haben jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Luftgüte und die Emissionen von zwangsbelüfteten Ställen (**Abbildung 3**).

In einem zusätzlichen Teil des Projektes wird deshalb in ausgewählten Ställen (in Sachsen) in jedem Quartal eines Jahres in einem Zeitfenster von 2 bis 4 Wochen gemessen, um einen saisonalen Effekt zu ermitteln, mit dem die zufälligen Werte justiert werden können.

## Ergebnisse und Diskussion

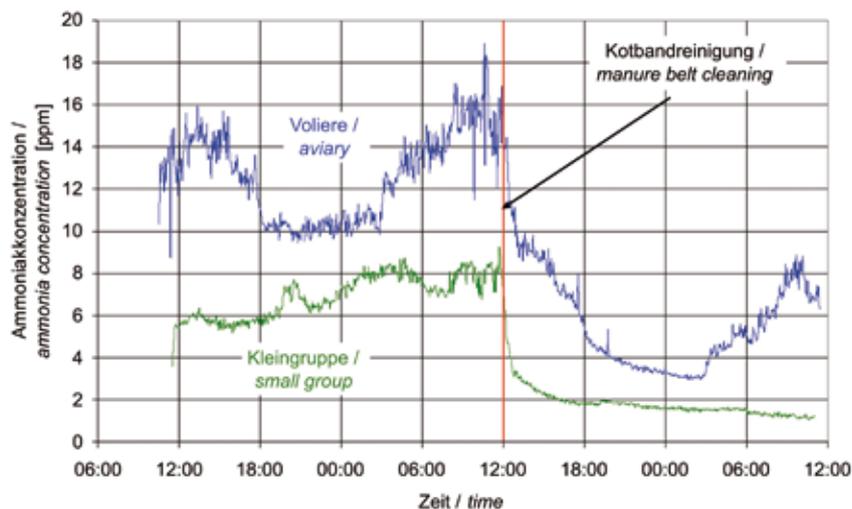
Im Folgenden werden die Ergebnisse zuerst exemplarisch für die Ammoniak- und PM<sub>4</sub>-Konzentrationen für je eine Voliere und eine Kleingruppe vorgestellt. Danach folgen die Ergebnisse für zwei Kleingruppenhaltungen mit unterschiedlichen Kotbandreinigungsstrategien.

### Konzentrationen

Die ersten Daten zeigen einen Unterschied zwischen den Systemen Voliere und Kleingruppe.

Ammoniak wird in erster Linie über die Exkremente der Vögel produziert. Ein wesentlicher Faktor ist im Kotmanagement zu sehen. In **Abbildung 4** sind für die Messung von 48 h

Abb. 4

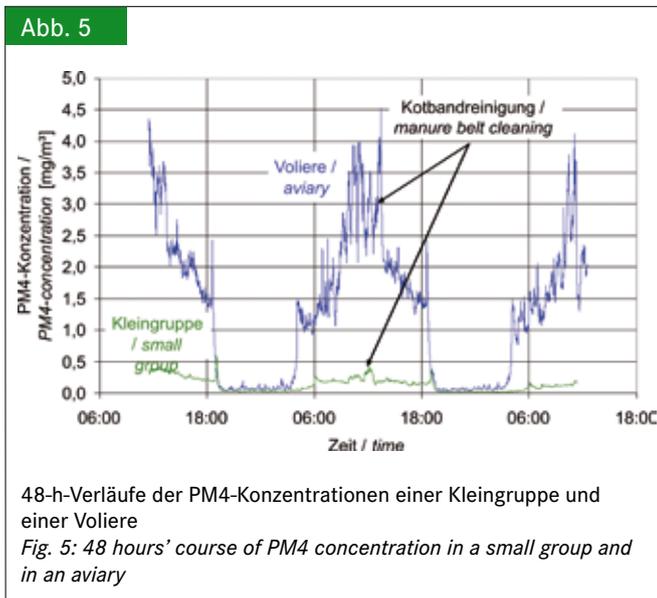


48-h-Verläufe der Ammoniakkonzentrationen einer Kleingruppe und Voliere  
 Fig. 4: 48 hours' course of ammonia concentration in a small group and in an aviary

