

Legionellenbekämpfung in Trinkwassersystemen und im Schwimmbad

Dipl.-Ing. Arnim Beyer, KWS Technische Dienstleistungen, Monumentenstr. 33-34, 10829 Berlin

Zusammenfassung

Im folgendem Artikel wird die Legionellengefahr im Trink- und im Badewasser behandelt. Spezielle Behandlungsverfahren werden diskutiert. Dabei findet das Chlordioxid im Trinkwasser besonderes Augenmerk. Die rechtlichen Grundlagen nach der Trinkwasserverordnung werden erörtert und verständlich dargestellt.

Der Einsatz von UV- Anlagen im Badewasserbereich zur Legionellenbekämpfung ist eine gute Möglichkeit, wie diese aus verunreinigten Filtern inaktiviert werden und dabei noch Wasser bei der Wasseraufbereitung gespart wird.

Nicht zuletzt geben die Kosten der entsprechenden Verfahren (Chlordioxid, UV) in dem jeweiligen Segment, Aufschluss über den effektiven Einsatz.

Legionellen, Infektion und Gefahr

Seit 1976 in einem Hotel in Philadelphia, USA, 182 von 4400 Veteranen der "American Legion" an einer schweren Lungenentzündung erkrankten, ist die sogenannte Legionellose mit ihrem Erreger *Legionella pneumophila* eine ernste Bedrohung geworden. Damals wurde als Infektionsherd die Klimaanlage ausgemacht.

Bei Menschen mit geschwächtem Immunsystem können Legionelleninfektionen zu einer Lungenentzündung mit zum Teil schwerem Verlauf bis hin zu Todesfällen führen. Die Inkubationszeit beträgt ca. zwei bis 14 Tage. Eine andere, durch Legionellen verursachte Infektionskrankheit, ist das sogenannte Pontiac-Fieber, das mit einer Grippe vergleichbar ist. Seit 1997 sind 42 Legionellenarten mit 62 Serogruppen bekannt. Weitere Arten kommen ständig dazu. Die *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1, ist die Gefährlichste. Diese kann bei nicht sachgemäßer Behandlung, beispielsweise durch den Einsatz falscher Antibiotika, beim Menschen bis zum Tode führen.

Als Hauptinfektionsweg gilt das Einatmen erregerrhaltiger Aerosole: Wenn beim Einatmen eines bakterienhaltigen Sprühnebels oder feuchter Luft, auch Aerosol genannt, Legionellen in die Lunge gelangen, kann es zu einer Erkrankung kommen. Die Infektionsdosis ist bis heute noch nicht erforscht und hängt von mehreren Faktoren ab. Eine Infektionsgefahr besteht daher überall dort, wo Wasser versprüht wird und sich ein mit Bakterien kontaminiertes Wasser-Luft-Gemisch bilden kann.

Legionellen kommen in natürlichem Süßwasser in geringer und ungefährlicher Konzentration vor, nicht aber im Meerwasser. Sie stellen nicht nur ein Infektionsrisiko in Schwimmbädern dar, insbesondere bei Duschen, Whirlpools, Wasserattraktionen wie Fontänen, künstlichen Wasserfällen sowie Rutschen, und in Warmwassersystemen öffentlicher Gebäude (dazu zählen unter anderem Krankenhäuser, Altenheime, Hotels, Sporthallen, Kasernen etc.), sondern können auch im Haushalt bei selten benutzten Wasserleitungen zum Problem werden. Speziell im Schwimmbad siedeln sich Legionellen bevorzugt im Schwimmbadfilter an. Verantwortlich sind hier die Verwendung ungeeigneter Filtermaterialien sowie eine unsachgemäße Rückspülung.

Legionellen treten bevorzugt auf in wasserführenden Rohren, Armaturen und Klimaanlage und lassen sich insbesondere dann schwer bekämpfen, wenn sie sich in Biofilmen angesiedelt haben. Vor allem schwach durchströmte Leitungssysteme oder sogenannte "tote Leitungen" gelten als Gefahrenquelle. Der dort befindliche Biofilm ermöglicht erst den Aufwuchs von Legionellen. Beispielsweise dienen Amöben als kleine Einzeller der Legionelle als Wirt. Sie werden von der Amöbe umschlossen, können aber nicht verdaut werden. In der Amöbe können sie sich dann vermehren, bis die Wirtszelle aufplatzt und die Legionellen sich einen neuen Wirt suchen. Danach beginnt der Prozess erneut.

