

Arbeitspapier Legionellose;

Medizinische und umwelthygienische Gesichtspunkte

S. PLEISCHL, S. ENGELHART UND M. EXNER

Institut für Hygiene und öffentliche Gesundheit der Universität Bonn

Legionella-Infektionen stellen ein Paradebeispiel dafür dar, daß durch technische Einrichtungen ein ökologisches Milieu für Krankheitserreger geschaffen wird, die normalerweise in ihrer natürlichen Umgebung keine Bedrohung für den Menschen darstellen. Die potentiellen Quellen sind dabei vielfältig und betreffen nicht nur die berufliche Sphäre, sondern in beträchtlichem Ausmaß auch den Privatbereich. Die Kenntnis der Erkrankung ist daher für den umweltmedizinisch tätigen Arzt unabdingbar.

1. Medizinische Aspekte

1.1 Epidemiologie

Die Häufigkeit von Legionella-Infektionen ist nicht genau bekannt. Man muß von einer beträchtlichen Dunkelziffer ausgehen, da einerseits häufig keine oder nur eine unzureichende diagnostische Abklärung von Pneumonien erfolgt, andererseits viele diagnostizierten Legionellosen nicht gemeldet oder publiziert werden. Epidemiologische Daten aus 28 europäischen Staaten (European working group for legionella infections EWGLI) geben eine mittlere Infektionsrate von 4,3 Fällen auf eine Million Einwohner im Jahr 1998 an [6]. Insgesamt wurden 1.442 Infektionen berichtet, davon 70 % beim männlichen und 28 % beim weiblichen Geschlecht, in 2 % lagen keine Geschlechtsangaben vor. Die Letalität lag bei 13,1 % (Spannbreite 6 % - 42 %). Es wurden 32 Ausbrüche bzw. Cluster mit einer Gesamtzahl von 165 Fällen (11,4 %) beschrieben, davon 10 in Krankenhäusern und 12 in verschiedenen andern Bereichen; 10 Ausbrüche waren reiseassoziiert. Unter den 32 Ausbrüchen fanden sich folgende Infektionsquellen:

- Warm- oder Kaltwassersystem (14 Ausbrüche)
- Kontaminierte Kühltürme (5 Ausbrüche)

- Whirlpool (1 Ausbruch)
- Unbekannt (12 Ausbrüche)

Unter den reiseassoziierten Infektionen (297 Fälle) im Jahr 1998 ereigneten sich 80 % auf Reisen innerhalb Europas, und zwar vor allem in folgenden Ländern:

- Spanien (66 Fälle)
- Frankreich (51 Fälle)
- Türkei (35 Fälle)
- Italien (22 Fälle)
- Griechenland (15 Fälle).

Bezogen auf die Zahl der Reisenden lag die Infektionsrate am höchsten in der Türkei (23,7 Fälle auf eine Million Reisende), gefolgt von Spanien (5,2) und Frankreich (1,3).

Unter den 1.442 gemeldeten Legionellose-Fällen im Jahr 1998 waren 870 (60,3 %) auf *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 zurückzuführen, weitere 496 Fälle (34,4%) waren durch andere oder nicht näher bestimmte Serogruppen von *L. pneumophila* bedingt. Andere Legionella-Spezies waren für 76 Fälle (5,3 %) verantwortlich, darunter *L. micdadei* und *L. bozemanii* [6]. Eine infektiologische Bedeutung kommt darüber hinaus u.a. *L. dumoffii* und *L. longbeachae* zu [12].

1.2 Übertragung

Die Pneumonie stellt bei mehr als 95 % der Legionellosefälle die Hauptmanifestation dar. Dies legt nahe, daß die Infektion üblicherweise über die Atemwege erworben wird. Die Aufnahme der Erreger erfolgt entweder durch Einatmen kontaminierter Aerosole (Durchmesser < 5 µm) oder durch subklinische Aspiration von kontaminiertem Wasser. In gewissem Umfang findet eine Erregereliminierung durch die mukoziliäre Clearance statt, was durch die epidemiologische Beobachtung eines erhöhten Legionellose-Risikos bei Zigarettenrauchern, Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen und Alkoholikern unterstützt wird – Erkrankungen, die mit einer Verschlechterung der mukoziliären Clearance einhergehen [18]. Im Rahmen der anamnestischen Abklärung der in Frage kommenden Expositionsquellen ist es hilfreich, sich an einer Checkliste zu orientieren.

Checkliste zur Erkennung möglicher Infektionsquellen für Legionella

Die Items beziehen sich auf Aufenthalt bzw. Tätigkeit in den 14 Tagen vor Auftreten der klinischen Zeichen einer Legionellose. Die Gliederung ist willkürlich, nicht hierarchisch.

- ✓ Reisen
- ✓ Aufenthalt in der Nähe von Rückkühlwerken
- ✓ Duschen (außerhalb des eigenen Hauses): Hotel, Schwimmbad u.a.
- ✓ Aufenthalt in klimatisierten Räumen: Hotel, Bürogebäude, öffentliche Gebäude
- ✓ Aufenthalt in Räumen mit Luftbefeuchter
- ✓ Besuch öffentlicher Bäder oder Sportstätten (Hallenbäder, Freizeitzentren, Turnhallen etc.)
- ✓ Besuch von Warmsprudelbecken (Whirlpools)
- ✓ Inhalation mittels Inhalationsgerät
- ✓ Ärztliche oder zahnärztliche Behandlung
- ✓ Anwendung von Mundduschen
- ✓ Waschen des Fahrzeuges in Autowaschanlagen
- ✓ Sonstige Tätigkeiten mit Kontakt zu Wasseraerosol (Arbeiten mit Sprühlanzen, Gartenarbeit mit Versprühen von Wasser u.a.)

1.3 Immunologie

Die Abwehr einer Legionellen-Infektion wird vorrangig durch die zelluläre Immunabwehr getragen, wie dies auch bei anderen intrazellulär wachsenden Mikroorganismen wie Listerien, Mykobakterien oder Toxoplasmen der Fall ist. Legionellen weisen einen replikativen Zyklus in Alveolarmakrophagen und Monozyten auf. Die Rolle der Neutrophilen bei der Infektabwehr ist unklar, eine humorale Immunität nur von geringer Bedeutung. Demzufolge tritt die Legionellose häufiger und häufig mit schwererem Verlauf bei Patienten mit unterdrückter zellulärer Immunabwehr auf, beispielsweise bei Transplantatempfängern, bei Patienten unter Kortikosteroid-Therapie und bei AIDS-Patienten. Über einzelne Virulenz-Faktoren bei Legionellen ist noch wenig bekannt [18].

