



Universität für Bodenkultur Wien

# **6. Minisymposium Verfahrenstechnik**

**24./25. Juni 2010  
iFA Tulln**

**Tagungsband**

Tagungsband  
Zusammenfassung der Vorträge und Posterpräsentationen  
zum 6. Minisymposium der Verfahrenstechnik an der BOKU Wien; 24./25. Juni 2010  
1. Auflage (ISBN: **978-3-900962-88-3**)

Herausgeber:  
Universität für Bodenkultur  
IFA Tulln  
Institut für Umweltbiotechnologie

Verantwortlicher Bearbeiter (Editor): Christian Loderer

[www.boku.ac.at](http://www.boku.ac.at)  
[www.ifa-tulln.ac.at](http://www.ifa-tulln.ac.at)

Beitragstitel: Berechnungsmethoden zum Abscheiden von Staubwolken

Autoren: Jörg Faschingleitner,  
Wilhelm Höflinger,  
Michael Harasek,  
Christian Jordan,  
Janina Gospodarek,  
Amon Purgar,  
Johannes Wolfslehner,  
Karl Leibrecht,

präsentiert von: Jörg Faschingleitner

Universität: TU Wien

Institut: Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und techn.  
Biowissenschaften

## Berechnungsmethoden zum Abscheiden von Staubwolken

Jörg Faschingleitner, Wilhelm Höflinger, Michael Harasek, Christian Jordan, Janina Gospodarek, Amon Purgar, Johannes Wolfslehner, Karl Leibrecht,  
*Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und techn. Biowissenschaften, Getreidemarkt 9, A-1060 Wien;*  
*E-mail: joerg.faschingleitner@tuwien.ac.at, whoeflin@mail.zserv.tuwien.ac.at*

### Kurzfassung:

Diffuse Feinstaubemissionen stellen eine wesentliche Belastung für die Umwelt und die menschliche Gesundheit dar. Um die von der EU vorgegebenen schrittweise gesenkten Grenzwerte einhalten zu können, werden zum Unterdrücken diffuser Feinstaubemissionen unter anderem Sprühdüsen verwendet. Eine konkrete Anwendung stellt das Bedüsen des Schüttgutes beim Schüttgutumschlag z.B.: bei Förderbandübergaben dar. Es soll untersucht werden, ob und mit welcher Effektivität die Schüttgutbefeuchtung und das Niedernebeln des Staubes aus der Luft staubunterdrückend wirksam sind. Es wird gezeigt, dass beide Prozesse wie zwei Separatoren die in Serie geschaltet fungieren, es erlauben die totale Staubreduzierung berechnen zu können. Die totale Staubreduzierung soll genau so wie die beiden einzelnen staubreduzierenden Mechanismen untersucht werden. Dazu werden im Folgenden die aufgebauten Anlagen die, die Messung dieser einzelnen staubreduzierenden Mechanismen und der totalen Staubabscheidung ermöglichen vorgestellt. Es soll experimentell untersucht werden, wie das Niedernebeln des Staubes aus der Luft beeinflusst werden kann, durch verschiedene Düsenpositionen bzw. Düsenabstände und Düsenanzahlen. Durch Berechnung des Abscheidegrades des Staubes durch Tropfen soll aufgeklärt werden, wie Umgebungseinflüsse (Luftgeschwindigkeit, Tropfengröße und Konzentration) die Staubabscheidung beeinflussen. Damit diese Abscheidemechanismen, die am Tropfen durch das Barth- Schuch-Löffler-Modell berechnet werden sollen, ablaufen können muß jedoch geklärt werden wie der Staub an den Spray herantransportiert wird, wo wirksame Bereiche des Sprays liegen und welche Bedingungen dort herrschen. Das soll im Folgenden durch eine CFD Simulation geklärt werden.

Das Staubreduzieren durch Befeuchten des Schüttgutes soll optimiert werden durch das Aufstellen eines Befeuchtungsmodelles das es zuläßt die Düsenposition und die Düsenanzahl so zu optimieren, dass eine gleichmäßige Gutfeuchte bei minimalem Wasseraufwand zur Verfügung gestellt wird.

### Einleitung:

Das Reduzieren von Feinstaubemissionen wird nicht nur in der EU durch immer strengere Richtlinien, sondern auch in China von immer größerer Bedeutung. Aus einer Statistik des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2007 geht hervor, dass diffuse Staubemissionen einen wesentlichen Anteil an der PM10 Emission haben. Es mangelt jedoch an wirksamen Methoden, um diffuse Staubemissionen am Ausbreiten zu hindern. Um solche Methoden zu entwickeln, ist es notwendig die Mechanismen die wirksam sind um Staubwolken am Ausbreiten zu hindern und abzuscheiden, aufzuklären. Wenn man die Prozesse, die dazu erforderlich sind

versteht, dann könnte man eventuell eine Vulkanaschewolke ebenfalls in Griff bekommen.

