

# Einsatz von tensidisch aktiviertem Feinstnebel zur Adsorption von Gasen und Aerosolen

Eine Verfahrensentwicklung von der Grundlagenforschung bis zum  
Industriellen Einsatz



Werner Haunold [Haunold@zuf.uni-Frankfurt.de](mailto:Haunold@zuf.uni-Frankfurt.de)

Arbeitsgruppe Prof. Dr. W. Jaeschke  
Institut für Atmosphäre und Umwelt  
Universität Frankfurt

*Reinigung von Luftgetragenen Emissionen durch Anlagerung der Schadstoffe an  
Flüssigkeitströpfchen.*

*Mit anschließendem Abscheiden der Tröpfchen und Austrag aus der Luftmasse.  
Hohe Wirksamkeit für anorganische und organische Geruchsstoffe, sowie  
Staub und Bioaerosol*

# Ein in Industrieller Abluft entstandener Nebel kann stark schädigende Wirkung auf die Umwelt aufweisen

Waldsterben Saurer Regen Smog

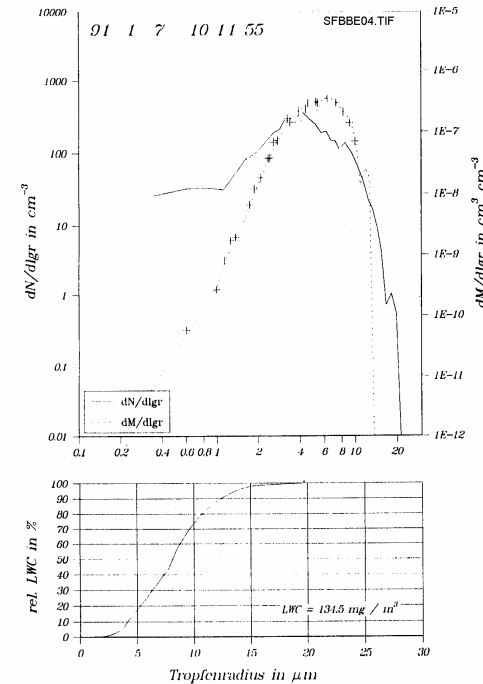
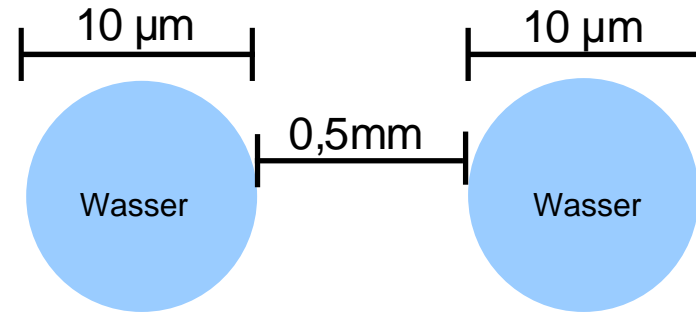
- Bei Feldmessungen zeigten sich hohe Konzentrationen von Schadstoffen im Nebel ( zB. pH 3,5 )

Dies bedeutet:

- Nebeltropfen zeigen sehr gute Absorptionseffizienzen für atmosphärische Gase und Aerosole
  - ⇒ Natürlicher Reinigungsprozess in der Atmosphäre
- In Laborversuchen konnte durch entsprechende Ausrüstung die Absorptionseffizienz der Tropfen stark gesteigert werden

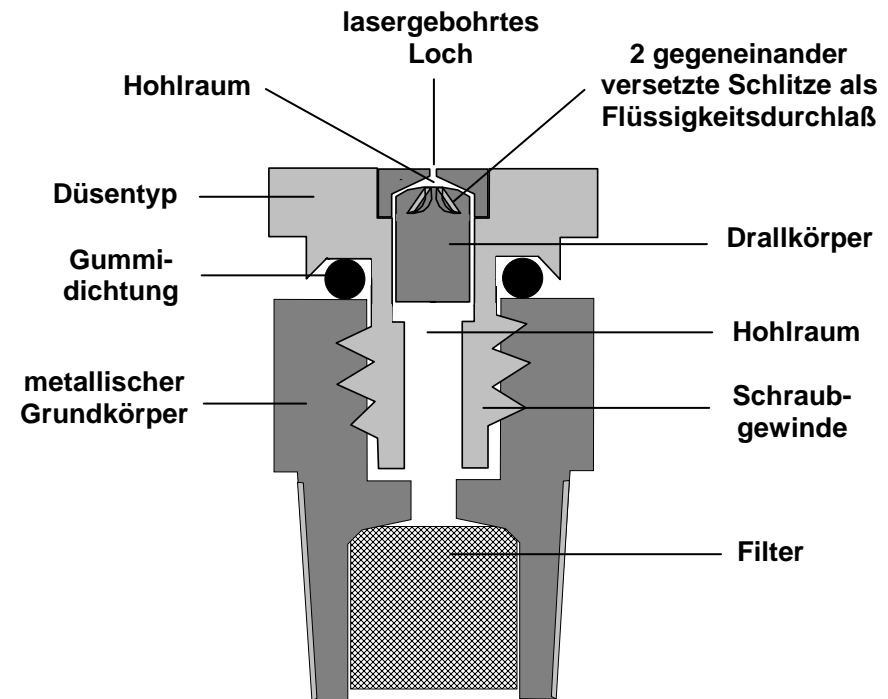
# Nebel

- Feinste Tröpfchen in Luft. Bereits ein Gramm Wasser pro Kubikmeter Luft sind als dichter Nebel wahrzunehmen.
- Tropfen Durchmesser 1 bis 20  $\mu\text{m}$ .
- Ein Gramm Nebelwasser hat somit eine Oberfläche von ca. 0,5  $\text{m}^2$
- Der Abstand zwischen zwei Tropfen beträgt nur 0,5 mm
- **Sehr schneller Kontakt zwischen Gasphase und Flüssigkeit.**



