



Technologies

TI - K 0-5

**LEGIONELLA PNEUMOPHILA - ERREGER DER
LEGIONÄRSKRANKHEIT (LEGIONELLOSE, LEGIONAIRES DISEASE)**



Stand: September 2002



Technologies

- 1. Allgemeines**
- 2. Erreger**
 - 2.1 Infektionsweg und Vorkommen**
- 3. Infektionsquellen**
- 4. Bekämpfung der Legionellen**
 - 4.1 Erhöhte Wassertemperatur
 - 4.2 Mikrobizide
 - 4.2.1 Handhabung von Mikrobiziden
 - 4.3 Vorbeugende Maßnahmen**
- 5. Literaturverzeichnis**
- 6. Literatur**



Technologies

1. Allgemeines

Legionella pneumophila wurde erstmals im Jahre 1976 bei den Teilnehmern einer Versammlung von Kriegsveteranen in Philadelphia (USA) als Auslöser einer atypischen Pneumonie, der sogenannten **Legionärskrankheit**, identifiziert. Neben dieser schweren Form einer Lungenentzündung mit einer Todesrate von ungefähr 15 Prozent können Legionellen auch das Pontiac-Fieber mit grippeähnlichen Symptomen auslösen.

Die **klassische Legionellose** beginnt 2 bis 10 Tage nach der Infektion mit Symptomen wie allgemeinem Unwohlsein, Gliederschmerzen, Muskel- und Kopfschmerzen, Verwirrtheit, Atemnot, trockener Husten, Schüttelfrost und Temperaturanstieg auf 39 bis 40,5 °C. Die Erkrankung, die einige Wochen dauert, ist in der Regel durch das Auftreten auffallend schwerer Pneumonieformen gekennzeichnet, bei denen die üblichen Pneumonie-Erreger nicht nachgewiesen werden. Eine Therapie mit verschiedenen Antibiotika ist möglich, jedoch liegen keine kontrollierten Studien zur Wirksamkeit verschiedener Antibiotika vor [1].

Das **Pontiac-Fieber** zeichnet sich durch eine kurze Inkubationszeit (1 bis 2 Tage) und einen leichteren Verlauf aus. Die Krankheit beginnt mit Kopf- und Gliederschmerzen, Husten, Fieber mit Schüttelfrost sowie gelegentlichen Verwirrheitszuständen. Trotz erheblichen Krankheitsgefühls erholen sich die Patienten in der Regel innerhalb von 5 Tagen fast vollständig, Todesfälle wurden bisher nicht beobachtet.

Generell erkranken Männer häufiger als Frauen. Besonders gefährdet sind ältere und kranke Menschen mit verminderter Abwehrkraft (Immunsupprimierte) sowie starke Raucher. Ein erhöhtes Risiko besteht insbesondere bei Patienten mit vorbestehender Lungenschädigung und Diabetes. Die Infektion tritt deshalb häufig im Hospitalbereich (nosokomial) auf. Die Todesrate bei unbehandelten immun-defizienten Patienten kann dabei bis auf 80 % ansteigen. In Deutschland ist schätzungsweise mit 6.000 bis 10.000 *Legionella*-Pneumonien pro Jahr zu rechnen; bei etwa 1 bis 5 % der in Krankenhäusern behandelten Pneumonien wird eine Legionellose diagnostiziert [1].

2. Erreger

Legionellen gehören zur Familie der *Legionellaceae*, Gattung *Legionella*. Es sind im Wasser lebende Gram-negative, nicht sporenbildende stäbchenförmige Bakterien (0,3-0,9 µm x 2-20 µm und länger), die durch ein oder mehrere polare oder subpolare Flagellen beweglich sind. Alle Legionellen sind als potenziell humanpathogen anzusehen. Die für Erkrankungen des Menschen bedeutsamste Art ist *Legionella pneumophila* (Anteil von etwa 90 %). Sie enthält 14 Serogruppen; die Serogruppen 1, 4, 6 besitzen die größte Bedeutung. Es existieren insgesamt mehr als 40 Arten mit mehr als 60 Serogruppen [1]. Im obligat aeroben Stoffwechsel werden Aminosäuren als C- und Energiequelle genutzt. Kohlenhydrate können nicht verwertet werden.