### Ausgangsgleichung:

Diffuse Staubemissionen werden z.B.: durch Sprühdüsen in Einhausungen reduziert.

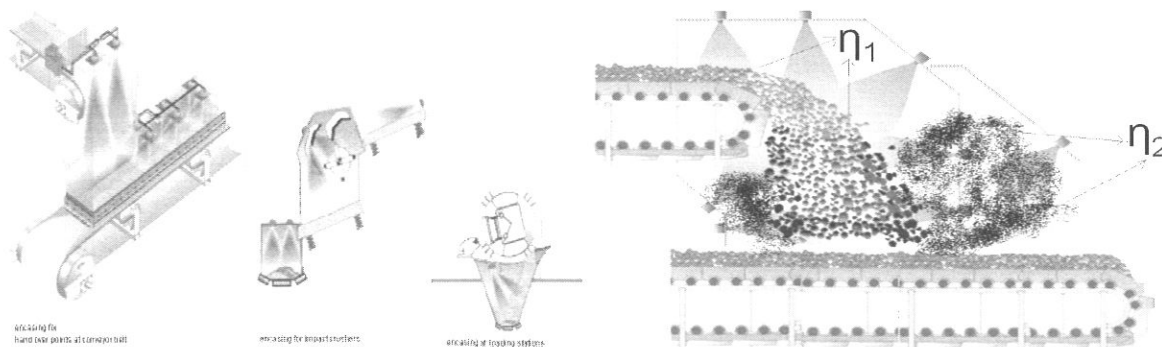


Abbildung 1 und 2 zeigen mögliche Anwendungen für Düsensprays in Einhausungen und welche Mechanismen z.B.: bei einer Förderbandübergabe im Detail ablaufen.

Diese Beiden Mechanismen können wie 2 Separatoren die in Serie fungieren betrachtet werden [1] um die totale Staubreduzierung zu berechnen.

Gleichung 1 zeigt dieses Modell:

$$\eta_{\text{tot,PM10}} = \eta_{1,\text{PM10}} + \eta_{2,\text{PM10}} - \eta_{1,\text{PM10}} \cdot \eta_{2,\text{PM10}} \quad (1)$$

$\eta_{\text{tot,PM10}}$  totale PM10 Reduzierung [ ]

$\eta_{1,\text{PM10}}$  PM10 Reduzierung nur durch Befeuchtung des Schüttgutes [ ]

$\eta_{2,\text{PM10}}$  PM10 Reduzierung nur durch Abscheidung der Staubwolke aus der Luft [ ]

### Experimentelle Durchführung:

#### 1) $\eta_{\text{tot,PM10}}$ :

Die totale Staubabscheidung  $\eta_{\text{tot,PM10}}$  soll nun experimentell untersucht werden dazu wurde an der Jinan Jianzhu Universität in Jinan VR China folgende Anlage aufgebaut, die es erlaubt  $\eta_{\text{tot,PM10}}$  der Staubreduzierung durch Sprühdüsen bei der Förderbandübergabe zu Messen [2]. (Abbildung 3)

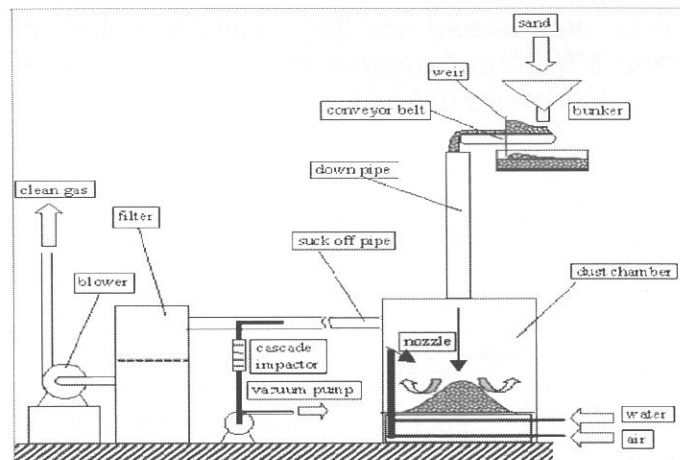


Fig.: Test equipment

Abbildung 3: zeigt die aufgebaute Meßanlage in der beide Mechanismen die in Abbildung 2 gezeigt sind in Serie ablaufen.

Von den Meßergebnissen ausgehend konnte ein Staubabscheidemodell entwickelt werden, das es erlaubt die zu erwartende Staubabscheidung in Abhängigkeit vom zur Verfügung gestellten Wasservolumenstrom zu berechnen. Da bei so feinen Wassertropfen, wie sie der Spray zur Verfügung stellt die Verdampfung eine Rolle spielt wurde das Staubabscheidemodell mit einem Verdampfungsmodell gekoppelt. Gleichung 2 zeigt das entwickelte Staubabscheidemodell das die Verdampfung berücksichtigt.

