

Felix Garlipp, Engel Hessel und Herman Van den Weghe

# Wirkung flüssiger Zusatzmittel auf die Schwebstaubgenerierung von Hafer

Obwohl Schwebstaub aus Krippenfuttermitteln im direkten Einatmungsbereich des Pferdes beim Füttern generiert und eingeatmet wird, wird dieser oftmals vernachlässigt. Dementsprechend war es das Ziel dieser Untersuchung, die Wirkung von drei Flüssigadditiven (Wasser, Öl, Melasse) in drei unterschiedlichen Konzentrationen (1, 2 und 3 %) bei der Zugabe zu ganzem und gequetschtem Hafer auf die Schwebstaubgenerierung unter Laborbedingungen zu analysieren. Durch die 1%ige Zugabe von Öl konnte insgesamt eine 90,6%ige Schwebstaubminderung erzielt werden (PM<sub>20</sub>). Bei gleicher Dosierung von Wasser bzw. Melasse kam es lediglich zu einer 60,4 bzw. 69,1%igen Reduzierung von Schwebstaub.

## Schlüsselwörter

Schwebstaub, Flüssigzusatzmittel, Partikelabscheidung, Futtermittel, Pferdehaltung

## Keywords

Airborne dust, liquid additives, particle separation, feeds, horse husbandry

## Abstract

Garlipp, Felix; Hessel, Engel and Van den Weghe, Herman

Effect of liquid additives on the airborne particle generation of oats

Landtechnik 66 (2011), no. 6, pp. 443–447, 3 figures, 2 tables, 6 references

The generation of airborne particle from feeds is often neglected, but especially during the feeding airborne particles can generate in the horse's direct breathing zone and be inhaled. Therefore, the aim of this study was to analyze the effect of three different liquid additives (water, oil, molasses) in three different concentrations (1, 2 and 3 %) mixed with cleaned whole or rolled oats on the generation of airborne particles under standardized laboratory conditions. By the addition of 1 % oil, a reduction in the PM<sub>20</sub> fraction of 90.6 % could be achieved. The same dosage of water or molasses only resulted in a reduction of 60.4 or 69.1 %, respectively.

Der Einfluss erhöhter Konzentrationen an Schwebstaub in der Stallluft auf respiratorische Erkrankungen bei Tieren und Menschen wurde in zahlreichen Studien untersucht [1]. Vor allem der Respirationstrakt des Pferdes reagiert sehr empfindlich auf Schwebstaub. In einer Vielzahl von Untersuchungen konnte analysiert werden, dass in Pferdeställen Einstreumaterialien sowie Raufuttermittel die Hauptquellen für luftgetragene Partikel darstellen [1, 2]. Die Schwebstaubgenerierung aus Krippenfuttermitteln wird dabei oftmals vernachlässigt. Dass auch von diesen eine nicht unerhebliche Schwebstaubkonzentration ausgeht, konnte in verschiedenen standardisierten Laborversuchen bewiesen werden [3]. Dabei generierte ungeringerer ganzer Hafer eine mittlere Schwebstaubkonzentration (PM<sub>20</sub>) von 9,4 und gereinigter Hafer von 2,5 g/m<sup>3</sup>. Demnach konnte allein durch die Trockenreinigung (Aussieben und Absaugen von Partikeln) von Hafer der Schwebstaub um bis zu 80 % reduziert werden (PM<sub>20</sub>, PM<sub>10</sub>) [3]. Eine weitere Option Schwebstaub zu reduzieren, stellt das Mischen von Kraftfuttermitteln mit Tierfetten oder Pflanzenölen dar, wodurch eine Reduzierung des Futterstaubes von 35–70 % erreicht werden konnte [4]. Diese Methode wurde bisher primär in der Schweine- und Geflügelhaltung eingesetzt. Das Ziel dieser Studie war folglich, die schwebstaubmindernde Wirkung von drei Flüssigadditiven in drei unterschiedlichen Konzentrationen bei der Zugabe zu ganzem und gequetschtem Hafer unter Laborbedingungen zu analysieren.