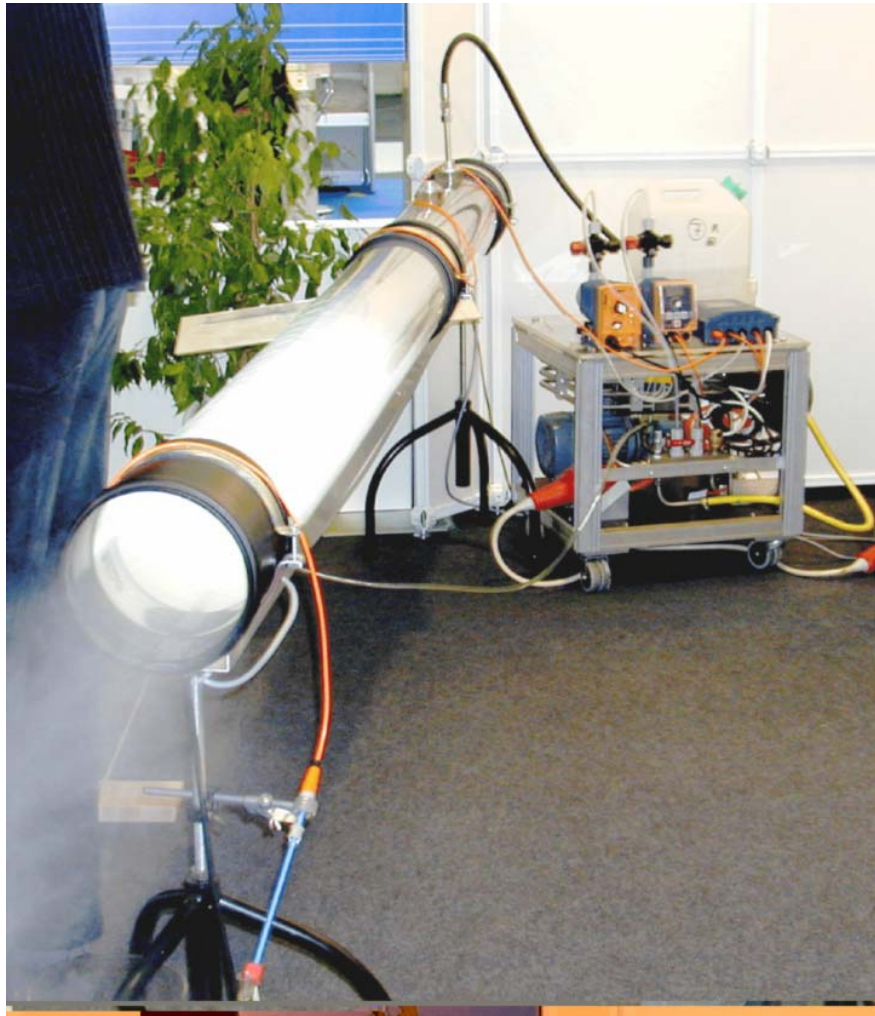
# Feinstnebel

- Feinstnebel ist dem natürlichen Nebel ähnlich.
- Wasser wird mittels Hochdruckdüsen in eine Luftmasse eingesprüht.
- Die Feuchtigkeit in der Luftmasse steigt auf über 100 % RH
- Abkühlung der Luft
- Der künstliche Flüssigkeitsnebel verbleibt in der Luftmasse.
- Tropfenspektrum 2 bis 30 Mikrometer