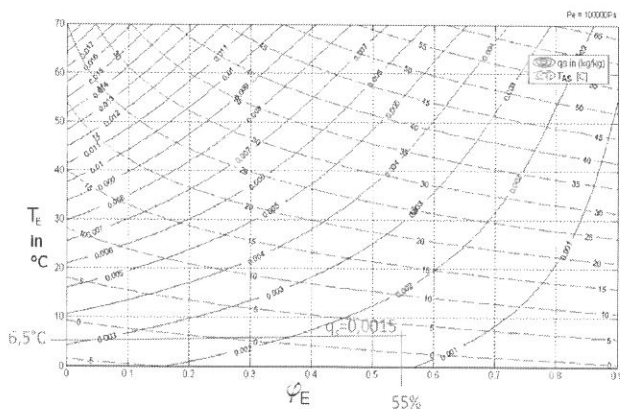
$$E(Q) = E_{res} + (E_0 - E_{res}) * e^{-\lambda(Q - Q_{0max} * (1 - e^{-q*Q}))} \quad (2)$$

$Q_{0max}$  maximum verdampfender Wasservolumenstrom des Düsensprays um Luftsättigung zu erreichen. (rH=100%) [L/h]

$q$  Sättigungseffektivität der Wassertropfen [h/L]

$E$  PM10 Emission ( $E_{res}$  residuale Emission  $E_0$  initiale Emission) [g/kg bulk solid]

Wobei eine numerische Lösung für  $q$  der Sättigungseffektivität durch Wassertropfen ermittelt wurde siehe Abbildung 4.



$$h_{E,L}(T_E, X_E, P_E) = c_{pL} * (T_E - T_{TR}) + X_E[\Delta h_v(T_{TR}) + c_{pw}(T_E - T_{TR})]$$

$$h_{A,L}(T_{A,S}, X_{A,S}, P_A) = c_{pL} * (T_{A,S} - T_{TR}) + X_{A,S}[\Delta h_v(T_{TR}) + c_{pw}(T_{A,S} - T_{TR})]$$

$$h_W(T_W, q_s) = c_{pw} * (q_s) * (T_W - T_{TR})$$

$$X_{A,S}(T_{A,S}, \varphi_A = 1, P_A) = (R_L/R_W) * p_{sw}(T_{A,S}) / (P_A - p_{sw}(T_{A,S}))$$

$$X_E(T_E, \varphi_E, P_E) = (R_L/R_W) * p_{sw}(T_E) / (P_E / \varphi_E - p_{sw}(T_E))$$

$$P_E = P_A$$

$$T_W = T_E$$

Abbildung 4. Numerische Lösung für q

Gleichung 3 beschreibt die Ermittlung von  $\eta_{tot,PM10}$  aus der Emission.

$$\eta_{tot PM10} = 1 - (E \text{ (at 10 L/h)} / E \text{ (0 L/h)}) \tag{3}$$

2)  $\eta_{2,PM10}$ :

Um  $\eta_{2,PM10}$  die Staubabscheidung aus der Luft durch Wassertropfen messen zu können, wurde folgende Anlage an der TU Wien aufgebaut.

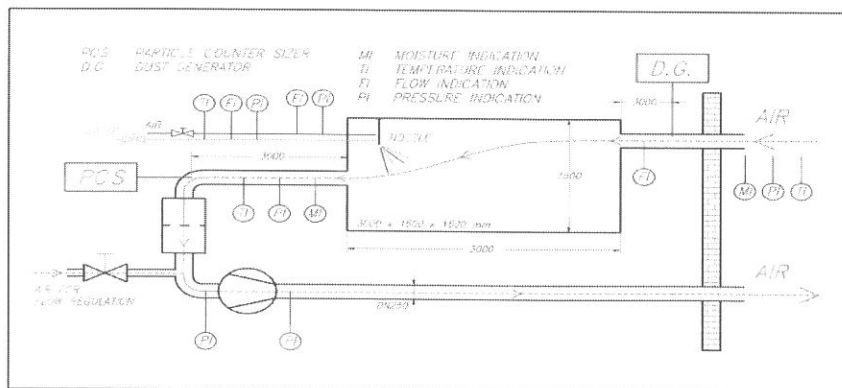


Abbildung 5: zeigt die Meßeinrichtung um die Staubabscheidung aus der Luft durch Tropfen messen zu können.