Technologies

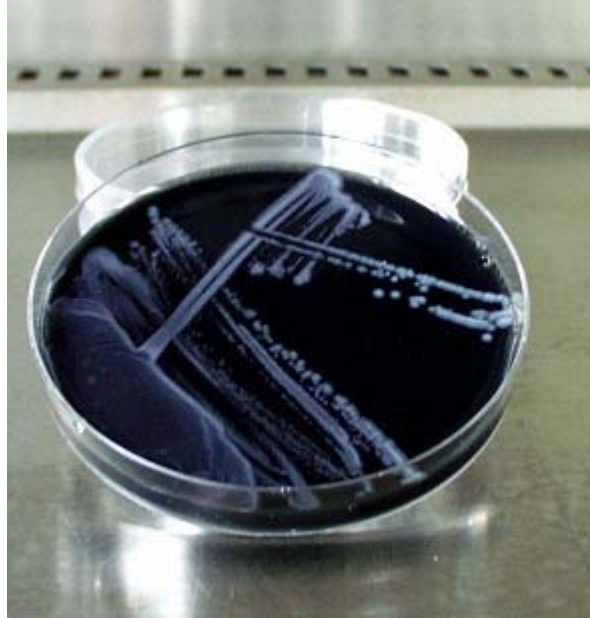


Abb. 1: *L. pneumophila*, Serogruppe 1

Die mikrobiologische Diagnostik von Legionellen über Schnelltests ist nach wie vor unbefriedigend. Die Diagnose sollte daher durch den zeitaufwendigen **kulturellen Nachweis** der Legionellen auf Spezial-Agar erfolgen. Da Legionellen noch nie von gesunden Personen isoliert wurden, ist eine positive Kultur immer der Beweis für eine *Legionella*-Infektion. Beweisend ist auch der Nachweis des *Legionella*-Antigens im Urin mittels **RIA** oder **ELISA** [1, 2]. Damit werden in der Regel aber nur Antigene der Serogruppe 1 und gelegentlich einige kreuzreagierende andere Serogruppen angezeigt. Auch ein direkter Erregernachweis aus Sputum und Trachealsekret sowie aus kontaminiertem Wasser (**DFA**) [3] mit direkten fluoreszenzserologischen Methoden ist möglich. Er besitzt jedoch nur eine relativ geringe Sensitivität. Eine Sicherung der Diagnose über Antikörpernachweise mittels indirekten Immunfluoreszenztests (IIFT) hat nur retrospektiv einen Wert, da ein beweisender Titeranstieg der Serumantikörper oft erst in der 6. bis 8. Krankheitswoche erfolgt. Der Nachweis von *Legionella*-DNA mittels **PCR** oder anderer Amplifikations-Techniken [1] ist möglich, die Sensitivität und Spezifität dieser Methode kann aber zur Zeit noch nicht exakt bewertet werden.

2.1 Infektionsweg und Vorkommen

Man geht heute auf Grund weltweiter Untersuchungen davon aus, dass Legionellen ein ganz natürlicher Bestandteil aller Süßwässer sind, jedoch nicht in Meerwasser vorkommen:

- Leitungswasser, Warmwasserversorgungen (z. B. in Wohnhäusern, Krankenhäusern, Heimen, Hotels)



Technologies

- Oberflächenwässer (besonders thermisch belastete Flüsse, Seen, Teiche)
- Zisternen
- Feuchte Böden
- Schwimmbeckenwässer, Warmsprudelbeckenwässer, Warmwasserboiler
- Kühlwasser, Kühltürme
- Sprühwässer in Umlaufsprühbefeuchtern (USB) in raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen, Klimaanlage)
- Dentalbereich (Turboboherer, Spülwässer)

Voraussetzung für das Vorkommen von Legionellen ist eine erhöhte Wassertemperatur. In der Natur vorkommende Legionellen vermehren sich optimal bei Temperaturen zwischen 25 °C bis 55 °C (sog. Risikobereich) bei pH-Werten von 5,5 bis 9,2 und Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff zwischen 6,0 bis 6,7 mg/l [1, 4]. Es wurden aber auch schon Legionellen bei 55-60°C isoliert, wenn es sich um Leitungssysteme mit vielen Verzweigungen handelte, die eine gute Wasserdurchmischung verhinderten. Das zeigten Untersuchungen in Hotels und Großgebäuden in England und den USA [5, 6], Trinkwasseranalysen in England [7] sowie Warmwasseruntersuchungen in deutschen Privathaushalten [8]. In der Bundesrepublik wurden *Legionella*-Bakterien in West-Berlin und Nordrhein-Westfalen aus Leitungswasser isoliert [9, 10]. Sie können auch in kaltem Wasser vorkommen, sich dort jedoch nicht in nennenswertem Maße vermehren, so dass im Grundwasser und kalten Trinkwasser (unter 18 °C) kaum Legionellen enthalten sind. Ideale Bedingungen für eine Vermehrung von Legionellen bestehen an wasserbenetzten Oberflächen, z. B. in Rohren, Armaturen, Klimaanlage. Ein erhöhtes Legionellenrisiko findet man besonders bei älteren und schlecht gewarteten oder auch nur zeitweilig genutzten Warmwasserleitungen und -behältern (Vermehrung durch lange Standzeiten!).

Die im Wasser vorhandenen Legionellen führen nicht zu einer direkten Gesundheitsgefährdung, weshalb der Erreger auch als fakultativ pathogen eingestuft wird. Erst die Aufnahme einer großen Zahl von Erregern in den menschlichen Körper durch Einatmen bakterienhaltigen Wassers als Aerosol (z. B. beim Duschen, in klimatisierten Räumen oder in Whirlpools) kann zur Erkrankung führen. Die infektiöse Dosis an Bakterien ist abhängig von der Konstitution des Menschen und der Virulenz (krankmachenden Potential) des *Legionella*-Stammes. Eine direkte Übertragung von Mensch zu Mensch wurde bisher nicht nachgewiesen.

