

Auszüge aus dem Buch „Legionellen – ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene“ vom expert verlag, 2. Auflage 2005

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. & Dipl.-Ing. Elmar Wippler

3.7 Trinkwasser-relevante autochthone Wasserbakterien

Pseudomonas aeruginosa, das sogen. *Bacterium pyocyaneum* oder abgekürzt *Pyo*, kommt zwar nur sehr selten im eigentlichen Trinkwasser vor, **doch die Erreger siedeln häufig an Wasserhähnen, hier besonders an den Perlatorsieben oder an Duschköpfen.** So können sie Hautwunden, aber auch die Schleimhäute speziell der Ohren, Augen oder Nebenhöhlen, infizieren. **Gefährlich sind sie in Krankenhäusern und Seniorenheimen.** Auch in Warmwasserbädern wie zB. Whirlpools werden immer wieder *Ps. aeruginosa*-Infektionen beobachtet, gelegentlich sogar als Lungenentzündung oder Harnwegsinfektion.

expert Verlag, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried J. Bartz,

Legionellen - ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene, Auflage 2005, Kapitel 3.7, Seite 62

5. Physiologie und Ökologie der Legionellen

In Warmwassersystemen sind Legionellen wesentlich häufiger anzutreffen, wie aus Tab. 5.3 ersichtlich ist. Dabei sind die Mitte der 1980er Jahre und 2002 erhobenen Befunde nicht exakt vergleichbar, denn die Nachweisempfindlichkeit ist seither erheblich gestiegen.

Gerade diese Tatsache erlaubt jedoch die vorsichtige Schlussfolgerung, dass die Häufigkeit von Legionellen in Warmwassersystemen in den vergangenen Jahrzehnten deutlich abgenommen hat und vermutlich in Zukunft weiter abnehmen wird im gleichen Maß wie das Problembewusstsein wächst und sanitärtechnische Maßnahmen greifen.

Tab. 5.3 Zur Häufigkeit von Legionellen in Warmwassersystemen.
Die Befunde wurden einerseits Mitte der 1980er Jahre in Norddeutschland und im westlichen Ausland (1), andererseits 2002 in Südbayern (2) erhoben

Art der Gebäude	Zahl der untersuchten Proben	Zahl der positiven Proben	Prozentwerte positiver Befunde
Altenheime (1)	79	16	20 %
Altenheime (2)	271	85	31 %
Bürogebäude (1)	57	17	30 %
Bürogebäude (2)	349	51	15 %
Schwimmbäder (1a)	84	30	36 %
- (1b)	9	5	56 %
Schwimmbäder, Duschen (2)	395	103	26 %
- Beckenwasser (2)	162	10	6 %
- Reinwasser-Filtrat (2)	94	13	14 %
Hotels (1a)	62	11	18 %
- (1b)	52	17	33 %
- (1c)	104	55	53 %
Hotels/Gaststätten (2)	80	12	15 %
Krankenhäuser (1a)	72	45	63 %
- (1b)	40	28	70 %
- (1c)	103	72	70 %
Krankenhäuser (2)	706	240	34 %
Schulen (1)	11	4	36 %
Schulen (2)	59	10	17 %
Wohnhäuser (1)	95	30	32 %
Einfamilienhäuser (2)	50	7	14 %
Mehrfamilienhäuser (2)	399	76	19 %

Tab. 5.4 bestätigt die oben diskutierte Vermutung, dass die Häufigkeit von Legionellen in Warmwassersystemen in den vergangenen Jahrzehnten deutlich abgenommen hat. Denn in den 1980er Jahren lagen die Legionellen Konzentrationen in Warmwassersystemen wesentlich höher als 2002.

Offensichtlich sind also sanitärtechnische Maßnahmen zur Minimierung des Legionellen Risikos durchaus effektiv, wo und soweit sie ergriffen wurden. Sie unterstreichen damit ihre Notwendigkeit. **Heute sind Legionellen Infektionen keine schicksalhafte Gefahr mehr, sondern Ausdruck menschlichen Versagens.**

Tab. 5.4 Die Konzentration von Legionellen als Kolonie-bildende Einheiten (KBE)/ml in 83 Warmwassersystemen während der 1980er Jahre (1) und in 2554 Warmwassersystemen 2002 (2)

Konzentration (KBE/ml)	Zahl der Legionella- positiven Proben		in Prozent	
	1985	2002	1985	2002
< 10	11	2340	13 %	92 %
$10^1 - 10^2$	29	174	35 %	7 %
$10^2 - 10^3$	31	40	37 %	1 %
$10^3 - 10^4$	11	-	13 %	-
$10^4 - 10^5$	1	-	1 %	-

5.3 Die Eigenschaften von Legionellen

Der Temperaturbereich, in dem Legionellen zu finden sind, ist extrem breit. Man hat sie ebenso unter der Eisdecke von Flüssen wie aus den heißen Quellen des Yellowstone-Parks noch bei 63 °C isolieren können. Unter Laborbedingungen lassen sie sich ohne Zusatz von Gefrierschutz-Substanzen bei -70 °C nur in Wasser eingefroren jahrelang konservieren.

