

# Partikelkonzentrationen in der Stallabluft

## Ein Vergleich mit der Innenraumkonzentration

*In typischen Tierställen für Legehennen wurde die Partikelkonzentration sowohl im Innenraum als auch in der Abluft gemessen. Untersucht wurden ein Volierenstall und ein Käfigstall. Bei den Messungen wurden unterschiedliche Partikelkonzentrationen im Innenraum und der Stallabluft festgestellt.*

Dipl.-Phys. Gregor Schmitt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr. Oliver Wallenfang ist wissenschaftlicher Assistent und Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Institutsdirektor und Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; e-mail: [gregor.schmitt@uni-bonn.de](mailto:gregor.schmitt@uni-bonn.de)  
Dr. Bernd Diekmann ist Privatdozent am Physikalischen Institut der Universität Bonn, Nussallee 12, 53115 Bonn.

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassung finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

### Schlüsselwörter

Staub, Partikelkonzentration, Stallabluft

### Keywords

Dust, particle concentration, exhaust air

### Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04602 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft [1] werden in der aktuellen Fassung aus dem Jahr 2002 erstmals Grenzwerte für Staubemissionen gesetzt, die auch bei Tierställen einzuhalten sind. Zur Angabe und Prognose der aus Ställen tretenden Staubfrachten fehlen belastbare Emissionsfaktoren.

In den letzten Jahren wurden vermehrt arbeitsmedizinische Untersuchungen der Staubbelastung an Arbeitsplätzen im Stallbereich durchgeführt [2, 3]. Daher sind für Haltungsanlagen der meisten Nutztierarten typische Staubkonzentrationen im Stallinnenraum bekannt. Aufgrund der mit hohem Aufwand verbundenen messtechnischen Umsetzung der Staubkonzentrationsbestimmung in der Stallabluft wird in der Praxis zur Ermittlung des Emissionsstroms bei Tierställen die Abluftkonzentration meist mit der Innenraumkonzentration gleichgesetzt [4]. Es ist jedoch fraglich, ob die Innenraumkonzentration der Staubpartikel auf die Abluft übertragen werden kann.

Theoretische Grundüberlegungen zur Partikelausbreitung lassen vermuten, dass aufgrund von Sedimentations- und Trägheitseffekten im Verhältnis weniger große Partikel in der Abluft vorhanden sind als im Innenraum. Eine Simulation mit dem am Institut für Landtechnik der Universität Bonn entwickelten Partikelmodell NaSt3D bestätigt diese Annahmen [5].

In den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wird die Partikelkonzentration im Stallinnenraum mit der Partikelkonzentration in der Stallabluft in praktischen Versu-

chen verglichen. Die Messungen erfolgten in zwei typischen zwangsentlüfteten Legehennenställen, in einem Käfigstall für bis zu 46 000 Tiere und in einem Volierenstall, ausgelegt für 13 000 Tiere.

### Messmethode

Die Partikelkonzentrationen in der Raum- und Abluft wurden bei verschiedenen Einstellungen der Lüftungsintensität am Stallklimacomputer bestimmt.

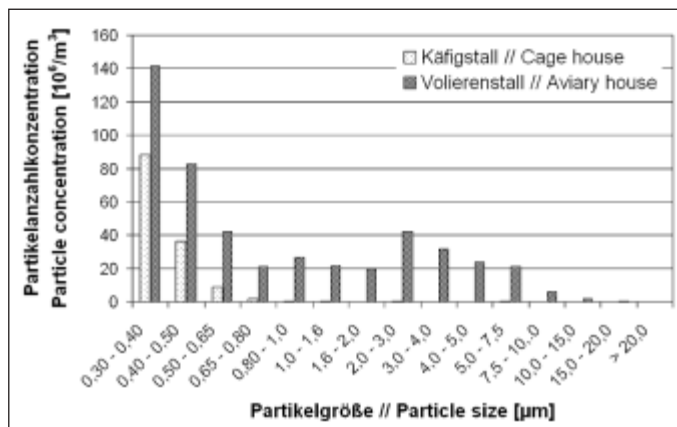
Als Messgeräte dienten zwei Aerosol-Spektrometer der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH, Ainring. Die Staubmessgeräte liefern eine Einteilung der Partikelkonzentration in Abhängigkeit der Partikelgröße. Diese Partikelanzahlkonzentration gibt die Anzahl der Partikel einer Größensfraktion in einem Volumen an.

