

Felix Garlipp, Engel Hessel und Herman Van den Weghe

# Partikelabscheidetechnologie für Einstreumaterialien und Raufuttermittel

In Bezug auf die Reduzierung luftgetragener Partikel in der Pferdehaltung steht primär die Behandlung der Hauptkontaminationsquellen von Schwebstaub im Vordergrund. Deshalb war es das Ziel dieser Studie, den Einfluss der mechanischen Behandlung verschiedener Einstreumaterialien und Raufuttermittel mithilfe einer neu entwickelten Technologie auf die Schwebstaubkonzentration und den Schimmelpilzgehalt unter Laborbedingungen zu untersuchen. Durch die Behandlung konnte eine Schwebstaubreduzierung von bis zu 90 % in den Partikelfractionen  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$ , und  $PM_{1,0}$  erreicht werden. Die Analyse des Gehaltes an Schimmelpilzen zeigte eine bis zu 92 %ige Reduzierung. In der Partikelfraction  $PM_{2,5}$  konnte der Schwebstaub um bis zu 70 % reduziert werden.

## Schlüsselwörter

Schwebstaub, Schimmelpilzgehalt, Partikelabscheidung, Pferdehaltung

## Keywords

dust, content of mould, particle separation, horse husbandry

## Abstract

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

## Particle separation technology for bedding materials and roughages

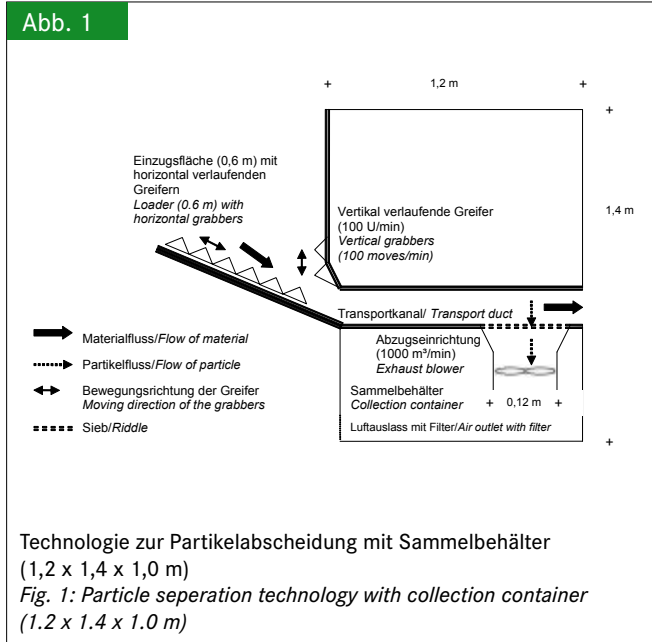
Landtechnik 66 (2011), no. 5, pp. 373–376, 3 figures, 2 tables, 5 references

With respect to the reduction of airborne particles in equine husbandry, the treatment of the main sources of dust contamination (bedding materials, roughages) must be brought to the fore. Therefore, the aim of this study was to analyze the influence of the treatment of diverse bedding materials and roughages under standardized laboratory conditions with the new particle separation technology on the generation of airborne particle and on the mould content. The particle separation resulted in an airborne particle reduction up to 90 % in particle fractions  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$  and  $PM_{1,0}$  and a reduction in mould content of up to 92 %. In the particle fraction  $PM_{2,5}$  an airborne reduction up to 70 % was observed.

Der gesamte Respirationstrakt des Pferdes stellt gegenüber allen anderen Organen die größte und empfindlichste Kontaktfläche für potenziell irritierende Substanzen aus der Luft dar, welche in einem vielfältigen Gemisch aus Gasen (u. a. Ammoniak) und luftgetragenen Partikeln auftreten [1]. Die am häufigsten auftretende, teilweise schon als „Berufskrankheit“ von Pferden bezeichnete, respiratorische Erkrankung ist die COB (chronisch obstruktive Bronchitis) bzw. die RAO (rekurrente Atemwegserkrankung). In früheren Zeiten waren die Erkrankungen als Dämpfigkeit bekannt [2]. Eine der Hauptursachen für diese Erkrankungen beim Pferd können erhöhte Konzentrationen an Schwebstaub in der Stallluft sein. Für die Generierung von Schwebstaubpartikeln im Pferdestall gelten als primäre Kontaminationsquellen verschiedene Einstreumaterialien und Raufuttermittel [3, 4]. Je höher die Staubbelastung der Luft ist, umso größer muss die Abwehrleistung des Atmungsapparates des Pferdes sein. Des Weiteren können luftgetragene Partikel auch als Träger von Schimmelpilzsporen fungieren, welche zusätzlich ein hohes Gefährdungspotenzial für die Tiergesundheit darstellen [1]. Dementsprechend wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Hurkyson (Postbus 98, NL-6865 ZH Doorwerth, Niederlande) eine Technologie zur Abscheidung von Partikeln aus Einstreumaterialien und Raufuttermitteln entwickelt. Die Analyse des Abscheidegrades von Schwebstaubpartikeln und Schimmelpilzsporen unter Laborbedingungen war Gegenstand dieser Studie.