Ideale Wachstumsbedingungen herrschen für Legionellen bei Temperaturen zwischen 20 und 55 °C. Das Optimum liegt bei ca. 36 bis 38 °C. Besonders günstige Bedingungen für das Legionellenwachstum bieten auch Kaltwasserstränge, die sich durch Zimmertemperaturen oder ungenügende Wärmedämmung zur Warmwasserleitung hin erwärmen oder in denen im Sommer die Temperaturen auf über 30 °C steigen. Dies sind nahezu ideale Bruttemperaturen. Dadurch, dass kaum Probenahmen im Kaltwasser in den Sommermonaten erfolgen, wägen sich viele Betreiber in Sicherheit. Doch wie die Erfahrung lehrt, gibt es gerade hier viel Nachholbedarf zur Prävention und Sanierung.

Weitere Ursachen für die Verbreitung von Legionellen sind die Absenkung von Temperaturen aus energiewirtschaftlichen Gründen unter 60 °C, Stillstands- und Stagnationszeiten, mangelhafter Zustand der Wärmedämmung sowie die Bildung von Inkrustationen an Rohrwandungen.

Abb. 1: Verzinktes Wasserrohr, ca. 30 Jahre in Betrieb. Foto: Arnim Beyer.



Der Verband unabhängiger Prüflabore fand in einer 2003 in Deutschland durchgeführten Studie heraus, dass von 12863 untersuchten Wasserproben 4071 Legionellen enthielten; rund ein Drittel war also kontaminiert. Jährlich werden in Deutschland ca. 8000 Erkrankungen bekannt, 400 mit tödlichem Ausgang. Obwohl die Legionellose nach dem Infektionsschutzgesetz zu den meldepflichtigen Krankheiten zählt, liegt die Dunkelziffer vermutlich weit höher.

Rechtliche Grundlagen

Um der Gefahr einer Verkeimung oder Nichterkennung vorzubeugen, schreibt die Trinkwasserverordnung ab 2003 eine periodische Überprüfung auf Legionellen in Wasser führenden Systemen öffentlicher Gebäude vor. So müssen sich beispielsweise Abnehmer von weniger als 3 m³/Tag einer einmaligen jährlichen Prüfung unterziehen. Höhere Abnahmen können folgender Tabelle entnommen werden:

Tab. 1: Anzahl der Proben in Abhängigkeit der abgegebenen oder produzierten Wassermenge (nach Trinkwasserverordnung 2001, Anlage 4), für Legionellenuntersuchungen u.a. gültig (Auszug).

Menge des in einem Versorgungsgebiet abgegebenen oder produzierten Wassers m³/Tag Gemittelte Werte über ein Jahr	Periodische Untersuchungen Anzahl der Proben/Jahr*
≤ 3	1 oder nach Ermessen der Gesundheitsbehörde
> 3 ≤ 1000	1
> 1000 ≤ 1333	1 zuzüglich jeweils 1 pro 3.300 m ³ /Tag (kleinere Mengen werden auf 3.300 aufgerundet)
> 1333 ≤ 2667	
> 2667 ≤ 4000	
> 4000 ≤ 6667	
> 6667 ≤ 10.000	
> 10.000 ≤ 100.000	3 zuzüglich jeweils 1 pro 10.000 m ³ /Tag (kleinere Mengen werden auf 10.000 aufgerundet)
> 100.000	10 zuzüglich jeweils 1 pro 25.000 m ³ /Tag (kleinere Mengen werden auf 25.000 aufgerundet)

***Probenahmen sollten im Hinblick auf Ort und Zeit gleichmäßig verteilt sein.**

Hier sei in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen, dass nach dem Infektionsschutzgesetz jeder Unternehmer oder sonstiger Inhaber einer Wasserversorgungsanlage nach § 24 der Trinkwasserverordnung eine Wasserqualität im Rahmen dieser abgeben muss. Ist dies nicht der Fall, handelt er vorsätzlich oder fahrlässig und ist dafür haftbar zu machen.

