

# Sedimentation von tierartspezifischen Stäuben im Stallinnenraum

*Staubemissionen aus Tierhaltungsanlagen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Um die Transmission von Aerosolen vorhersagen zu können, müssen eine Vielzahl von Parametern und Effekten berücksichtigt werden. Die Sedimentation von Partikeln im Stall ist ein wichtiger Vorgang, der nicht nur die Transmission, sondern auch das Verhältnis von Innenraumkonzentration zur Abluftkonzentration beeinflusst.*

Dipl.-Phys. Eberhard Rosenthal und Dr. Till Schneider sind wissenschaftliche Mitarbeiter, Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; e-mail: [rosenthal@uni-bonn.de](mailto:rosenthal@uni-bonn.de)  
Dr. Bernd Diekmann ist Privatdozent am Physikalischen Institut der Universität Bonn, Nussallee 12, 53115 Bonn.

## Schlüsselwörter

Sedimentation, Aerosol, Partikelform, Partikeldichte, Innenraumkonzentration, Transmission

## Keywords

Sedimentation, dust, particle shape, particle density, indoor concentration, transmission

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07210 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

**G**eht man bei Gasen davon aus, dass die Innenraumkonzentration gleichzusetzen ist mit der Abluftkonzentration, gilt dies für Aerosole nicht.

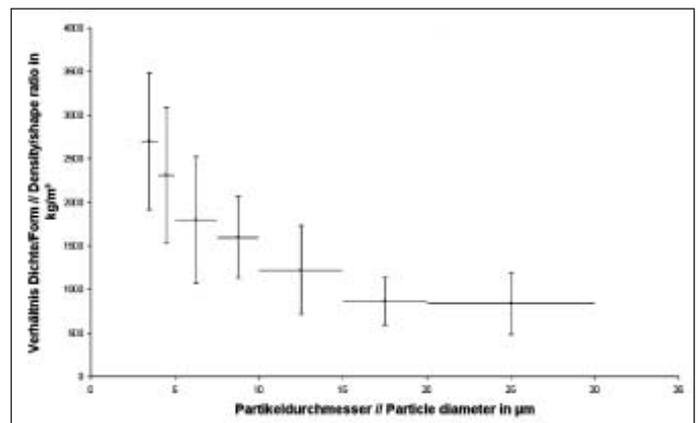
Bedingt durch ihre deutlich größere Masse unterliegen Aerosolpartikel unter anderem Sedimentationsprozessen, die zu Unterschieden zwischen der Stallinnenraumkonzentration und der Abluftkonzentration führen können. Die Sedimentationsgeschwindigkeit eines Aerosolpartikels, also die vertikale Geschwindigkeit, mit der das Partikel zu Boden sinkt, wird dabei hauptsächlich durch zwei Faktoren bestimmt: das Partikelgewicht und die Partikelform. Häufig sind die Abluftführungen im Stall und die Sedimentation zwei konkurrierende Prozesse. Im First angeordnete Abluftführungen können dazu führen, dass die Sedimentationsgeschwindigkeit der Strömungsgeschwindigkeit im Stallinneren entgegengerichtet ist. Betrachtet man Sedimentationsprozesse im Stallinneren, so ist folglich die Luftströmung zu berücksichtigen [1]. Im Allgemeinen bedeuten geringere Luftgeschwindigkeiten, dass weniger Partikel mit einem großen Durchmesser sich in der Abluftströmung befinden, da diese bereits sedimentieren konnten. Erhöht sich die Geschwindigkeit der Strömung, vermindert sich die Geschwindigkeit, mit der die Partikel absinken, im Vergleich zur Sedimentationsgeschwindigkeit in ruhender Luft. Dies hat zur Folge, dass sich eine erhöhte Anzahl größerer Partikel in der Luft befindet. Bei

noch höheren Luftgeschwindigkeiten, relativ zu einer Oberfläche, können bereits sedimentierte und auf der Oberfläche abgelagerte Partikel erneut in den Luftstrom gelangen. Diese Resuspension erhöht folglich den Anteil an Partikeln in der Luft zusätzlich. Auch hier kann das Lüftungssystem, vor allem die Art der Zuluftführung, einen maßgeblichen Einfluss haben.