1.4 Klinik

Legionella-Infektionen können sich manifestieren als:

- Pontiac-Fieber und
- Legionellose (Legionärs-Krankheit, Legionella-Pneumonie).

Das **Pontiac-Fieber** ist eine akute, selbstlimitierende, influenzaähnliche Erkrankung ohne Pneumonie. Die Inkubationszeit beträgt 24-48 Stunden. Ein hoher Anteil der Exponierten ist betroffen. Hauptsymptome sind Abgeschlagensein, Myalgien, Fieber und Kopfschmerzen. Genesung innerhalb einer Woche ist die Regel, die Therapie ist symptomatisch.

Die Inkubationszeit der **Legionellose** beträgt 2-10 Tage, die Pneumonie stellt den im Vordergrund stehenden klinischen Befund dar. Der Schweregrad der Erkrankung reicht von mildem Husten mit leichtem Fieber bis hin zur beatmungspflichtigen Pneumonie mit Multiorganversagen. Der Husten ist initial mild und wenig produktiv, gelegentlich leicht blutig tingiert. Thorakaler Schmerz tritt bei einigen Patienten in den Vordergrund und kann ein Hinweis auf ein embolisches Geschehen sein. Durchfälle finden sich bei 25-50% der Patienten, bei 10-20% treten Übelkeit, Erbrechen und abdominale Schmerzen auf. Neurologische Symptome reichen von Kopfschmerzen und Lethargie bis hin zur Enzephalopathie. Fieber findet sich bei praktisch allen Patienten, bei jedem fünften sogar über 40,5°C. Bei immunsupprimierten Patienten kann es über eine hämatogene Dissemination zu extrapulmonalen Manifestationen kommen, wobei u.a. Sinusitis, Perirektalabszeß, Peri- und Endokarditis, Pyelonephritis sowie Pankreatitis beschrieben wurden [18].

1.5 Radiologische Diagnostik

Radiologische Veränderungen finden sich in der Regel ab dem 3. Tag nach Krankheitsbeginn. Meist beginnen diese unilateral und bevorzugen die Unterlappenbereiche. Die Infiltrate sind typischerweise alveolär und können segmental begrenzt oder diffus sein. Im weiteren Krankheitsverlauf breiten sich die Infiltrate meist weiter aus. Häufig finden sich kleinere Pleuraergüsse. Bei immunsupprimierten Patienten können sich Abszesse bilden, die selten auch zur Pleurahöhle durchbrechen und zu einem Empyem führen. Es ist häufig zu beobachten, daß die Infiltrate trotz

antibiotischer Therapie eine Progression zeigen, wobei das Ausmaß der Infiltrate nur mäßig mit der Intensität der klinischen Manifestationen jedoch gut mit der Präsenz von Legionellen im Sputum korreliert [18].

1.6 Laboratoriumsdiagnostik

Die Laboratoriumsdiagnostik umfaßt

- den mikroskopischen Nachweis im Sputum, Tracheal- oder Bronchialsekret mittels direktem Immunfluoreszenz-Test,
- den kulturellen Nachweis,
- den serologischen Antikörpernachweis sowie
- den Antigennachweis im Urin [11].

Der mikroskopische Nachweis mittels direktem Immunfluoreszenz-Test stellt die Methode der Wahl dar, ist jedoch weniger sensitiv (ca. 50-70%) als der kulturellen Nachweis (80-90%), der allerdings mindestens 3-5 Tage benötigt. Die Antikörperantwort kann (2-)4-12 Wochen benötigen, so daß der serologische Antikörpernachweis für den Kliniker von geringerer Bedeutung ist, eher ist dieser für epidemiologische Fragestellungen nützlich. Eine Infektion ist wahrscheinlich ab einem Titer von 1:256 oder bei vierfachem Titeranstieg. Der Antigennachweis im Urin (ELISA/RIA) ist schnell und weist eine gute Sensitivität (über 80% bei konzentriertem Urin) auf, ist aber nur für Serogruppe 1 sicher [18, 3]. Die Sensitivität des neueren Biotest EIA, der auch für andere Serogruppen und für andere Legionella-Spezies zugelassen ist, muß für dieses erweiterte Spektrum erst belegt werden. Auch der (ältere) Binax EIA scheint zumindest in vitro Kreuzreaktivitäten mit anderen *L. pneumophila*-Serogruppen aufzuweisen [3].

1.7 Therapie

Die antibiotische Therapie umfaßt Erythromycin 4 x 0,5-1,0 g i.v. für 10-14 Tage, bei immunsupprimierten Patienten auch länger. In schweren Fällen wird auch eine Kombination mit Rifampicin (600 mg/d) empfohlen. Alternativ können Gyrasehemmer (Ciprofloxacin, Ofloxacin) oder neuere Makrolide (Azithromycin, Clarithromycin, Roxithromycin) eingesetzt werden, wobei klinische Versuche und Erfahrungen noch begrenzt sind. Bei rechtzeitiger und angemessener antibiotischer Therapie ist die Letalität der Legionellose niedrig. Ein Ansprechen auf die Therapie findet sich meist nach 3-5 Tagen, wobei der radiologische Verlauf für ein Monitoring des Therapieerfolges nicht sehr aussagekräftig ist [11].

2. Umwelthygienische Aspekte

2.1 Mikrobiologische Grundlagen

Durch Trinkwasser können Mikroorganismen auf große Bevölkerungsteile übertragen werden. Daher waren in der Vergangenheit solche trinkwasserbedingten Epidemien gefürchtet und führten schließlich vor ca. 100 Jahren zur Einführung von regelmäßigen Überwachungsmaßnahmen. Da man das Wasser nicht routinemäßig auf alle Krankheitserreger hin untersuchen konnte, bediente man sich des sog. Indikator-konzeptes, welches auf der Erkennung der fäkal ausgeschiedenen Mikroorganismen beruhte, bei deren Nachweis auch die Anwesenheit von Krankheitserregern nicht auszuschließen war. Die Untersuchung solcher Indikatorbakterien ist auch heute noch Bestandteil der derzeit gültigen Trinkwasserverordnung. Zu nennen sind hier hauptsächlich die Untersuchung der allgemeinen Koloniezahl und der Nachweis von coliformen Bakterien oder *Escherichia coli* in einem bestimmten Untersuchungsvolumen.