$\eta_{2,PM10}$  wurde bei den selben Bedingungen wie Messungen für  $\eta_{tot,PM10}$  durchgeführt und wird aus dem Verhältnis der Massen mit und ohne Wasserspray je Klasse des PCS (particle counter sizer) aufsummiert für PM10 berechnet.

$$\eta_2 = 1 - \frac{\sum_0^x \Delta m_{with\ water\ spray}(x)}{\sum_0^x \Delta m_{without\ water\ spray}(x)} \quad (4)$$

Wobei  $\eta_{2,PM10} = 16\%$  eruiert werden konnte.  $\eta_{tot,PM10}$  wurde aus den Messungen in der Anlage aus Abbildung 3 mit 70% festgestellt. Daraus läßt sich durch Umformen der Gleichung 1  $\eta_{1,PM10}$  mit 64% berechnen. Das heißt Staubreduzierung durch Befeuchtung von Schüttgütern ist etwa viermal wirksamer als das Niedernebeln von Staub aus der Luft [3].

Nachdem festgestellt wurde, dass  $\eta_{2,PM10}$  das schwache Glied in der Staubabscheidungskette darstellt, wurde im weiteren versucht das Niedernebeln von Staub aus der Luft zu verbessern. Dazu wurde die Beeinflussung von  $\eta_{2,PM10}$  durch die Düsenposition sowie Düsenanzahl und Abstand der Düsen durch Versuche in der Anlage (Abbildung 5) durchgeführt. Auch der Einfluß der Windgeschwindigkeit wurde untersucht.

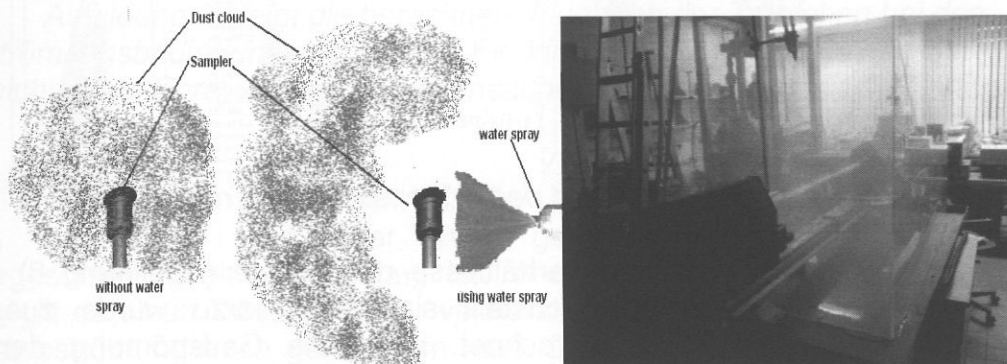


Abbildung 6: zeigt die Verlagerung von Staubwolken durch den Impuls eines Düsenstrahls. Abbildung 7: zeigt die Laserbeugungsmessung der Tropfengrößenverteilung der Zweistoffdüse.

Die Anlage (Abbildung 5) ist so konzipiert, dass ein konzentrierter Partikelstrom durch die Anlage zieht. Es wurde bei der Variation der Düsenposition gefunden, daß die Düse im konzentriertesten Bereich der Wolke positioniert am wirksamsten ist. Und durchaus deutlich höhere Werte (bis zu 80%) annehmen kann als 16%. Jedoch besteht bei der Abscheidung von diffusen Staubemissionen oft das Problem, dass so hohe Staubkonzentrationen nicht auftreten. Vor allem auch deshalb, weil es durch die Sprühdüse zum auseinandertreiben bzw. verlagern der Staubwolke kommt wie in Abbildung 6 gezeigt ist.

Im Folgenden soll deshalb die CFD Simulation der Strömungsverhältnisse beim Abscheiden von Staubwolken Aufschluß geben ob die Düse auch so positioniert werden kann, dass auch bei geringen Staubkonzentrationen eine hohe Staubabscheidung erzielbar ist [4]. Dazu wurde zuerst die eingesetzte Zweistoffresonanz Ultraschall Düse simuliert. Hierzu wurde das Strömungsfeld der Luft aus der Düse berechnet und in dieses Tropfenpakete, die jene Tropfengrößenverteilung repräsentieren die durch eine Laserbeugungsanalyse der



Tropfengrößenverteilung der Zweistoffdüse gemessen wurde. (Abbildung 7). Von der Zweistoffresonanzdüse verspricht man sich aufgrund der feinen Tropfengrößenverteilung und dem geringen Energiebedarf eine hohe Effizienz der Staubabscheidung.

Werden nun die gemessenen Tropfengrößenfraktionen getrennt jeweils in die Gasströmung der Düse aufgegeben ist zu erkennen, dass die Düse aus Expansionsbereichen und Einsaugbereichen besteht und dass sich vor allem die großen Tröpfchen in ihrer Flugbahn davon beeinflussen lassen. Die kleinen Tröpfchen jedoch folgen der Gasströmung im Zentrum d.h. die besonders abscheidewirksamen kleinen Tröpfchen befinden sich mit hoher Geschwindigkeit im Zentrum der Düse.