Betriebsdruck 50 bis 80 Bar  
Ausbringung 5 bis 15 Liter / h

# Feinstnebel Ausbringung



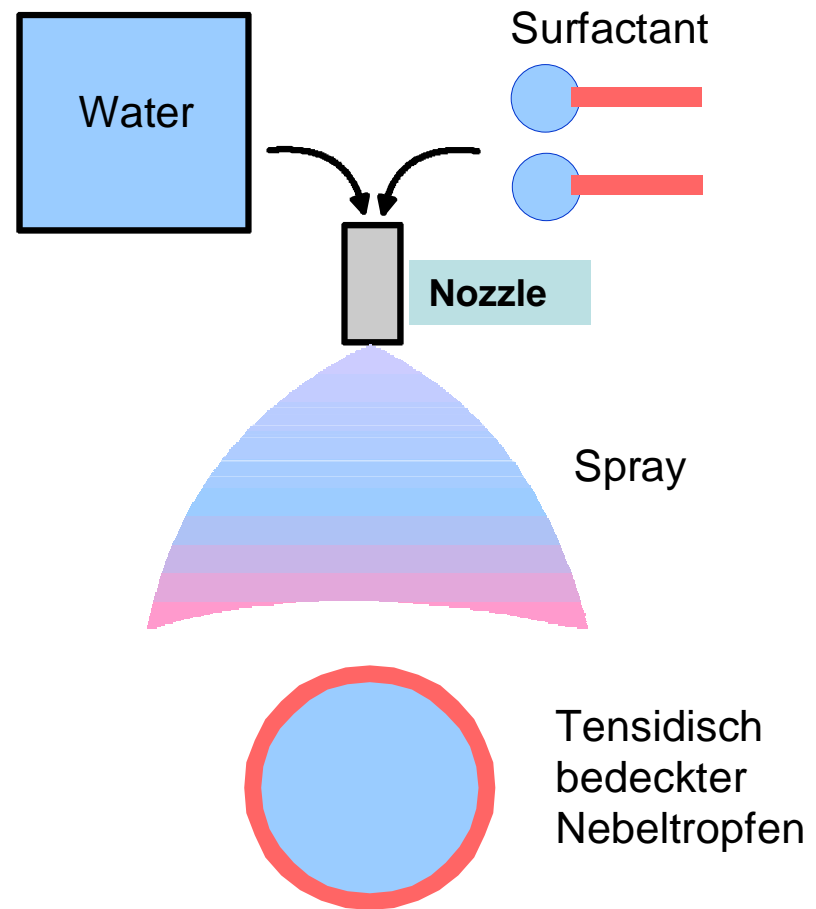
Einzeldüse mit Dosierstand



freie Ausbringung mit „Nebelkanone“

# Der Tensidnebel

- Der tensidisch optimierte Nebel wird durch das Versprühen von Wasser und Surfactants mit einer Hochdruckdüse erzeugt. Der Sprühstrahl ist in die zu reinigende Luftmasse gerichtet.
- Die Tenside lagern sich sofort an der Tropfenoberfläche an und bilden auf ihr eine organisch unpolare Fläche aus.
- Diese lipophile Fläche ist eine starke Senke für organisches Material, Aerosole und Gase.
- Die Wirksamkeit dieser Fläche wird durch eine für den Anwendungszweck optimierte Auswahl an Tensiden stark gesteigert.

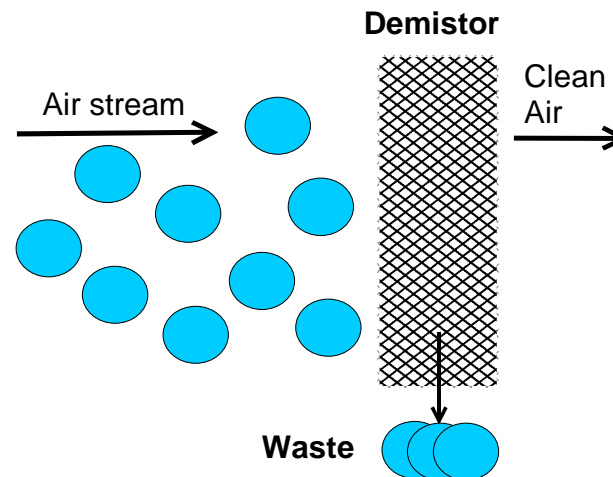
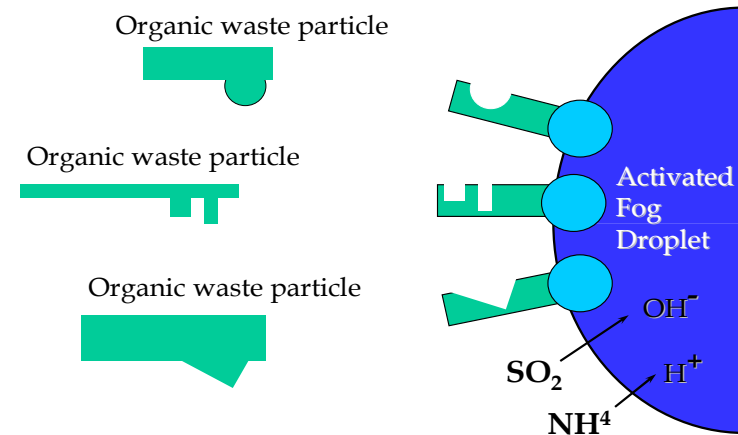


Durch molekulare Diffusion treffen organische Moleküle und Aerosole auf die Tropfenoberfläche und werden dort gebunden

- Die Effektivität der Anlagerung ist abhängig von der Feinheit und Menge des Nebels, von der Senken Qualität der tensidischen Fläche und der Kontaktzeit.