## Materialien und Methoden

Der Effekt des Zumischens von Flüssigzusatzmitteln auf die Generierung von Schwebstaub wurde unter standardisierten Bedingungen anhand von gereinigtem Hafer (ganz und gequetscht) untersucht. Für die Analysen wurden insgesamt 800 kg handelsüblicher, gereinigter ungequetschter Hafer (Littergewicht = 530 g) verwendet. Das Reinigen erfolgte im Vorfeld

der Untersuchungen mithilfe des Aspiratuer OPTIMA 2002 NA (ZUTHER GmbH, Karwitz, Deutschland). Das Quetschen (Haferquetsche Universal, Sommer Maschinenbau GmbH, Deutschland) fand unmittelbar vor Versuchsbeginn statt. Die gesamte Hafermenge stammte aus einer Charge. Die nachfolgenden drei Flüssigzusatzmittel wurden ausgewählt:

- Leitungswasser
- Rapsöl (APTI, Zentrale Handelsgesellschaft - ZHG - mbH, Deutschland)
- Zuckerrübenmelasse (42 % Zuckergehalt; MIAVIT GmbH, Deutschland)

Um die Menge an Flüssigzusätzen zu ermitteln, welche aus Sicht der Schwebstaubreduzierung am effizientesten ist, wurde jedes Flüssigzusatzmittel in drei verschiedenen Konzentrationen zu 2 kg Hafer dosiert. Es wurden folgende Massenkonzentrationen, bezogen auf 2 kg Hafer, verwendet:

- 1 % (20 g = 20 ml Wasser, 23 ml Öl, 18 ml Melasse)
- 2 % (40 g = 40 ml Wasser, 46 ml Öl, 36 ml Melasse)
- 3 % (60 g = 60 ml Wasser, 69 ml Öl, 54 ml Melasse).

#### Mischtechnik und -methode

Das Anmischen (Hafer und Flüssigzusatz) erfolgte mithilfe des Tisch-Cutters ST11 (Albert Schumann GmbH, Deutschland), der in **Abbildung 1** dargestellt ist. Dieser bestand aus einer 15 cm tiefen, geschlossenen Halbschale ( $d = 55$  cm), die - durch einen Motor angetrieben - mit einer konstanten Geschwindigkeit (19 U/min) rotierte. Durch einen Schlitz (1 cm breit und 5 cm lang) im Deckel wurde vertikal eine Mischschnecke in die Halbschale eingelassen, die entgegen der Rotationsbewegung der Halbschale eine eigene Drehbewegung ausführte (100 U/Min). Unmittelbar vor der Schwebstaubmessung wurden 2 kg des Hafers abgewogen und in die Halbschale der Mischervorrichtung gefüllt. Danach wurde die entsprechende Menge des jeweiligen Flüssigzusatzes abgewogen und in eine Spritze aufgezogen. Nach dem Starten beider Motoren (Halbschale und Misch-

schnecke) wurde die Flüssigkeit über eine Öffnung im Deckel dem Hafer manuell zudosiert. Jeder Mischvorgang dauerte 5 Minuten. Danach wurde das Gemisch aus der Halbschale entnommen und zurückgewogen. Das Gemisch wurde direkt im Anschluss an den Mischvorgang einer speziellen Staubkammer zugeführt.

#### Schwebstaubmesstechnik und -methode

Mithilfe des gravimetrisch messenden Online-Schwebstaubmessgerätes TEOM 1400a der Firma Rupprecht und Patashnick Company (USA), wurde von jedem Gemisch die Schwebstaubgenerierung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] über 60 Minuten analysiert (pro Minute ein Messwert). Das Gerät wurde in eine eigens für diese Studie entwickelte Staubkammer (1,5 x 1 x 1 m) integriert. Zur Differenzierung des Schwebstaubs wurden drei verschiedene Messköpfe verwendet, die in einer Höhe von 1 m installiert wurden.

- $\text{PM}_{20}$   $\leq 20 \mu\text{m}$  (Gesamtschwebstaub)
- $\text{PM}_{10}$   $< 10 \mu\text{m}$  (thoraxgängiger Schwebstaubanteil)
- $\text{PM}_{2,5}$   $< 2,5 \mu\text{m}$  (alveolargängiger Schwebstaubanteil)