Die oben genannten Parameter haben sich bei der Überwachung der Qualität unseres Trinkwassers bewährt. Dies gilt aber hauptsächlich für kaltes Wasser. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse der letzten Jahre machten es jedoch erforderlich, die bisherigen Präventionsstrategien hinsichtlich ihrer Gültigkeit für erwärmtes Trinkwasser zu überprüfen.

Die besonderen Umgebungsbedingungen in unseren technischen Systemen zur Trinkwassererwärmung ermöglichen es anderen Mikroorganismen, aufgrund ihrer Fähigkeit, höhere Temperaturen besser zu ertragen (oder sogar zur Vermehrung zu benötigen), sich einen Selektionsvorteil zu verschaffen. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang insbesondere die Legionellen, die sich in technischen Systemen schnell bis zu Konzentrationen vermehren können, bei denen ein Gesundheitsrisiko für den Verbraucher nicht mehr auszuschließen ist.

Da als häufigster **Infektionsweg** für Legionellen die Inhalation lungengängiger Aerosole mit einem Tröpfchendurchmesser von 2 bis 5 μm beschrieben wird, kommen als Infektionsquelle alle Bereiche in Frage, bei denen legionellenhaltige Aerosole entstehen können, wie z.B.

- Hausinstallationssysteme
- Trinkwasser-Erwärmungsanlagen
- Duschschläuche/ -köpfe
- Zahnärztliche Behandlungseinrichtungen
- Inhalationskammern bzw. -geräte
- Schwimm- und Badebecken (inkl. Warmsprudelbecken)
- Kühltürme / Rückkühlwerke
- Raumluftechnische Anlagen

2.2 Vorkommen von Legionellen

Legionellen lassen sich in fast allen aquatischen Süßwasserbiotopen nachweisen, sie konnten sogar aus Thermalquellen isoliert werden. Sie leben häufig vergesellschaftet mit Protozoen (z. B. Amöben), in denen sie sich intrazellulär vermehren.

Im Rohwasser kommen sie nur in sehr geringer Konzentration vor. Mit diesem gelangen sie in die Wasserleitungssysteme, wo sie sich unter folgenden Bedingungen stark vermehren bzw. diese besiedeln können (siehe Abb. 1 aus Exner [9]).

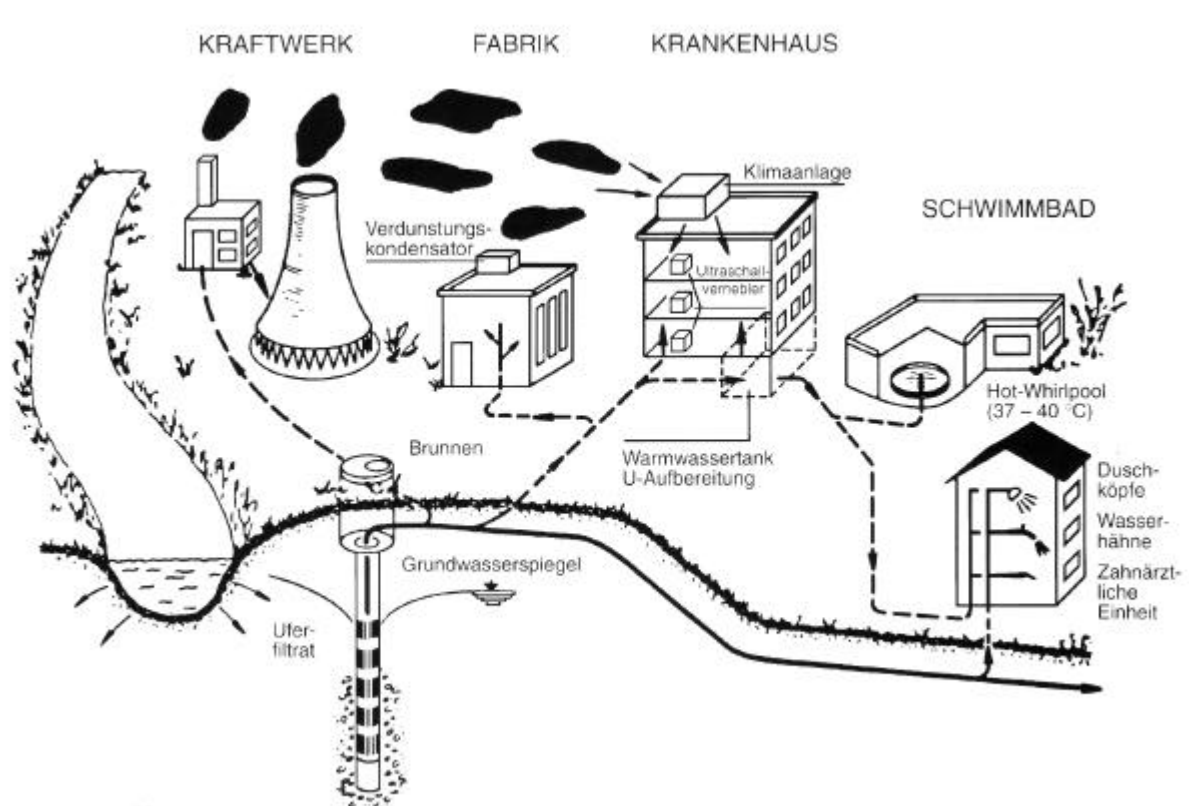


Abb.1: Legionellen-Ausbreitungsmöglichkeiten in wasserführenden Systemen, die z.T. als Infektionsquellen gesichert sind.

2.3 Nachweis von Legionellen in technischen Systemen

2.3.1. Trinkwasser-Erwärmungsanlagen

Legionellen vermehren sich in Warmwassersystemen in einem Temperaturbereich zwischen 30°C und 40°C optimal. Aufgrund der niedertemperierten Warmwassersysteme, die infolge von Energiesparmaßnahmen i.d.R. in Großgebäuden (Krankenhäusern und Bürogebäuden etc.) installiert worden sind, beträgt die Nachweishäufigkeit von Legionellen 65% - 77%.