## Behandlung der Materialien mit der Technologie zur Partikelabscheidung

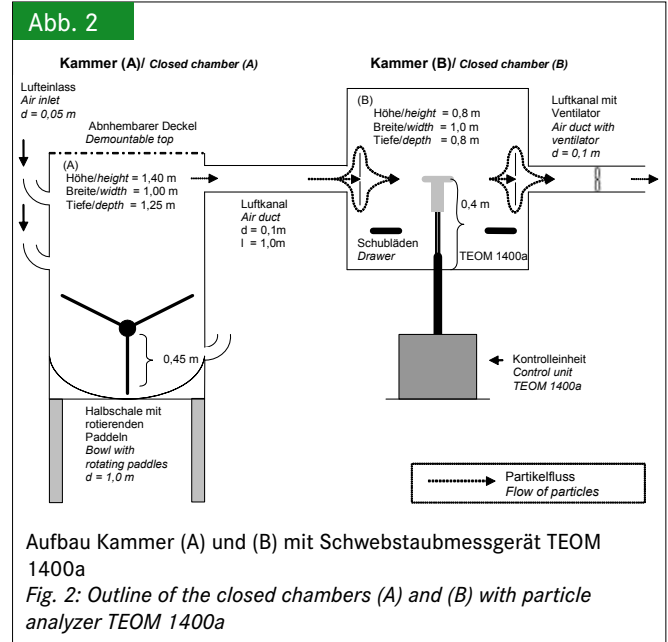
Mit der in **Abbildung 1** dargestellten Technologie zur Partikelabscheidung wurden in dieser Studie folgende vier Einstreumaterialien und zwei Raufuttermittel behandelt. Anschließend



wurden diese auf ihren Schwebstaubgenerierung und Schimmelpilzgehalt untersucht.

- Weizenstroh (Länge 20–30 cm; geerntet August 2008; Quaderballen 90 x 120 cm)
- Holzspäne (Länge 0,5–4 cm; 25 kg Verpackung; Allspan Barneveld – Niederlande)
- Flachs (Länge 1–2 cm; 21 kg Verpackung; LAVOR – Niederlande)
- Hanf (Länge 0,5–3,0 cm; 15 kg Verpackung; HempFlax – Niederlande)
- Heu (Länge 20–35 cm; geerntet Juni 2008; Quaderballen 90 x 120 cm; 1. Schnitt)
- Heulage (Länge 25–35 cm; geerntet Juni 2008; Rundballen 120 x 125 cm)

Die Technologie besteht aus einer Lade- und Einzugsfläche mit mehreren horizontal verlaufenden Greifern, welche sich kontinuierlich bewegen (100 Bewegungen/Min.). Die Materialien werden aufgelockert, gleichmäßig auf der Einzugsfläche verteilt und in Richtung des Transportkanals fortbewegt. Vor dem Transportkanal befinden sich vertikal verlaufende Greifer, welche sich ruckartig von unten nach oben bewegen (100 Bewegungen/Min.) und einen kontinuierlichen Materialfluss (ca. 2,5 kg/Min.) ins Innere der Maschine gewährleisten. Im Transportkanal befindet sich eine Abzugseinrichtung, welche mit einem konstanten Luftvolumenstrom (1 000 m<sup>3</sup>/h) Partikel aus dem Material abscheidet. Diese werden in einem Sammelbehälter aufgefangen. Durch den kontinuierlichen Nachschub des Materials wird das behandelte Material in einen Behälter geschoben, von dem aus es verpackt oder direkt verfüttert bzw. eingestreut werden kann. So wurden für jeden Durchgang (n = 3) 5 kg von jedem Material mit der Technologie behandelt und im Anschluss hinsichtlich ihrer Schwebstaubgenerierung analysiert.



