

Hinweis:

Da es in uns mit der Veröffentlichung dieses Berichtes darum geht, die geringe Aerosolbildung von BUBBLE-RAIN® Duschbrausen im Vergleich zu der heute üblichen Technologie zu dokumentieren und es nicht in unserem Interesse steht, einen unserer Konkurrenten in ein negatives Licht zu rücken, haben wir den Hersteller der Vergleichsbrause mit einem grauen Feld ████████ überdeckt. Bei der Vergleichsbrause handelt es sich um eine Duschbrause des gehobenen Standards eines renommierten Herstellers. Diese Duschbrause stelltvertretend für alle Duschbrausen, welche mit der üblichen Duschstrahltechnologie arbeiten.

Waging, 16.04.2004
WOLF Umwelttechnologie GmbH



Charakterisierung der Aerosolbildung durch Duschbrausen

-Ergebnisbericht-

Auftraggeber:

WOLF-Umwelttechnologie
Martinweg 2
83329 Waging am See

Auftragnehmer:

Fraunhofer-Institut für Toxikologie und
Experimentelle Medizin
Abteilung für Aerosoltechnologie
Nikolai-Fuchs-Str. 1
30625 Hannover

Bearbeiter: Prof. Dr. W. Koch, P. Langer

Tel: 0511 5350 -117

Fax: 0511 5350-155

22.12.2003 W. Koch
Datum Unterschrift

1. Aufgabenstellung

Bei der Benutzung von Duschbrausen besteht die Möglichkeit der Inhalation von Wassertropfen bzw. der darin gelösten oder suspendierten (biogenen) Verunreinigungen. Die Inhalation von mit Legionellen verunreinigten Wassertröpfchen beim Duschen wird im Zusammenhang mit dem sporadischen Auftreten der Legionärskrankheit diskutiert. Lungengängige Tropfen ($< 10 \mu\text{m}$) können über die Sekundärtropfenbildung beim Austritt der Wasserstrahlen aus dem Duschkopf bzw. beim Auftreffen der Strahlen auf der Körperoberfläche entstehen.

Das Ziel der Untersuchungen ist die vergleichende Charakterisierung unterschiedlicher Duschköpfe hinsichtlich des bei der Anwendung auftretenden Inhalationsrisikos gegenüber lungengängigen Partikeln. Getestet werden sollten unter gleichen Bedingungen folgende beiden Duschköpfe:

Duschbrause „Bubble Rain Technologie“ des Herstellers WOLF-Umwelttechnologie,
Strahlart: Blasenregen

Duschbrause „Relexa plus Exquisit“ des Herstellers XXXXXXXXXX
Strahlart: Normalstrahl

2. Material und Methoden

Die Feintropfenentstehung bei der Benutzung von Duschbrausen wurde über eine Tracermethode charakterisiert. Dazu wurde dem Duschwasser eine geringe, konstante Menge Kochsalz (Massenkonzentration c^{NaCl}) zugefügt. Über entsprechende Aerosolmessgeräte wurde die Aerosolkonzentration des NaCl, $C_{\text{Ae}}^{\text{NaCl}}$ [mg/m^3], im lungengängigen Partikelgrößenbereich gemessen. Dieser Konzentration kann eine Konzentration

$$C_{\text{Ae}}^{\text{H}_2\text{O}} = C_{\text{Ae}}^{\text{NaCl}} / c^{\text{NaCl}} \quad (1)$$

(in mg/m^3 oder $\mu\text{l}/\text{m}^3$) von Wassertropfen zugeordnet werden, deren darin enthaltene Verunreinigungen inhaliert werden können. Wäre beispielsweise für die mikrobielle Kontamination des Wassers die Anzahl der Bakterien, n^{B} , pro ml Wasser bekannt, so könnte man aus $C_{\text{Ae}}^{\text{H}_2\text{O}}$ direkt die Anzahlkonzentration der (inhalierbaren) Bakterien in der Luft berechnen.

$$N_{\text{Ae}}^{\text{B}} = n^{\text{B}} C_{\text{Ae}}^{\text{H}_2\text{O}} \quad (2)$$