Ist dem Verantwortlichen sogar bekannt, dass er nicht nach Trinkwasserverordnung beschaffenes Wasser für den menschlichen Gebrauch abgibt, also z.B. bereits Legionellen in seiner Anlage nachgewiesen und keine Maßnahmen ergriffen hat, kann dies als grob fahrlässig betrachtet werden. Die Geschäftsleitung, Technische Leitung u.ä., wird also bei etwaigen Klagen direkt zur Verantwortung gezogen. In diesem Fall muss nachgewiesen werden, welche Mittel, Maßnahmen und Möglichkeiten zur Aufrechterhaltung der Qualität des Wassers und zum Schutz der Betroffenen getroffen wurden.

Aktiver Schutz vor Legionellen

In vielen Fällen können bewusste betriebstechnische Maßnahmen große Wirkungen erzielen. Legionellen sterben bei Temperaturen von über 60 bis 70 °C ab. Durch diese Maßnahmen, wie die hydraulische Glättung und die Wärmedämmung der Leitungen, kann meist sichergestellt werden, dass die Wassertemperatur im gesamten System nicht unterschritten wird. Durch die Stilllegung nicht benötigter Speicher und Leitungen sowie den Rückbau zu großer Warmwasserspeicher lässt sich die Legionellengefahr reduzieren.

Bei längeren Stillstandszeiten ist das Warmwasserleitungsnetz vor diesen Zeiten vollständig zu entleeren. Dafür muss dieses System konzipiert sein. Maßnahmen zur Verhinderung von Inkrustationen (Enthärtung; Werkstoffwahl) bringen weitere zusätzliche Effekte. Durch eine kurzzeitige Erhöhung der Wassertemperatur im gesamten System auf über 70 °C können Legionellen in kurzer Zeit abgetötet werden. Diese Methode erfordert jedoch, dass alle Zapfstellen gleichzeitig für mindestens drei Minuten im geöffneten Zustand die vorgeschriebene Temperatur halten. Daraus ergibt sich ein relativ großer Arbeitsaufwand, hohe Betriebskosten und eine nur vorübergehende Wirkung. „Tote“ Leitungen werden dabei nicht erfasst. Die Praxis zeigt auch immer wieder, dass die genaue Einhaltung dieser Vorgehensweise kaum gewährleistet werden kann. Bei verzinkten Rohrleitungen muss beispielsweise auf hohe Temperaturen verzichtet werden. Auch der Kalkgehalt im Wasser ist nicht außer acht zu lassen. In solchen Fällen wird man in Zukunft an der permanenten Behandlung von Kalt- und Warmwassersystemen mit Chlordioxid nicht herumkommen. Ein Multibarriersystem, bestehend aus Wärmebehandlung (wie oben beschrieben) und permanenter Desinfektion mit Chlordioxid, ist aus heutiger Sicht die sicherste Variante.

Chlordioxid im Trinkwasser

Chlordioxid (ClO_2) ist ein sehr gutes Desinfektionsmittel. Es hat sich von allen, nach DVGW zugelassenen, chemischen Desinfektionsmitteln als das Wirksamste erwiesen und besitzt eine sehr gute bakterizide, sporizide und viruzide Wirkung und wird auch für die Desinfektion von neu verlegten Rohrleitungen, aber auch zur Desinfektion von Brunnen und Filtern, eingesetzt. Chlordioxid hat gegenüber Chlor wesentliche Vorteile und findet deshalb seit vielen Jahren immer mehr Verwendung bei der Trinkwasserdesinfektion.

Für die Legionellenbekämpfung in Warm- und Kaltwassersystemen hat sich Chlordioxid bestens bewährt. Beim Einsatz entstehen keine Trihalogenmethane. Schon aus diesem Grund stellt Chlordioxid eine Alternative zu Chlor dar. Auch andere Nebenprodukte der Chlorung, wie z.B. Chlorphenole oder Chloramine, werden mit Chlordioxid nicht gebildet. Die Keimtötung ist im pH-Bereich von 6-9 nahezu konstant. Außerdem baut Chlordioxid Biofilme ab bzw. verhindert deren Neubildung.