Wie stark der Sedimentationsprozess gemindert wird, hängt hauptsächlich von der Partikelform und der Partikeldichte ab, da diese Parameter das aerodynamische Verhalten sowie die Trägheit des einzelnen Partikels bestimmen. Um Voraussagen über das Verhalten der Partikel treffen zu können, müssen folglich die Form und die Dichte der Partikel sowie die Partikelgröße bestimmt sein. Da sich für jede Tierart typische Muster ableiten lassen, gilt es die oben genannten Parameter experimentell zu bestimmen [2]. Da die Sedimentationsgeschwindigkeit abhängig ist von der Form und der Dichte des Partikels, lassen sich im Umkehrschluss diese Parameter auch aus einer gemessenen Sedimentationsgeschwindigkeit bestimmen. Diesen Zusammenhang nutzend besteht das Messsystem zur Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit aus einem Zylinder, in dem die Partikel abgeschirmt von äußeren Einflüssen und unter definierten klimatischen Parametern sedimentieren können. Aus der Zeitspanne zwischen dem Freisetzen des Tierstaubes und dem optischen Nachweis der Partikel lässt sich bei bekann-

*Bild 1: Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform in Abhängigkeit des Partikeldurchmessers für eine Staubprobe aus der Legehennenvolierenhaltung*

*Fig. 1: Ratio of particle density to particle size for different particle size classes in a dust sample from an aviary house for laying hens*



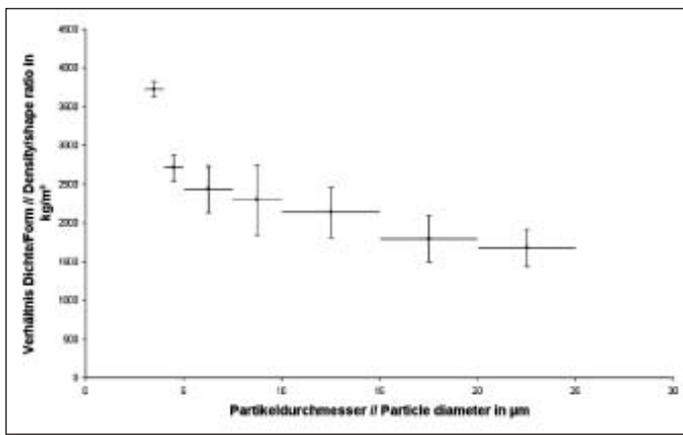


Bild 2: Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform in Abhängigkeit des Partikeldurchmessers für eine Staubprobe aus der Schweinemast

Fig. 2: Ratio of particle density to particle form for different particle size classes in a dust sample from pig fattening

ter Strecke die Sedimentationsgeschwindigkeit des einzelnen Partikels berechnen. Unter Berücksichtigung der während des Versuches gemessenen Parameter Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck lässt sich das Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform mathematisch bestimmen. Ist die Dichte von Aerosolpartikeln von Interesse, ist die Bestimmung nur möglich, wenn Informationen über die Partikelform vorliegen. Aus diesem Grund werden systematisch Tierstäube aus verschiedenen Haltungssystemen mikroskopiert. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, getrennt voneinander Aussagen über die Partikelform sowie die Partikeldichte zu machen [3].

### Die Ergebnisse

aus den bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass sich vor allem Unterschiede zwischen den Aerosolen von verschiedenen Tierarten ausmachen lassen. Bisher wurden Staubproben aus der Schweinemast, Geflügelhaltung und Rinderhaltung untersucht; aus den beiden erstgenannten Untersuchungen liegen bereits Ergebnisse vor. Unterschiede in der Haltungform beeinflussen die Sedimentationsgeschwindigkeit und damit das Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform in Abhängigkeit der Partikelgröße nur marginal, wobei der Faktor zwischen eingestreuten und nicht eingestreuten Verfahren den größten Effekt hat.

Die untersuchten Staubproben aus der Geflügelhaltung stammen einerseits aus einem Stall mit Volierenhaltung. In Bild 1 werden exemplarisch die Messwerte für das Verhältnis von Partikeldichte zu Partikelform für die Staubprobe aus der Legehennenvolierenhaltung wiedergegeben.

Auffällig sind, im Gegensatz zu Normstäuben, die verschiedenen Verhältnisse von Partikeldichte zur Partikelform in unterschiedlichen Größenklassen. Kleine Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 3,5 µm weisen ein um den Faktor drei höheres Verhältnis von Partikeldichte zur Parti-

kelform auf als die großen Partikel der gleichen Staubprobe.

Ein möglicher Grund für die großen Abweichungen zwischen den einzelnen Partikelgrößen ist eher in einer Varianz der Partikeldichten als in unterschiedlichen Partikelformen zu suchen. Die Dichte kleinerer Partikel mit einem Durchmesser von 3 bis 5 µm liegt im Bereich von Beton, der je nach Zusatzstoffen eine Dichte von 2000 kg/m<sup>3</sup> bis zu 3000 kg/m<sup>3</sup> aufweist, während hingegen die Dichte der größeren Partikel in den Bereich von organischen Materialien fällt, wie etwa Futterbestandteilen, Hautschuppen oder Federbruchstücken [4]. Verstärkend kommt hinzu, dass die Partikelform bei Partikeln mineralischen Ursprungs meist sphärischer ist als bei Partikeln aus organischem Material, so dass sowohl Nenner als auch Zähler zugleich das Verhältnis vergrößern oder verringern.