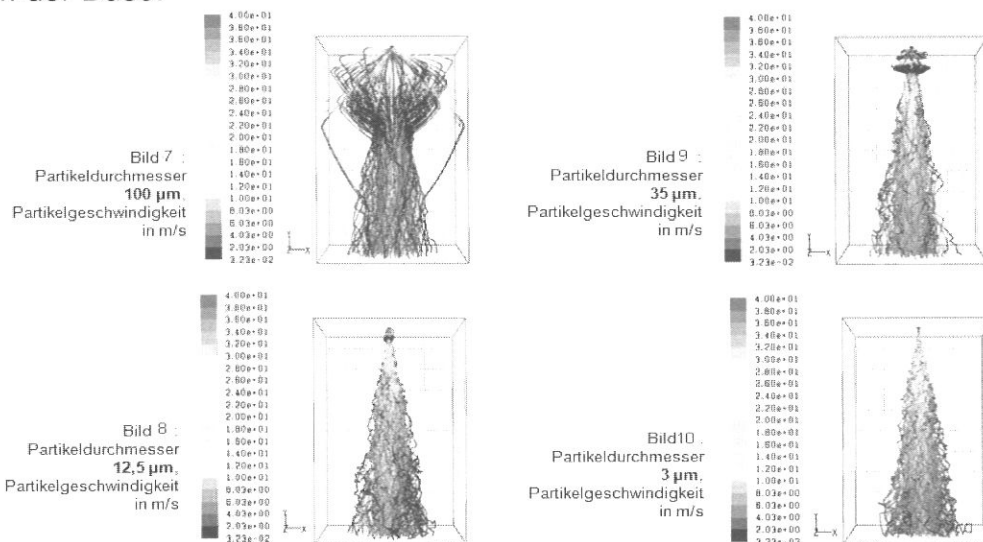


Abbildung 8: zeigt Sprühbild des Düsensprays je Tropfengröße

Im Weiteren wurden die Strömungsverhältnisse der Anlage (Abbildung 8) die die Staubabscheidung aus der Luft nachstellt simuliert. Hierzu wurde zuerst die Gasströmung durch die Anlage berechnet, dann die Gasströmung der Düse implementiert, dann die Tropfen des Sprays ebenfalls eingepflegt und die Ausbreitung der Tropfen in der Anlage berechnet. Zum Abschluß wurden in die quergeschichtete Gasströmung noch die Staubpartikel mit derselben Partikelgrößenverteilung wie der verwendete normierte Teststaub aufgegeben. Dadurch konnte nicht nur die Ausbreitung der Staubwolke, sondern auch die Durchmischung zwischen Staub und Tropfen des Düsensprays berechnet werden. Als Ergebnis wurde zwar erhalten, dass der Spray eine wesentliche Strömungsbarriere für die Staubwolke darstellt und diese dem Spray ausweicht. Jedoch wurden Einsaugbereiche des Sprays festgestellt die bewirken, dass Staubpartikel in den Spray eingesaugt werden können und so auch die feinen Tropfen im Zentrum staubabscheidend wirken und nicht nur die großen Tropfen an der Mantelfläche des Sprühkegels. Es wurden also somit wirksame Bereiche des Sprays ermittelt. Diese sind dann ein Maximum also die Staubabscheidung am Besten wenn ein gewisses Verhältnis zwischen Düsenluftgeschwindigkeit und Anströmgeschwindigkeit des Staubes eingehalten wird (Der Spray muß eine gewisse Stärke haben um die Strömung der Staubwolke zum Boden hin umzulenken). Was durch PIV Messungen (Particle Image Velocmetry) des Strömungsfeldes bei verschiedenen Versuchsbedingungen bestätigt wurde. Auch wurden in der CFD Simulation verschiedene Düsenpositionen berechnet. Was einen Eindruck vermittelt

ab welchen Abstand von zwei Düsen die staubbeladene Luft beginnt zwischen den beiden Sprays durchzubrechen (zu großer Abstand) und ab welchen Abstand die Spraydüsen einen gemeinsamen Strömungsbereich aufbauen und Tropfenvergrößerung eintritt (zu geringer Abstand). Was Aufschluß über den optimalen Düsenabstand gibt (etwa 20cm).