### Durchführung der Analysen

Mithilfe des gravimetrisch messenden Online-Schwebstaubmessgerätes TEOM 1400a (Rupprecht und Patashnick Company, USA), welches in einer von zwei speziell angefertigten Staubkammern installiert war, wurde von jedem Material (unbehandelt/behandelt) die Schwebstaubgenerierung analysiert (**Abbildung 2**). Da neben der Höhe der Konzentration an Gesamtschwebstaub die einzelnen Partikelfraktionen entscheidend für das Potenzial der Gesundheitsgefährdung sind, wurden in dieser Studie folgende vier Partikelfraktionen mithilfe verschiedener Messköpfe erfasst:

- PM<sub>20</sub> ≤ 20 µm (Gesamtschwebstaub)
- PM<sub>10</sub> < 10 µm (thoraxgängiger Schwebstaubanteil)
- PM<sub>2,5</sub> < 2,5 µm (alveolargängiger Schwebstaubanteil)
- PM<sub>1,0</sub> < 1,0 µm (alveolargängiger Schwebstaubanteil)

Der passende Messkopf (**Abbildung 2**) wurde in einer Höhe von 0,4 m in der Kammer installiert. Beide Kammern waren durch ein Rohr (Länge 1,0 m; d = 0,1 m) verbunden. Ein weiteres Rohr (Länge 0,6 m; d = 0,1 m), welches aus der Kammer (B) hinaus führte, beinhaltete einen Ventilator, welcher mit einer konstanten Geschwindigkeit Luft aus Kammer (A) in Kammer (B) transportierte und von dort in einen separaten Raum abführte. Die Luftgeschwindigkeit (v) in dem Rohr zwischen beiden Kammern lag konstant bei 3,6 m/s. Für die Bestimmungen an Schimmelpilzen wurden in Kammer (B) zwei manuell zu betätigende Schubladen (0,1 x 0,4 m) installiert, wodurch Petrischalen ins Innere der Kammer gelangten. Für die Analyse des Pilzsporengehaltes wurden Petrischalen (d = 9,0 cm) mit einem speziellen Agar (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar FIL-IDF) verwendet.

Vor jeder Schwebstaubmessung wurden 1,5 kg von jedem Material abgewogen und der Kammer (A) zugeführt. Die 90-minütigen Messungen begannen mit dem Starten und endeten

mit dem Abschalten des Motors für die Paddel (14 U/Min). Die Analysen der Schimmelpilzsporen wurden während der Schwebstaubmessung der Partikelfraktion  $PM_{10}$  durchgeführt. Aufgrund der Kenntnis, dass das Maximum der Schwebstaubgenerierung ca. 15 Minuten nach Beginn der Messung erreicht ist, wurden zu diesem Zeitpunkt zwei Petrischalen (10- und 20-Sekunden-Proben) zur Bestimmung des Schimmelpilzgehaltes [CFU/m<sup>3</sup>] ins Innere der Kammer (B) geschoben.

Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des Programms SAS 9.1 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Mit der Prozedur GLM wurden Varianzanalysen durchgeführt, wodurch der Einfluss der fixen Faktoren „Material“ und „Behandlung“ sowie die Interaktion zwischen beiden auf die mittlere maximale 90-Minuten-Schwebstaubkonzentration ( $C_{max}$ ) und auf den mittleren Schimmelpilzgehalt [CFU/m<sup>3</sup> colony forming units] geschätzt wurde. Mithilfe des t-Tests wurden signifikante Unterschiede ( $P \leq 0,05$ ) ermittelt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Effekt der Partikelabscheidung auf die $C_{max}$

Die Analysen der  $C_{max}$  ergaben im Mittel aller Materialien einen hoch signifikanten Effekt der Partikelabscheidung. **Tabelle 1** stellt die Ergebnisse dar.

In Partikelfraktion  $PM_{20}$  führte die Abscheidung der Partikel zu einer signifikanten ( $P < .0001$ ) Abnahme der  $C_{max}$  um 72,1 %, in Partikelfraktion  $PM_{10}$  ( $P < .0001$ ) um 64,8 %, in Partikelfraktion  $PM_{2.5}$  ( $P < .0001$ ) um 73,1 % und in Partikelfraktion  $PM_{1.0}$  ( $P < .0001$ ) um 57,7 %. In Anbetracht der Partikelreduktion der einzelnen Materialien konnte bei beiden Raufuttermitteln die höchste relative Schwebstaubreduzierung in der Partikelfraktion  $PM_{1.0}$  erfasst werden (**Abbildung 3**).