Für die Durchführung der Messung wurde ein Versuchsstand gemäß Abb. 1 erstellt. Die Wasserversorgung der Duschköpfe erfolgt aus einer 200 l Vorratsstunde heraus über eine Kreiselpumpe mit Drosselmöglichkeit. Das Wasser wurde mit 2 % NaCl versetzt. Da die Temperatur des Wasser auf die Freisetzung lungengängiger Partikel keinen Einfluss hat, wurde kaltes Wasser verwendet. Damit wird unter anderem eine Nebelbildung im Bereich der Duschkabine durch Rekondensation von Wasserdampf auf vorhandene Aerosole der Luft vermieden, was zu einer erheblichen Verfälschung der Signale der optischen Messgeräte führt. Für den Duschvorgang wurde in allen Versuchen ein Zeitraum von 10 Minuten festgesetzt. Die Aerosolprobenahme erfolgte in Atemhöhe.

Zur Aerosolmessung wurden folgende Geräte benutzt:

- Kaskadenimpaktor, Typ Berner LPI 25, 0.01 bzw. Typ 150 , 03; (Fa Hauke, Gmunden, A) als partikelgröÙenselektives Aerosolsammelgerät. Die GröÙenauföÙung ist durch 9 (5)GröÙenklassen im Bereich zwischen 0.03 und 16 μm (0.3 und 10 μm). Der Volumenstrom betröÙt 25 l/min (150 l/min). Die Partikeln werden auf vorher eingewogenen Aluminiumfolien abgeschieden. Nach Ende der Messung werden die Folien entnommen, bei 40 % Luftfeuchte mehrere Stunden konditioniert und die NaCl Menge mittels einer Mikrowaage nach Auswaage der Folien bestimmt.
- RESPICON, gravimetrisch-optisches Aerosolmessverfahren (Fa. Hund, Wetzlar, D). Das GeröÙt misst die Konzentration des luftgetragenen Aerosols in drei PartikelgröÙenfraktionen: < 4.5 μm (alveolengöÙig); <10 μm (thoraxgöÙig, lungengöÙig), < 100 μm (einatembar). Die Konzentrationsbestimmung erfolgt zum einen zeitlich aufgelöÙt über drei im GeröÙt eingebaute Streulichtphotometer und zusöÙtzlich durch die Abscheidung der drei GröÙenfraktionen auf drei separate Filter nach aerodynamischer Auftrennung des Aerosols durch einen Virtualimpaktor. Im Prinzip werden die Streulichtphotometer auf der Basis der Filtermessungen kalibriert. Aufgrund des geringen Ansaugvolumenstroms von 3.1 l/min und niedrigen Konzentration reicht die wöÙhrend der Probenahmezeit auf den Filtern abgeschiedene NaCl-Menge föÙr eine gravimetrische Auswertung nicht aus. Deshalb wurden die Photometer auf Basis der Impaktormessungen kalibriert.

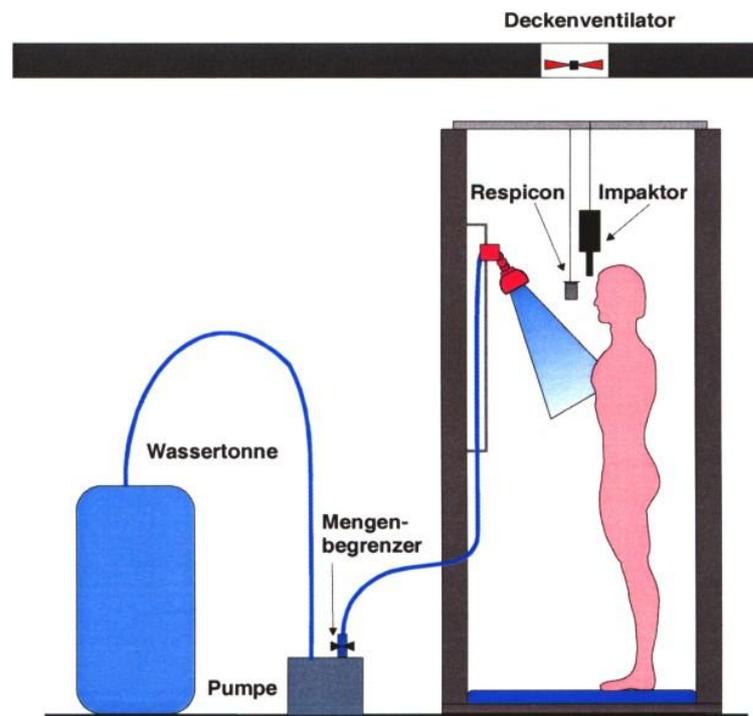


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Messung der lungengöÙigen Aerosole.



