

ZENTRALBEREICH FÜR KRANKENHAUSHYGIENE

LEITER: DR. MED. SEBASTIAN W. LEMMEN

Zentralbereich für Krankenhaushygiene der Medizinischen Fakultät
der RWTH Aachen · Pauwelsstraße 30 · D-52074 Aachen

D-52074 AACHEN, den 19.01.2001 L/rie
Pauwelsstraße 30

Telefon: (0241) 80 0
Telefax: (0241) 88 88 540
Telefon Durchwahl: (0241) 80 88 884
Sekretariat: (0241) 80 89 843
e-mail: slemmen@post.klinikum.rwth-aachen.de

Öffentliche Verkehrsmittel:
Bus: Linien SB 1,3,5,33,45,70

**Krankenhaushygienisches Fachgutachten zur Evaluierung
des Verdunstungsbeefeuchters FA 6 der Firma Munters**

1. Fragestellungen

Gegenstand der Untersuchung war, ob durch den Verdunstungsbeefeuchter FA 6 der Firma Munters humanpathogene legionellenhaltige Aerosole entstehen. Diese Fragestellung wurde versucht, mit Hilfe einer experimentellen Versuchsanordnung zu beantworten.

2. Methodik

2.1. Versuchsanordnung

Es wurde ein Messstand zur Bestimmung von Volumenströmen, Partikel- und Keimzahlen aufgebaut. In der Versuchsanordnung waren die erforderlichen Messeinrichtungen für Drücke und Volumenströme und ein drehzahl geregelter Radialventilator zur Leistungsanpassung integriert. Zur Herstellung der für hygienische Messungen erforderlichen Luftqualität wurden zusätzliche Luftfilter eingebaut (siehe Grafik).

Da die Luftansaugstelle im Keller des Klinikums angeordnet ist, wurde an dieser Stelle ein Feinstaubfilter der Klasse F9 eingebaut. Vor den Verdunstungsbefeuchter FA 6 wurde ein Hepa-Filter (Klasse H13) eingebaut, um so weit wie möglich keim- und partikelarme Luft zu erzeugen. Am Ende der Messstrecke wurde zum Personalschutz im Messraum ein Feinstaubfilter F9 angeordnet.

Vor Beginn der eigentlichen Messungen wurde eine Referenzkurve ermittelt, um schnell und ohne aufwendige Einzelmessungen die vorher festgelegten Volumenströme bzw. äquivalenten Durchtrittsgeschwindigkeiten am adiabaten Befeuchter einstellen zu können; dabei entsprachen den Vordrücken am H13-Filter von 350pa, 450pa, 570pa und 670pa jeweils Volumenströme von 1890m³/h, 2240m³/h, 2685m³/h und 3200m³/h und entsprechenden Durchtrittsgeschwindigkeiten im adiabaten Befeuchter von 2,7m/s, 3,2m/s, 3,8m/s und 4,2m/s. Um die Luftströmungsgeschwindigkeit von 4,2m/s zu erreichen, wurde das H13-Filter für die Messungen ausgebaut. Bei der Versuchsdurchführung mit einer Luftströmungsgeschwindigkeit von 3,8m/s und 4,2m/s wurde ein Tropfenabscheider in die Versuchsanordnung eingebaut.

2.2. Versuchsdurchführung

Es wurden Konzentrationen von 1.000KBE/ml, 300.000KBE/ml und 10.000.000 KBE/ml *Legionella pneumophila* hergestellt.

Für die Versuchsdurchführungen wurde der Verdunstungsbefeuchter FA 6 der Firma Munters mit den unterschiedlichen Legionellenkonzentrationen vollständig benetzt, bzw. gesättigt. Die Versuchsanlage wurde mit vier unterschiedlichen Luftströmungsgeschwindigkeiten gefahren (2,7m/s, 3,2m/s 3,8m/s und 4,2m/s).