Ein hohes Nährstoffangebot ermöglicht ihre Vermehrung bereits bei 5 °C, doch ihre optimale Vermehrungstemperatur liegt etwa zwischen 35 und 42 °C. Temperaturen bis zu 50 °C können sie sehr lange Zeit tolerieren.

Über Abtötungstemperaturen existieren zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse im Wesentlichen übereinstimmen: Da sich die Absterbekinetik als eine Zeit- Temperatur-Funktion beschreiben lässt, ist für eine exakte Angabe sowohl die Reduktionszeit als auch die Temperatur erforderlich.

Die minimale Abtötungstemperatur liegt etwa bei 50 °C; hier beträgt die dezimale Reduktionszeit noch mehrere Stunden. Bei 55 °C beträgt sie noch 19 min, bei 57,5 °C 6 min und bei 60 °C 2 min.

**expert Verlag, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried J. Bartz,
Legionellen - ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene, Auflage 2005, Kapitel 5, Seite 72+73**

6.4 Nosokomiale Infektionen

Die größte Gefahr, eine Legionärskrankheit zu bekommen, besteht im Krankenhaus. Sie ist in den vergangenen Jahren zwar etwas gesunken, wie aus Tab. 5.3 hervorgeht. Dennoch haben noch immer 20 – 40% der deutschen Krankenhäuser Probleme mit Legionellen. Legionellosen werden in beachtlichem Prozentsatz nosokomial erworben. In der zitierten französischen Statistik waren 1998 - 2001 waren über 40% aller Legionellosen nosokomial bedingt, in einer älteren englischen Studie der Jahre 1980 - 1992 waren es nur 15%. Diese Zahlen sind ein Spiegel einerseits der Diagnostik, die in Krankenhäusern und außerhalb betrieben wird, andererseits der Transparenz und Ehrlichkeit der Institutionen. Die Letalität nosokomial erworbener Legionellen-Pneumonien beträgt 15 - 40%, weil sie auf mehr oder weniger vorgeschädigte Patienten trifft.

Über die Bedeutung von nosokomialen Infektionen wurde in den letzten Jahren auch in den Massenmedien oft und ausführlich berichtet. Denn der Prozentsatz nosokomialer Infektionen bei stationär behandelten Patienten ist ein gutes Maß für die Qualität der entsprechenden Klinik. Er liegt bei ca. 1% und sogar darunter bei sehr guten Krankenhäusern, im Mittel muss mit ca. 5% gerechnet werden. **Doch es gibt noch immer miserabel geführte Kliniken mit einem Anteil von 10 - 20% nosokomialer Infektionen, die natürlich soweit wie möglich vertuscht werden, Nach Harnwegs- und Wund-Infektionen sind Lungenentzündungen die dritthäufigste und gefährlichste Form einer nosokomialen Infektion.**

Legionellen sind hier nur eine Erregergruppe unter vielen anderen. Nosokomiale Legionellose treten meist sporadisch als Einzelfälle, gelegentlich aber auch gehäuft auf. **Eine Infektionsquelle innerhalb des Krankenhauses und eine nosokomiale Legionellose ist immer dann anzunehmen, wenn die Erkrankung während oder nach einem Klinikaufenthalt von mehr als 10 Tagen Dauer (der Inkubationszeit der Legionellen) beginnt.** Angaben zur Häufigkeit solcher Infektionen sind selten: In einer Untersuchung wurden Zweidrittel als nosokomiale Legionella-Pneumonien gewertet, in zwei weiteren Studien wurden 13% - 14% der ausgewerteten nosokomialen Pneumonien auf Legionellen zurückgeführt. Nach Angaben des Robert Koch-Instituts sind nur 1 - 5% aller nosokomialen Pneumonien von Legionellen verursacht.

Die Letalität ist in solchen Fällen hoch. Sie wurde in drei unabhängigen Untersuchungen mit 33%, 34% und 43% ermittelt. Bezogen auf die Gesamtzahl machen nosokomiale Legionellose nach der oben zitierten Statistik in Frankreich über 40% aller gemeldeten Fälle aus. Dieser Prozentsatz dürfte auch auf Deutschland zutreffen. In Tab. 6.2 sind einige Beispiele nosokomialer Legionellen Ausbrüche zusammengestellt. Sie waren im westlichen Ausland bereits in den 1980er Jahren beschrieben worden. Der erste nosokomiale Ausbruch in Deutschland wurde offiziell erst 2003 bekannt - nachdem Strafanzeige erstattet worden war.