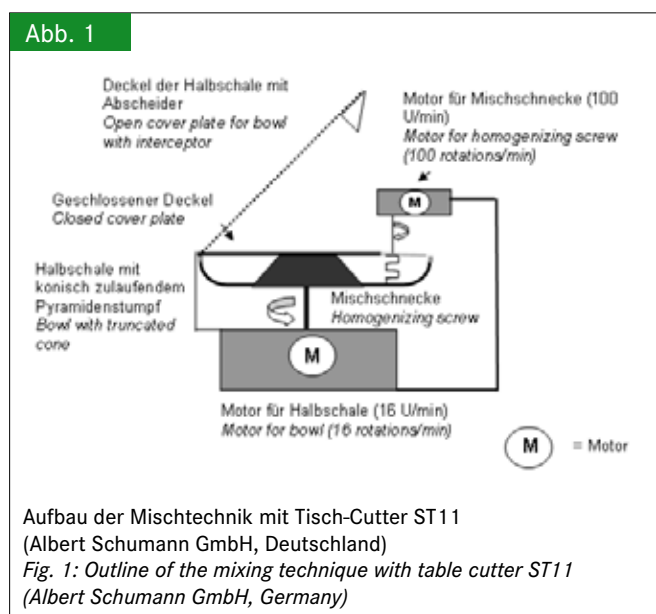
Für eine standardisierte Materialzufuhr wurde an der Außenseite der Kammer ein Einfüllbehälter mit Schiebevorrichtung installiert. Mit dem Öffnen der Schiebevorrichtung rutschte das Gemisch in eine Halbschale ( $d = 0,5$  m) im Inneren der Staubkammer. Die Halbschale simulierte dabei den Futtertrog und die Messung der Schwebstaubkonzentration begann, sobald das Gemisch hineinrutschte (3 Wiederholungen pro Messkopf, Hafervariante, Flüssigzusatzmittel und Konzentration = 162 Versuchsdurchgänge). Des Weiteren wurden 18 Messungen der Schwebstaubgenerierung des Hafers ohne Zusatz (0-Probe) vorgenommen (3 Wiederholungen pro Messkopf und Hafertyp), so dass insgesamt 180 Messungen à 60 Minuten in dieser Studie durchgeführt wurden. Um den Einfluss der Mischvorrichtung auf die Höhe der Schwebstaubgenerierung auszuschließen, wurden auch die 0-Proben vor Beginn der Schwebstaubmessungen für 5 Minuten im Mischer bearbeitet.

#### Statistik

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe des Programms SAS 9.1 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Mit der Prozedur GLM wurden Varianzanalysen für die jeweiligen Datensätze durchgeführt, wodurch der Einfluss der fixen Faktoren „Flüssigzusatzmittel“ und „Konzentration“ sowie die Interaktion zwischen beiden auf die mittlere 60 Minuten Schwebstaubkonzentration ( $C_{\text{mean}} [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ ) geschätzt wurde. Zusätzlich wurden die mittlere Absorptionsfähigkeit, Fließgeschwindigkeit und partikuläre Zusammensetzung bestimmt. Mithilfe des t-Tests wurden signifikante Unterschiede ( $P \leq 0,05$ ) ermittelt.

#### Begleitanalysen

Des Weiteren wurde die Absorptionsfähigkeit des Hafers in Bezug auf die drei Flüssigzusatzmittel analysiert. Dazu wurden 50 g des Hafers (ganz, gequetscht) mit 150 ml des jeweiligen Flüssigzusatzmittels vermischt. Zum Abtropfen wurde das Gemisch nach zwei Stunden für 5 Minuten in ein Sieb (Maschen-



Tab. 1

Mittlere Absorptionsfähigkeit (LSM  $\pm$  SE) von ganzem und gequetschtem Hafer in Abhängigkeit vom Flüssigzusatzmittel (n = 3)

Table 1: Mean fixation capacity (LSM  $\pm$  SE) of whole and rolled oats depending on liquid additive

Flüssigzusatzmittel Additives	Ganzer Hafer/Whole oats			Gequetschter Hafer/Rolled oats		
	Wasser Water	Öl Oil	Melasse Molasses	Wasser Water	Öl Oil	Melasse Molasses
Absorptionsfähigkeit [%] $\pm$ SE Fixation capacity [%] $\pm$ SE	23,20 <sup>a</sup> $\pm$ 1,37	15,97 <sup>b</sup> $\pm$ 1,37	31,75 <sup>c</sup> $\pm$ 1,37	50,51 <sup>d</sup> $\pm$ 1,37	33,65 <sup>c</sup> $\pm$ 1,37	75,24 <sup>e</sup> $\pm$ 1,37

a,b,c,d,e = LSM der Absorptionsfähigkeit mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ( $P \leq 0,05$ ).

a,b,c,d,e = LSM of fixation capacity with different letters are significantly different ( $P \leq 0.05$ ).

weite 2 mm) gefüllt. Danach wurde der Hafer erneut gewogen (n = 3). Zusätzlich wurde die Fließgeschwindigkeit der Flüssigzusätze analysiert. Dazu wurden 50 ml des jeweiligen Flüssigzusatzmittels in einen Trichter (d = 6 cm) gefüllt, welcher unten verschlossen war. Nach dem Öffnen des Verschlusses wurde die Zeit gestoppt bis optisch keine Flüssigkeit mehr im Trichter zu sehen war (n = 3).

