

Christoph Nannen, Gregor Schmitt-Pauksztat und Wolfgang Büscher, Bonn

# Mikroskopische Untersuchung von Staubpartikeln in Mastschweineeställen

## Unterschiede zwischen Flüssig- und Trockenfütterung

*Fütterungsanlagen von Schweinen werden klassisch in Trocken- und Flüssigfütterung unterteilt. Bisherige Untersuchungen zeigen deutliche Unterschiede in der Staubzusammensetzung und Staubkonzentration. Die vorliegende Untersuchung zeigt, in welchem Maße die Unterschiede beim heutigen Stand der Technik noch anzutreffen sind. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei modernen Anlagen nur in einigen Fraktionsgruppen Unterschiede in Partikelgrößenverteilung und Partikelform bestehen.*

Untersuchungen in vergangenen Jahren zeigten, dass ein Stallsystem mit Flüssigfütterung gegenüber einer Trockenfütterung 50% weniger Partikel ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) freisetzt [1, 2]. Dabei ist die Quelle „Futter“ in der Flüssigfütterung als „nicht mehr vorhanden“ bezeichnet worden. Dawson stellte dagegen eine hohe Partikelkonzentration bei einer ad libitum Trockenfütterung der Schweine fest [1].

Bei der Betrachtung der momentan eingesetzten verfahrenstechnischen Lösungen in beiden Fütterungssystemen sollte dieser Unterschied überprüft werden. Ein Vergleich der technischen Ausführung der beiden Fütterungssysteme zeigt nur wenige Unterschiede, die Einfluss auf die Zusammensetzung der luftgetragenen Partikel haben.

### Untersuchte Mastschweineeställe

Es wurden in zwei Mastschweineeställen mit je 100 Tieren und unterschiedlichen Fütterungsvarianten (trocken - flüssig) die Partikelgrößenverteilung und die Partikelform der Stallinnenluft bestimmt. Beide untersuchten Ställe waren als Warmställe mit Vollspaltenboden mit Mastschweinen von ~ 85 kg Lebendmasse belegt. Das Lüftungsprinzip war in beiden Varianten die Türganglüftung.

Für die Variante „Trockenfütterung“ stand eine Chargen-Fütterung zur Verfügung. In den Abteilen befanden sich Rohrbreiauto-

maten, die durch eine Seilförderanlage mit Trockenfutter beschickt wurden. Die Automaten waren oben geschlossen. Ein Fallrohr führte vom Ablaufventil am Seilförderer bis in den Automaten hinein, wobei das Futter keinen Kontakt zur Stallinnenluft hat. Im Trog wurde das Trockenfutter durch die Schweine mit Wasser angefeuchtet. Pro Tag erfolgten fünf Fütterungen. Es ist nur Futter in Mehlform verabreicht worden.

In der Variante Flüssigfütterung wurde eine Sensor-Flüssigfütterung untersucht, die sechsmal pro Tag Flüssigfutter mit einem TS-Gehalt von 22 bis 24% zu den Mastschweinen förderte. In den Anmischbottich gelangten nur Komponenten in Mehlform. Das Futter ist ab Futterventil an der Ringleitung durch ein Fallrohr direkt in den Trog für die Schweine geflossen.

### Messmethode

Die Partikel sind in beiden Stallsystemen mit einem achtstufigen Kaskadenimpaktor (Andersen-Sammler) der Firma Schäfer Technologie, Langen, entnommen worden. Im Sammler werden die Partikel gemäß ihres aerodynamischen Durchmessers in acht Stufen fraktioniert. Die Laufzeit des im Stall in einer Höhe von 1 m positionierten Sammlers betrug 20 Minuten. Die Partikel wurden auf Glasplatten gesammelt, um eine mikroskopische Untersuchung vornehmen zu können. Zusätzlich wurde Futterstaub mit dem An-

Dipl.-Ing. agr. Christoph Nannen und Dipl.-Phys. Gregor Schmitt-Pauksztat 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: c.nannen@uni-bonn.de

### Schlüsselwörter

Staub, Staubquellen, Partikelgröße, Partikelform, Mastschweine, Flüssig-, Trockenfütterung

### Keywords

Dust, dust origin, particle size, particle form, fattening pigs, liquid feeding, dry feeding