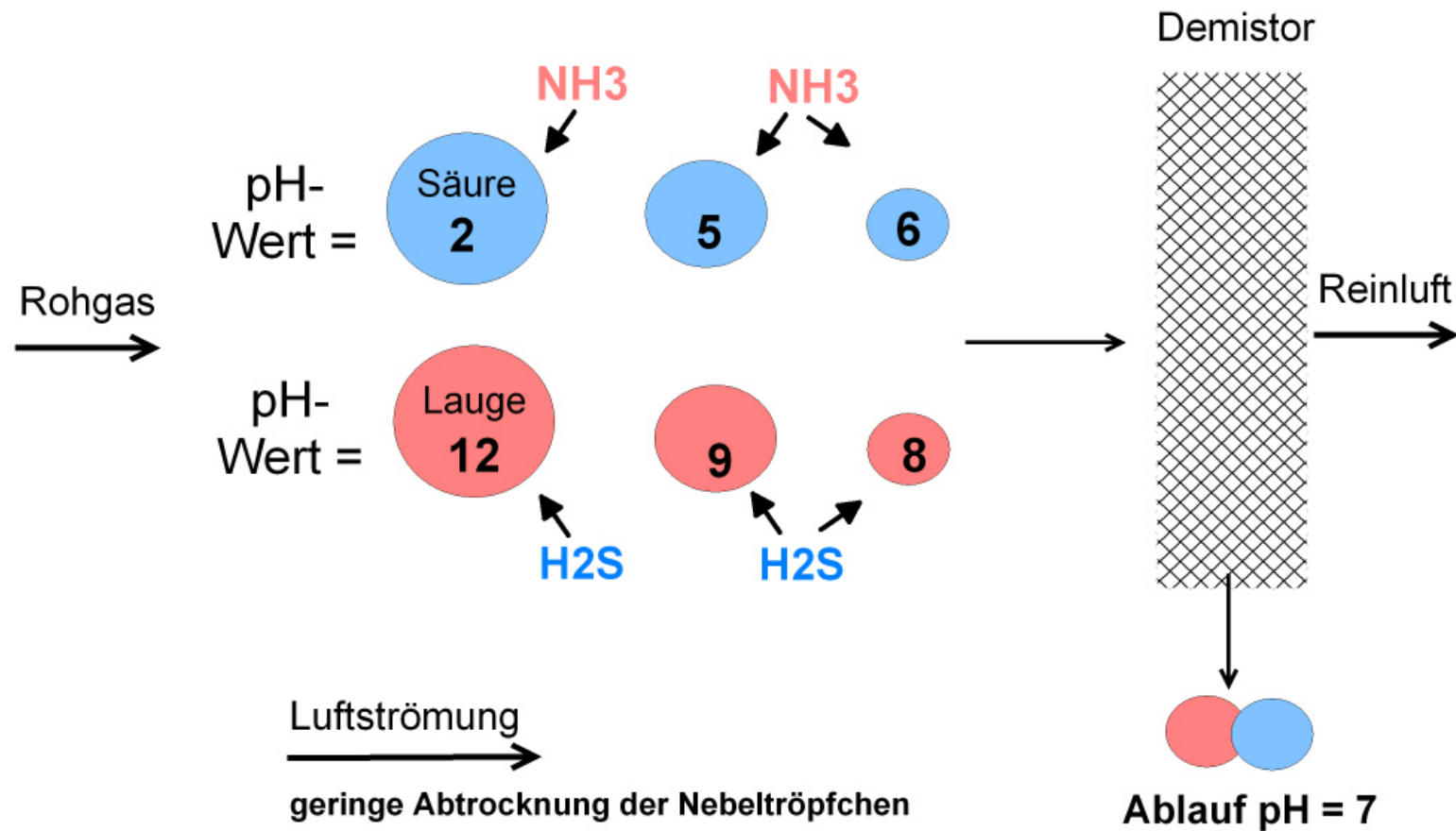
Nichtionische Tenside auf Aethylenoxid Basis  
Lineare und verzweigte Kette

- Ist der Schadstoff am Nebeltröpfchen gebunden kann er mit diesem an einem Demistor abgeschieden werden. So gelangen Wirkstoff und absorbiertes Schadstoff aus der Luftmasse heraus.