Vor Versuchsbeginn wurde eine Partikel- und Luftkeimzahlbestimmung in der Anlage mit einem handelsüblichen Luftkeimindikatorstreifen durchgeführt (Luftkeimindikator TC, Firma Biotest HYCON). Die Luftkeimzahlbestimmung wurde über drei Minuten durchgeführt, wobei eine definierte Luftmenge von jeweils 28 Liter/Minute eingesogen wurde. Mit dem Partikelzähler (Royco Modell 243A, Firma HIAC/ROYCO) wurden über 1 Minute Partikel in der Größe von 5µm, 0,5µm sowie 0,3µm gemessen.

Anschließend wurde mit dem Keimzahlmessgerät (Air Sampler RCS Plus, Firma Biotest HYCON) die mögliche Legionellenkonzentration (KBE/m³) geprüft; hierzu wurde das Luftkeimzahlgerät mit einem speziellen Nährboden bestückt, auf welchem Legionellen wachsen können (GVPN-Legionellen-Agar, Firma Mast Diagnostics);

auch hier wurde die Luftkeimzahlbestimmung über drei Minuten durchgeführt, wobei eine definierte Luftmenge von jeweils 28 Liter/Minute eingesogen wurde. Sämtliche Versuche wurden dreifach durchgeführt.

3. Qualitätskontrolle

3.1. Wachstumskontrolle der Keimsuspension von *Legionella pneumophila* 10³ KBE/l

Zu Versuchsbeginn (8.00 Uhr) wurden 500 ml der Keimsuspension sterilfiltriert und das Filter auf den entsprechenden GVPC–Legionellen-Agar (Fa. Mast-Diagnostics, Mast Group Ltd., England)) inkubiert. Auf diesem Medium wuchsen 600 KBE Legionellen, was eine Konzentration von $1,2 \times 10^3$ KBE/l entspricht.

Am Versuchsende (gegen 16.30 Uhr) wurden erneut 500 ml sterilfiltriert und inkubiert; hier wurde eine Legionellenkonzentration von $1,4 \times 10^3$ KBE/l ermittelt.

3.2. Wachstumskontrolle der Keimsuspension von *Legionella pneumophila* 10⁵ KBE/l

Am Versuchsbeginn (8.00 Uhr) wurden nach derselben Methode, wie oben beschreiben 500 ml sterilfiltriert und inkubiert; hier konnte eine Konzentration von 3×10^5 KBE/l ermittelt werden.

Am Versuchsende (16.30 Uhr) wurden erneut 500 ml sterilfiltriert und inkubiert; hier konnte eine Konzentration von $1,6 \times 10^5$ KBE/l ermittelt werden.

3.3. Wachstumskontrolle der Keimsuspension von *Legionella pneumophila* 10⁷ KBE/l

Am Versuchsbeginn (gegen 8.00 Uhr) wurde die legionellenhaltige Suspension im Verhältnis 1:10 verdünnt; hiervon wurden 0,1ml auf GVPN-Legionellen-Agar ausgespatelt und unter den oben beschriebenen Bedingungen inkubiert. Es konnte nach der Inkubationszeit eine Legionellenkonzentration von 10⁷ KBE/l gemessen werden.

Am Versuchsende (gegen 16.30 Uhr) wurde erneut 0,1ml einer Verdünnung von 1:10 auf GVPN-Agar ausgespatelt und inkubiert; hier konnte eine Konzentration von 5×10^6 KBE/l Legionellen ermittelt werden.

3.4. Nährbodenkontrolle

Der hergestellte GVPN-Legionellen-Agar wurden mit einer KBE von *Legionella pneumophila* im 3-Ösenaustrich beimpft; die Platten wurden bei 36°C über 10 Tage inkubiert. Nach der Inkubationszeit konnte Keimwachstum von *Legionella pneumophila* dokumentiert werden, welches durch die üblichen Analyseverfahren als *Legionella pneumophila*, Serumgruppe 1 verifiziert werden konnte.

3.5. Kontrolle des Luftkeimstreifens mit GVPN-Legionellen-Agar

Die Luftkeimstreifen, welche für den Versuch in das Luftkeimzahlmessgerät eingelegt wurden, wurden mit speziell angefertigten GVPN-Legionellen-Agar mit einer Legionellenkonzentration von McFarland 0,5 beimpft. Nach einer Inkubationszeit von 10 Tagen bei 36°C wuchs eine Reinkultur, welche durch die üblichen Analyseverfahren als *Legionella pneumophila*, Serumgruppe 1 verifiziert wurde.