Da durch CFD Simulation festgestellt wurde, dass es um das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen Partikel und Tröpfchen im weitesten Sinne und somit um die Relativgeschwindigkeit geht, wurde der Staubabscheidegrad der Tropfen bei verschiedenen Relativgeschwindigkeiten durch Adaption des Barth-Schuch Löffler Modelles für Queranströmung berechnet [5]. (Abbildung 9)

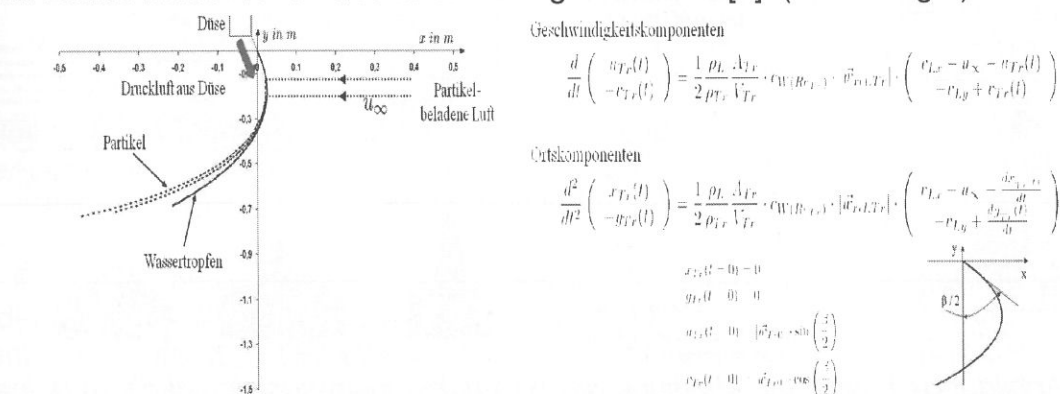


Abbildung 9: zeigt die berechnete Flugbahn der Tröpfchen bei den Strömungsbedingungen sowie die Eindringtiefe der Partikel in den Spray (in Bereichen des Sprays wo es keine Einsaugbereiche, wie mittels CFD festgestellt, gibt).

Durch erweiteren des Barth-Schuch-Löffler Modells konnte gezeigt werden, dass  $\eta_{2,PM10}$  durchaus weit über 16% gesteigert werden kann, wenn die Relativgeschwindigkeit groß genug ist. Wie durch die CFD Simulation bestätigt wurde, gilt es einen Düsen-spray zu verwenden dessen Querströmung im Vergleich zur Staubströmung hoch genug sein muß. D.h. die Tropfen müssen eine gewisse Geschwindigkeit besitzen damit genug Relativgeschwindigkeit vorhanden ist um Staub abscheiden zu können. Auch gelang es durch die theoretischen Betrachtungen die optimale Tropfengröße für die Staubabscheidung zu ermitteln. Auch wurden die Berechnungen für verschiedene Düsenpositionen und Staubgeschwindigkeiten durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass die Position im konzentriertesten Bereich der Staubwolke am effektivsten ist sowie dass höhere Windgeschwindigkeiten die den Staub herantransportieren den Abscheidegrad herabsetzen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die experimentellen Ergebnisse sowie die CFD Simulation und die theoretischen Berechnungen über das Barth-Schuch-Löffler Modell im Einklang stehen. Somit wurde durch experimentelle, CFD und theoretische Betrachtungen ein Weg gefunden welche Parameter wie geändert werden können damit die Staubabscheidung aus der Luft durch Spraydüsen mit optimaler Effektivität abläuft.

### 3) $\eta_{1,PM10}$ :

Im nächsten Schritt soll eine Verbesserung von  $\eta_{1,PM10}$  durch Minimierung des Wasserverbrauches erfolgen.  $\eta_{1,PM10}$  kann in der Anlage (Abbildung 5) durch Abwurf von befeuchteten Material gemessen werden. Dadurch wurde eine optimale

Gutfeuchte für Grubensand 0/7 von 6g Wasser/kg Schüttgut, damit PM10 Grenzwerte eingehalten werden können, festgestellt [6]. Diese Gutfeuchte soll gleichmäßig über die Förderbandbreite durch die Wirkung der Zweistoffdüsen in solchen Einhausungen zur Verfügung gestellt werden. Dazu wurden eine Messeinrichtung und ein Berechnungsmodell daß das Befeuchtungsfeld von Düsen faßbar macht konzipiert (Abbildung 10).

Messvorrichtung zur Erfassung der ungleichmäßigen Verteilung des Wassers auf einer ebenen Bodenfläche:  
Messen der Befeuchtungsgeschwindigkeit  
 $v(x) = \Delta V / \Delta A$  ortsaufgelöst durch Messkompartmente (Fläche  $\Delta A$ )

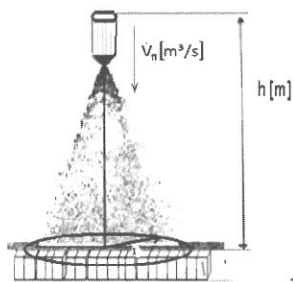


Abb.1: Ermittlung der Befeuchtungsgeschwindigkeit am Boden durch Messkompartmente

Glockenfunktion: Modell für die Befeuchtungsgeschwindigkeit

$$v(x) = a \cdot e^{-b \cdot x^2}$$

- a Befeuchtungskonstante [m/s]
- b Befeuchtungskonstante [1/m²]
- x Befeuchtungsradius [m]
- v(x) Befeuchtungsgeschwindigkeit [m/s]