Chlordioxid ist im Wasser sehr beständig. Nach abgeschlossener Zehrung lässt sich ein Überschuss über längere Zeit aufrecht erhalten, so dass auch bei ausgedehnten Rohrnetzen ein Überschuss bis in die Endstränge gehalten werden kann. Einer Wiederverkeimung des Wassers im Rohrnetz wird somit wirksam begegnet.

Durch eine kontinuierliche chemische Desinfektion mit Chlordioxid unter Einhaltung der Trinkwasserverordnung können Legionellen gut abgetötet werden. Die Chlordioxidanlage dosiert direkt proportional zum Wasserverbrauch bis zu 0,4 ppm ClO_2 in das zu behandelnde Trinkwasser (Laut Trinkwasserverordnung sind bis zu 0,4 ppm zugelassen.) Dieses wird durch eine Messung direkt überwacht. Damit eine Überdosierung vermieden wird, wird direkt ein Signal an die Dosierpumpe gegeben, die diese beim Erreichen des Grenzwertes abstellt. Die Eingangskonzentration sollte so eingestellt werden, dass an der Abnahmestelle mindestens 0,05 ppm nachgewiesen werden kann. Die Erfahrung zeigt, dass die Eingangskonzentration im Laufe der Zeit vermindert werden kann, da die Reinigung des Systems (Reduzierung des Biofilms) fortschreitet und die Zehrung von ClO_2 vermindert wird.

Abb.2: Chlordioxid-Bereitungs- und Dosieranlage mit selektiver ClO₂- Messung. Foto: Arnim Beyer



Mitteldruck-UV im Schwimmbad

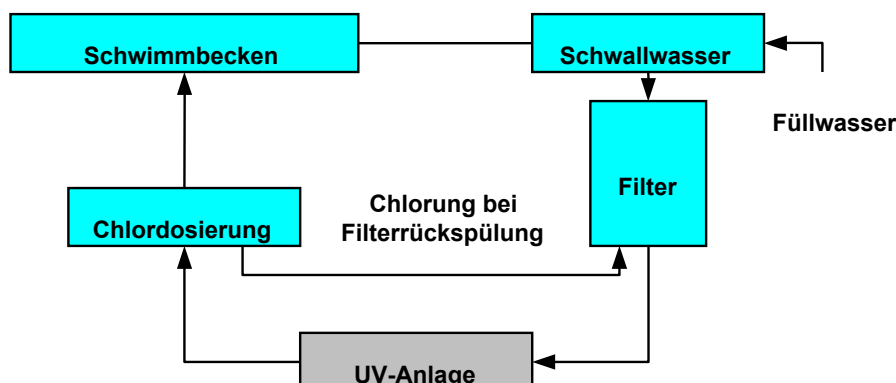
In Wasserkreisläufen im Schwimmbad erfolgt die Vermehrung und Verbreitung von Legionellen im Filter. Durch unsachgemäße Rückspülung oder durch die Verwendung falscher Filtermaterialien können sich Legionellennester bilden. Diese gelangen dann durch die Zwangsumwälzung ins Schwimm- und Badebeckenwasser. Gerade bei Whirlpools mit höheren Temperaturen sind besondere Vorsicht und Sachverstand gefragt, da durch das Einatmen von feuchter Luft eine Infektion hervorgerufen werden kann. Temperaturen von 36 bis 38 °C gelten für die Vermehrung von Legionellen als optimal. Die Vermehrung einer Legionelle erfolgt je nach Umgebungsbedingungen in zwei bis drei Stunden ca. ein Mal. Gerade Aktivkohleschichten im Filter werden immer gern von Legionellen als ideale Brutstätten genutzt, da hier das Desinfektionsmittel (Chlor oder Ozon) nicht bis in die Poren vordringen kann, wo Legionellen sich verstecken.