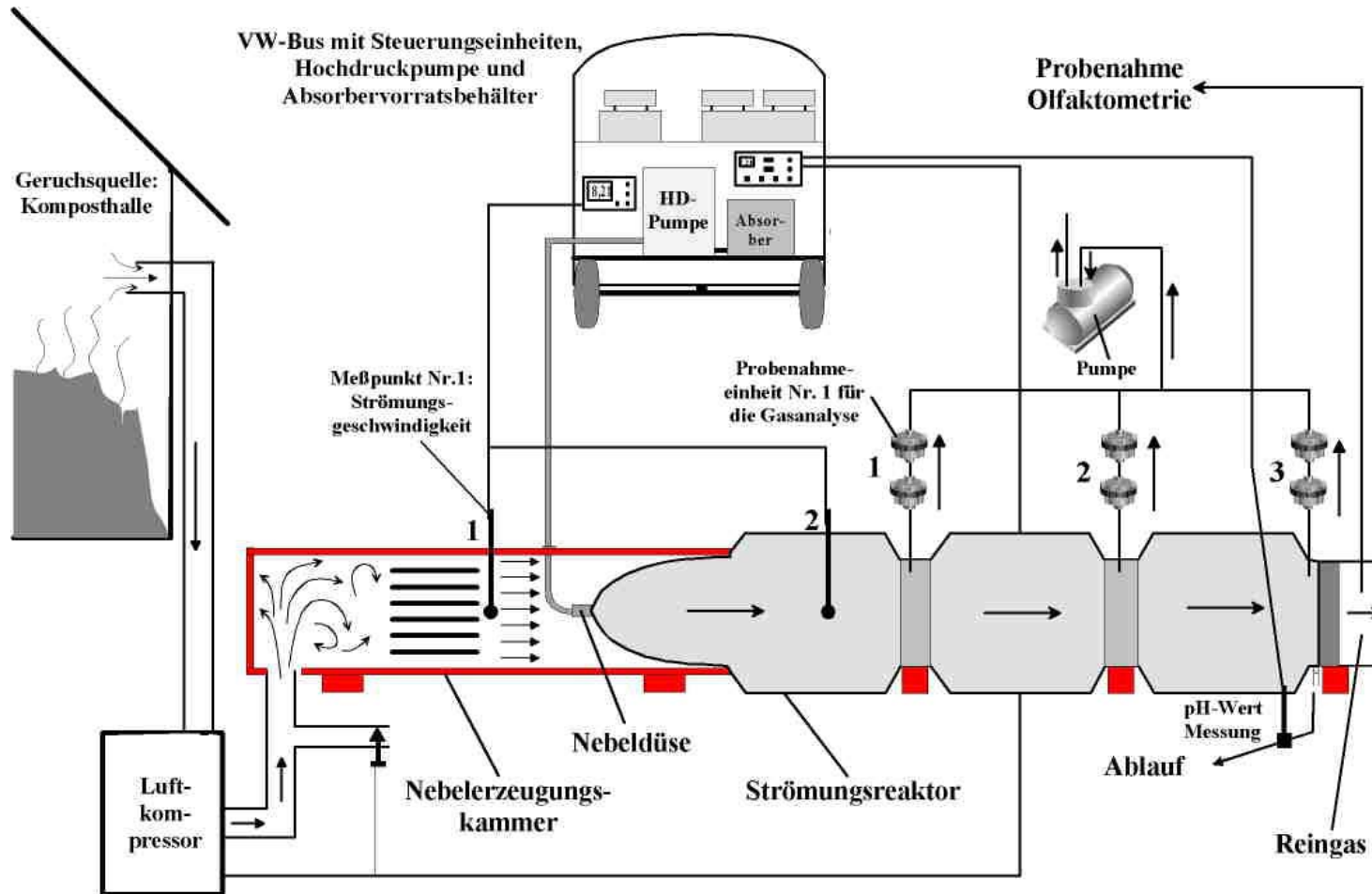


# pH aktive Absorption von Gasen

## Mischnebel



# Aufbau der Testanlagen



# Testmessung Industrieanlage

Abluft einer Zellstoff-Fabrik Salvador / Bahia Brasilien



**100 m<sup>3</sup> / Stunde Bypass**

# Testanlagen im Dauerbetrieb

Zyclon mit Feinstnebel Injektion  
Für hochbelastete Emissionen



**100 m<sup>3</sup> / Stunde Bypass**

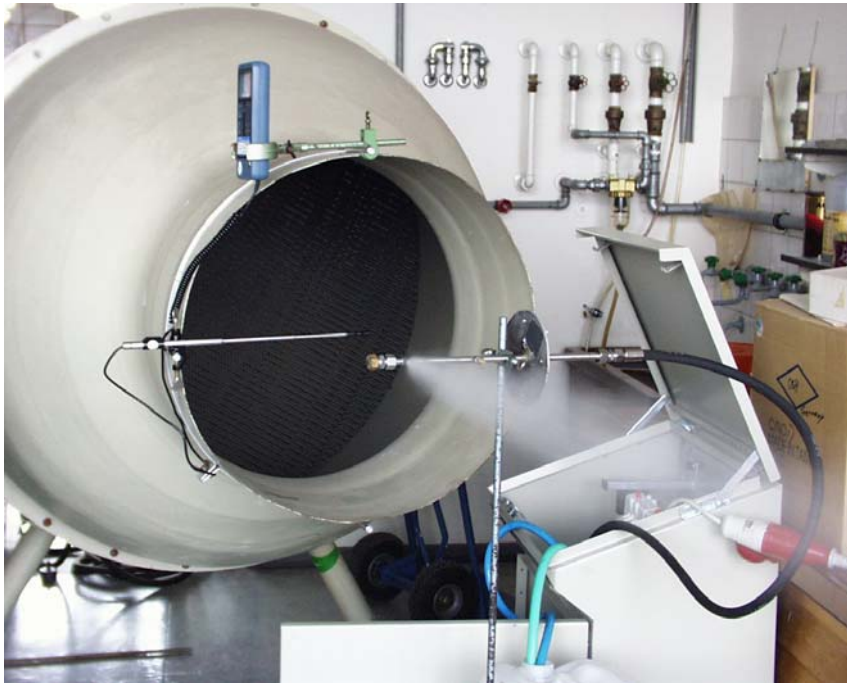
Vorabsorber mit Mischnebel  
Zum Schutz eines Biofilters