Tab. 1: Einteilung der Partikelstruktur in Shapes

Table 1: Classification of particle structure after shapes

Shape	Shape 1	Shape 2	Shape 3	Shape 4	Shape 5	Shape 6
Beispiele						

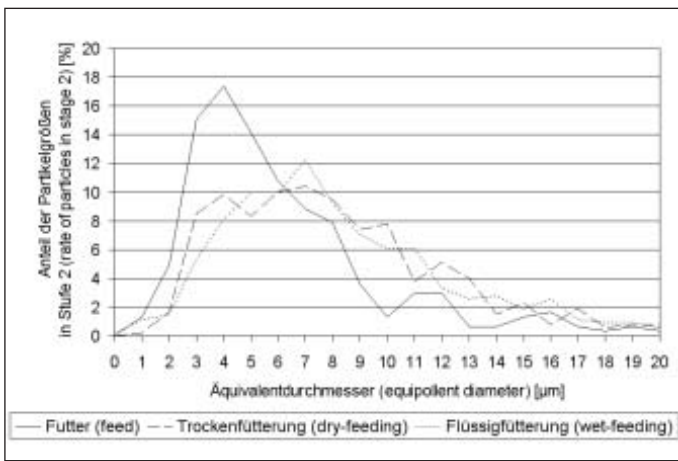


Bild 1: Anteile der Partikelgrößen in % bei jeweiligem Äquivalentdurchmesser in µm in Stufe 2 des Andersen-Sammlers

Fig. 1: Percentage of particle sizes at the respective equivalent diameter in µm in stage 2 of the Andersen-collector

Andersen-Sammler fraktioniert und wie bei den Fütterungsvarianten analysiert.

### Auswertungsverfahren

An einem Durchlichtmikroskop der Firma Leitz, Wetzlar, mit aufgesetzter Digitalkamera erfolgte die mikroskopische Untersuchung der Partikel. Mit einer Bildverarbeitungs-Software war es möglich, die Flächeninhalte der Partikel zu bestimmen, die maßgeblich für die Größenbestimmung herangezogen wurden. Neben der Bestimmung der Partikelgröße erfolgte auch eine Einteilung der Partikel nach ihrer Form (Shapes). Wie in *Tabelle 1* zu erkennen ist, finden sich innerhalb einer Shape-Klasse formähnliche Partikel.

Jedes fotografierte Partikel konnte demnach durch seinen Äquivalentdurchmesser und seine Form beschrieben werden. Insgesamt betrug die Anzahl der ausgewerteten Partikel aus der Trocken- und Flüssigfütterung pro Stufe im Andersen-Sammler jeweils  $n = 600$ .

### Ergebnisse

Die ausgezählten durchschnittlichen Äquivalentdurchmesser liegen in allen Stufen im Bereich der für den Andersen-Sammler angegebenen aerodynamischen Durchmesser. *Tabelle 2* zeigt den Vergleich zwischen den berechneten Mittelwerten und theoretisch bestimmten aerodynamischen Durchmessern des Andersen-Sammlers.

Anhand der Partikelgrößenverteilung und der Partikelform in den einzelnen Stufen des

Andersen-Sammlers soll im Folgenden deutlich gemacht werden, in welchen Bereichen Unterschiede zwischen den Fütterungssystemen vorhanden sind.

### Partikelgrößenverteilung

Die Partikelgrößenverteilung von Staub aus Trocken- und Flüssigfütterung ist in den Stufen 0 bis 4 nahezu identisch. Dafür ist die Stufe 2 des Andersen-Sammlers in *Bild 1* dargestellt.

Stufe 5 weist dagegen bei der Trockenfütterung höhere Anteile an kleineren Partikeln mit Äquivalentdurchmessern  $< 1,0 \mu\text{m}$  auf. In Stufe 6 verstärkt sich diese Tendenz. Dagegen liegen in Stufe 7 die Fütterungsvarianten wieder auf einem Niveau.

### Partikelform

Bei den Partikelformen gibt es in allen Formklassen Unterschiede, die allerdings nicht sehr groß ausfallen. In Shape 1 weichen beispielsweise nur in den Stufen 5 bis 7 die prozentualen Anteile der beiden Fütterungsvarianten voneinander ab. Auch in den anderen Shapes lässt sich beobachten, dass in den Stufen 5 bis 7, also den Stufen mit Durchmessern kleiner  $1 \mu\text{m}$ , Abweichungen vorhanden sind. Je kleiner die Partikel, desto größer wird der Anteil runder und ovaler Bestandteile.