Tab. 6.2 Beispiele nosokomialer Ausbrüche von Legionellose

Ort/Land	Zeit	Zahl der Erkrankten	Infektionsquelle
Wadsworth Med. Center, Los Angeles	1977-81	218	Leitungswasser ¹
VA-Medical Center, Pittsburgh	1979-80	32	Leitungswasser ¹
Iowa Univ.-Hospital	1981,	24	Leitungswasser ¹
Kingston District Hospital, GB	1979-80	11	Leitungswasser ¹
Lehrkrankenhaus, Paris, F	1982-83	47	Leitungswasser ¹
Univ.-Hospital, Nottingham, GB	1988-89	14	Leitungswasser ¹
Krankenhaus Frankfurt/Oder, D	2003	12	Leitungswasser ¹

¹ trotz Chlorung

7.1 Die Übertragung

Die meisten Infektionen entstehen in unserem technisierten Lebensraum, wo es eine Vielzahl von Infektionsquellen gibt. Die epidemiologisch wichtigsten sind in Tab. 7.2 zusammengestellt.

Hier überall entstehen Aerosole, und das Infektionsrisiko lässt sich als eine Funktion aus folgenden Faktoren darstellen:

- Konzentration der Legionellen im versprühten Wasser,
- Konzentration der Tröpfchen mit Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$, die allein lungengängig sind,
- Überlebensdauer der Legionellen im Aerosol; sie kann unter optimalen Bedingungen mehr als zwei Stunden betragen,
- Entfernung der exponierten Person von der Aerosolquelle,
- Dauer der Exposition, also der Zeit, in der Legionellen-haltiges Aerosol eingeatmet wird,
- Geschwindigkeit und Richtung der Luftbewegung,
- Barrieren* durch die Aerosole abgehalten werden, z.B. Tropfenabscheider, Filter in RLT-Anlagen oder im Freien belaubte Bäume, Gebäude u.ä.
- Stabilität der Aerosole; sie ist abhängig von Lufttemperatur und -feuchte sowie der Art der Flüssigkeit; denn Salze und hygroskopische organische Substanzen verzögern zusammen mit hoher Luftfeuchte die Verdunstung der Aerosol-Tröpfchen.

Tab. 7.2 Infektionsquellen, die für die Übertragung von Legionellen von Bedeutung sind

	Epidemiologische Bedeutung
Im technischen Bereich:	
Arbeiten mit Sprühlanzen	+
Eismaschinen	+
Erd- und Grabungsarbeiten	+
Kfz-Waschanlagen	+
Kühlregister/Kühlsysteme	+
Kühltürme von Kraftwerken und Industrie-Anlagen	+
Luftbefeuchter	+
Offene Rückkühlwerke raumlufttechnischer (RLT)- Anlagen	++
Sprinkler	+
Turbinenkühlung	+
Im öffentlichen Bereich:	
Bäder/Duschen	++
Schwimmbeckenwasser	+
Hubbard-Tank/Lilly-Tank/Pyrostat/Samadhi-Tank	+
Warmsprudelbecken (Whirlpool, Jacuzzi)	++
Luftbefeuchter	+
RLT-Anlagen (ohne R-/S-Auslassfilter)	+
Offene Rückkühlwerke	+
Springbrunnen, Fontänen, Wasserwände u.ä.	+
Zahnarztpraxis/Dentaleinheit	+
Zierspringbrunnen (in Empfangshallen)	+
Im Krankenhaus:	
Absauggeräte	+
Beatmungsgeräte und -schläuche	+++
Duschen	++
Inhalationsgeräte/Kabinen	++
Luftbefeuchter	+
Medikamentenvernebler	+
Physiotherapie-Becken	+
RLT-Anlagen (ohne R-/S-Auslassfilter)	+
Offene Rückkühlwerke	+
Ultraschallvernebler	+
Waschbecken/Perlatoren an Wasserhähnen	++
Zierspringbrunnen (in Empfangshallen)	+
Im häuslichen Bereich:	
Warmwasser-System	
Dusche	++
Waschbecken/Perlatoren an Wasserhähnen	+
Badewanne	+
Raumluftbefeuchter	+
Kühlergeräte (an Fenstern u.ä.)	+
Mundduschen	+
Zierspringbrunnen	

7.1 Infektion durch Warmwassersysteme

Nach der Entdeckung der Legionärsbakterien dauerte es immerhin noch annähernd drei Jahre, bis man im erwärmten Trinkwasser die wichtigste Infektionsquelle identifiziert hatte. **Zuerst wurden die Erreger im Warmwasserbereich von Krankenhäusern gefunden, wo sie nosokomiale Infektionen verursacht hatten. Inzwischen wissen wir, dass praktisch alle Warmwassersysteme Legionellen-verseucht sein können.**