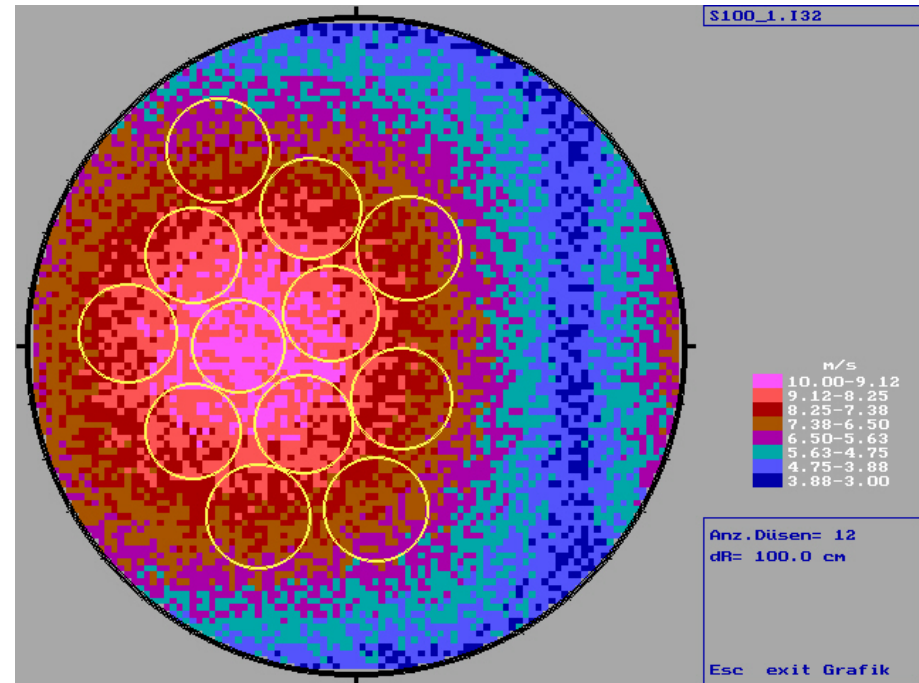
- **5000 m<sup>3</sup> / Stunde Bypass**  
Mannesmann DEMAG

# Verfahrensoptimierung

Durch die luftgeschwindigkeitsabhängige Aufweitung des Sprühkegels, mussten optimierte Montagepunkte innerhalb einer Strömung gefunden werden

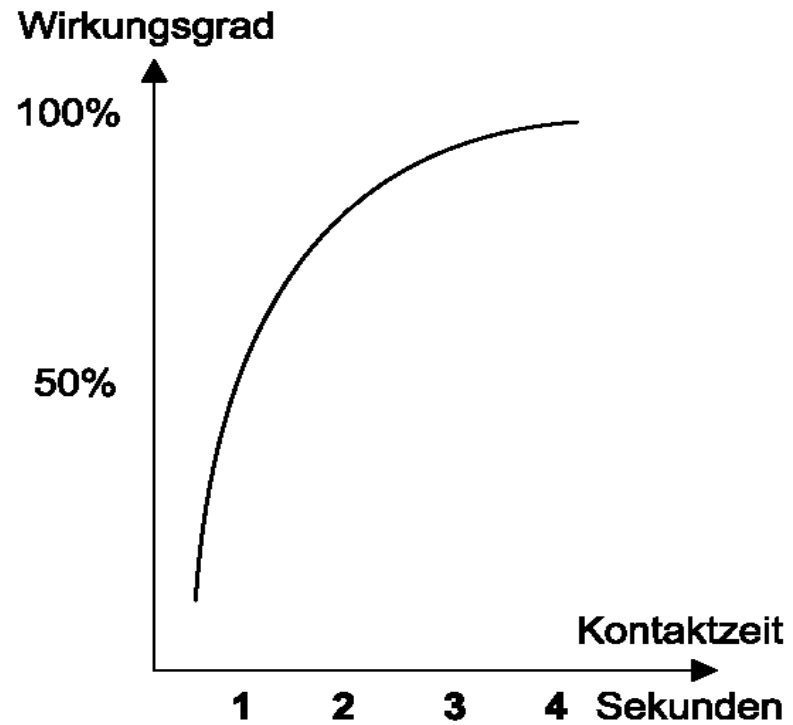
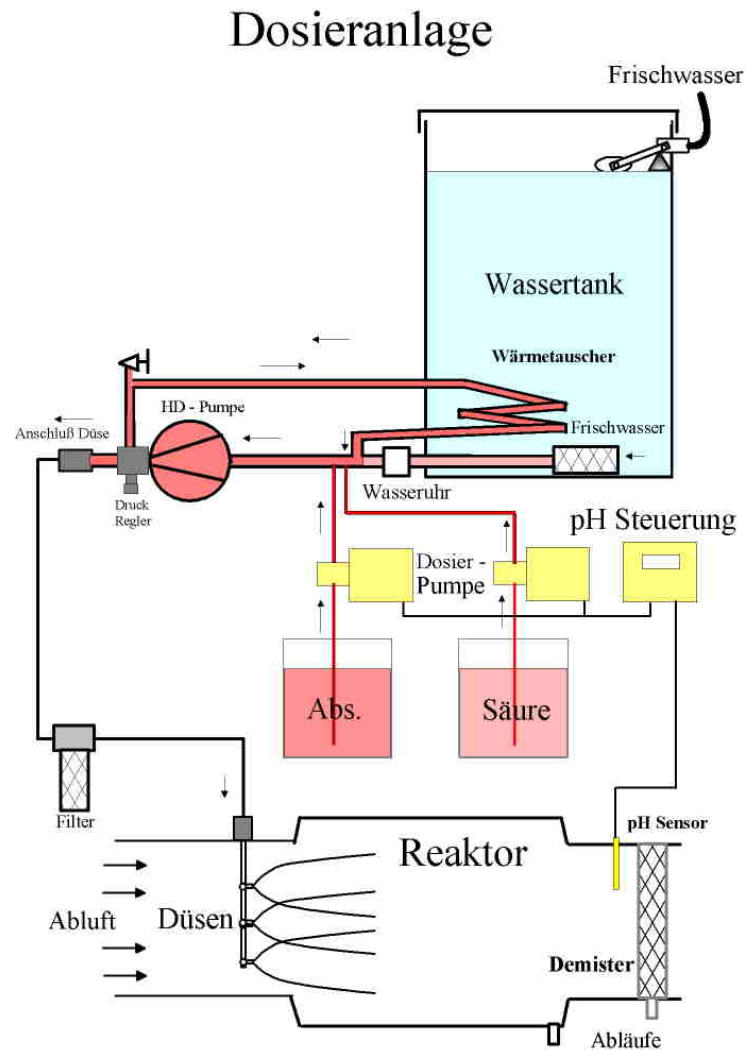