Abb. 2: Photo des Versuchsaufbaus.

3. Durchführung der Messungen und Ergebnisse

Kalibriermessungen:

Für die Messungen zur Kalibrierung des RESPICON wurden bei Geräte parallel betrieben. Die Probenahmepunkte waren ca. 10 cm voneinander entfernt. Die Messung wurde mit einem [REDACTED] Duschkopf durchgeführt. Abb. 2 zeigt die Größenverteilung des gesammelten Salzaerosols.

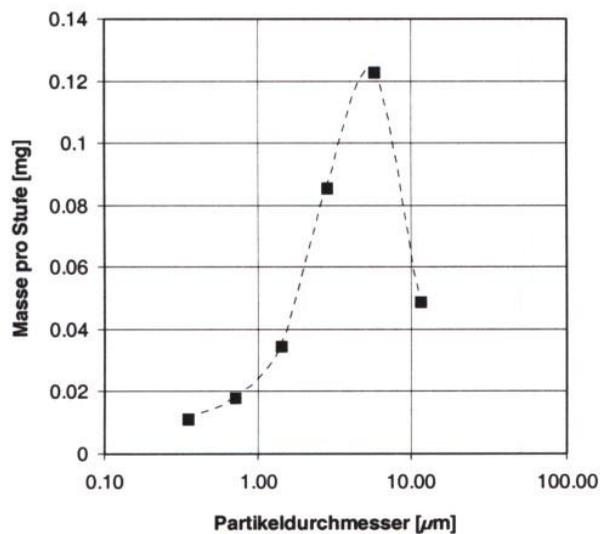


Abb. 2: Größenverteilung des freigesetzten Salzaerosols..

Aus dieser Massengrößenverteilung wurde dann unter Zugrundelegung des gesammelten Volumens die Konzentration im Größenbereich $< 4.5 \mu\text{m}$ bzw. $< 10 \mu\text{m}$ berechnet. Dies sind die Bereiche, die auch vom RESPICON gemessen werden. Die Konzentrationen wurden dann zu den mittleren Photometerspannungswerten in Beziehung gesetzt (Tab. 1).

Tab.1: Kalibriermessungen

| | $<4.5 \mu\text{m}$ | $<10 \mu\text{m}$ |
|--|--------------------|-------------------|
| $C_{\text{Ae}}^{\text{NaCl}} [\text{mg}/\text{m}^3]$ | 0.60 | 1.06 |
| $U [\text{mV}]$ | 16.00 | 35.00 |
| $\epsilon [\text{mV}/\text{mg}/\text{m}^3]$ | 26.82 | 33.14 |

Charakterisierung der Wolf- und XXXXXXXXXX-Duschbrause

Die Beurteilung der Freisetzung lungengängiger Partikeln bei Verwendung unterschiedlicher Duschköpfe beruht wegen der hohen Empfindlichkeit des photometrischen Messverfahrens, der hohen zeitlichen Auflösung und der Robustheit des Sensors im wesentlichen auf den RESPICON-Messungen.

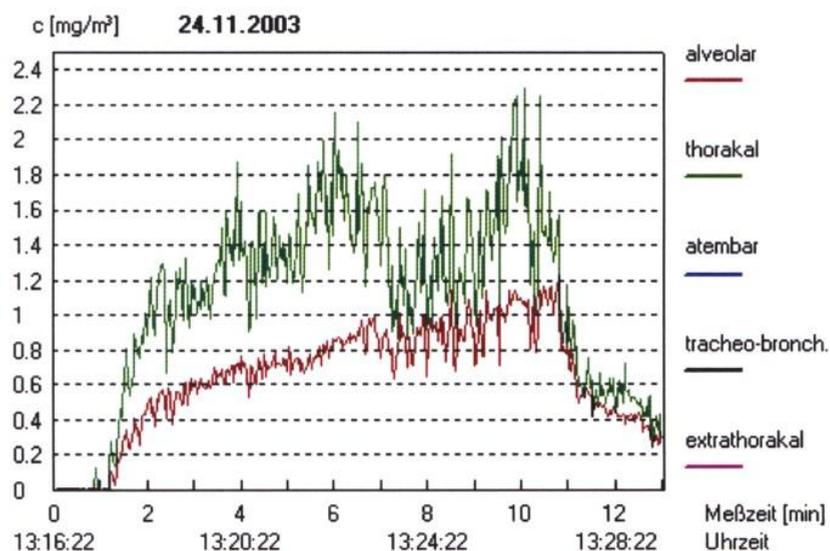


Abb. 3 Konzentrationsverlauf des NaCl-Aerosols bei Verwendung der XXXXXXXXXX Duschbrause. Wasserdurchfluss 18 l/min.