Die Staubmessungen im Stallinnenraum erfolgten kontinuierlich nach den für den Arbeitsschutz standardisierten Messvorschriften [6, 7]. Auf diese Weise ist ein Vergleich der gemessenen Staubkonzentration mit anderen Staubmessungen aus der Literatur möglich. Die Staubproben in der Stallabluft wurden isokinetisch im Abluftkamin über dem Abluftventilator nach dem Schwerlinienverfahren entnommen [8, 9].

Am Käfigstall wurden zwei über Relais zuschaltbare Abluftkamine untersucht (Kamine K1 und K2). Am Volierenstall wurden ein unregelmäßiger Ventilator (Kamin V1) sowie ein stufenlos geregelter Ventilator (Ka-

*Bild 1: Typische Partikelanzahlkonzentration im Innenraum des Käfigstalls und des Volierenstalls*

*Fig. 1: Typical particle concentration distribution inside the cage hen house and the aviary hen house*



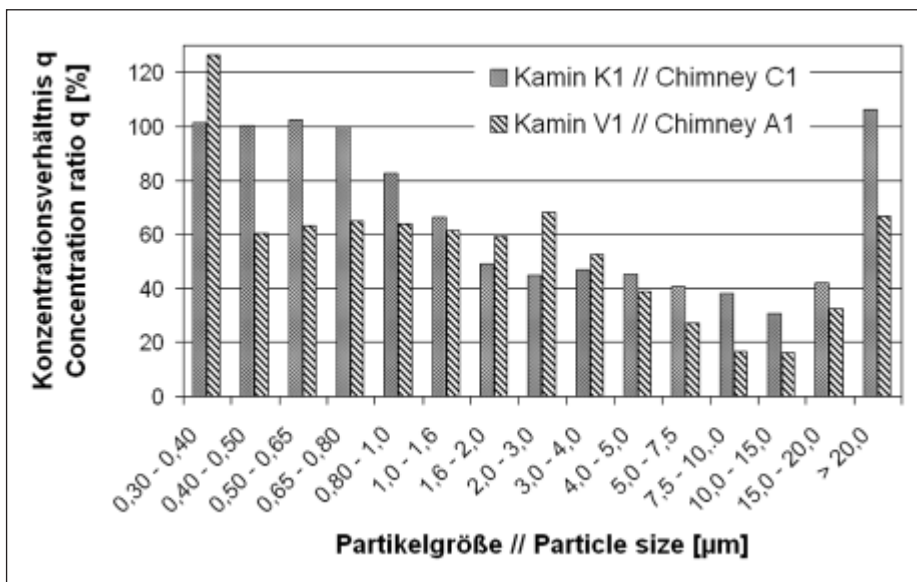


Bild 2: Gemittelte Konzentrationsverhältnisse q für die Kamine K1 (Käfigstall) und V1 (Volierenstall)

Fig. 2: Average concentration ratio q for the ventilation chimneys C1 (cage house) and A1 (aviary house)

min V2) beprobt. Die Messdauer zur Ermittlung der Partikelkonzentration im Abluftschacht betrug einige Minuten pro Messung. Alle Messungen wurden innerhalb eines Tages durchgeführt.

### Verfahren zur Datenauswertung

Zum Vergleich der Daten wurden zeitgleiche Ausschnitte der Partikelkonzentrationsmessung im Stallinnenraum und im Abluftkamin ausgewählt. Bild 1 zeigt die typische Partikelkonzentration im Innenraum des Käfigstalls und des Volierenstalls.

Zur Visualisierung der Ergebnisse wurde der Quotient q aus der Partikelkonzentration in der Stallabluft und der Partikelkonzentration im Stallinnenraum in Abhängigkeit der Partikelgröße gebildet.

$$q [\%] = \frac{\text{Partikelkonzentration in der Abluft}}{\text{Partikelkonzentration im Stallinnenraum}} \cdot 100$$

Dieses Konzentrationsverhältnis q beschreibt die Wahrscheinlichkeit, einen Partikel einer bestimmten Größe aus dem Stallinnenraum in der Abluft zu finden. Bei einem Quotienten von q = 100 % für alle Partikelgrößen müsste jedes Partikel aus dem Stallinnenraum in die Abluft gelangen. Dies bedeutete eine Übereinstimmung der Partikelinnenraumkonzentration mit der Abluftkonzentration.