Windkanal Universität Mainz



Optimale Düsenverteilung

# pH und Tensid Steuerung



Benötigte Kontaktzeit des Nebels mit der Abluft ( *Beispiel* )

# Projekte & Kooperationen:

- **Testmessungen in Tierhaltung** Hutec- Philipp Holzmann 1997
- **Mischnebel als Vorreiniger für Biofilter** Mannesmann / Demag AG 1997
- **Tierhaltung Abluftreinigung** Fa. EnviTec 1998
- **Verfahrens Entwicklung mit der DBU** Fa. EnviTec 1999
- **Textilsenge Abluftreinigung** Fa. FOG Systems 1999
- **Emissionen aus Mischkesseln** STS /Icopal /Shell 2000
- **Geruchsminderung an Gießstrecke** Fa. Georg Fischer/ TÜV 2000
- **Kompostieranlagen** Kommunaler Entsorger 2000
- **Abluft Kompostieranlage** Genesis / Beselich Hessen 2002
- **Emissionen Bodensanierung** Prof. Düllmann / Kempen 2003

- Präsentation DBU Beispielhafte Entwicklung im Umweltbereich 2001 Berlin

### **Starke Geruchsminderung**

Das Verfahren wurde in zahlreichen Betrieben der kommunalen Entsorgung und in verschiedenen Industriebranchen erprobt. In Klärwerken, Kompostieranlagen, Tierverwertungsanlagen, Gießereien und der Bitumenindustrie wurde es erfolgreich eingesetzt.

**In allen Fällen wurden die Emissionen um mehr als 90% reduziert.**

Dabei wurden besonders die Gerüche, die zu einer starken Belästigung in der Nachbarschaft führen können, deutlich vermindert.

Eine Vielzahl Verfahrensbeschreibender Patente wurde angemeldet.

# Desinfektion / Keimreduktion

Anfrage über Industriepartner aus China und Vietnam (Hühnerpest):

- **Wie kann man preiswert und schnell eine Luftmasse von Bakterien und Viren reinigen - ?**

Alle Keime sind Luftgetragene Bioaerosole.

Für den Tensidnebel sind es organische Partikel die sehr gut gebunden werden. Hydrophil und Hydrophob.

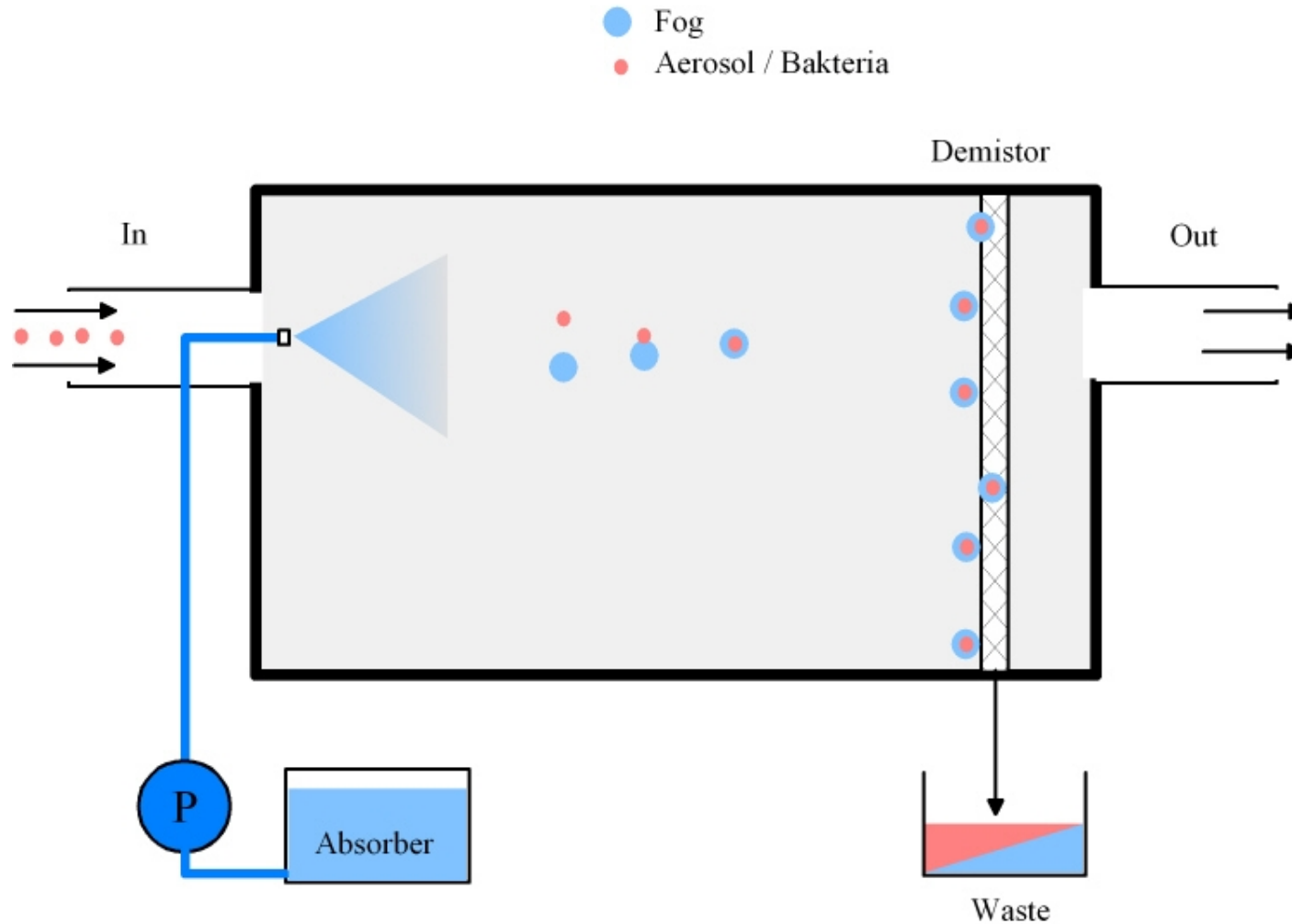
Wenn die Keime an den Nebeltröpfchen angelagert sind können sie mit diesen am Demistor abgeschieden und aus der Luftströmung entfernt werden.

