

Gesundheitliche Wirkungen von Legionellen

– VDI 4250 Blatt 2 –

Dr. Irene Tesseraux
REHVA-Seminar, ISH 2015 Frankfurt
11.03. 2015



Baden-Württemberg

Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169, 1-38 (1979)

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Mainz (Direktor: Prof. Dr. *J. Borneff*) und dem Institut für Technische Thermodynamik, Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe (Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. *G. Ernst*)

**Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen
im Kühlwasser beim Betrieb von Naß-Kühltürmen**

I. Mitteilung: Einführung in die Problemstellung

**Microbial Emission, Immission and Changes in the Germ Count in
the Cooling Water during Operation of Wet Cooling Towers**

I. Communication: Introduction to the Problem Posed

J. BORNEFF, G. ERNST, H.-P. WERNER und D. WURZ.

„Ulm 2010“ - „Warstein 2013“

Im Januar 2010 sind in Ulm **65 Personen** zwischen 43 und 96 Jahren an einer **Legionellose erkrankt**, **5 Personen sind verstorben**. Untersuchungen auf Legionellen (einschließlich Serotypen) im Wasser verschiedener Kühltürme im Stadtgebiet Ulm ergaben als Verursacher einen von zwei **Kühltürmen (offenes nasses Rückkühlwerk)** auf einem Bürogebäude der Telekom in der Innenstadt. Der Legionellen-Serotyp, der bei den Patienten ermittelt wurde, stimmte mit dem der im Kühlwasser gefundenen Legionellen überein.

Am **10. August 2013** begann in **Warstein** eine **Legionellose-Erkrankungswelle** durch Exposition über die Außenluft, bei der bis zum 25. September **165 Erkrankungsfälle mit drei Todesfällen** auftraten. Dies ist damit das bislang umfangreichste Ausbruchsgeschehen dieser Erkrankung in Deutschland. Untersuchungsergebnisse und der Verlauf des Ausbruchs legen nahe, dass die Verbreitung der Legionellen in der Luft von einer **Verdunstungskühlanlage** auf Industrie- und Handelsgebäuden in Warstein verursacht wurde.

Vorkommen / Eigenschaften von Legionellen


- „Natürliche Wasserbakterien“ - Vorkommen in geringer Zahl in allen Oberflächengewässern vor (Flüsse ,Seen) und Grundwasser, Vorkommen in feuchtem Boden (Gartenerde)
- Leben und Vermehrung in Biofilmen, vermehren sich in Einzellern (z.B. in Amöben, *Acanthamoeba*).
- Persistieren in Cysten (= umweltresistente Dauerformen) von Amöben
- Vermehrung bei Temperaturen von 25°C bis 45°C „günstiger Vermehrungsbereich“
- **Vorkommen in technischen Wassersystemen in Bereichen mit erwärmtem Wasser**
- > 55 °C keine Vermehrung
- > 60°C beginnendes Absterben
- Im Vergleich zu anderen Bakterien relativ resistent gegenüber Chlor – vor allem in Amöbencysten

Legionellen - humanpathogen

- Gram-negative, aerobe Bakterien
- Gattung *Legionella* (*Legionella* spp.): ca. 50 Arten mit insgesamt über 72 Serogruppen (*L. pneumophila* mit 16 Serogruppen)
- **Mindestens 17 Arten sind humanpathogen**
- *Legionella pneumophila* in TRBA 466 eingestuft in Risikogruppe 2
- *L. pneumophila* – Serogruppe 1 verursacht die meisten Erkrankungen weltweit
- Andere wichtige humanpathogene Legionellenarten: *L. micdadei*, *L. longbeachae*, *L. dumoffii*, *L. bozemanii*, *L. gormanii*, *L. anisa*



Legionellen - Serogruppen



Legionella pneumophila umfasst ca. 16 Serogruppen (genetische Heterogenität)

L. pneumophila – Serogruppe 1 hat die größte Bedeutung. Innerhalb dieser Serogruppe lassen sich 10 monoklonale Subtypen unterscheiden. Stämme die mit dem monoklonalen Antikörper (Mab) 3-1 reagieren, werden signifikant am häufigsten bei erkrankten Personen gefunden. Diese Stämme haben ein hohes Virulenzpotenzial.