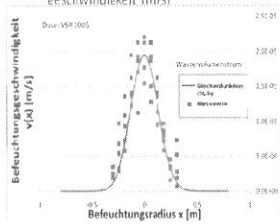


Abb.2: Birtlich vom Düsenzentrum nach außen veränderliche Befeuchtungsgeschwindigkeit

Gestalt der Glockenfunktion durch Befeuchtungskonstante a und b festgelegt. Es gilt ein Datenfeld von a und b in Abhängigkeit von der Düsenhöhe h und dem Düsenwasservolumenstrom  $V_{dot_n}$  zu ermitteln.

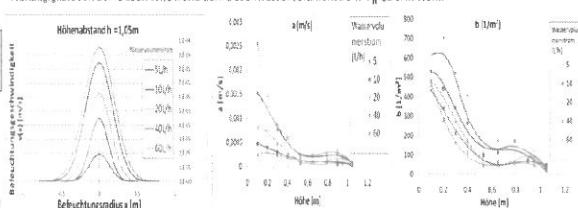


Abb.3: Befeuchtungsgeschwindigkeit v(x) in Abhängigkeit von der Düsenhöhe h bei konstantem Düsenwasservolumenstrom  $V_{dot_n}$  und vom Höhenabstand  
Abb.4: Befeuchtungskonstante a [m/s] in Abhängigkeit vom Düsenwasservolumenstrom  $V_{dot_n}$  und vom Höhenabstand  
Abb.5: Befeuchtungskonstante b [1/m²] in Abhängigkeit vom Düsenwasservolumenstrom  $V_{dot_n}$  und vom Höhenabstand

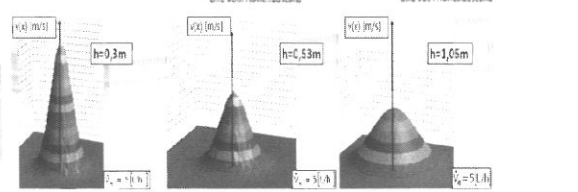


Abb.6-F: Beispiel: Befeuchtungsgeschwindigkeit v(x) bei verschiedenen Düsenhöhen h bei konstantem Düsenwasservolumenstrom von 10 l/h

**Abbildung 10:** zeigt die Messung der Befeuchtungsgeschwindigkeit an deiner Schüttgutoberfläche unter einer Sprühdüse durch Messkompartmente sowie das Berechnungsmodell. a stellt ein Maß für die Höhe der Glocke und b ein Maß für die Breite der Glocke dar.

Da ein S-förmiger Verlauf der Glockenbreite mit der Düsenhöhe erkennbar ist wurde das Ergebnis der CFD Simulation des Düsentropfenprofils experimentell hier bestätigt. Auch wurde bei der CFD Simulation die höchste Tropfengeschwindigkeit kleiner Tröpfchen im Zentrum gefunden was hier durch die gemessene hohe Befeuchtungsgeschwindigkeit im Düsenzentrum und durch PDA (Phasen Doppler Anemometer) Messungen bestätigt werden konnte. Durch die Förderbandgeschwindigkeit und der Wirksamkeit der Düse (3-D Befeuchtungsglocke) entsteht ein Summenprofil der Befeuchtung über die Förderbandbreite welches durch numerisches auf summieren der Glockenfunktion (Abbildung 11) berechnet werden kann.

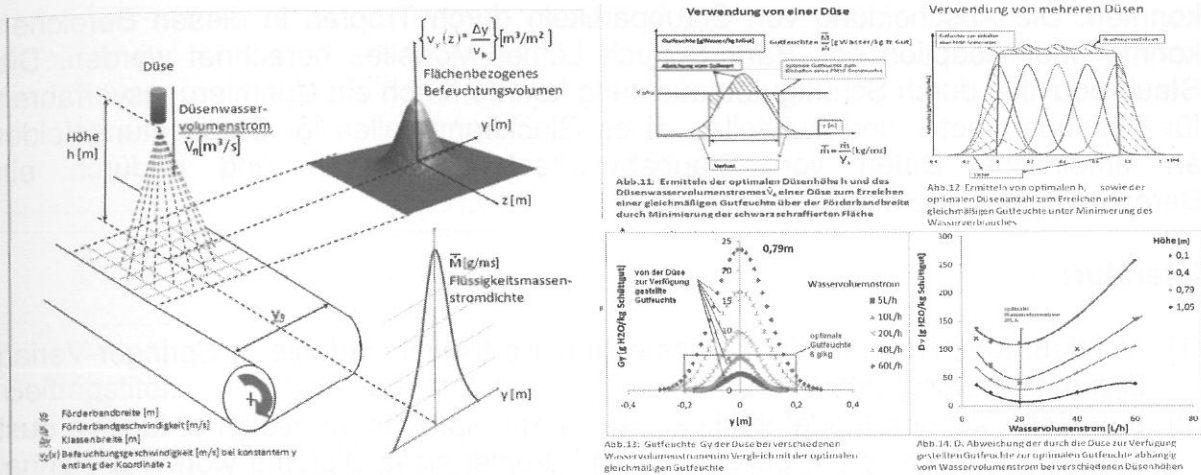


Abbildung 11: numerisches Aufsummieren der Glockenfunktion und Optimierung der Düsenparameter, um gleichmäßige Befeuchtung bei geringsten Wasserverbrauch zu garantieren.