Eine Meldepflicht wie in Spanien besteht in Deutschland nach dem Bundes-Seuchengesetz nicht. In dem ab Januar 2001 gültigen **Infektionsschutzgesetz** (IfSG, 3. Abschnitt, § 7) wird jedoch eine Meldepflicht bei Nachweis einer *Legionella*-Infektion eingeführt, die auch für das diagnostizierende Labor gilt!

Im Wasser vermehren sich Legionellen intrazellulär in Amöben und anderen Protozoen [11, 12]. Besonders infizierte **Amöben** sind für die Übertragung auf den Menschen wichtig, da Legionellen ihre Virulenzgene intrazellulär aktivieren. Die Infektion durch infizierte Amöben erklärt auch das bekannte Dosis-Wirkungs-Paradoxon beim Auftreten von Legionellose (fehlende Infektionen trotz kontaminierter Wassersysteme bzw. Infektion trotz geringer *Legionella*-Kontamination).



Technologies

Für den Erreger der Legionärskrankheit, *Legionella pneumophila*, sind 13 Amöbenarten und zwei Ciliatenarten als Wirtsorganismen beschrieben. Am häufigsten wird *L. pneumophila* in den Amöben *Hartmannella vermiformis* und *Acanthamoeba castellanii* gefunden, die eine nachgewiesene Virulenzhöhung von *L. pneumophila* bewirken [13]. Interessanterweise zeigt *L. pneumophila* aber ein sehr breites Wirtsspektrum, das letztlich auch humane Makrophagen umfasst. Neben den auch auf künstlichen Medien vermehrbaren Legionellen sind in letzter Zeit viele unterschiedliche LLAP- (*legionella-like amoebian pathogen*) Organismen beschrieben worden, die zum Teil nicht kultivierbar sind und möglicherweise als echte Endosymbionten in Amöben überleben können. Diese Fähigkeit von pathogenen Bakterien, sich in Amöben zu vermehren, ist ein weitverbreitetes, bisher unterschätztes Phänomen. Evolutionsbiologisch ist eine Assoziation von Bakterien und Amöben erklärbar, da die Bakterien in dem intrazellulären Kompartiment gegen wachstumshemmende Umwelteinflüsse, Bacteriocine oder Antibiotika geschützt sind.

Ein weiterer Aspekt der Ökologie von Legionellen besteht in der Tatsache, dass die Bakterien (gemeinsam mit Amöben) in **Biofilmen** vorkommen, wo sie bis zu 10% des gesamten Keimgehaltes ausmachen [14]. Biofilme sind mikrobielle schleimige Beläge an inneren oder äußeren Oberflächen von Systemen. Sie sind ein potentieller Nährboden für Legionellen und stellen für die Desinfektion/Sanierung solcher Systeme erhebliche Probleme dar, da sie Biozide adsorbieren, inaktivieren oder ihre Penetration inhibieren. Es gibt mannigfaltige Ansätze zur chemischen, physikalischen oder enzymatischen Problemlösung, die allerdings nur geringen Erfolg zeigen. In Biofilmen können Legionellen (möglicherweise auch extrazellulär) in ein Stadium übergehen, in dem sie lebensfähig, jedoch nicht kultivierbar und somit nachweisbar sind. Durch Anzucht in Amöben konvertieren die Bakterien wieder in ein normales Wachstumsstadium und vermehren sich auf artifiziellen Medien [15].

Weitere Faktoren neben Amöben und Biofilmen, die das Ansiedeln und Überleben von Legionellen in Wassersystemen beeinflussen, sind andere Bakterienarten, die antagonistisch, aber auch synergistisch wirken, Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffpartialdruck, Steinablagerungen (Kalziumcarbonat), Algenwachstum und Materialeigenschaften in den Wassersystemen. Vermutlich begünstigt Korrosion auch das Wachstum von Legionellen, weil bei diesem Vorgang Eisenionen in Lösung gehen, die entscheidend für das Wachstum von Legionellen sein können [4]. Aufgrund dieser Vielzahl an Faktoren ist klar, weshalb die komplexen Vorgänge der Ökologie von Legionellen in Wassersystemen bis heute nur zum Teil bekannt sind.



Technologies

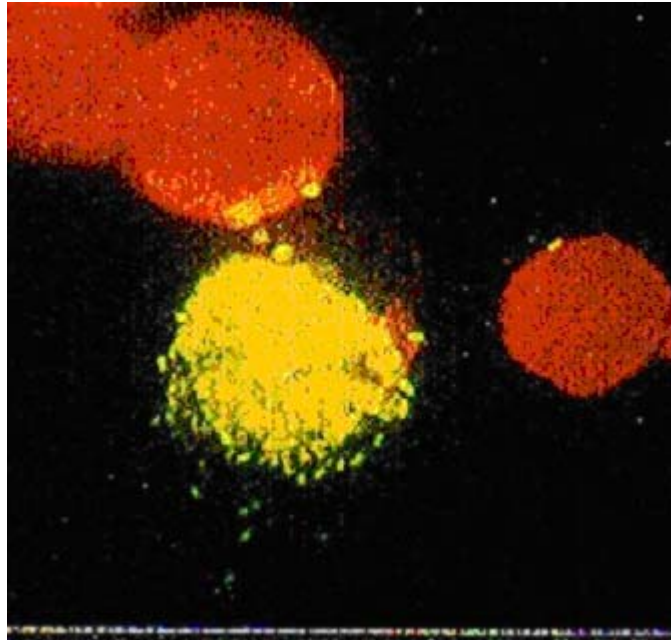


Abb. 2: *L. pneumophila*-Vermehrung in Amöben

3. Infektionsquellen

Wie können Infektionen verhindert werden?