Diese molekularbiologisch bestimmbaren Unterschiede ermöglichen eine Zuordnung der Erkrankungen zu einer Quelle

Erkrankungen durch Legionellen-Infektion

- **Pontiac-Fieber**

Inkubationszeit wenige Stunden bis drei Tage. In den meisten Fällen grippeähnliche Symptome wie Abgeschlagenheit, Fieber, Myalgien, Husten, Kopf-, Glieder- und Thorax-Schmerzen. Diese klingen nach wenigen Tagen ohne medikamentöse Behandlung und ohne Folgeerscheinungen wieder ab. Es kommt nicht zu einer Pneumonie.

- **Legionellen-Pneumonie (Legionärskrankheit)**

Inkubationszeit zwei bis zehn Tage. Lungenentzündung steht im Vordergrund des klinischen Befunds. Der Schweregrad der Erkrankung reicht von allgemeinem Unwohlsein, Glieder- und Kopfschmerzen, Reizhusten mit Fieber bis hin zu beatmungsbedürftigen Pneumonien mit Multiorganversagen.

Legionellen-Infektion

Infektionsweg

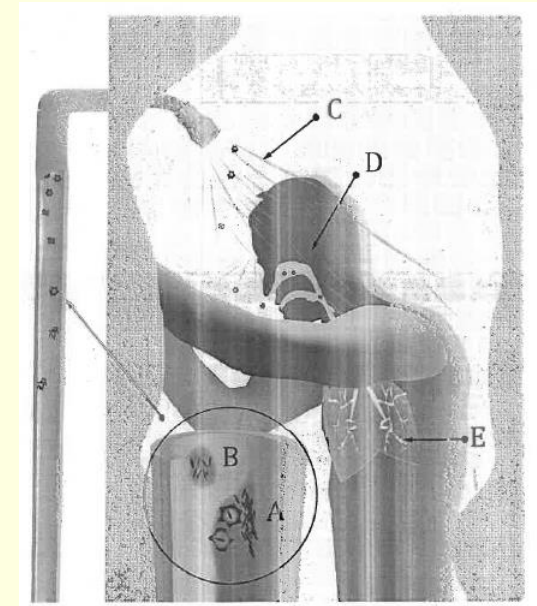
Aufnahme des Erregers durch **Inhalation** legionellenhaltigen Wassers als Aerosol oder Aspiration – legionellenhaltiges Amöbenpartikel

Inkubationszeit

Legionärskrankheit (Legionellen-Pneumonie): ca. 2 bis 10 Tage
Pontiac-Fieber: 5 bis 66 Stunden


Letalität

Die **Sterblichkeitsrate** bei den Pneumonieförmigen der Legionellose ist im Vergleich zu anderen Infektionskrankheiten sehr hoch. Sie entspricht etwa der von Pneumokokken-Pneumonien (7-15%) Vergleich Letalität bei Cholera-Ausbrüchen heute ca. 1%, saisonale Influenza ca. 0,2%).
Pontiac-Fieber: Todesfälle sind nicht bekannt



Quelle: Shoen & Ashbolt in Water Research 2011

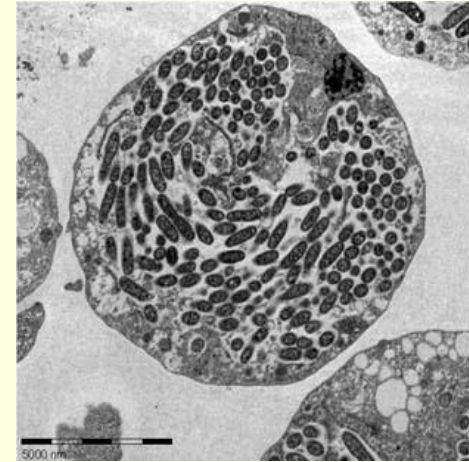
Legionellen-Infektion

- 
- Eine direkte Übertragung der Legionellen von Mensch zu Mensch wurde bisher nicht nachgewiesen
 - Besonderes Erkrankungsrisiko tragen Menschen mit geschwächtem Immunsystem (Diabetiker, Immunsupprimierte) oder bei exzessivem Nikotin- und Alkoholmissbrauch
 - Legionellen sind die wichtigsten ausschließlich aus der Umwelt übertragenen Krankheitserreger
 - Legionellose ist weder durch eine Impfung verhütbar, noch durch Antibiotikagabe hinreichend sicher therapierbar

Legionellen-Infektion

Für eine Legionellen-Infektion ist nicht nur die Anzahl der **in die unteren Atemwege eingebrachten** frei lebenden Bakterien, sondern auch das Vorhandensein von **Amöbenpartikeln** entscheidend, da in Amöben aufwachsende Legionellen eine gesteigerte Virulenz aufweisen. Acanthamöben können **lungengängige Vesikel freisetzen**, die jeweils einige hundert Legionellen enthalten und als infektiöse Dosis ausreichend sein können.