die Verläufe der Ammoniakkonzentrationen in einer Kleingruppenhaltung mit 6720 und einer Voliere mit 1500 Vögeln dargestellt. Das Kotband wird einmal pro Woche geleert, wobei die Konzentrationen von relativ hohen Werten schnell um den Faktor 6 abfällt. Insgesamt ergaben sich trotz des geringeren Besatzes für die Voliere höhere Konzentrationen als in der Kleingruppe. Über einen solch deutlichen Unterschied zwischen maximaler und minimaler Konzentration in Abhängigkeit von der Kotbandreinigung wurde auch von Hahne [10] berichtet. Für eine Beurteilung der Luftgüte in einem Stall oder einem Haltungssystem ist es notwendig, die Ammoniakkonzentration im zeitlichen Zusammenhang mit der Kotbandreinigung zu sehen.

Die Staubkonzentration wird hauptsächlich von der Aktivität der Vögel beeinflusst und ist über das Lichtprogramm steuerbar. Tagsüber sind deutlich höhere Werte als nachts zu beobachten.

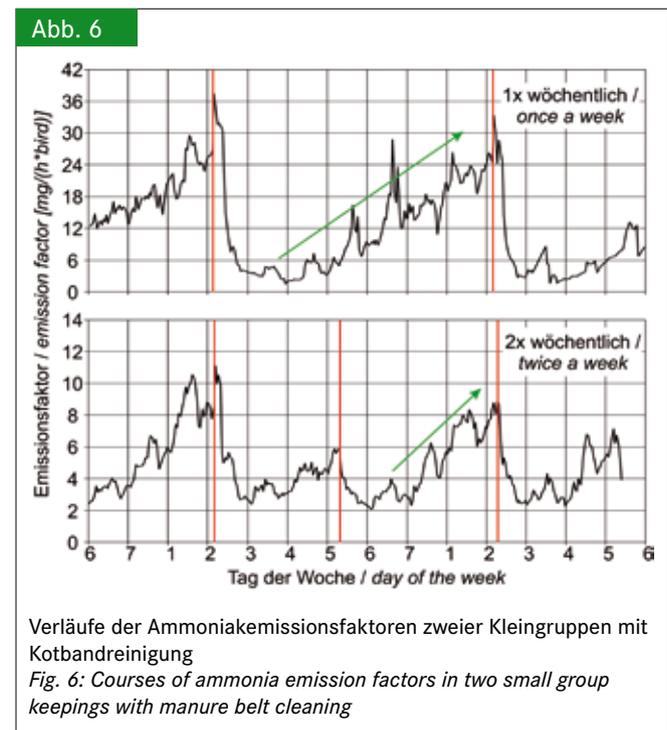
Insgesamt ist die Staubbelastung in der Voliere trotz geringerem Tierbesatz um nahezu eine Größenordnung höher als in der Kleingruppe. Auch andere Tätigkeiten, wie Tierkontrolle, Eiersammeln und Reinigungsmaßnahmen, können zu kurzfristigen Konzentrationsspitzen führen (Abbildung 5).



Abhängig von der Zielrichtung einer Untersuchung sind auch andere Daten wie PM4/PM10, PM2.5/PM10 von Interesse. Wie aus **Tabelle 3** ersichtlich, sind die Werte für Kleingruppe und Voliere nahezu gleich.

**Emissionen**

Wenn auch die Konzentrationen der luftfremden Stoffe im Stall nur sehr bedingt dazu benutzt werden können, um die Emission abzuschätzen, so erhob sich die Frage ob und inwieweit die Kotbandreinigung sich im Emissionsfaktor widerspiegelt **Abbildung 6** zeigt die Emissionen bezogen auf die Tierzahl. Dadurch wird eine Vergleichbarkeit der zwei untersuchten Kleingruppen erreicht. Die Kotbandreinigung erfolgte in einem Stall einmal pro Woche und in dem anderen zweimal. Unabhängig von der absoluten Größe des Emissionsfaktors wird der Einfluss der zweifachen Kotbandreinigung deutlich. Der zeitliche Verlauf wird geglättet, d. h. das Verhältnis von Maximum zu Minimum wird kleiner und fällt von nahezu 9 auf 3.