### Messergebnisse

Bei den über Relais zugeschalteten Ventilatoren (K1, K2 und V1) hängt die Abluftgeschwindigkeit nicht von der Lüftungsintensität ab. Der Quotient q aus Partikelkonzentration in der Abluft und Konzentration im Innenraum bleibt bei diesen Schächten für jede Partikelgrößenfraktion nahezu konstant. Er zeigt keine Abhängigkeit von der

eingestellten Lüftungsintensität am Klimacomputer und damit dem Gesamtvolumenstrom. Zur einfacheren Darstellung wurden daher die Konzentrationsverhältnisse q bei gleichen Partikelgrößen für die Ventilatorschächte K1, K2 und V1 über die Lüftungsintensitäten gemittelt.

Bild 2 zeigt die gemittelten Quotienten q für die untersuchten Ställe. Das Konzentrationsverhältnis sinkt von kleineren Partikelgrößen zu größeren. Deutlich ist ein Minimum des Quotienten q bei einer Partikelgröße von 10 - 15 µm zu erkennen. Dies bedeutet, dass größere Partikel weniger wahrscheinlich aus dem Stall transportiert werden als kleinere Partikel.

Das Ansteigen der Quotienten bei Partikeln > 20 µm kann durch die Verschmutzung der Ventilatorschächte erklärt werden. Partikel lagern sich an den Seitenwänden der Abluftschächte ab und resuspendieren bei genügend hoher Luftgeschwindigkeit aggregiert mit anderen Partikeln als ein großes Partikel in die Abluft.

In den Abbildungen zum Konzentrationsverhältnis q sind bei kleinen Partikeln zum Teil Verhältniswerte über 100 % zu finden. Neben Messungenauigkeiten ist eine mög-

liche Erklärung, dass die Partikelkonzentration dieser Feinststäube durch die Thermik im Stall zur Stalldecke ansteigt. Vom Abluftkamin werden die Partikel im oberen Stallbereich erfasst und sind daher auch im Abluftschacht messbar. Dieser Umstand führt zu Verhältniswerten von über 100 %.

Bild 3 zeigt den Quotient q der Abluftkonzentration zur Innenraumkonzentration im Volierenstall bei verschiedenen Abluftgeschwindigkeiten v des Ventilators im Kamin V2. Bei einer durchschnittlichen Abluftgeschwindigkeit von 10 m/s ist wie in Bild 2 das Minimum des Quotienten bei einer Partikelgröße von 10 - 15 µm zu finden. Sinkt die Abluftgeschwindigkeit auf 1 m/s, werden weniger große Partikel in den Abluftkamin gesaugt. Schon bei einer Partikelgröße von 1,0 - 1,6 µm gelangen weniger als 1 % der Partikel dieser Größenfraktion vom Innenraum ins Freie. Dies deutet auf eine Abhängigkeit der Partikelkonzentration im Abluftschacht von der Abluftgeschwindigkeit hin und stützt die Vermutung in der Einleitung, dass die Partikelkonzentrationen von Innenraum und Abluft nicht übertragbar sind.

### Fazit und Ausblick

Die Annahme, dass die Partikelkonzentration im Stallinneren von der in der Abluft abweicht, konnte durch Messungen reproduzierbar bestätigt werden. Staubmessungen im Stallinnenraum dürfen demnach nicht als Berechnungsgrundlage der aus Ställen emittierten Staubfrachten genutzt werden. Die ausgetragenen Staubfrachten können nur durch Messungen in den Abluftschächten der Ställe bestimmt werden.

Inwieweit durch Strömungssimulationen Prognosen möglich sind, wird zu einem späteren Zeitpunkt untersucht. Über die beschriebenen Zusammenhänge hinausgehend erfolgen Auswertungen, die die emittierten Staubmassen aus den beprobten Legehenställen betreffen. Angaben typischer Quellstärken sind aufgrund der vorliegenden Datenbasis möglich.

Bild 3: Konzentrationsverhältnisse q in Abhängigkeit der Abluftgeschwindigkeit am Kamin V2

Fig. 3: Concentration ratio q depending on the velocity of the exhaust air at chimney A2