Die größten Gefahren existieren überall da, wo warmes Wasser lange Zeit gestanden und danach zerstäubt wird. Das können zunächst die Boiler, die Warmwasserspeicher, und schließlich die Warmwasserleitungen sein, aus denen einen oder mehrere Tage lang kein Warmwasser entnommen worden war. **Duschen sind hier kritischer als Wasserhähne. Wasserhähne mit Perlatoren oder spritzende Wasserhähne wiederum sind problematischer als solche, bei denen wenig Aerosol gebildet wird.** Aber letztlich kann das Aerosol auch beim Gurgeln oder sogar beim Trinken derartigen Wassers entstehen. Insgesamt ist das Badezimmer für den Erwerb von Legionelleninfektionen zweifelsohne der gefährlichste Raum.

**expert Verlag, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried J. Bartz,
Legionellen - ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene, Auflage 2005, Kapitel 7.2, Seite 100**

9.4 Problematische Zusatzgeräte in der Hausinstallation

Perlatores filtern am Zapfhahn nur grob. Sie haben sich deshalb weitgehend durchgesetzt, so dass es auf dem deutschen Markt praktisch keine Wasserhähne ohne Siebstrahlregler mehr gibt. Die Vorteile dieser „Luftsprudler“ sind unbestritten:

- Der Wasserstrahl bleibt auch bei geringem Auslauf gerichtet,
- bei starkem Strahl ist die Spritzneigung geringer und
- das Wasser wird durch die Belüftung angenehm perlend.

Die Nachteile betreffen nur infektionsgefährdete Menschen und solche mit offenen Hautwunden. **Denn die Siebplatten sind, wenn sie nicht regelmäßig mindestens in wöchentlichem Rhythmus gewartet und gereinigt werden, ein guter Nährboden für alle möglichen Keime, also Bakterien, Protozoen und Pilze.** Zwar sind die meisten von ihnen harmlos, doch auch pathogene Bakterien können hier gedeihen. Am gefährlichsten sind die schon genannten *Pseudomonas aeruginosa* und ubiquitäre Mykobakterien. **Legionellen besiedeln in erster Linie Warmwasserhähne mit Perlatoren.**

Auf Intensivstationen mit ihrem erhöhten Risiko nosokomialer Legionella-Infektionen sollten daher Sternstrahl- statt der üblichen Siebstrahlregler Verwendung finden.

**expert Verlag, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried J. Bartz,
Legionellen - ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene, Auflage 2005, Kapitel 9.4, Seite 174+175**

9.5 Sanitärtechnische Optionen bei Legionellen-kontaminierten Bädern

Das Problem der Legionellen in Bädern kann nur zum Teil durch die Bekämpfung der Erreger im Leitungsnetz gelöst werden. Zwei Risikobereiche sind hier zu nennen, von denen nicht selten Legionelleninfektionen ausgehen: Das sind erstens die Duschen, die in Hotels eine eher noch größere Gefahr darstellen, weil sie hier seltener benutzt werden, und zweitens die Warmsprudelbecken, Whirlpools oder Jacuzzi.

Ein Großteil der auf Reisen und in Hotels erworbenen Legionellose dürfte wohl auf Duschen zu beziehen sein, insbesondere, wenn sie längere Zeit unbenutzt waren. Sowohl im Duschkopf als auch im Duschschlauch finden Legionellen besonders gute Vermehrungsbedingungen vor. Duschschläuche bestehen aus Gummi- oder Kunststoffmaterial, auf denen Biofilme entstehen, sofern sie nicht regelmäßig mit 70 grädigem Wasser durchspült werden. Legionellen gedeihen hier optimal, denn der Duschkopf steuert dazu Luftsauerstoff bei und außerdem Metallionen aus Korrosionsprozessen.

Deshalb hat das Bundesgesundheitsamt bereits im Juli 1988 als Anlage zu Ziffer 4.4.6 und 6.7 der „Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen“ spezielle „Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung“ formuliert und Duschschläuche gefordert, die „sich nach Benutzung selbsttätig entleeren“. Das ist allerdings eine Scheinlösung, denn auch in selbsttätig sich entleerenden Duschschläuchen entstehen Biofilme und der durch die Entleerung bedingte Luftzutritt verbessert die Vermehrungsmöglichkeiten für Legionellen sogar noch. Sich selbsttätig entleerende Duschschläuche und Köpfe sind also keineswegs eine sinnvolle Problemlösung, eher schon das Gegenteil.

expert Verlag, Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Wilfried J. Bartz,
Legionellen - ein aktuelles Problem der Sanitärhygiene, Auflage 2005, Kapitel 9.5, Seite 175