Die Prävention von Legionelosen muss sich auf zwei Säulen stützen: zum einen auf die Verminderung einer massiven Verkeimung warmwasserführender, aerosolbildender Systeme und zum anderen auf eine Limitierung/Verminderung von Aerosolkontakten. Im folgenden werden technische Systeme aufgeführt (s. 2.1), die nachweislich mit der Übertragung von Legionelosen bzw. Pontiac-Fieber in Zusammenhang gebracht worden sind.

(Warm-)Wasserversorgung

Die gefährlichste Infektionsquelle ist nach Untersuchungen des Staatlichen Medizinaluntersuchungsamtes in Braunschweig [16] sowie anderer Quellen [8] warmes Leitungswasser, denn *Legionella* konnte in allen untersuchten Biofilmen von Trinkwassersystemen nachgewiesen werden [17]. Bei der (Warm-) Wasserversorgung steht die epidemiologische Relevanz von Legionellen in einem eindeutigen Zusammenhang mit der entsprechenden Dauertemperatur. Unter 20°C kann diese Relevanz als nicht gegeben betrachtet werden, ebenso oberhalb von 60°C. Der Risikobereich liegt zwischen 25°C und 55°C.



Technologies

Die Vermehrung der Legionellen in diesem Bereich nahm besonders in den Jahren stark zu, als aus Energiespargründen die Höchsttemperaturen unter 60°C, wie z. B. in den USA, vorgeschrieben wurden. Gemäß dem "Accreditation Manual for Hospitals" [18] waren in Krankenhäusern Warmwassertemperaturen von 110-113°F (= 43-45°C) vorgeschrieben. Nachdem diverse Fälle der Legionärskrankheit auftraten, wurden 1983 diese Bestimmungen wieder aufgehoben [18, 19].

Raumluftechnische Anlagen

Bei der Epidemie 1976 beim Veteranentreffen in Philadelphia waren die Legionellen durch das Wäscherwasser der Klimaanlage in die Raumluf des Tagungshotels gelangt. Die Infektionsgefahr durch Luftbefeuchtungssysteme in Klimaanlage ist besonders groß, wenn das zur Luftbefeuchtung verwendete Wasser lauwarm oder warm verdunstet im Kreislauf geführt und nicht konditioniert wird. Daher darf laut VDI-Richtlinie 6022 [20] das Befeuchterwasser von RLT-Anlagen eine Gesamtkeimzahl von 1000 KBE (**K**olonie-**B**ildende **E**inheit)/ml nicht überschreiten; der Grenzwert für die Gesamtkeimzahl der Legionellen liegt dagegen bei 1 KBE/ml, und diese Anlagen müssen regelmäßig alle zwei Jahre in einer Hygieneinspektion mikrobiologisch kontrolliert werden.

Warmsprudelbecken (Whirlpools), Duschen

Eine weitere Infektionsquelle sind Warmwassermischbatterien mit Belüftungsköpfen und besonders Duschen sowie Whirlpools. Die Infektion erfolgt hier durch Einatmen des mit Legionellen verseuchten Aerosols. Da Warmsprudelbecken sich zunehmender Beliebtheit erfreuen, traten hier in jüngster Vergangenheit die spektakulärsten *Legionella*-Infektionen auf, wie z. B. 1999 in den Niederlanden, wo sich auf einer Whirlpool-Ausstellung 226 der rund 80000 Besucher nachweislich mit *L. pneumophila* infizierten. 18 Personen starben an den Folgen dieser Infektion.

Dentaleinheiten, Luftbefeuchter im häuslichen Bereich

Bei Dentaleinheiten ist das Problem der Verkeimung, wie auch bei Warmsprudelbecken, bereits mit anderen Bakterien schon länger bekannt. Auch hier gilt das Gesagte bezüglich optimaler Materialauswahl, Temperatursteuerung und ggf. Zusatz von mikrobiozid wirksamen geprüften Substanzen. Bei den im Haushalt verwendeten Geräten, die ein wässriges Aerosol erzeugen (Luftbefeuchter, Mundduschen, Inhalatoren etc.), ist es erforderlich, die Geräte regelmäßig und gründlich zu reinigen. Bei Erreichen kritischer Temperaturen sollte das Wasser nicht stehen bleiben sondern entsprechend gewechselt werden, bei Nichtbenutzung müssen die Geräte trocken bleiben.

Kühlwasser, Kühltürme

Auch die von Kühltürmen abziehenden Dampfschwaden sind unter Umständen eine Gefahrenquelle. Umfassende Immissions-Untersuchungsprogramme in Kraftwerks-Kühltürmen konnten in nahezu allen Fällen Legionellen nachweisen [4]. Sowohl in zwangsbelüfteten Kühltürmen als auch in Naturzugkühltürmen. Eine besonders starke Anreicherung von Legionellen fand man im Diffusorbereich in zwangsbelüfteten Kühltürmen: Wasserdampf kondensiert an den Ventilatorflügeln, die Tropfen laufen am Diffusor nach unten und werden vom Luftstrom wieder nach oben gerissen. Es bildet sich ein regelrechter Kreislauf, in dem nach jedem Zyklus eine Erhöhung der Legionellen-Konzentration durch die Verdunstung des Wassers erfolgt.