## Ergebnisse und Diskussion

### Fließgeschwindigkeit der Flüssigzusätze und Absorptionsfähigkeit von Hafer

In Bezug auf die Fließgeschwindigkeit der jeweiligen Zusätze (50 ml) benötigte Wasser mit 3,34 Sekunden eine mittlere Dauer zum Passieren des 6 cm langen (d = 0,6 cm) Trichterstückes. Öl benötigte dazu 6,83 Sekunden. Im Vergleich aller Zusätze war Melasse am zähflüssigsten und passierte das Trichterstück in 33,44 Sekunden. Beide Hafervarianten wiesen im Vergleich zu Wasser und Öl ( $P < .0001$ ) die höchste Absorptionsfähigkeit bei Melasse auf (Tabelle 1).

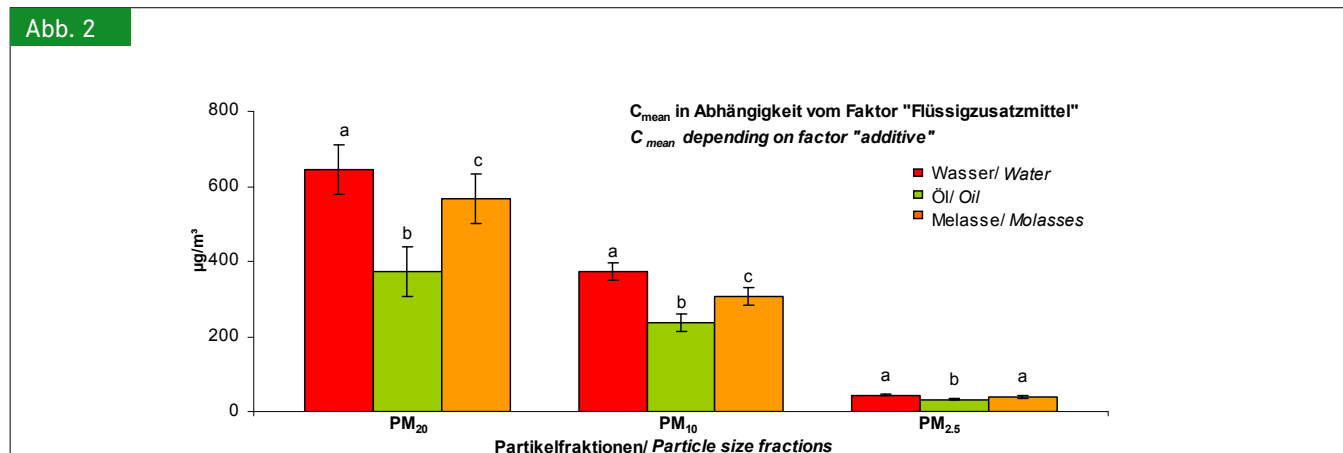
Die Menge von 50 g gequetschtem Hafer konnte 75,24 % und 50 g ganzer Hafer 31,75 % der Melasse (150 mg) binden. Bei beiden Hafervarianten wurde Öl am wenigsten aufge-

nommen (Hafer ganz 15,97 %; Hafer gequetscht 33,65 %). Ein möglicher Grund dafür könnte in den Fließeigenschaften der Zusätze begründet sein. Wasser weist von allen drei Zusätzen die niedrigste Viskosität auf, wodurch es sein könnte, dass Wasser im Vergleich zu Öl und Melasse deutlich schneller vom Hafer absorbiert wird und somit in die Interzellularräume eindringt. Dies würde die Aussage bestätigen, wonach Öl weniger als andere Flüssigkeiten von Feststoffen absorbiert wird [5]. Die hohe Absorption der Melasse könnte damit erklärt werden, dass Melasse aufgrund der deutlich höheren Viskosität und dem hohen Zuckeranteil verstärkt am Kornäußeren haften bleibt.