Exner et al. [7] untersuchten Hausinstallationssysteme von Großgebäuden auf ihre Kontamination mit Legionellen. Sie unterschieden bei ihren Untersuchungen zwischen einer systemischen und einer lokalen Kontamination des Warmwassersystems:

Eine systemische Besiedlung des Hausinstallationssystems liegt vor, wenn die zentralen und peripheren Bereiche (z. B. die Warmwasserspeicher) mit Legionellen kontaminiert sind. Bei einer lokalen Kontamination beschränkt sich die Besiedlung auf dezentrale Bereiche, wie z. B. Duschköpfe oder einzelne periphere Leitungsstränge. Eine Unterscheidung zwischen einer systemischen und einer lokalen Kontamination des Warmwassersystems mit Legionellen ist insofern von Bedeutung, da sich die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen nach der Art der Kontamination richten.

Als generelle **vermehrungsbegünstigende Umgebungsparameter** sind zu nennen:

- Ablagerungen in Trinkwassererwärmern, Verteilerbalken, Leitungssystemen und Armaturen, also sedimentierte anorganische Wasserbestandteile, die große Oberflächen besitzen und gut besiedelt werden können.
- die Verwendung von Materialien wie Gummi oder Silikon (in Dichtungen, Membranausdehnungsgefäßen, Duschschräuchen, etc.) die schnell von Mikroorganismen in Form eines Biofilms besiedelt werden.
- Stagnierendes Wasser in Leitungsteilen mit mangelhafter oder ganz fehlender Zirkulation (tote Leitungsstränge), in denen sich Legionellen bis zu hohen Konzentrationen vermehren können.

Das Vorkommen von Legionellen in Hausinstallationen, insbesondere in Großgebäuden, kann für den Betreiber nicht unerhebliche Aufwendungen arbeitstechnischer und finanzieller Art bedeuten.

Probeentnahmestellen

Während bei einer lokalen Kontamination (z.B. eines Duschschauchs) einfache Maßnahmen wie eine Reinigung und/oder Desinfektion der entsprechenden Entnahmestelle ausreichen, impliziert das Vorhandensein einer systemischen Legionellenkontamination in der Regel die Notwendigkeit der Durchführung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen. Die Erfassung einer systemischen Kontamination erfordert ein strukturiertes Vorgehen bei der Aufnahme des Wassersystems, wozu eine Einheit aus Ortsbesichtigung, Probenahme, Analytik und Befundung unabdingbar ist. Nur bei Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten, des Aufbaus der Anlagen, der Betriebsbedingungen und anderer nur bei einer Ortsbesichtigung zu eruiierenden Verhältnissen ist es möglich, eine systemische Legionellenkontamination durch eine beschränkte Anzahl von Wasserproben sicher zu erfassen. Dabei sollten in der Regel folgende Entnahmestellen in den Warmwasserversorgungssystemen beprobt werden:

- Kaltwasser (vor dem Wassererwärmer)
- Warm- und/oder Mischwasservorlauf
- Zirkulationsrücklauf
- möglichst weit entfernt liegende Entnahmestellen aus den verschiedenen Teilsträngen des Hausinstallationssystems

Zur Kontrolle von Sanierungsmaßnahmen und der Verfolgung der Entwicklung einer Legionellenkontamination werden diese einmal festgelegten Entnahmestellen bei entsprechenden Kontrolluntersuchungen beibehalten.

Dies entspricht weitestgehend dem Vorgehen gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt W 552 [5], in welchem auch eine orientierende (Vor-) Untersuchung als Screening empfohlen wird.

Im Rahmen dieser orientierenden Untersuchung werden mindestens je eine Probe aus der zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlage und einer peripheren Entnahmestelle (Dusche oder Waschbecken), also insgesamt zwei Warmwasserproben, entnommen. Unserer Erfahrung nach ist es sinnvoll, den Zirkulationsrücklauf des nicht genutzten Warmwassers auf jeden Fall mit zu untersuchen, da aus dem Vergleich mit dem Warmwasservorlauf schon erste Rückschlüsse auf die Art der Legionellenkontamination gezogen werden können. Sollten in einer (oder mehreren) dieser drei Proben Legionellen in einer Konzentration von > 1 KBE / ml (KBE = koloniebildende Einheiten)

nachgewiesen werden, sollte durch eine weitergehende Untersuchung unter Einbeziehung weiterer Entnahmestellen in der Peripherie abgeklärt werden, wo die Quelle der Kontamination zu suchen ist.

Probeentnahme

Die Wasserproben sollten gemäß DIN 38 402 Teil 14 [2] nach Ablaufenlassen bis zur Temperaturkonstanz wie folgt entnommen werden:

- Perlatoren, wenn vorhanden, werden abgeschraubt/entfernt.
- Die ersten 100-200 ml warmes Wasser einer Probenahmestelle werden in einem geeigneten Gefäß (z.B. in einem Plastikbecher) aufgefangen, sofort die Temperatur gemessen und protokolliert.
- Der geschlossene Wasserhahn wird gut abgeflammt, um eine Kontamination der Warmwasserproben durch eine isoliert vorhandene Besiedlung der Entnahmestelle auszuschließen.
- Der Warmwasserhahn wird dann weit aufgedreht, das Warmwasser bis zur Temperaturkonstanz ablaufen gelassen und die maximale Temperatur protokolliert.
- Anschließend wird mindestens 200 ml frei fließendes Warmwasser in eine sterile Glasflasche gefüllt.
- Die Entnahmezeit wird aufgeschrieben und die Probeflasche entsprechend beschriftet.

Nachweisverfahren

Bis vor kurzem war das Nachweisverfahren bzw. die Labormethode zum Ansatz von Wasserproben für den Nachweis von Legionellen nicht geregelt. Dies bedeutete, daß das jeweilig beauftragte Untersuchungsinstitut seine eigene Labormethode anwendete. Spätestens beim Vergleich von Befunden verschiedener Untersucher konnte dies zu Schwierigkeiten bei der Bewertung führen.

Seit Mai 1998 existiert jedoch die international gültige ISO-Norm 11731 [10], wodurch ein Vergleich von Befunden unterschiedlicher Untersucher deutlich einfacher wird. Das in dieser Norm beschriebene Nachweisverfahren ist allerdings sehr aufwendig, da es für alle Arten von Wasser, auch Abwasser und sediment- oder schleimhaltige Flüssigkeiten geeignet sein soll.