Als Negativkontrolle wurden die vom Hersteller gelieferten Luftkeimstreifen (Luftkeimindikator TC, Firma Biotest HYCON) ebenfalls mit *Legionella pneumophila* beimpft; nach der Inkubationsdauer von 10 Tagen konnte bei 36°C kein Wachstum gesehen werden.

4. Ergebnisse

Vor Versuchsbeginn wurde der Luftkeimindikator TC der Firma Biotest HYCON (Originalstreifen zur Messung üblicher Luftkeime) in den Air Sampler eingelegt, um so die Luftkeimzahlkonzentration nach dem Verdunstungsbefeuchter FA 6 zu ermitteln. Nach einer Inkubation über 10 Tage bei 36°C konnte kein Keimwachstum auf dem Luftstreifen ermittelt werden.

Die Versuchsergebnisse der Partikelzahlmessung und der Luftkeimzahlbestimmung für *Legionella pneumophila* sind für die untersuchten Konzentrationen von *Legionella pneumophila* (10^3 KBE/l, 10^5 KBE/l und 10^7 KBE/l) bei den Luftströmungsgeschwindigkeiten von 2,7, 3,2, 3,8 und 4,2m/s in beiliegenden Tabellen dargestellt.

5. Zusammenfassung

Mit der hier detailliert dargestellten Versuchsanordnung und Durchführung sollte experimentell die Frage geklärt werden, ob durch den Verdunstungsbefeuchter FA 6 der Firma Munters legionellenhaltige Aerosole erzeugt werden. Bedingt durch das Wirkprinzip der Kaltdampfbefeuchtung sollen praktisch keine Aerosole erzeugt werden.

Hierfür wurde der Verdunstungsbefeuchter FA 6 mit drei unterschiedlichen Legionellenkonzentrationen (10^3 KBE/l, 3×10^5 KBE/l und 10^7 KBE/l) bestückt. Durch das Filter wurden Luftströmungsgeschwindigkeiten bis zu 4,2 m/s gefahren und auf der dahinter liegenden Seite Partikel in unterschiedlichen Größen sowie mit einem speziellen für Legionellen geeigneten Agar potentiell legionellenhaltige Aerosole gemessen. Sämtliche Qualitätskontrollen für den legionellenhaltigen Agar zeigten, dass prinzipiell Legionella pneumophila auf diesem Agar wuchs. Bei keinem der durchgeführten Versuche (jeder Versuch wurde dreifach durchgeführt) konnten in der dreiminütigen Luftkeimbestimmungsphase durch die anschließende Inkubation auf dem Agarstreifen Legionella pneumophila nachgewiesen werden.

Zusammenfassend kann aus diesen experimentell ermittelten Ergebnissen geschlossen werden, dass durch das Prinzip der Verdunstungsbefeuchtung durch den Verdunstungsbefeuchter FA 6 der Firma Munters auch bei hohen Luftströmungsgeschwindigkeiten und hohen Legionellenkonzentrationen im Befeuchtungswasser keine legionellenhaltigen humanpathogenen Aerosole entstehen.

Um eine aerogene Übertragung von Legionellen auf den Menschen durch Klimaanlage, welche mit dem Munters Befeuchter FA6 ausgerüstet sind, auszuschließen, sind Untersuchungen unter realistischen Bedingungen in einer Klimaanlage notwendig; die hier dargestellten ‚in-vitro‘ Versuche lassen jedoch einen solchen Übertragungsweg als unwahrscheinlich erscheinen.