Die Funktion dieses berechneten Befeuchtungsprofils kann nun mit der erforderlichen Gutfeuchte über die Förderbandbreite verglichen werden. Die Düsenhöhe sowie der Düsenwasservolumenstrom verändern die Gestalt der Glocke und somit auch die Abweichung zwischen vorgegebener gleichmäßiger Gutfeuchte und dem Feuchteprofil das die Düse zur Verfügung stellt. Die Abweichungen können auch durch finden des optimalen Düsenabstandes und der optimalen Düsenanzahl minimiert werden. Somit steht uns eine Berechnungsmethode zur Verfügung mit deren Hilfe die Düsenanzahl der Düsenabstand die Düsenhöhe sowie der Düsenwasservolumenstrom berechnet werden kann bei der optimale Schüttgutbefeuchtung erreicht werden kann bei minimalen Wasserverbrauch. Diese Optimierungsmethode wurde im Weiteren auch zum optimalen Befeuchten von Schüttkegeln auf Halden um Winderosion zu verhindern verwendet (das zu erreichende Gutfeuchteprofil ist ein ähnliches Profil wie der Schüttkegel selbst (Dreiecksprofil)). Die Optimierungsmethode hat Potential da man auf jedes beliebige zu erreichende Feuchteprofil die Düsen hinoptimieren kann, was für Beschichtungsvorgänge (Druckereien und Lackierereien) interessant ist.

**Zusammenfassung:**

Durch experimentelle Versuche konnte die Feinstaubemissionsreduktion durch Sprühdüsen beim Schüttgutumschlag in zwei Effekte (Staubreduzierung durch Befeuchtung des Schüttgutes und durch Niedernebeln der Staubwolke) unterschieden und quantifiziert werden. Demnach ist die Befeuchtung von Schüttgütern viermal wirksamer als das Niedernebeln aus der Luft. Für beide Effekte wurden detaillierte Rechenalgorithmen entwickelt um die zu erwartende Staubreduktion berechnen zu können. Zur Berechnung der gesamten Staubreduktion durch Sprühdüsen, wurde ein Verdampfungsmodell von Spraywassertropfen aufgestellt, welches in ein Staubreduktionsmodell welches in Anlehnung an die Tiefenfiltration entstanden ist, eingebettet wurde. Das Niedernebeln von Staubwolken konnte im Weiteren in das Transportproblem (Staubwolke zu Wasserspray) und die Staubpartikelabscheidung durch Tropfen unterschieden werden. Das Transportproblem wurde durch CFD- Simulation analysiert wodurch wirksame Bereiche des Wassersprays abgegrenzt werden

konnten. Die Abscheidung von Staubpartikeln durch Tropfen in diesen Bereichen konnte über Adaption des Barth-Schuch Löffler Modelles berechnet werden. Die Staubreduktion durch Schüttgutbefeuchtung konnte durch ein Optimierungsverfahren für Düsenparameter und Aufstellen eines Glockenmodelles für Befeuchtungsfelder an empirische Daten von Staubabwurftests anknüpfen und dadurch ein Berechnungsweg gefunden werden.

#### Literatur:

- [1] M.Stieß: Mechanische Verfahrenstechnik Partikeltechnologie 1, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2009
- [2] J. Faschingleitner: Model verification of water spray suppression of fugitive dust emission using different bulk solids and droplet sizes Diploma work TU-Vienna, 2008.
- [3] W. Höflinger, J. Faschingleitner, G. Mauschitz, Z. Liu, G. Zhang: Proceedings 6<sup>th</sup> International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids (CHOPS), August 2009, Brisbane, Australia, 6 pages.
- [4] J. Gospodarek: Fluid dynamical analysis of encased dust systems with implemented two-phase nozzle sprays for the purpose of fugitive dust suppression, Diploma work TU-Vienna, 2010.
- [5] Partikelabscheidung an Tropfen und Fasern, Chem.-Ing.-Techn.,55 (1983) Nr. 3, S. 171-178
- [6] Trenker, C. & Höflinger, W. (2001). Proceeding of *International Congress for Particle Technology*, Nürnberg, Deutschland.