### Schwebstaubanalysen Effekt – Flüssigzusatzmittel

In allen Partikelfractionen das Zumischen von Öl den signifikant höchsten Effekt. **Abbildung 2** stellt die mittlere Konzentration ( $C_{mean}$ ) in Abhängigkeit vom Faktor „Flüssigzusatzmittel“ grafisch dar. Insgesamt generierte das Hafer-Öl-Gemisch in der Partikelfraktion  $PM_{20}$  die signifikant niedrigste mittlere Schwebstaubkonzentration von 372,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gegenüber 643,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  des Hafer-Wasser-Gemisches ( $P < .0001$ ) und 565,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  des Hafer-Melasse-Gemisches ( $P = 0,0008$ ).

Abb. 2



$C_{mean}$  und Standardfehler der Partikelfractionen  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  in Abhängigkeit vom Faktor „Flüssigzusatzmittel“ (n = 24 pro Fraktion und Flüssigzusatzmittel); a,b,c = Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Partikelfraktion unterscheiden sich signifikant voneinander ( $P \leq 0,05$ )

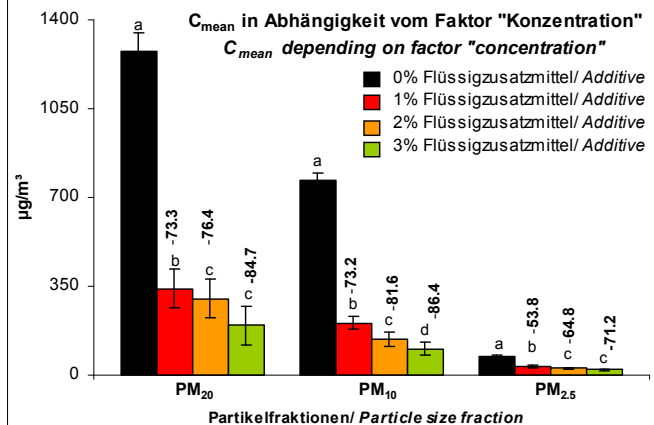
Fig. 2: Least squares means and standard error of airborne particle concentrations ( $C_{mean}$ )  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  depending on the factor „additive“ (n = 24 per additive and particle size fraction); a,b,c = different letters within a particle fraction means the values differ significantly ( $P \leq 0.05$ )

In der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> generierte insgesamt das Hafer-Öl-Gemisch eine um 36 bzw. 23 % niedrigere Schwebstaubkonzentration gegenüber dem Hafer-Wasser-Gemisch bzw. dem Hafer-Melasse-Gemisch. In beiden Partikelfractionen fiel die Schwebstaubgenerierung des Hafer-Melasse-Gemisches im Vergleich zu der des Hafer-Wasser-Gemisches signifikant (PM<sub>20</sub>: P = 0,0427; PM<sub>10</sub>: P = 0,0015) niedriger aus. In PM<sub>2,5</sub> traten zwischen beiden Gemischen keine signifikanten Unterschiede auf (**Abbildung 2**). Einer der Gründe für die signifikant höchste Schwebstaubreduzierung durch Öl könnte die Ausbildung des Ölfilms an der Kornoberfläche sein, wodurch Staubpartikel an der mit Öl benetzten Oberfläche anhaften. Diese Filmbildung ist bei Wasser nicht gegeben. Die Adhäsionskraft, die ein Maß für den Grad der Benetzung eines Festkörpers durch eine Flüssigkeit ist [5], wird als eine der wichtigsten Eigenschaften von Öl bezeichnet. Der Ölfilm auf der Kornoberfläche gewährleistet ein totales Umschließen des Partikels und ein neuerliches „Aufwirbeln“ wird verhindert.

**Schwebstaubanalysen Effekt – Konzentration**

Insgesamt kam es in allen Partikelfractionen infolge der 1%igen Zugabe zu einer signifikanten (P < .0001) Reduktion der Schwebstaubgenerierung gegenüber den 0-Proben (**Abbildung 3**). Zu einer weiteren signifikanten Schwebstaubreduktion führte in allen Partikelfractionen die Erhöhung von der 1 zur 2%igen Zugabe der Flüssigzusätze. Durch das Erhöhen der Konzentration an Flüssigzusatz von 2 auf 3 % kam es nur noch in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> zu einer signifikanten (P = 0,0025)