In der Partikelfraktion  $PM_{1.0}$  wiesen die behandelten Einstreumaterialien Weizenstroh ( $P = 0.8456$ ) und Hanf ( $P = 0.2268$ ) keinen signifikanten Unterschied zu den jeweils unbehandelten Materialien auf (**Abbildung 3**). Bei Weizen-

Tab. 1

Einfluss der Behandlung im Mittel aller Materialien auf die mittlere maximale Schwebstaubkonzentration ( $C_{max}$ ) der Partikelfractionen  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  und  $PM_{1.0}$

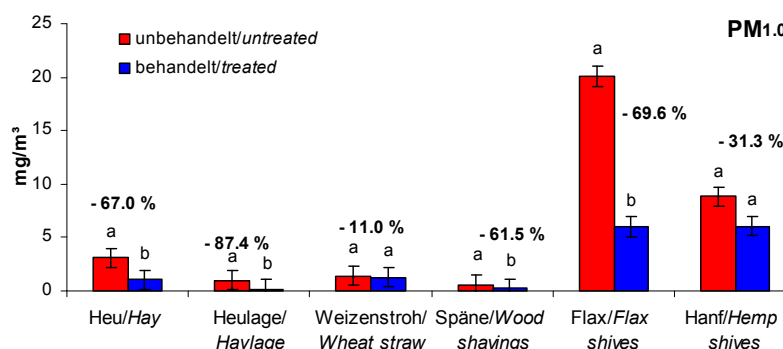
Table 1: Influence of treatment on the mean maximum generation of airborne particles ( $C_{max}$ ) for all materials in the particle fractions  $PM_{20}$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  and  $PM_{1.0}$

Effekt der Behandlung Effect of treatment		Partikelfractionen Particle fractions			
		$PM_{20}$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_{1.0}$
$C_{max}$	Signifikanz (P-Wert) significance (P-Value)	< .0001	< .0001	< .0001	< .0001
	Reduktion [%] reduction [%]	- 72.1	- 64.8	- 73.1	- 57.7

stroh könnte die sehr niedrige Ausgangskonzentration des unbehandelten Materials eine Ursache für den geringen Minderungseffekt der Fraktion  $PM_{1.0}$  sein. Die Behandlung von Spänen und Flachs führte hingegen zu einer signifikanten Schwebstaubreduzierung ( $P < .0001$ ) von über 60 % ( $PM_{1.0}$ ) und von annähernd 90 % in der Partikelfraktion  $PM_{2.5}$ . In den Partikelfractionen  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  konnte bei allen Materialien eine signifikante Minderung durch die Behandlung von über 50 % analysiert werden.

In der Partikelfraktion  $PM_{20}$  wies behandelte Heulage mit einer Reduzierung an Schwebstaub von 12,3 % keinen signifikanten ( $P = 0.0524$ ) Unterschied gegenüber unbehaltener Heulage auf. Ein Grund dafür könnte der mit 25 % hohe Feuchtegehalt der Heulage sein. Durch diesen werden vor allem Grobstaubpartikel ( $\leq 20 \mu m$ ) gebunden, welche durch eine trockene Behandlung nur geringfügig entfernt werden können [5]. Der Behandlungseffekt der Partikelfractionen  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  fiel für Heu deutlich geringer aus als für Heulage.

Abb. 3



$C_{max}$  und Standardfehler der Partikelfraktion  $PM_{1.0}$  aller Materialien. a,b = Bearbeitungsweisen mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb eines Materials unterscheiden sich signifikant voneinander ( $P \leq 0,05$ ); (-) = Reduktion [%] der  $C_{max}$  der behandelten gegenüber den unbehaltenden Materialien

Fig. 3:  $C_{max}$  ( $PM_{1.0}$ ) and standard errors of all materials. a,b = different letters within a material means the values differ significantly ( $P < 0.05$ ); (-) = reduction [%] in the generation of airborne particles due to the treatment (effect of treated vs. untreated materials)

Tab. 2

Mittlerer Schimmelpilzgehalt (LSM [CFU/m<sup>3</sup>]) und Standardfehler (SE) der unbehandelten und behandelten Materialien (10- und 20-Sekunden-Probe) sowie der Effekt der Behandlung (E; - = Reduktion, + = Anstieg des Schimmelpilzgehaltes [%])

Table 2: Mean mould content (LSM [CFU/m<sup>3</sup>]) and standard error (SE) in untreated and treated materials in the 10- and 20-second samples and the effect of treatment (E; - = reduction, + = increase of mould content [%])