- Unterschiedlichen Formen von luftgetragenen Legionellen – intrazellulär, in Cysten, freie Bakterien – erschweren die Feststellung einer infektiösen Dosis (Nachweisverfahren?)



Hartmannella vermiformis
gefüllt mit *Legionella pneumophila*
Photoquelle: HOLLAND /
ÖZEL, Robert Koch-Institut

Erfassen von Legionellen-Erkrankungen

- Unterschätzung

In Deutschland besteht seit Einführung des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) 2001 erstmals eine **Meldepflicht** (§ 7 Meldepflichtige Nachweise von Krankheitserregern) für Infektionen mit **Legionella sp.**

- **Gemeldet werden ca. 500 -700 pro Jahr**

CAPNETZ = Kompetenznetzwerk „Ambulant erworbene Pneumonien“ analysiert in einer Studie die Legionellen-Pneumonien in Deutschland über 7 Jahre (2011)

- **Legionellen** sind in Deutschland für etwa 4% der ambulant erworbenen Pneumonien verantwortlich
- hochgerechnet auf alle ambulant erworbenen Pneumonien ergeben sich **15.000 bis 30.000 ambulant erworbene Legionellen-Pneumonien pro Jahr in Deutschland**

Ulm und Warstein sind nur die Spitze des Eisbergs

VDI 4250 Blatt 2-E

Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen „Risikobeurteilung von legionellenhaltigen Aerosolen“

Anwendungsbereich

Die umweltmedizinische Bewertung von Legionellen im Sinne dieser Richtlinie umfasst die Bewertung der **Wirkung von Legionellen in der Außenluft auf die menschliche Gesundheit.**

Ziel der Richtlinie ist:

- **die umweltmedizinische Relevanz dieser Bioaerosole zu beschreiben,**
- **Expositionsquellen zu erfassen und zu bewerten,**
- **die Methoden der Messung von Legionellen aufzuzeigen,**
- **Möglichkeiten einer umweltmedizinisch angemessenen Begrenzung der Risiken einer Legionellen-Exposition in der Außenluft aufzuzeigen.**

Weltweite Ausbrüche der Legionärskrankheit im Zusammenhang mit Verdunstungskühlanlagen 2001 bis 2013

Jahr	Stadt (Land)	Ausbruchsdauer* in Tagen	Anzahl Fälle	Anzahl Todesfälle
2001	Murcia, (Spanien)	24	449	6
2002	Cerdanyola, (Spanien)	42	113	2
2003	Hereford, (Großbritannien)	43	28	2
2003	Rom, (Italien)	70	15	1
2003 / 2004	Pas-de-Calais, (Frankreich)	92	86	18
2004	Lidköping, (Schweden)	34	30	2
2004	Cherokee County, (USA)	37	7	2
2005	Christchurch, (Neuseeland)	126	19	3
2005	Sarpsborg, (Norwegen)	14	56	10
2005	Ontario, (Kanada)	k.A.	82	23 (Bewohner einer Pflegeeinrichtung)
2005	Vic-Gurb, (Spanien)	36	55	3
2006	Pamplona, (Spanien)	13	146	0
2006	Amsterdam, (Niederlande)	25	31	3
2010	Rhymney / Cynon Valley (Großbritannien)	38	22	2
2010	Ulm, Neu-Ulm (Deutschland)	15	64	5
2012	Edinburgh, (Großbritannien)	38	50	2
2013	Warstein, (Deutschland)	29	160	2

Mittels Serotypisierung / molekularer Typisierungsmethoden wurde bei 13 Ausbrüchen eine Übereinstimmung von Patienten- und Umweltisolaten festgestellt.