Um Unterschiede zwischen den einzelnen Tierarten herauszustellen, wurden zugleich mehrere Staubproben aus der Schweinemast in einem Stall mit etwa 480 Tieren untersucht. Die Tiere werden viermal am Tag mit Flüssigfutter versorgt. Um Unterschiede, verursacht durch das Fütterungssystem, ausschließen zu können, stammen Vergleichsproben aus einem sonst identischen Stall mit Trockenfütterung.

Im Kurvenverlauf der beiden untersuchten Staubproben lassen sich keine signifikanten Unterschiede erkennen. Sehr wohl gibt es aber Unterschiede im Vergleich zwischen den beiden Tierarten. Bild 2 zeigt stellvertretend für die untersuchten Stäube aus der Schweinemast das Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform.

Im Gegensatz zu den untersuchten Staubproben aus Hühnerställen zeigt die Probe aus dem Schweinestall (Bild 2) homogenere Messergebnisse in Abhängigkeit des Partikeldurchmessers. Es zeigt sich, dass erneut die Partikel mit einem kleineren Durchmesser höhere Verhältnisse von Dichte zur Form aufweisen als Partikel mit einem größeren

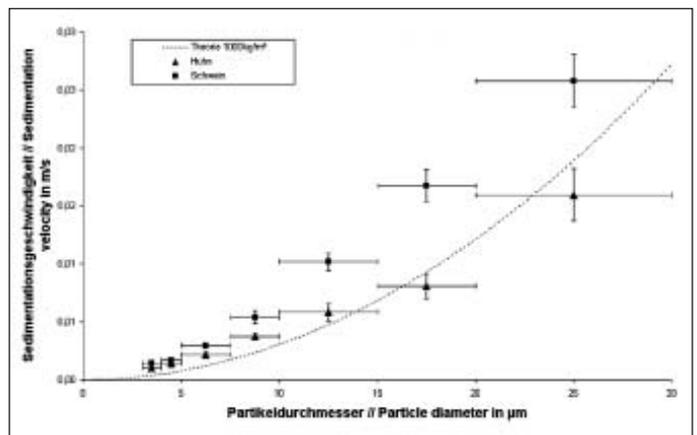


Bild 3: Vergleich der Sedimentationsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Partikelgröße von Stäuben aus der Schweinemast und der Geflügelhaltung. Gestrichelt dargestellt ist die Sedimentationsgeschwindigkeit für sphärische Partikel mit einer Dichte von 1000 kg/m<sup>3</sup>

Fig. 3: Comparing measured sedimentation velocities depending on particle size classes from dust samples from pig fattening and from an aviary house for laying hens. The broken line is the sedimentation velocity of spherical particles with a density of 1000 kg/m<sup>3</sup>

Durchmesser. Bei Aerosolen aus dem Bereich Schwein fallen die Unterschiede jedoch geringer aus als beim Geflügel. Eine Ausnahme stellen die Partikel mit einem mittleren Durchmesser von 3,5 µm dar, hier übersteigt das Verhältnis von Partikeldichte zur Form die Werte aus dem Geflügelbereich. Dies lässt auf den mineralischen Ursprung der Partikel aus der betreffenden Größenfraktion schließen, während Partikel mit größerem Durchmesser eher organischen Quellen zuzuordnen sind. Des Weiteren ist zu klären, ob der Ursprung (tierisch oder pflanzlich) einen Einfluss auf die Sedimentationsgeschwindigkeit und damit auf die Partikeldichte hat.

Die durchgeführten Messungen zeigen Tierart spezifische Unterschiede. Dies wirkt sich zum einen auf das Sedimentationsverhalten von Aerosolen im Stallinneren, zum anderen aber natürlich auch auf die Transmission der emittierten Aerosole aus. Bild 3 zeigt den Vergleich der Sedimentationsgeschwindigkeiten von typischen Stäuben, wie sie im Bereich der Schweinemast und der Geflügelhaltung vorkommen.

### Fazit

Es erscheint sinnvoll, das Verhalten von Aerosolen Tierart spezifisch zu betrachten. Gerade bei der Sedimentation ergeben sich deutliche Unterschiede, die zum einen die Transmission, aber auch das Verhältnis von Innenraum- zur Abgaskonzentration beeinflussen. Um zu einer breiteren Datengrundlage zu gelangen, werden in Bonn weiterhin Stäube verschiedenster Tierarten untersucht. Die experimentell gewonnenen Daten können in Ausbreitungssimulationen verwendet werden, um so eine präzisere, an die Tierart angepasste Prognostik der Aerosoltransmission vornehmen zu können.