Materialien Materials	Bearbeitung Processing	Schimmelpilzgehalt Content of mould					
		10-Sekunden-Probe 10-second samples			20-Sekunden-Probe 20-second samples		
		LSM	SE	E	LSM	SE	E
Heu Hay	unbehandelt/untreated	61,0	5,8		72,3	4,5	
	behandelt/treated	8,7	5,8	- 85,8	20,3	4,5	- 71,9
Heulage Haylage	unbehandelt/untreated	37,0	8,2		86,0	14,1	
	behandelt/treated	49,0	8,2	+ 32,4	74,0	14,1	-14,0
Weizenstroh Wheat straw	unbehandelt/untreated	383,3	82,5		450,0	106,5	
	behandelt/treated	46,0	82,5	- 88,0	84,3	106,5	- 81,3
Späne Wood shavings	unbehandelt/untreated	586,7	12,6		600,0	8,8	
	behandelt/treated	44,3	12,6	- 92,4	77,0	8,8	- 87,2
Flax Flax shives	unbehandelt/untreated	67,0	25,1		93,0	4,4	
	behandelt/treated	94,7	25,1	+ 41,0	63,0	7,5	- 32,3
Hanf Hemp shives	unbehandelt/untreated	62,7	9,2		71,0	14,6	
	behandelt/treated	47,3	9,2	- 24,5	59,7	14,6	- 16,0

Bei den Einstreumaterialien konnte die größte Partikelabscheidung von 89,4 % bei Spänen analysiert werden (PM<sub>20</sub>), welcher für Flachs deutlich geringer ausfiel. Ein möglicher Grund für den geringeren Minderungseffekt bei Flachs könnte sein, dass dieser im Zuge der Behandlung, resultierend aus Bruch, vermehrt neue Kleinstpartikel bildet. Dies könnte unter anderem durch das mechanische Einwirken der Greifer auf der Einzugsfläche der Maschine erfolgen.

#### Effekt der Partikelabscheidung auf den mittleren Schimmelpilzgehalt

Durch das Behandeln der Materialien konnte der Pilzsporengehalt bei der 10-Sekunden-Probe nur bei Spänen (von 586,7 auf 44,3 CFU/m<sup>3</sup>; 92,4 %), bei Weizenstroh (von 383,3 auf 46,0 CFU/m<sup>3</sup>; 88,0%) und bei Heu (von 61,0 auf 8,7 CFU/m<sup>3</sup>; 85,8 %) signifikant reduziert werden. Tabelle 2 stellt die Ergebnisse dar.

Bei der 20-Sekunden-Probe wiesen – wie auch bei der 10-Sekunden-Probe – nur die behandelten Materialien Späne, Weizenstroh und Heu jeweils signifikant niedrigere Pilzsporengehalte gegenüber den unbehandelten Materialien auf. Der größte Effekt trat bei Spänen (87,2 %) und Stroh (81,3 %) auf.

#### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Technologie zur Partikelabscheidung die Schwebstaubgenerierung von Raufuttermitteln und Einstreumaterialien um ein Vielfaches reduziert. Als sehr positiv kann die annähernd 90 %ige Partikelabscheidung nicht

nur der Gesamt- (PM<sub>20</sub>) und thorakalen Schwebstaubfraktion (PM<sub>10</sub>), sondern auch der alveolargängigen Partikelfraktion (PM<sub>1,0</sub>) bewertet werden. Der Schimmelpilzgehalt konnte bei einigen Materialien (Heu, Weizenstroh, Späne) durch die Behandlung ebenfalls deutlich reduziert werden, wobei hohe material-spezifische Unterschiede auftraten.

#### Literatur

- [1] Seedorf, J.; Hartung, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393, Münster
- [2] Mehlhorn, G. (1979): Lehrbuch der Tierhygiene. Jena, Fischer Verlag
- [3] Woods, P.-S.; Robinson, N.-E.; Swanson, M.-C.; Reed, C.-E.; Broadstone, R.-V.; Derksen, F.-J. (1993): Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. Equine Veterinary Journal 25(3), S. 172-174
- [4] 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), S. 408-418
- [5] Vandenput, S.; Istasse, L.; Nicks, B.; Lekeux, P. (1997): Airborne dust and aeroallergen concentrations in different sources of feed and bedding for horses. The Veterinary quarterly 19(4), S. 154-158

#### Autor

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

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

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