Technologies

Es existieren nur wenige Berichte, wonach Erkrankungen bewiesenermaßen mit dem Betrieb von Nasskühltürmen in Zusammenhang zu bringen sind. In zwei Publikationen wurde über *Legionella*-Infektionen in Kraftwerken berichtet. In einem Fall [21] handelte es sich um eine kleine Rückkühlanlage auf einem Kompressorhaus in einem Kraftwerksgelände - also ohne Zusammenhang mit dem Naturzug-Nasskühlturm. Im anderen Fall [22] war die Ursache der Infektionen das arbeitsmedizinisch bedenkliche Reinigen von Rohrleitungen eines Dampfturbinen-Kondensators mit Hochdruck-Sprühgeräten ohne Atemschutz. Infektionen durch Legionellen in diesem Bereich sind somit zu befürchten, so dass für das Reinigungspersonal das Tragen von Atemschutzmasken in diesen Bereichen zu empfehlen ist.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist mit einer Verbreitung infektiöser Aerosole auf große Entfernungen zu rechnen, wenn auch bisher keine gesicherten Beweise vorliegen. Das geringe Infektionsrisiko (für die Umgebung und die Bevölkerung) durch Nasskühltürme ist jedoch nur durch Beachtung bestimmter Kriterien, die die Grundlagen der Legionellen-Ökologie umfassen, gegeben [4, 23]. Nur niedrige Keimzahlen von Legionellen im Kühlwasser stellen kein Infektionsrisiko dar.

4. Bekämpfung der Legionellen

4.1 Erhöhte Wassertemperatur

Deutsche Untersuchungen [16] sowie andere Quellen [24] zeigten, dass sich in Warmwassersystemen bei konstanter Temperatur von 60 °C keine Legionella-Kolonien bilden können. Allerdings genügt eine Temperatur von 60 °C nicht, um die Erreger sicher zu vernichten, wenn sie sich im System bereits angesiedelt haben. Die Beobachtung vermehrungsfähiger Legionellen bei Wassertemperaturen um 70 °C beruht vermutlich auf der Unmöglichkeit, alle Abschnitte des Wassernetzes auf die Solltemperatur zu erwärmen. Als Schlupfwinkel, in denen die gewünschte Abtötungstemperatur nicht erreicht wird, und von denen aus nach Temperaturabsenkung jederzeit eine Rekontamination des gesamten Wassersystems ausgehen kann, kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage: Sedimentablagerungen, Wandinkrustationen oder blind endende Rohrabschnitte [24]. Mehrfache Spülungen mit Wassertemperaturen über 70 °C, wie sie oft empfohlen werden, führen in solchen Fällen kaum zu einer Vernichtung der gesamten Legionellen im System.

4.2 Mikrobizide

Eine Bekämpfung der Legionella-Bakterien in Wässern von Umlaufsprühbefeuchtem von Klimaanlage und Kühlkreisläufen erscheint zwingend notwendig und ist mit mikrobiziden Verbindungen, die die moderne Chemie in den letzten Jahren entwickelte, auch möglich. Das Problem besteht in der herabgesetzten Wirksamkeit vieler Biozide in Gegenwart von Biofilmen, die durch Zehrung des Biozids sowie durch Schutz der zu tötenden Mikroorganismen einen optimalen Effekt des Wirkstoffes verhindern [25].

Bestimmte N-Heterocyclen erwiesen sich gegen *Legionella pneumophila* und *Legionella gormanii* bei Untersuchungen mit Kühlturmwater schon im sehr niedrigen Dosierbereich als sehr gut wirksam. Mit den Henkel-Produkten **P3-ferrocid 8583** und **P3-ferrocid 8599**, die o. g. Wirkstoffkomponente enthalten, können die Krankheitserreger der Legionärskrankheit in Kühltürmen, Kühlwässern und in Wässern von Umlaufsprühbefeuchtern von Klimaanlage wirksam bekämpft werden, so dass eine Keimreduzierung von mehreren Zehnerpotenzen erwartet werden kann.



Technologies

Bei bestimmungsgemäßem Einsatz des Produktes P3-ferrocid 8599 im Wasser von Wäscherkammern von Klimaanlage in der vorgeschriebenen Anwendungskonzentration ist das Produkt als gesundheitlich unbedenklich anzusehen [26].

Im modifizierten quantitativen Suspensionstest nach DIN prEN 13623 wurden unterschiedliche Konzentrationen von **P3-ferrocid 8580** auf ihre bakterizide Wirksamkeit gegen *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 überprüft. Eine komplette Abtötung konnte für alle Testkonzentrationen und alle pH-Werte bereits nach einer Stunde demonstriert werden. Wachstum war nur nach 5 Minuten mit der kleinsten angewendeten Konzentration (10 g/m³) von P3-ferrocid 8580 nachweisbar. Daher kann das Produkt P3-ferrocid 8580 gemäß der modifizierten DIN prEN 13623 als bakterizid gegen *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 betrachtet werden [27].