**Tab. 3**  
 PM4/PM10, PM2.5/PM10 in der Kleingruppe und in der Voliere  
 Table 3: PM4/PM10, PM2.5/PM10 in a small group and in an aviary

System System	Verhältnis Ratio	Median Median	Unteres Quartil Lower quartile	Oberes Quartil Upper quartile
Kleingruppe Small group	PM2.5/PM10	0,13	0,12	0,14
	PM4/PM10	0,40	0,38	0,43
Voliere Aviary	PM2.5/PM10	0,12	0,11	0,13
	PM4/PM10	0,38	0,36	0,42

### Schlussfolgerungen

Die Luftgüte im Stall und die Emissionen aus Legehennenhaltungen werden von den Tieren verursacht, können aber durch das Management erheblich beeinflusst werden – im positiven wie im negativen Sinn.

In einem Teilprojekt einer interdisziplinären noch laufenden Feldstudie werden Konzentrationen im Stall und daraus resultierende Emissionen für Ammoniak und Staub am Beispiel von Volieren und Kleingruppen ermittelt, um Managementempfehlungen abzuleiten.

Ammoniak kann durch häufigere Abfuhr des Kotes mittels Kotband reduziert werden. PM kann durch eine Steuerung der Tieraktivität durch das Lichtprogramm beeinflusst werden. Weitergehende quantitative Aussagen dazu können erst nach Abschluß des Projektes und der Zusammenführung der Ergebnisse aller Projektteilnehmer gemacht werden.

### Literatur

- [1] Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), geändert durch die Verordnung vom 30. November 2006 (BGBl. I S. 2759)
- [2] Hinz, T.; Winter, T.; Linke, S.; Zander, F. (2009): PM and ammonia emissions from alternative systems for laying hens. Proceedings of the XXXIII CIOSTA CIGR Conference, Vol. 3, June 17–19, 2009, Reggio Calabria, Italy, pp. 1889–1893
- [3] Hinz, T.; Winter, T.; Linke, S. (2010): Luftfremde Stoffe in und aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen – Teil 1: Ammoniak. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 60(3), S. 139–150
- [4] Winter, T.; Linke S.; Hinz T. (2009): Workload in alternative keeping systems for laying hens. 16. AKAL Congress, March 9–10, 2009, Potsdam, Germany. In: *Bornimer Agrartechnische Berichte* 66, S. 76–84
- [5] Hinz, T.; Zander, F. (2010): Small group keeping – a new German system for laying hens. *AgEng. Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering*, Sept. 6–8, 2010, Clermont-Ferrand, France
- [6] Winter, T.; Hinz, T.; Linke, S.; Zander, F. (2009): Farmers exposure to airborne contaminants in different systems for layers. Proceedings of the XXXIII CIOSTA CIGR Conference, Vol. 2, Jun17–19, 2009, Reggio Calabria, Italy, pp. 1595–1599
- [7] BLE Abschlussbericht Projekt 05HS012/1-2 (2009): Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes: Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen
- [8] DIN EN 481 (1993): Arbeitsplatzatmosphäre. Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel
- [9] DIN EN 12341 (1998): Luftbeschaffenheit. Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub. Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Meßverfahren und Referenzmeßmethode
- [10] Hahne, J. (2010): Multistage exhaust air treatment for poultry farming. *Landtechnik* 65(5), pp. 334–337

### Autoren

- Dipl. Chem.-Ing (FH) Tatjana Winter** ist technische Mitarbeiterin, **Dr.-Ing. Torsten Hinz** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und **B. Eng. Christopher Zierke** ist technischer Mitarbeiter am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik am Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: tatjana.winter@vti.bund.de.
- Dr. Jens Lippmann** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft, Am Park 03, 04886 Arzberg OT Köllitsch.

### Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2807UM012.

Dieser Beitrag ist eine erweiterte Fassung einer Präsentation auf der XXXIV CIOSTA CIGRV Conference, Wien, 2011.