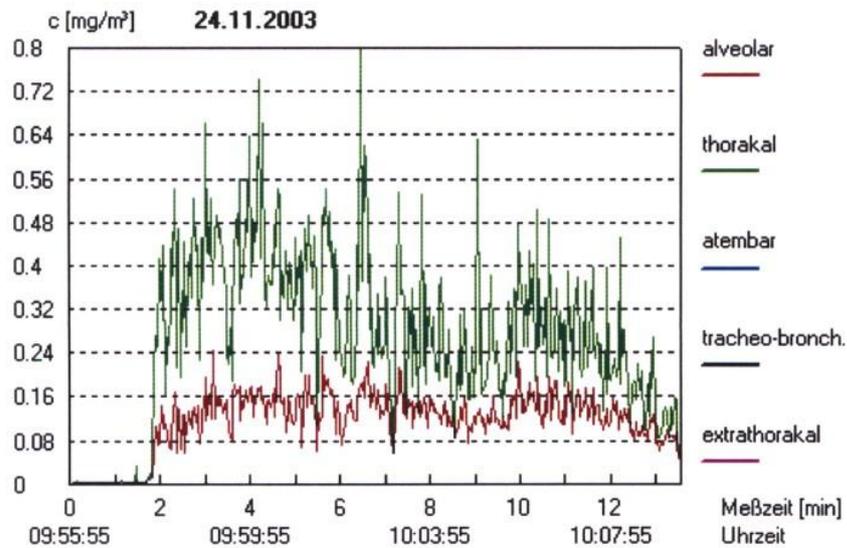


Abb. 4 Konzentrationsverlauf des NaCl-Aerosols bei Verwendung der Wolf-Duschbrause. Wasserdurchfluss 6 l/min.

Bei den Messungen wurde der Duschvorgang ca. 1,5 Minuten nach Anschalten der Messgeräte gestartet. Er dauerte in beiden Fällen ca. 9 Minuten. Danach fiel die Konzentration aufgrund der Ventilation der Duschkabine mit einer Halbwertszeit von ca. 2 Minuten ab. In Tab. 2 sind die mittleren Expositionskonzentrationen gegenüber lungengängigen Aerosolen im Vergleich dargestellt.

Tab.2: Messergebnisse im Vergleich

| | "Relexa plus Exquisit" | | Wolf "Bubble rain" | |
|-------------------------|------------------------|---------|--------------------|---------|
| | < 4.5 µm | < 10 µm | < 4.5 µm | < 10 µm |
| C_{Ae}^{NaCl} [mg/m³] | 0.76 | 1.3 | 0.14 | 0.33 |
| $C_{Ae}^{H_2O}$ [µl/m³] | 38 | 65 | 7 | 17 |

Der Unterschied zwischen dem "Relexa plus Exquisit"- und dem Wolf-Duschkopf beträgt demnach hinsichtlich der Exposition gegenüber lungengängigen Partikeln ca. einen Faktor 4, für die alveolengängigen Teilchen (Teilchen, die bis in die Lungenbläschen vordringen können) ist der Unterschied der Faktor 5.4.

Geht man von einem Atemfluss beim Menschen von 10 l/min aus, so werden in der Zeit von 10 Minuten bei Benutzung der "Relexa plus Exquisit"-Dusche die nicht-verdampfbaren Inhaltsstoffe aus 6.5 µl lungengängigem Wasseraerosol, im Fall des Wolf-Duschkopfes im Vergleich dazu die Inhaltsstoffe aus 1.7 µl Wasseraerosol eingeatmet.

Die gemachten Aussagen sind vergleichende Aussagen zwischen zwei unterschiedlichen Duschköpfen. Aussagen über das absolute Risiko der Einatmung pathogener Keime können aus den Messungen nicht abgeleitet werden.