Die Wirkung von P3-ferrocid 8580 auf Legionellen in **Biofilmen** wurde in verschiedenen Prüfungen anwendungsnah untersucht [28]. Bei Reinkulturbiofilmen aus *Legionella pneumophila* auf Membranfiltern sowie bei angezüchteten Mischbiofilmen (bestehend aus *Legionella pneumophila* sowie anderen Mikroorganismen), die mit Fließgeschwindigkeiten von 0,5 m/sec im Versuch gefahren wurden, konnten signifikante Abtötungsraten ermittelt werden. *Legionella pneumophila* wurde teilweise quantitativ abgetötet. In letzteren Untersuchungen wurden zudem nach Zugabe von P3-ferrocid 8580 über 90 % der Bakterien aus dem Biofilm abgelöst, welches von großer technischer Bedeutung ist, da unter diesen Bedingungen Biofilmzellen aus einem Wassersystem effektiv entfernt werden können.

Wirksamkeitsaussagen über eine feste, **HOBr-bspaltende, organische Halogen-verbinding** hinsichtlich Legionellen müssen in Frage gestellt werden, wie Praxisversuche einer US-amerikanischen Arbeitsgruppe gezeigt haben [29]. Andere Untersuchungen [30] zeigten unterschiedliche Wirksamkeiten von HOBr-bspaltenden, organischen Halogen-verbinding gegen *Legionella*, aber nicht gegen im Kühlwasser enthaltene Amöben.



Technologies

Schlechte Erfahrungen liegen auch bei Einsatz von **Chlor** vor. Wie Best et al. 1983 feststellten [31], wurden selbst bei den in den USA üblichen höheren Chlormengen im Trinkwasser (bis 0,5 ppm freies Chlor) Legionellen im Trinkwasser nachgewiesen. Im Warmwassersystem des Kingston Hospitals (Surrey, UK), konnten selbst bei einer Chlor-Konzentration von 50 ppm (!) über 24 Stunden besonders widerstandsfähige Legionellen nicht abgetötet werden. Legionellen, die sich in Zysten von *Acanthamoeba* befinden, sind resistent gegen 50 ppm Chlor [32]. Erfolge mit Chlor gegen Legionellen, die nicht mit Amöben und/oder Biofilm assoziiert sind, sind jedoch bei Chlorungen im allgemeinen bei 2-6 ppm freiem Cl zu erreichen [33].

Als alternative Desinfizierung zur Chlorierung werden oft Kupfer- und Silberionen in Verbindung mit freiem Chlor eingesetzt [33]. Obwohl besonders Kupferionen das Legionellenwachstum einschränken, versagt auch diese Methode in Gegenwart von Amöben [34].

Ozon- und UV-Behandlung sind möglich, werden aber in großen Wassersystemen selten angewendet. UV-Bestrahlung hat den Nachteil, dass Legionellen in Biofilmen nicht hinreichend abgetötet werden [33].

4.2.1 Handhabung von Mikrobiziden

Biozide sicher verwenden. Vor Gebrauch stets Kennzeichnung und Produktinformationen lesen.

4.3 Vorbeugende Maßnahmen

Aufgrund der großen Schwierigkeiten bei der Bekämpfung von Legionellen in Amöben und in Biofilmen sind folgende Maßnahmen empfehlenswert, die in den Sanierungsempfehlungen der angegebenen Literaturquellen ausführlich beschrieben werden [35, 36]:

- Vermeidung von Wassertemperaturen im Bereich 25°C bis 55°C.
- Vermeidung langer Wasserstandzeiten, die Biofilmbildung und somit Legionellenwachstum bewirken.
- Vermeidung von "toten Enden" in den Verteilungssystemen.
- Routinereinigung und Chlorung alle sechs Monate für Verdampfungskühlsysteme.
- Thermische Sterilisation alle sechs Monate für Warmwasserbereiter und Heißwasserverteilungssysteme.
- Erhaltung eines sauberen Zustandes der Kühlsysteme durch Anwendung von Routinewasser-Behandlungsprogrammen.
- Routineuntersuchungen der Kühlsysteme auf das Vorhandensein vermehrungsfähigen Legionellen.
- Vermeidung von Materialien, die das Besiedeln bzw. Wachstum begünstigen sowie Konstruktion von Systemen, die eine leichte Reinigung erlauben.
- Vermeidung von Stoffeinträgen in das Kühlsystem, die das Wachstum von Bakterien begünstigen können.