In Deutschland werden jedoch hauptsächlich sedimentarme, wenig belastete Wässer (Trinkwasser, Badewasser, Befeuchterwasser) auf das Vorkommen von Legionellen untersucht. Daher wurde ein Vorschlag für ein weniger aufwendiges Nachweisverfahren erarbeitet [14]. Dieses alternative Verfahren ist von der Anwendung her weniger aufwendig als das Verfahren nach ISO 11731 und kann neben der Untersuchung von Trink(warm)wasser auch für die Untersuchung von Badewasser und Befeuchterwasser herangezogen werden. Eine diesbezügliche Empfehlung wurde in der Zwischenzeit von der Trink- und Badewasserkommission des Umweltbundesamtes publiziert [13].

Bewertung

Nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 552 besteht Handlungsbedarf, wenn in mindestens einer der untersuchten Warmwasserproben Legionellen in einer Konzentration von > 1 KBE / ml (KBE = koloniebildende Einheiten) nachgewiesen werden können. Unserer Erfahrung nach ist dies für Krankenhäuser zu modifizieren. Für Hochrisikobereiche wie Intensivstationen, Transplantationsnachsorgestationen etc. sollte (z.B. durch den Einbau von endständigen Filtern) sichergestellt werden, daß möglichst „legionellenfreies“ Wasser zur Verfügung steht. In den übrigen Bereichen (Patientenzimmer und Versorgungsbereiche) stellt die Empfehlung des Arbeitsblattes eine brauchbare Arbeitsgrundlage dar.

In anderen Einrichtungen (Trinkwassererwärmungsanlagen von Schwimmbädern, Bürogebäuden, großen Wohnungseinheiten etc.) gelten die Empfehlungen des Arbeitsblattes W 552, wobei kurzfristige Überschreitungen (z.B. bis zur Sanierung der entsprechenden Anlage) toleriert werden sollten, ohne die Verwendung des Warmwassers vollständig zu unterbinden. Die u.U. daraus resultierenden rechtlichen Aspekte wurden von Roth [16] beleuchtet.

Weitergehende Empfehlungen zur Bewertung und Sanierung wurden von Exner et. al. [8] beschrieben.

2.3.2. Badewasseraufbereitungsanlagen

Probeentnahmestellen

In Badewasseraufbereitungsanlagen sind insbesondere die Filteranlagen als Besiedlungsorte der Legionellen zu nennen. Laut DIN 19643 [1] sind dementsprechend entweder das Flockungfiltrat (Volumen 100 ml) oder das Beckenwasser (Volumen 1 ml) der jeweiligen Anlage zu untersuchen, wobei in den genannten Volumina keine Legionellen nachweisbar sein dürfen (Grenzwert). Die laut DIN 19643 zulässige Konzentration an freiem Chlor von 0,3 – 0,6 mg/l ist nicht ausreichend, um einer Vermehrung der Legionellen vorzubeugen (Legionellen konnten bei unseren Untersuchungen bis zu Konzentrationen von 1,2 mg/l freies Chlor im Beckenwasser nachgewiesen werden).

Da sich die Legionellenkontamination erst im Filter aufbaut, bevor es zu einem Durchbruch und damit Nachweis im Beckenwasser kommt, ist durchaus auch der Vergleich von Filtrat- und Beckenwasseruntersuchungen interessant.

Probeentnahme

Das Flockungfiltrat kann in der Regel über einen Zapfhahn am Filtergehäuse direkt entnommen werden. Zur Vermeidung von Begleitkontaminationen sollte der Zapfhahn vor der Entnahme desinfiziert werden. Die Beckenwasserprobe sollte mittels einer Tauchflasche entnommen werden. Die Probeflaschen sollten mit einem Inhibitor für das dem Badewasser zugesetzte Chlor (z.B. Na-Thiosulfat) vorgelegt sein.

Nachweisverfahren

Wie in Pkt. 2.3.1 beschrieben, kann zur Untersuchung von Badewasser ebenfalls die ISO 11731 oder das alternativ beschriebene Verfahren angewendet werden.

Bewertung

Laut DIN 19643 dürfen in den zu untersuchenden Volumina (Flockungfiltrat 100 ml und Beckenwasser 1 ml) keine Legionellen nachweisbar sein (Grenzwert).

Die DIN läßt hier also keinen Handlungsspielraum zu und Sanierungsmaßnahmen sind bei Grenzwertüberschreitungen umgehend erforderlich.

2.3.3 Rückkühlwerke/Kühltürme

Unter dem Gesichtspunkt der Legionellenproblematik sind auch die Rückkühlwerke in offener bzw. halboffener Bauweise zu nennen, während die sog. "geschlossenen Systeme" keine unmittelbare Kontaminationsquelle für die Umgebung darstellen. In den offenen bzw. halboffenen Systemen gelangt das zur Kühlung verwendete Wasser durch Versprühen in die Umwelt, und kann so bei entsprechender Kontamination mit Legionellen eine Infektionsquelle darstellen. Je nach Wasservolumen, dem zu ersetzenden Verdunstungsverlust, dem allgemeinen Wartungszustand der Anlage und einer evtl. Wasserbehandlung (Biozidzugabe o.ä.), ist mit einer mehr oder weniger schnellen Vermehrung der Legionellen in diesen Systemen zu rechnen. Obwohl es zur Zeit keine direkt auf Rückkühlwerke zugeschnittene Norm oder Richtlinie bezüglich der hygienischen Parameter gibt, kann doch ersatzweise die VDI-Norm 6022 [17] (für raumluftechnische Anlagen) als Vorlage für Untersuchungen herangezogen werden. Hiernach sollten Legionellen in einem Untersuchungsvolumen von 1 ml nicht nachweisbar sein. Das angegebene Untersuchungsintervall (zweijährlich) erscheint uns jedoch für Rückkühlwerke als zu groß. Eigene Untersuchungen zeigen, daß auch in gerade gewarteten und gereinigten Anlagen eine Vermehrung zu grenzwertübersteigenden Konzentrationen innerhalb von ein bis 2 Monaten möglich sind. Daher erachten wir eine mindestens vierteljährliche Kontrolle des Kühlwassers in offenen und halboffenen Systemen für empfehlenswert.