Anlagen / Quellen für Legionellen-Freisetzung in die Umgebungsluft

Bereich	Art der Anlage	Art des wasserführenden Systems
Industrie, Lebensmittelverarbeitung	Verdunstungskühlanlagen Luftwäscher Tunnelwäscher Nassabscheider Verdunstungskondensatoren Befeuchter (Spray-, Dampf-, Ultraschall-) Industrielle Prozesse	Kühltürme Warmwasserbecken Kaltwasserbecken Schlammlagunen Rückspülwasser Oberflächen auf Wärmetauschern, Tropfenabscheider
Gewerbebetriebe	Fahrzeugwaschanlagen Waschwalzen	Wasserleitungen, -reservoirs Wasserkreislaufsysteme
Gebäude, (z. B. Bürogebäude)	Raumluftechnische Anlagen und Geräte (Klimaanlagen) Luftwäscher Duschen Wasserhähne Regen- und Brauchwassernutzung	Wasserleitungen, -reservoirs Kalt- und Warmwassersysteme
Sonstige	Whirlpools Sprinkleranlagen, Springbrunnen Feuerlöschanlagen Kläranlagen	Wasserleitungen, -reservoirs, Schläuche

Messmethoden

- **Wasseranalysen**

Die Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen, auch des Nachweises von Legionellen, von Trink- und Oberflächenwasser erfolgt gemäß DIN EN ISO 19458 (Weitere Details gibt das DVGW-Arbeitsblatt W551). Der Nachweis von Legionellen in Wasser erfolgt gemäß den Normen ISO 11731 und DIN EN ISO 11731-2 sowie nach der Empfehlung des Umweltbundesamtes

- **Emissions- und Immissionsmessungen**

VDI 4257 Blatt 2 legt die allgemeinen Grundsätze fest für Emissionsmessungen von Bioaerosolen; VDI 4252 Blatt 3 beschreibt die **Probenahme von Bakterien**, Nachweis gemäß Trinkwasser.

⇒ **Erfahrungen zur Probenahme und zum Nachweis von Legionellen in Luftproben liegen bisher jedoch kaum vor.**

⇒ **In einem UFOPLAN-Vorhaben des UBA werden derzeit Verfahren zum Nachweis von Legionellen in Luftproben in der Umgebung von Verdunstungskühlanlagen entwickelt (Probenahme mittels Zyklon-Abscheider / Nachweis über kulturunabhängige Verfahren)**

Vorhandene Regelwerke zur Prävention und Kontrolle der Legionellen

Regelwerk / Empfehlungen	Anwendungsbereich	Richt-/Ziel-/Prüf-/Maßnahmenwert für <i>Legionella spec.</i>
TrinkwasserVO	Anforderungen an Trinkwasser in Anlagen der Trinkwasser-Installation	100 KBE/100 ml (Technischer Maßnahmenwert)
Empfehlungen des Umweltbundesamtes	Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung	nach TrinkwV: 100 KBE/100 ml (Technischer Maßnahmenwert)
Empfehlungen des Umweltbundesamtes	Zentrale Erwärmanlagen der Hausinstallation	Krankenhäuser sowie andere medizinische und Pflegeeinrichtungen – Hochrisikobereiche: Zielwert 0 KBE/100 ml; Gefahrenwert ≥ 1 KBE/100 ml Krankenhäuser sowie andere medizinische und Pflegeeinrichtungen – Normalbereiche: Zielwert < 100 KBE/100 ml; Prüfwert ≥ 100 KBE/100 ml; Maßnahmenwert < 1000 KBE/100 ml; Gefahrenwert < 10.000 KBE/100 ml Übrige Bereiche: Zielwert < 100 KBE/100 ml; Prüfwert ≥ 100 KBE/100 ml; Maßnahmenwert < 1000 KBE/100 ml; Gefahrenwert < 10.000 KBE/100 ml
VDI 3803 Blatt 1	Zentrale Raumluftechnische Anlagen; Bauliche und technische Anforderungen	< 100 KBE/100 ml für die Beschaffenheit des Umlaufwassers in Kontakt- oder Sprühbefeuchtern < 1000 KBE/100 ml für die Beschaffenheit des Umlaufwassers in offenen Rückkühlwerken
VDI 6022 Blatt 1	Hygienische Anforderungen an Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von RLT-Anlagen	< 100 KBE/100 ml für die Beschaffenheit des Wasser in Luftbefeuchtern < 1000 KBE/100 ml für die Beschaffenheit des Wassers in offenen Rückkühlwerken
VDI 6022 Blatt 6 E	Luftbefeuchtung über dezentrale Geräte	< 100 KBE/100 ml im Befeuchterwasser
VDI 2047 Blatt 2 Jan. 2014	Rückkühlwerke – Sicherstellung des hygienischen Betriebs von Verdunstungskühlanlagen	< 100 KBE/100 ml
VDMA 24649	Hinweise und Empfehlungen zur Verminderung und Vermeidung von Legionellen in Kühlkreisläufen	< 10 KBE/ml im Umlaufwasser
VDI 3679 Blatt 1	Nassabscheider – Grundlagen, Abgasreinigung von partikelförmigen Stoffen	≤ 1000 KBE/l im Waschkreislauf von Nasswäschern