Technologies

5. Literaturverzeichnis

- 1) RKI: Ratgeber Infektionskrankheiten: Legionellose. Epid. Bull. 49/99, 369-372.
- 2) Kashuba, A.M. *Legionella* Urinary Antigen Potential Impact on Diagnosis and Antibiotic Therapy. Diagn. Microbiol. Infect. Dis. 24, 1996, 129-139.
- 3) Binax Equate -*Legionella* water test (Binax Inc.).
- 4) Werner, H.-P. *et al.* Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Kraftwerkskühlssystemen. WaBoLu, 1993, 231-239.
- 5) Dennis, P.J. *et al.* *Legionella pneumophila* in water plumbing systems. Lancet, 1982, 949-951.
- 6) Exner, M. *et al.* Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden. WaBoLu, 1993, 105-119.
- 7) Bartlett, C.L. *et al.* Legionella in hospital and hotel water supplies. Lancet, 1983, 1315
- 8) Weist, K. *et al.* Vorkommen von *L. pneumophila* in Warmwassersystemen von Privathaushalten. Forum Städte-Hygiene 41, 1990, 79-84
- 9) Müller, H.E. *et al.*, Hyg. +Med. 8, 1983, 45.
- 10) Sethi, K.K. *et al.* Direct demonstration and isolation of *Legionella pneumophila* (serogroup 1) from bathroom water specimens in a hotel. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. [B] 177, 1983, 402-405.
- 11) Fields, B.S. The molecular ecology of *Legionellae*. Trends in Microbiology, 7, 1996, 286-290.
- 12) Neumeister, B. *et al.*. Influence of *Acanthamoeba castellanii* on intracellular growth of different *Legionella* species in human monocytes. Appl Environ Microbiol., 2000, 66(3):914-919.
- 13) Cirillo, J.D. *et al.* Intracellular growth in *Acanthamoeba castellanii* affects monocyte entry mechanisms and enhances virulence of *Legionella pneumophila*. Infect Immun., 1999;67(9):4427-4434.
- 14) Roger *et al.* Effects of water chemistry and temperature on the survival and growth of *L. pneumophila* in potable systems. In: J.M. Barbaree, R.F. Breiman and A.P. Dufour (eds): Legionella: current status and emerging perspectives. American Society of Microbiology, Washington DC, 1993, 248-250.
- 15) Steinert, M. *et al.* Resuscitation of viable but nonculturable *Legionella pneumophila* Philadelphia JR32 by *Acanthamoeba castellanii*. Appl. Environ. Microbiol., 1997;63(5):2047-2053.
- 16) Müller, H.E. *et al.*, San. + Heiz. Techn. 4, 1984, 45.



Technologies

- 17) Frahm et al. Experiences with improved methods for the detection of *Legionellae* in drinking water. Zbl. Hyg. 196, 1994, 170-180.
- 18) Joint Commission of Accreditation on Hospitals: Accreditation Manual for Hospitals, Chicago 1981, 43.
- 19) Joint Commission of Accreditation on Hospitals: Accreditation Manual for Hospitals, Chicago 1983, 44.
- 20) Hygienische Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen (VDI-Richtlinie 6022, 1998).
- 21) Bartlett, C.L. et al. Epidemic legionellosis in England and Wales 1979-1982. Zentralbl. Bakteriologie. Mikrobiol. Hyg. [A] 255, 1983, 64-70.
- 22) Fraser, D.W. et al. Nonpneumonic, short-incubation-period Legionellosis (Pontiac fever) in men who cleaned a steam turbine condenser. Science 205, 1979, 690-691.
- 23) Germann, R. et al. Praktische Erfahrungen zur Bekämpfung von Legionellen in Kühlwasserkreisläufen durch Wasserkonditionierungsmaßnahmen. WaBoLu, 1993, 241- 247.
- 24) Schulze-Röbbecke et al. Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen von Legionellen. WaBoLu, 1993, 169-173.
- 25) McCall, E. et al. Efficacy of biocides against biofilm-associated legionella in a model system. Univ. of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania.
- 26) Toxikologische Beurteilung des Institutes für Toxikologie der Henkel KGaA, Düsseldorf; Archiv-Nr. 840043 vom 23. 02. 1984.
- 27) Prüfbericht über die bakterizide Wirkung gegen *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 von P3-ferrocid 8580. Abteilung Mikrobiologie der Henkel KGaA, Düsseldorf, Report-Nr. 0000681 vom 19.09.2000.
- 28) Prüfbericht über die Untersuchung des Wasserbehandlungsmittels P3 ferrocid 8580 auf seine Wirkung gegenüber *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 in angezüchteten Biofilmen. IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Abteilung Mikrobiologie, Prof. Dr. Hans-Curt Flemming, Moritzstraße 26, 45476 Mülheim an der Ruhr, 2001
- 29) Fliermans, C.B. et al. Effectiveness of l-Bromo-3-chloro-5.5-dimethyl-hydantoin against *Legionella pneumophila* in a cooling tower. Appl. Environ. Microbiol. 47, 1984, 1307-1310.
- 30) Bentham, R.H. et al. Field trial of biocides for control of *Legionella* in cooling towers. Curr. Microbiol. 30, 1995, 167-172.
- 31) Best, M. et al. *Legionellaceae* in the hospital water-supply. Epidemiological link with disease and evaluation of a method for control of nosocomial legionnaires' disease and Pittsburgh pneumonia. Lancet 2, 1983, 307-310.