**Eine Abtötung der Keime ist nicht notwendig – sie werden aus der Luftströmung ausgewaschen !**

Start von Testmessungen bei Firma STS

# Keimreduktion und Geruchsreduktion

## Aerosol Absorption Container



# Industrielle Ausführung

Einbau eines handelsüblichen Containers in Abluftkanal  
Durchsatz 30 000 m<sup>3</sup> / h      Mit 40 Feinstnebel Düsen



40 Düsen ⇒ 400 Liter Wasser pro Stunde  
Bei 1% Tensid ⇒ 4 Liter pro Stunde

# Bewertung der Keimreduktion

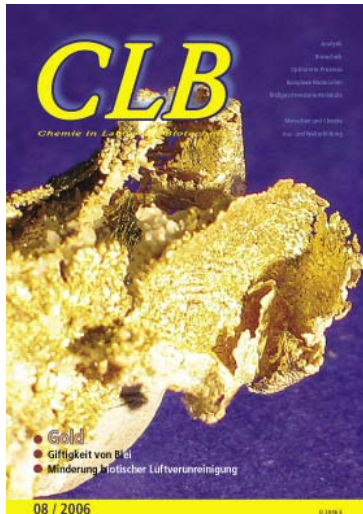
Auszug aus Gutachten für Container von SGS Institut Fresenius GmbH

## Rohgas

• Cladosporium spp.	• 7.500
• Penicillium spp.	• 2.500
• Aspergillus flavus	• 1.750
• Aspergillus fumigatus	• 1.625
• Aspergillus niger	• 1.250
• Aspergillus nidulans	• 375
• Sterile Kolonien	• 375
• <b>Summe</b>	<b>15.375</b>

## Reingas

Cladosporium spp.	1.375
Sterile Kolonien	63
Acremonium sp.	25
Alternaria sp.	25
Botrytis sp.	25
Aspergillus fumigatus	< 25
Aureobasidium pullulans	< 25
Penicilium sp.	< 25
<b>Summe</b>	<b>1.558</b>



„Minderung biotischer Luftverunreinigungen durch ein Absorptionsnebelverfahren“  
Ausgabe August 2006

### Vom Kompostmief zur Standard-Raumluft

#### Marcus Seibert und Wolfgang Fichtner

Nachfolgend wird die Wirksamkeit eines als Geruchsabsorber patentierten Systems bei der Reinigung von biotisch belasteten Abluftströmen überprüft. Als Emissionsquelle dient ein Komposthaufen. Die Abluft aus dem Komposthaufen (Rohgas) wird direkt sowie nach der Reinigung durch das Absorptionsnebelverfahren (Reingas) auf Keimbildende Einheiten (KBE) überprüft. Die Überprüfung erfolgte auf zwei verschiedenen Nährböden (Sabouraud, Caso) nach fünftägigem Bebrüten bei 30°C. Es wurden per Membranfilterverfahren Keime gesammelt, mehrere Varianzen beim Absorptionsnebelverfahren eingestellt und die Ergebnisse anschließend miteinander verglichen.

# Ausblick

Bau und Erprobung neuer Anlagen in verschiedensten Industriebereichen

## ETAG Environment

vdPas Waste & Energy B.V.  
P.O. Box 37  
5400 AA UDEN  
The Netherlands



**Einsatz des Verfahrens zur Reinigung von Brenngasen aus thermischer Zersetzung. Abluftreinigung**

**Unterstützung und Option auf bestehende Patente**



**FOG SYSTEMS**  
FOG-Systems.de

**Herstellung und Vertrieb der Feinstnebel Anlagen. Montage der fertigen Systeme**

**TENSID SERVICE GMBH**



**Tensid Optimierung auch für Keimreduktion**