Probeentnahmestellen u. Probenentnahme

In Rückkühlwerken und Kühltürmen können Wasserproben direkt mittels den zuvor beschriebenen Tauchflaschen direkt aus den Kühlwasserwannen bzw. -tassen entnommen werden. Auch hier sollten die Probeflaschen mit einem Inhibitor für eventuell zugesetztes Chlor (z.B. Na-Thiosulfat) vorgelegt sein.

Nachweisverfahren

Zur Untersuchung von Kühlwasser sollte das Nachweisverfahren der ISO 11731 angewendet werden.

Bewertung

Siehe Pkt. 2.3.4 „Raumlufotechnische Anlagen“

2.3.4. Raumlufotechnische Anlagen

Bei den raumlufotechnischen Anlagen sind unter dem Aspekt der Legionellenverbreitung nur diejenigen mit Umlaufsprühbefeuchtern (Wäscherkammern) von Bedeutung. Die in letzter Zeit fast ausschließlich gebauten Klimaanlage mit Dampf befeuchtern sind aufgrund der Erhitzung des zur Befeuchtung verwendeten Wassers bis zur Dampfphase hygienisch (für die Vermehrung von Legionellen) nicht relevant.

Wie in Pkt. 2.3.3 beschrieben existiert für raumlufotechnische Anlagen (Büro- und Versammlungsräume) die VDI-Richtlinie 6022, die eine zweijährliche Legionellenuntersuchung fest schreibt. Aus den schon oben erwähnten Gründen ist es unserer Erfahrung nach sinnvoller, die noch vorhandenen Wäscherkammern 1 – 2 mal im Jahr auf das Vorhandensein von Legionellen zu untersuchen, um eine Vermehrung rechtzeitig entdecken zu können.

Probeentnahmestellen u. Probenentnahme

In raumlufotechnischen Anlagen mit Umlaufsprühbefeuchtern können Wasserproben direkt mittels den zuvor beschriebenen Tauchflaschen direkt aus den Befeuchterwannen entnommen werden. Auch hier sollten die Probeflaschen mit einem Inhibitor für eventuell zugesetztes Chlor (z.B. Na-Thiosulfat) vorgelegt sein.

Nachweisverfahren

Zur Untersuchung von Befeuchterwasser sollte das Nachweisverfahren der ISO 11731 oder das unter 2.3.1 beschriebene alternative Verfahren angewendet werden.

Bewertung

Laut VDI 6022 dürfen in dem zu untersuchenden Volumen von 1 ml keine Legionellen nachweisbar sein. Das geforderte zweijährige Untersuchungsintervall erscheint uns jedoch als zu lang. Eigene Untersuchungen zeigen, daß Legionellenkonzentrationen, die diesen Richtwert überschreiten, in ein bis zwei Monaten erreicht werden können. Unserer Erfahrung nach hat sich daher ein mindestens halbjährliches Untersuchungsintervall als Kompromiß zwischen Wirtschaftlichkeit und

mikrobiologischer Sicherheit als günstig erwiesen. Der in der VDI 6022 beschriebene Richtwert von 1 KBE/ml kann bei entsprechender Wartung und Reinigung erreicht werden, und sollte vor dem Hintergrund der in Kasuistiken beschriebenen Infektionsrisiken durch solche Anlagen auch angestrebt werden.

2.4 Vorstellung der Sanierungsmethoden

2.4.1 Trinkwasser-Erwärmungsanlagen

Legionellen werden (wie auch andere Mikroorganismen) mit dem Kaltwasser in sehr geringen Konzentrationen in die Hausinstallation eingetragen. Aufgrund ihrer größeren Toleranz gegenüber höheren Wassertemperaturen haben sie in Warmwasserinstallationen einen Selektionsvorteil gegenüber anderen Mikroorganismen. Treffen sie dann auf günstige Umgebungsbedingungen (z.B. Stagnationsbereiche, Totleitungen, Inkrustierungen der Rohrleitungen, Sedimentablagerungen etc.) können sie sich zu hygienisch relevanten Konzentrationen vermehren. Ist eine Warmwasserversorgungsanlage systemisch mit Legionellen kontaminiert, stellt sich die Frage nach der Art der geeigneten Sanierungsmethode.

Aufgrund unserer Erfahrungen gehen wir davon aus, daß es zur Zeit keine Patentlösung bei der Sanierung legionellenkontaminierter Anlagen gibt. Zur Sanierung von legionellenkontaminierten Hausinstallationssystemen müssen unseres Erachtens ortsspezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden. Ein Sanierungsbedarf sollte grundsätzlich in Zusammenhang mit dem Grad (Legionellenkonzentration), der Art der Kontamination (lokal oder systemisch), der nachgewiesenen Legionellen-Spezies sowie der Nutzungsart des Warmwassers beurteilt werden. Generell kann man drei Sanierungsmethoden, die auch in Kombination angewendet werden können, unterscheiden:

- a) die thermische Sanierung
- b) die chemische Sanierung
- c) die technische Sanierung (inkl. physikalischer Methoden wie z.B. UV)

a) Thermische Sanierungsmaßnahmen:

Die oftmals angewendeten thermischen Sanierungsmaßnahmen bestehen in der Regel aus einer vorab durchzuführenden Reinigung und Entschlammung der Speicher/Boiler und ggf. Verteilerbalken, da sich in diesen Bauteilen Mikroorganismen aufgrund der schlechten Durchströmung und der großen Oberfläche der dort entstehenden Sedimentablagerungen gut vermehren können.

Anschließend wird die Temperatur in den Wassererwärmern auf mind. 65, besser 70°C erhöht. Dieses Heißwasser wird dann zur Spülung aller Leitungsteile durch sukzessives Ablaufenlassen über alle Entnahmestellen verwendet. Dabei sollte jede Entnahmestelle mindestens 5 Minuten geöffnet sein und die Temperatur des ablaufenden Wassers öfters kontrolliert werden.

Die **Vorteile** der thermischen Sanierung liegen neben dem Verzicht auf chemische Zusatzstoffe in der schnellen Durchführbarkeit (falls überhaupt die technischen Gegebenheiten ein Hochheizen möglich machen) und der Vermeidung längerer Stillstandzeiten.