Technologies

- 32) Kilvington ,S. et al. Survival of *Legionella pneumophila* within cysts of *Acanthamoeba polyphaga* following chlorine exposure. J. Appl. Bacteriol. 68, 1990,519-525.
- 33) Lin, Y.E. *Legionella* in water distribution systems. AWWA Journal, 90 (9), 1998, 112-121.
- 34) Rohr, U. et al. Impact of silver and copper on the survival of amoebae and ciliated protozoa in vitro. Int. J. Hyg. Environ. Health. 203, 2000, 87-89.
- 35) Legionellosis. Guideline: Best practices for control of *Legionella*. Cooling Technology Institute, 2000, USA.

- 36) Legionnaires Disease: The control of *Legionella* bacteria in water systems. Health & Safety Commission, UK.



Technologies

6. Glossar

aerob	sauerstoffbedürftig
Algen	ein- oder mehrzellige, aquatische Pflanzengruppe
anaerob	ohne Sauerstoff lebend
bakterizid	bakterientötend
Ciliaten	am höchsten differenzierte Protozoen
DFA	direkte fluoreszierende Antikörper-Methode
ELISA	<u>E</u> nzyme <u>l</u> inked <u>i</u> mmuno <u>s</u> orbent <u>a</u> ssay
Endosymbiont	Mikroorganismen, die in eukaryontischen Zellen leben
Eukaryont	Lebewesen, dessen Zellen einen echten Zellkern aufweist (= Protozoen, Pilze, Pflanzen, Tiere)
fakultativ	wahlweise, nicht ausschließlich
Gram	Bezeichnung zur Unterscheidung bestimmter Bakterien aufgrund ihrer Zellwandzusammensetzung Vorläufern
Kontamination	Verunreinigung, z.B. mit Mikroorganismen
Makrophagen aufnehmen	Fresszellen des Immunsystems, die Partikel und Mikroorganismen
µm	Mikrometer, 10 ⁻⁶ m, 0,001 mm
mikrobizid	Mikroorganismen tötend
Mikroorganismen Mikroskop braucht	Lebewesen, die so klein sind, dass man zu ihrer Betrachtung ein
pathogen	krankheitserregend
PCR	<u>P</u> olymerase <u>C</u> hain <u>R</u> eaction (Polymerase-Kettenreaktion)
Protozoen	eukaryonte Lebewesen, die meist zu den Tieren gezählt werden
RIA	<u>R</u> adio- <u>I</u> mmuno- <u>A</u> ssays (Radioimmuntest)
Zysten	Dauerstadien von Protozoen



Technologies

Tabelle 1: P3-ferrocid-Produkte und ihre Eigenschaften

Produkt	P3-ferrocid 8580	P3-ferrocid 8583	P3-ferrocid 8599
Einsatzgebiete	Kühl- und Prozesswassersysteme	Kühlkreisläufe, Kühltürme Prozesswassersysteme	Kreislaufwasser in Luftbefeuchtungsanlagen (USB)
Legionellen-wirksame Komponente	Dibromnitrilpropionamid	Subst. N-Heterocyclen	Subst. N-Heterocyclen
Produktdaten			
Aussehen:	klare, farblose bis bernsteinfarbene Flüssigkeit	gelbliche bis grünliche, leicht trübe Lösung	klare bis leicht trübe gelbliche Flüssigkeit
Dichte (20°C):	1,20 ± 0,02 g/cm ³	1,05 ± 0,02 g/cm ³	1,02 ± 0,02 g/cm ³
pH-Wert des Konzentrats:	zwischen 2 und 5	4,75 ± 0,35	9,2 ± 0,3
Viskosität (Brookfield, 100 UPM; 20°C):	ca. 45 mPa s	14 ± 5 mPa s	13 ± 5 mPa s
Mischbarkeit mit Wasser:		max. 1:1	
Frostempfindlichkeit:	ab - 5 °C	ab 0 °C	ab 0 °C
Erstarrungspunkt (DIN 51583):	- 20 ± 1 °C	- 2 ± 1 °C	- 4 °C
PO ₄ -Gehalt:			0,35 ± 0,07 %
Einsatzkonzentration	10 - 40 ppm (Stoßdosierung)	10 - 100 ppm (Kreislauf)	400 - 600 g/m ³ (Kreislaufwasser)
Abtötungsrate Legionella pneumophila (Serogruppe 1)	> 10 ⁵ Bakterien werden nach 10 Minuten abgetötet > 90 % der Bakterien werden im Biofilm abgetötet	Wirksam gegen <i>L. pneumophila</i> und <i>L. gormanii</i>	Wirksam gegen <i>L. pneumophila</i> und <i>L. gormanii</i>



Technologies

Die Angaben dieser Druckschrift entsprechen dem heutigen Stand der technischen Kenntnisse und Erfahrungen. Sie sind keine rechtliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder Eignungen für einen konkreten Einsatzzweck und befreien den Verwender wegen der Fülle möglicher Einflüsse nicht von eigenen Prüfungen und entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen. Etwa bestehende gewerbliche Schutzrechte sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Henkel Oberflächentechnik GmbH
Geschäftseinheit Wasserbehandlung
40191 Düsseldorf
Tel. +49 (0) 211 797 3000
Fax: +49 (0) 211 798 3636

Henkel Teroson GmbH
69112 Heidelberg
Tel. +49 (0) 6221 704 0
Fax: +49 (0) 6221 704 698