Dr. med. S. Lemmen

(Facharzt für Hygiene und Umweltmedizin

Facharzt für Mikrobiologie und Infektionsepidemiologie)

Tabellen

Konzentration von Legionella pneumophila 10³ KBE/l

Luftströmungs- geschwindigkeit	Partikel/m ³				Legionellen Luftkeimzahl (KBE/m ³)
	0,3	0,5	5	10	
2,7 m/s					
I.-Versuch	14981	6014	22	17	steril
II.-Versuch	18060	7083	32	24	steril
III.-Versuch	25476	9367	34	22	steril
3,2 m/s					
I.-Versuch	16733	6390	30	23	steril
II.-Versuch	13912	5825	68	49	steril
III.-Versuch	14941	6243	47	34	steril
3,8 m/s					
I.-Versuch	532	252	8	4	steril
II.-Versuch	713	387	22	12	steril
III.-Versuch	629	314	20	16	steril

Konzentration von Legionella pneumophila 10⁵ KBE/l

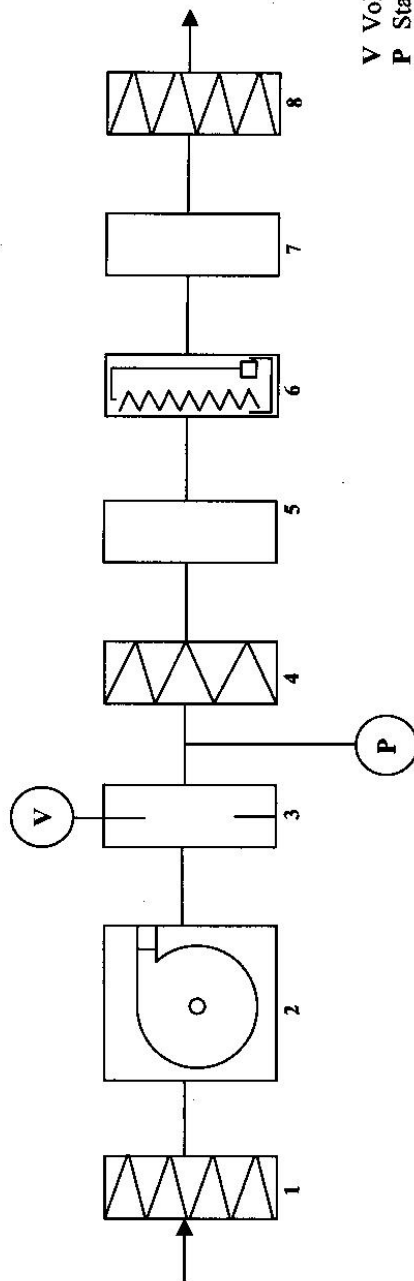
Luftströmungs- Geschwindigkeit	Partikel/m ³				Legionellen Luftkeimzahl (KBE/m ³)
	0,3	0,5	5	10	
2,7 m/s					
I.-Versuch	2065	687	7	4	steril
II.-Versuch	2253	680	7	6	steril
III.-Versuch	1951	740	4	2	steril
3,2 m/s					
I.-Versuch	1923	827	11	8	steril
II.-Versuch	1732	610	5	3	steril
III.-Versuch	1801	689	3	3	steril
3,8 m/s					
I.-Versuch	454	223	4	2	steril
II.-Versuch	2343	1866	10	4	steril
III.-Versuch	3033	2189	9	6	steril

Konzentration von Legionella pneumophila 10⁷ KBE/l

Luftströmungs- geschwindigkeit	Legionellen Luftkeimzahl (KBE/m³)
2,7 m/s	
I.-Versuch	steril
II.-Versuch	steril
III.-Versuch	steril
3,2 m/s	
I.-Versuch	steril
II.-Versuch	steril
III.-Versuch	steril
3,8 m/s	
I.-Versuch	steril
II.-Versuch	steril
III.-Versuch	steril
4,2 m/s	
I.-Versuch	steril
II.-Versuch	steril
III.-Versuch	steril

Versuchsaufbau

- Volumenstrommessung
- Partikelzählung
- Keimzahlbestimmung



- V Volumenstrom
P Statischer Druck
1 Luftfilter EU 9
2 Ventilator Drehzahl -
 geregelt
3 Messblenden
4 Luftfilter H 13
5 Partikelmessung
6 Adiabater Befeuchter
 mit/ohne Tropfen -
 abscheider
7 Partikelmessung und
 Keimzahlbestimmung
8 Luftfilter EU 9

Referenzkurve V/P stat.