Als **Nachteile** müssen genannt werden die gerade in Altenheimen und Krankenhäusern nicht zu vernachlässigende Verbrühungsgefahr, sowie der u.U. große Personal- und Zeitaufwand bei großen Anlagen mit vielen Entnahmemöglichkeiten. Desweiteren ist zu beachten, daß sog. „Totstränge“, d.h. nicht durchströmte Leitungsabschnitte ohne Zapfstellen, durch diese Methode nur unzureichend erfaßt werden. Um Mikroorganismen in tiefer liegenden Schichten von Biofilmen und Inkrustierungen sicher zu erfassen, muß diese Art der Sanierung ggf. mehrfach wiederholt werden. Dabei ist dann, je nach Wasserqualität, auch mit vermehrten Kalkablagerungen zu rechnen.

b) Chemische Sanierungsmaßnahmen:

Bei der chemischen Sanierung wird nach einer Reinigung und Entschlammung der Speicher/Boiler und Verteilerbalken Desinfektionsmittel (in erster Linie chlorhaltige Präparate) zugegeben. Nach Verteilung der Mittel im gesamten Installationssystem (dies ist an endständigen Zapfstellen zu kontrollieren), ist eine ausreichende Einwirkzeit und anschließende gründliche Spülung notwendig.

Die **Vorteile** liegen in der Vermeidung einer thermischen Belastung des Rohrleitungsnetzes (Rißbildung durch Ausdehnung, Bildung. von Ablagerungen), sowie der Möglichkeit einer zusätzlichen Rohrreinigung (durch eine Kombination mit Säure oder proteinabbauenden Substanzen).

Als **Nachteile** sind zu nennen eine je nach eingesetztem Präparat mehr oder weniger starke Beeinträchtigung des Rohrmaterials z.B. durch Korrosionsförderung, sowie eine ebenfalls nur unzureichende Erfassung von Totleitungen und tiefer liegender Schichten von Inkrustierungen.

Bei Chlorpräparaten ist eine Aufzehrung und Ausgasung des Desinfektionsmittels im System durch organische Bestandteile der Ablagerungen, der Wasserbeschaffenheit bzw. der Wassertemperatur möglich, so daß eine Absenkung der Temperatur oftmals erforderlich ist. Bei regelmäßiger Verwendung ist mit einer Desinfektionsmitteltoleranz der Mikroorganismen zu rechnen. Außerdem ist zu beachten, daß nicht alle angebotenen Desinfektionsmittel nach Anlage 3 der Trinkwasserverordnung zugelassen sind. Dies gilt auch für die in letzter Zeit oftmals propagierte Silber-/Kupfer-Ionisation des Warmwassers, die bei Einhaltung der Bestimmungen der TVO oftmals nur eingeschränkt oder gar nicht wirksam ist [15]. Nach Abschluß einer chemischen Sanierung ist eine gründliche Spülung des gesamten Installationssystems notwendig.

c) Technische Sanierungsmaßnahmen:

Technische Sanierungsmaßnahmen bestehen in der Regel aus einem Umbau der zentralen Trinkwassererwärmung (d.h. Boiler/Speicher, Druckausgleichsbehälter, zentrale Mischer, Verteilerbalken, Pumpen usw.) Diese Bereiche sollten regelmäßig gewartet werden und hinsichtlich ihrer Auslegung und Konstruktion dem „Stand der Technik“ entsprechen (z.B. Arbeitsblätter W 552 und W 551 [4] des DVGW). Das Leitungssystem sollte kurz und übersichtlich sein, Totleitungen und lange Stichleitungen sind zu vermeiden. Bei weitläufigen und stark verzweigten Installationssystemen sowie einzelnen, weit entfernt liegenden Entnahmestellen sind dezentrale Wassererwärmer einer zentralen Warmwasserversorgung vorzuziehen.

Eigene Untersuchungen belegen, daß Anlagen, die von der Konstruktion und den Temperaturen her gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 betrieben werden, deutlich geringere Legionellenkonzentrationen aufweisen als vor dem Umbau.

Die **Vorteile** bestehen in einer nachhaltigen Beseitigung von Schwachstellen, es besteht keine Gefahr für die Verbraucher des Warmwassers und der Erfolg ist in der Regel langfristiger Natur.

Als **Nachteile** sind zu nennen, daß technische Maßnahmen selten kurzfristig zu realisieren sind (keine Sofortmaßnahmen) und zur Vermeidung teurer Fehlschläge eine sorgfältige Planung erforderlich ist.

Weiterhin ist zu beachten, daß einige Maßnahmen (z.B. UV-Bestrahlung) oftmals nur eine örtlich begrenzte Wirkung haben und ggf. durch weitere Verfahren ergänzt werden müssen. Kurzfristig gesehen scheinen technische Lösungen oftmals teurer zu sein als chemische oder thermische Sanierungsverfahren. Dies ist aber oftmals ein Trugschluß, da technische Maßnahmen in der Regel langfristig wirksam sind.

2.4.2. Badewasseraufbereitungsanlagen

In Badewasseraufbereitungsanlagen ist die wirksamste Maßnahme bei einer nachgewiesenen Legionellenkontamination der Filteranlage nach wie vor eine intensive Filterrückspülung. Eine Hochchlorung des Filterinhalts ist oftmals wegen der hohen Chlorzehrung nur eingeschränkt möglich. Bei Aktivkohlefiltern ist eine Sanierung durch Hochchlorung faktisch nicht möglich. Hier empfiehlt sich der Austausch des Filtermaterials. Sollten Hochchlorung und Filterrückspülungen bei Mehrschicht-Filtern nicht zum Erfolg führen, ist auch hier ein Austausch des Filtermaterials unumgänglich, wobei dann auch an eine gründliche Reinigung der Behälterinnenwandung zu denken ist.

2.4.3. Rückkühlwerke/Kühltürme und

2.4.4. Raumluftechnische Anlagen

Aufgrund des gleichartigen Aufbaus der hygienisch relevanten Bauteile (Wäscherkammern bzw. Kühlwassertassen und -wannen) sind die zu beschreibenden Sanierungsmaßnahmen für die oben genannten Anlagen sehr ähnlich und können zusammengefaßt werden.