Abb. 3



C<sub>mean</sub> und Standardfehler (PM<sub>20</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) in Abhängigkeit vom Faktor „Konzentration“ (n = 18 pro Konzentration und Fraktion) sowie die Schwebstaubreduzierung [%] gegenüber der 0-Probe; a,b,c,d = Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Partikelfraktion unterscheiden sich signifikant voneinander (P ≤ 0,05)

Fig. 3: C<sub>mean</sub> and standard error (PM<sub>20</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) depending on the factor "concentration" (n = 18 per concentration and particle size fraction) and airborne particle reduction [%] with respect to the airborne particle generation of the controls (0 % additive); a,b,c,d = different letters within a particle fraction means the values differ significantly (P ≤ 0.05)

Tab. 2

C<sub>mean</sub> [µg/m<sup>3</sup>] (LSM) und Standardfehler (SE) in Abhängigkeit von der Interaktion der Faktoren „Flüssigzusatzmittel“ und „Konzentration (C)“ sowie die dazugehörige Schwebstaubreduktion (E [%])

Table 2: Least squares means (LSM) and standard errors (SE) of C<sub>mean</sub> [µg/m<sup>3</sup>] depending on the interaction between factors "additive" and "concentration (C)" and the reduction in airborne particle generation (E [%])

Flüssigzusatzmittel / Additive	C	Partikelfraktion / Particle size fraction						
		PM <sub>20</sub>		PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>		
		LSM+ [µg/m <sup>3</sup> ]	E [%]	LSM++ [µg/m <sup>3</sup> ]	E [%]	LSM+++ [µg/m <sup>3</sup> ]	E [%]	
0-Probe / None	0 %	1273,1 <sup>a</sup>		768,7 <sup>a</sup>		73,3 <sup>a</sup>		
	Wasser / Water	1 %	504,6 <sup>b</sup>	- 60,4	300,3 <sup>b</sup>	- 60,9	43,5 <sup>b</sup>	- 40,7
		2 %	485,2 <sup>b</sup>	- 61,9	219,9 <sup>bc</sup>	- 71,4	33,1 <sup>bc</sup>	- 54,8
		3 %	310,7 <sup>bc</sup>	-75,6	202,4 <sup>c</sup>	- 73,7	26,8 <sup>c</sup>	- 63,4
Öl / Oil	1 %	120,3 <sup>c</sup>	- 90,6	81,2 <sup>d</sup>	- 89,4	24,9 <sup>cd</sup>	- 66,0	
	2 %	51,2 <sup>e</sup>	- 96,0	58,9 <sup>de</sup>	- 92,3	15,3 <sup>e</sup>	- 79,1	
	3 %	44,3 <sup>e</sup>	- 96,5	38,4 <sup>e</sup>	- 95,0	15,0 <sup>e</sup>	- 79,5	
Melasse / Molasses	1 %	393,2 <sup>b</sup>	- 69,1	236,2 <sup>bc</sup>	- 69,3	33,2 <sup>bc</sup>	- 54,7	
	2 %	365,2 <sup>bc</sup>	- 71,3	146,2 <sup>c</sup>	- 81,0	28,8 <sup>cd</sup>	- 60,7	
	3 %	230,2 <sup>c</sup>	- 81,9	72,4 <sup>d</sup>	- 90,6	21,6 <sup>d</sup>	- 70,5	

a,b,c,d,e = LSM mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Partikelfraktion unterscheiden sich signifikant voneinander (P < 0,05) (LSM+ [SE = 132.6]; LSM++ [SE = 46.9]; LSM+++ [SE = 5.8]).

a,b,c,d,e = LSM within each particle fraction with different letters are significantly different (P < 0.05).

Schwebstaubminderung. Insgesamt ergab sich durch die 3%ige Zugabe eine Schwebstaubreduktion von 84,7 % in der Partikelfraktion PM<sub>20</sub>, 86,4 % in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> und 71,2% in der Partikelfraktion PM<sub>2,5</sub> (**Abbildung 3**). Des Weiteren fiel auf, dass die prozentuale Schwebstaubreduktion durch die jeweiligen Konzentrationen der Flüssigzusatzmittel in den Partikelfraktionen PM<sub>20</sub> und PM<sub>10</sub> annähernd gleich hoch war, wobei diese in der Partikelfraktion PM<sub>2,5</sub> deutlich geringer ausfiel. Es scheint so, als ob der Abscheidegrad von Partikeln mit kleiner werdender Partikelgröße abnimmt. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die größeren gegenüber den kleineren Schwebstaubpartikeln deutlich besser gebunden werden. Dies könnte mit der Clusterbildung zusammenhängen, wonach hauptsächlich Grobstaubpartikeln ( $\leq 20 \mu\text{m}$ ) bei einem erhöhten Feuchtegehalt Cluster bilden, welche durch Sedimentation dem Gesamtstaubgehalt der Luft entzogen werden [6]. Ein weiterer Grund könnte auch die deutlich niedrigere Ausgangskonzentration (0-Probe) in der Partikelfraktionen PM<sub>2,5</sub> darstellen.