### Diskussion

In Verbindung mit den Ergebnissen aus der Partikelgrößenverteilung kann die Aussage abgeleitet werden, dass die Trockenfütterung nur tendenziell in den Stufen 5 bis 7, al-

so in einem Größenbereich unter  $1 \mu\text{m}$  gegenüber der Flüssigfütterung höhere Staubfreisetzung verursacht.

Die in der Literatur angegebenen Staubreduktionen von 50% und 58% können nur tendenziell, nicht jedoch wertmäßig bestätigt werden, weil eine Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration für die Gesamtheit der luftgetragenen Partikel nicht durchgeführt wurde. Die Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten können zudem nur in der Zeit von der Futtervorlage bis zur Futtermittelaufnahme der Tiere gefunden werden.

Die Freisetzung der Partikel in der Trockenfütterung ist jedoch abhängig von der Anfeuchtung des Futters durch die Schweine. Im Trockenfütterungssystem zeigen Beobachtungen, dass nicht das gesamte Futter von den Schweinen angefeuchtet wird. Teile bleiben in Mehlform vorhanden. Das Tier ist hier ein nicht kalkulierbarer Faktor.

Bei der Flüssigfütterung sind zum einen durch die Feuchtigkeit die Partikel gebunden. Zum anderen befindet sich das Futter nur kurze Zeit im Futtertrog. Es gelangen nur ausgetrocknete Futterreste in die Umgebungsluft, die nicht sofort von den Tieren aufgenommen wurden. Die Einwirkung des Wassers auf das Futter kann wie in der Trockenfütterung einen Einfluss auf die Form der emittierten Futterpartikel haben.

### Fazit und Ausblick

Die bisher angenommenen Unterschiede in der Staubentwicklung zwischen Trocken- und Flüssigfütterung müssen relativiert werden. Durch neue verfahrenstechnische Lösungen in den Trockenfütterungssystemen kann eine nahezu identische niedrige Staubentwicklung erzielt werden wie in der Flüssigfütterung. Diese neuen Systeme für Trockenfutter wie etwa Rohrbreiautomaten sind mittlerweile Stand der Technik. Weitere gezielte Untersuchungen zum Thema Staubquellen könnten dazu beitragen, die Staubkonzentration in der Stallluft weiter zu senken und gezielt auf die Staubquellen bezogene emissionsmindernde Maßnahmen einzuleiten.

### Literatur

- [1] Dawson, J. R.: Minimizing dust in livestock buildings: Possible alternatives to mechanical separation. J. Engng. Res. 47 (1990), pp. 235-248
- [2] Zeitler, M.H., M. König und W. Groth: Der Einfluss von Futterform [mehlförmig, pelletiert, flüssig] und Jahreszeit auf die Konzentration und Korngrößenverteilung luftgetragener Staubpartikel in Mastschweineeställen. Deutsche Tierärztl. Wochenschrift 94 (1987), H. 7, S. 420 - 424
- [3] Firma Schäfer: Betriebsanleitung des Andersen-Sammlers, D-63225 Langen

Tab. 2: Vergleich der berechneten Mittelwerte der Äquivalentdurchmesser mit der theoretisch bestimmten Einteilung der aerodynamischen Durchmesser des Andersen-Sammlers [3], Angaben in µm

	Futterstaub	Trockenfütterung	Flüssigfütterung	Theorie Andersen-Sammler
Stufe 0	6,40	13,62	12,80	$> 11$
Stufe 1	5,34	8,31	8,34	7 bis 11
Stufe 2	4,69	6,92	6,89	4,7 bis 7
Stufe 3	2,79	5,03	4,71	3,3 bis 4,7
Stufe 4	1,29	3,13	3,37	2,1 bis 3,3
Stufe 5	0,81	0,61	1,87	1,1 bis 2,1
Stufe 6	0,48	0,59	1,37	0,65 bis 1,1
Stufe 7	0,33	0,40	0,41	0,43 bis 0,65

Table 2: Comparing of computed means of equivalent diameters with the theoretically determined classification of aerodynamic diameters of the Andersen-collector [3], figures in µm