Wichtigste Sanierungsmaßnahmen sind die Reinigung der Wäscherkammern, Kühlwasserwannen und der lamellenartigen Tropfenabscheider. Jeglicher Belag, ob Inkrustierung oder Biofilm, ist gründlich zu entfernen. Dies ist gerade bei älteren Anlagen oftmals problematisch. Bei Neuanlagen ist daher auf die Möglichkeit der leichten Demontage der relevanten Bauteile zu achten. Ein Biozid-Zusatz kann das

Reinigungsintervall möglicherweise verlängern, ist jedoch kein Garant für einen legionellenfreien Betrieb der Anlage. Solche Zusätze müssen auch regelmäßig durch solche mit anderen Wirkstoffgruppen ersetzt werden, um eine Resistenzbildung der Mikroorganismen zu vermeiden. Bei raumluftechnischen Anlagen ist zudem der Aspekt der möglichen Einwirkung auf die Personen in den mit dieser Luft versorgten Räumen zu berücksichtigen.

Bei industriellen Großkühltürmen konnten wir schon mehrfach nach einer Hochchlorung des Inhalts der Kühlwassertasse mit Konzentrationen um 5 mg/l freies Chlor über mehrere Stunden eine deutliche Reduktion der Legionellenkonzentrationen bis hin zur Nachweisgrenze beobachten, wobei der Erfolg dieser Maßnahme zumindest über mehrere Wochen anhielt.

3. Literatur

- [1] DIN 19643-1: Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser, Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Deutsches Institut für Normung (1997)
- [2] DIN 38402-14: Allgemeine Angaben (Gruppe A): Probenahme von Rohwasser und Trinkwasser (A 14). Deutsches Institut für Normung (1986).
- [3] Dominguez, J.A., Gali, N., Pedroso, P., Fargas, A., Padilla, E., Manterola, J.M., Matas, L. (1998) Comparison of the Binax Legionella Urinary Antigen Enzyme Immunoassay (EIA) with the Biotest Urin Antigen EIA for Detection of Legionella Antigen in both concentrated and nonconcentrated Urine Samples. *Journal of Clinical Microbiology* 36, 2718-2722
- [4] DVGW Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums. (1993)
- [5] DVGW Arbeitsblatt W 552: Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Sanierung und Betrieb. (1996)
- [6] EWGLI/PHLS (EUROPEAN WORKING GROUP FOR LEGIONELLA INFECTIONS/ PUBLIC HEALTH LABORATORY SERVICES): Legionnaires' disease, Europe, 1998. *Weekly Epidemiological Record* 74 (1999) 273-277
- [7] Exner, M., G.-J. Tuschewitzki, et al. (1992). "Vorkommen und Bewertung von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden." *Forum Städte-Hygiene* **43**: 130-140.

- [8] Exner, M. and S. Pleischl (1996). Technische und hygienische Präventivmaßnahmen gegen Infektionen mit Legionellen. Hygiene und Technik im Krankenhaus. W. Steuer. Esslingen, Bartz, W. J. **207**: 151-181.
- [9] Exner, M. (1997). "Legionellose" in Hofmann, F (Hrsg.) Infektiologie: 6. Erg.Lfg. 8/93: 1 – 18, ecomed-Verlag.
- [10] ISO 11731 (1998) Water quality – Detection and enumeration of Legionella
- [11] MILATOVIC, D., BRAVENY, I.: Infektionen. Praktische Hinweise zur antimikrobiellen Therapie und Diagnostik. MMV Medizin Verlag, München, 6. Auflage (1997)
- [12] MUDER, R.R., YU, V.L.: Other Legionella Species. In: MANDELL, G.I., BENNETT, J.E., DOLIN, R. (ed.): Principles and Practice of Infectious Diseases. 4th Edition. Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo (1995)
- [13] N.N. (2000). Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trink- und Badewasserkommission des Umweltbundesamtes: „Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser“. Bundesgesundheitsbl. Jg 43, Heft 11: 911-915
- [14] Pleischl, S., E. Frahm, et al. (1999). "Ergebnisse eines Ringversuchs zum Vergleich zweier Nachweisverfahren für Legionellen in Wasserproben aus dem DIN ad hoc-Arbeitskreis "Legionellen"." Bundesgesundheitsblatt Jg. 42, Heft 8: 650 - 656
- [15] Rohr, U., W. Mathys, et al. (1998). "Legionellenreduktion in Trinkwasser-Anlagen durch Ag-/Cu-Ionisation - Erfahrungsberichte und Stellungnahme aus drei Hygieneinstituten." Hygiene und Mikrobiologie 3: 82-85.
- [16] Roth, S. (1997) Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen – Gefahr oder Hysterie? ZdW Bay 9/97: 47-52
- [17] VDI Richtlinie 6022: Hygienebewußte Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung raumluftechnischer Anlagen. (1998)
- [18] YU, V.L.: Legionella pneumophila (Legionnaires´ Disease). In: MANDELL, G.I., BENNETT, J.E., DOLIN, R. (ed.): Principles and Practice of Infectious Diseases. 4th Edition. Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo (1995)

Zusammenfassung

Die Häufigkeit von Legionella-Infektionen ist nicht genau bekannt, man muß von einer beträchtlichen Dunkelziffer ausgehen. Epidemiologisch finden sich am häufigsten folgende Infektionsquellen:

- Kontaminierte Warm- oder Kaltwassersysteme
- Kontaminierte Kühltürme
- Kontaminierte Whirlpools

Nicht selten werden Legionellosen auch auf Reisen (Türkei, Spanien, Frankreich u.v.a.) erworben.

Die Aufnahme der Erreger erfolgt entweder durch Einatmen kontaminierter Aerosole oder durch subklinische Aspiration von kontaminiertem Wasser. Die Inkubationszeit der Legionellose beträgt 2-10 Tage.

Die Pneumonie stellt bei mehr als 95 % der Legionellosefälle die Hauptmanifestation dar. Der Schweregrad der Erkrankung reicht von mildem Husten mit leichtem Fieber bis hin zur beatmungspflichtigen Pneumonie mit Multiorganversagen. Die Letalität lag unter den 1998 in Europa gemeldeten Fällen bei ca. 13 %

Diagnostisch ist im Frühstadium vor allem der Urin-Antigennachweis sinnvoll, der serologische Titeranstieg erfolgt häufig erst sehr spät. Die antibiotische Therapie erfolgt primär mit Erythromycin , in schweren Fällen wird auch eine Kombination mit Rifampicin (600 mg/d) empfohlen. Alternativ können Gyrasehemmer oder neuere Makrolide eingesetzt werden.