#### Schwebstaubanalysen Interaktion – Flüssigzusatzmittel und Konzentration

Die Interaktion zwischen beiden Faktoren hatte nur in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> einen signifikanten ( $P = 0,0016$ ) Effekt auf die Schwebstaubgenerierung. Das Gemisch aus Hafer und 1 % Öl generierte in dieser Partikelfraktion mit  $81,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die signifikant ( $P < .0001$ ) niedrigste Schwebstaubkonzentration gegenüber jener von Wasser ( $300,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Melasse ( $236,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Bei der Dosierung von 2 % generierte ebenfalls das Gemisch aus Hafer und Öl gegenüber Wasser ( $P < .0001$ ) und Melasse ( $P = 0,0024$ ) die signifikant niedrigste Schwebstaubkonzentration. Durch die 3%ige Zugabe von Öl zu Hafer konnte insgesamt eine 95%ige Schwebstaubreduzierung erzielt werden. Die Schwebstaubkonzentrationen der Gemische aus 3 % Wasser und Melasse fielen signifikant höher im Vergleich zu der des Gemisches von 3 % Öl aus und bewirkten eine 73,7%ige (Wasser) bzw. 90,6%ige (Melasse) Reduktion (**Tabelle 2**).

#### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zugabe von Wasser die signifikant niedrigste Schwebstaubreduktion bewirkt. Durch die Zugabe von Öl trat in allen Partikelfraktionen die höchste Schwebstaubreduzierung auf, sodass aus Sicht der Partikelminderung, Öl als Flüssigzusatzmittel eine deutlich bessere Option gegenüber Melasse und Wasser darstellt. In dieser Studie erfolgte das Mischen des Hafers mit den Flüssigzusatzmitteln direkt vor der Verwendung, was dem Füttern in der Praxis entsprechen würde. Aussagen über mögliche, zeitlich bedingte Lagerungseinflüsse des Gemisches (Schimmelbildung, Ranzigkeit) können nicht getroffen werden.

#### Literatur

- [1] Clarke, A.-F. (1987): Chronic pulmonary disease – a multifaceted disease complex in the horse. *Irish Veterinary Journal* 41, pp. 258–264
- [2] Fleming, K.; Hessel, E.-F.; Van den Weghe, H.-F.-A. (2008): Generation of airborne particles from different bedding materials used for horse keeping. *Journal of Equine Veterinary Science* 28(7), pp. 408–418
- [3] Hessel, E.-F.; Garlipp, F.; Van den Weghe, H.-F.-A. (2009): Generation of airborne particles from horse feeds depending on type and processing. *Journal of Equine Veterinary Science* 29(9), pp. 665–674
- [4] Gast, R.-M.; Bundy, D.-S. (1986): Control of feed dust by adding oils. *Transactions of the ASAE* 86, p. 4039
- [5] Salyer, I.-O.; Sun, S.-M.; Schwendeman, J.-L.; Wurstner, A.-L. (1970): Foam Suppression of Respirable Coal Dust, Monsanto Research Corp, Final Report
- [6] Butera, M.; Smith, J. H.; Morrison, W. D.; Hacjer, R. R.; Kains, F. A.; Ogilvie, J. R. (1991): Concentration of respirable Dust and Bioaerosols and Identification of certain microbial Types in a Hog-growing Facility, *Can. J. anim. Sci.* 71, pp. 271–277

#### Autoren

**Dr. Felix Garlipp** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Departments für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft in Vechta, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta, E-Mail: fgarlip@uni-goettingen.de

**Prof. Dr. Engel F. Hessel** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin sowie stellvertretende Leiterin der Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft.

**Prof. Dr. Ir. Herman Van den Weghe** ist Leiter der Außenstelle in Vechta und Lehrstuhlinhaber der Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Department für Nutztierwissenschaften, Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.