Trinkwasserverordnung / DVGW W 551

Legionellenuntersuchungen – Maßnahmenwerte

- Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) vom 21.05.2011, in Kraft getreten am 1.11.2011, letzte Änderung 5.12.2012
- DVGW Technische Regel Arbeitsblatt 551, April 2004: Trinkwassererwärmungs- und leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung der Legionellen-Vermehrung

Legionellen (KBE/100ml)	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung
> 10.000	extrem hohe Kontamination	direkte Gefahrenabwehr erforderlich (Desinfektion und Nutzungseinschränkung), Sanierung erforderlich	unverzüglich	1 Woche nach Desinfektion
> 1.000	hohe Kontamination	Sanierungserfordernis ist abhängig vom Ergebnis der weiterführenden Untersuchung	umgehend	-
> 100	mittlere Kontamination	keine	innerhalb von 4 Wochen	-
< 100	keine / geringe Kontamination	keine	keine	nach einem Jahr

Umweltmedizinische Bewertung

- **Dosis-Wirkungsbeziehungen sind u. a. aufgrund fehlender Immissionsmessdaten und der Problematik intrazellulär in Amöben vorkommender Legionellen bisher nicht möglich.** Zwar stehen prinzipiell Emissions- und Immissionsmessmethoden zur Verfügung, sie wurden jedoch bisher kaum für luftgetragene Legionellen angewendet. Damit bleibt unklar, ob diese Verfahren sensitiv genug sind, um eine potenziell infektiöse Legionellen-Konzentration zu erfassen.
- **Problematisch ist das "missing link" zwischen dem Wissen über das Vorkommen im Wasser und der Unkenntnis über das Vorkommen in der Immission und damit verbunden der Höhe der infektiösen Dosis.**
- **Die Schwere der möglichen gesundheitlichen Wirkungen inhalativ aufgenommener Legionellen machen jedoch Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auch im Sinne des Immissionsschutzes notwendig.**
- **Gefahrenabwehr kann nur über die bewertende Begrenzung der Emission und / oder im wasserführenden System erfolgen.**

Erfordernis eines Anlagenkatasters

- Bereits die WHO (2007) empfiehlt entsprechende Anlagen bei denen es zu einer Freisetzung von legionellenhaltigen Aerosolen kommen kann einer Registrierungspflicht zu unterwerfen, um im Störfall schneller eine Identifizierung von betroffenen Kühlwerken und ein schnelleres Risikomanagement zu ermöglichen
- Nach den Legionellen Ausbruchsgeschehen in Ulm und Warstein ist zu Schutz der öffentlichen Gesundheit dringend eine **amtliche Registrierung durch die zuständigen Behörden solcher Anlagen und Mitteilung der Ergebnisse der Eigenkontrolle erforderlich**. - Einschließlich Anzeigepflicht für hygienisch relevante technische Veränderungen oder größere Wartungsmaßnahmen

Zusammenfassung



- Legionellen sind Bakterien, die in geringer Konzentration in Oberflächengewässern vorkommen, Vermehrung in Biofilmen
- Legionellen können **eingeatmet Infektionen** auslösen → Krankheiten: **Pontiac-Fieber, Legionellen-Pneumonie** (Vergleichsweise hohe Letalität, nicht sicher therapierbar, nicht von Mensch zu Mensch übertragbar)
- Durch Freisetzung aus Verdunstungskühlanlagen weltweit zahlreiche Ausbrüche der Legionärskrankheit mit Todesfällen,
- nach „Ulmer Ausbruch“ 2010 Erarbeitung einer Richtlinie: **„VDI 4250 Blatt 2: Risikobeurteilung von legionellenhaltigen Aerosolen“** (Eigenschaften und Vorkommen von Legionellen, Umweltmedizinische Relevanz von Legionellen, Technische Einrichtungen als Quellen für Legionellen-haltige Aerosole, Ausbreitung über die Luft, Messmethoden, Vorhandene Regelwerke zur Prävention und Kontrolle) **Umweltmedizinische Bewertung, Maßnahmen, Handlungsempfehlungen**