Bei bereits infizierten Systemen sollte nach dem Filter in die Filtratleitung eine **Mitteldruck-UV-Anlage** direkt in den Hauptstrom eingebaut werden. Damit ist sichergestellt, dass keine aktiven Legionellen ins Schwimmbecken gelangen. Legionellen werden durch eine ausreichend hohe Bestrahlung mit UV-Licht inaktiviert. Ein positiver Nebeneffekt der Mitteldruck-UV-Anlagen ist schließlich der Abbau von gebundenem Chlor (Chloramin), der in vielen Fällen zu einer Wasserersparnis führt. Dies wird durch die speziell emittierten Wellenlängen erreicht, die sich von herkömmlichen UV-Anlagen unterscheiden.

Vorher sollte sichergestellt werden, dass eine optimale Spülung des Filters gewährleistet ist. Jedoch stößt man hierbei oft an die Grenzen der technischen Gegebenheiten vor Ort. Beispielsweise sind die Rückspülpumpen zu klein bemessen oder die Filtermaterialien nicht aufeinander abgestimmt. Nicht selten sind die Spülwassermengen zu knapp ausgelegt oder Auffangbehälter sowie Abwasserleitungen zu klein dimensioniert.

Als Ergänzung zur weiteren Vorbeugung bzw. um die Verkeimung des Filters zu bekämpfen, hat sich die Rückspülung mit gechlortem Wasser in der Praxis bewährt. Das beste Mittel hierbei ist auch wieder das Chlordioxid, weil es nicht die Nebenprodukte wie gebundenes Chlor oder THM bildet und vielfach wirksamer ist als nur Chlor. Die Ergebnisse in der Praxis sprechen für sich.

Abb. 3: Einbauschema einer Mitteldruck UV-Anlage.



Kosten

Chlordioxid (ClO₂)

Chlordioxid wird entweder vor Ort aus zwei Komponenten zusammen gemischt (Fertigprodukt) oder aus Salzsäure und Natriumchloritlösung bereitet. Die Preisunterschiede dieser zwei verschiedenen Herstellungsweisen sind enorm. Tabelle 2 macht den Vergleich in Bezug auf verschiedene Wasserverbrauchszahlen deutlich.

Tab. 2: Kostenvergleich Chlordioxid aus Bereitung/als Fertigprodukt

	Verbrauch ClO ₂ für 5 m ³ /h	Verbrauch ClO ₂ für 120 m ³ /d	Verbrauch ClO ₂ für 43800 m ³ /a
Dosierung von 0,2 g/m ³ Chlordioxid	1 g/h	24 g/d	8,76 kg/a
Preis bei Erzeugung aus Salzsäure- und Natriumchloritlösung vor Ort	0,16 €/h	3,86 €/d	1.410,- €/a
Preis bei Fertigprodukt	bis 3,- €/h	bis 72 €/d	bis 26.280,- €/a

Kosten für 9% ige Salzsäure und 7,5% ige Natriumchloritlösung wurden mit 2,05 €/kg Lösung kalkuliert.

Die Tabelle zeigt, dass die Kosten des Fertigproduktes gegenüber der Bereitung von ClO₂ vor Ort um ein Vielfaches übersteigt. Deswegen sollte man nur auf das Fertigprodukt zurückgreifen, wenn es kurzfristig eingesetzt werden soll, beispielsweise für Stoßbehandlung und zur Grundreinigung oder bei sehr geringen Abnahmemengen.

Bei der Erzeugung vor Ort müssen der Vollständigkeit halber die Anlagenkosten mit berücksichtigt werden. Diese liegen je nach Ausführung und den Verhältnissen vor Ort einschließlich Einbau zwischen 10 und 18 T€. Selbst mit diesen Kosten ist die Erzeugung vor Ort immer noch die Rentabelste. Genaue Werte sind für jede Anwendung spezifisch zu ermitteln.

Tab. 3: Vor- und Nachteile von Chlordioxid als Fertigprodukt gegenüber der Erzeugung aus Salzsäure und Natriumchloritlösung vor Ort mit entsprechender Analagentchnik.

Bezeichnung	Erzeugung aus Salzsäure- und Natriumchloritlösung vor Ort	Fertigprodukt
Verbrauchskosten	0,16 €/g	bis 3,- €/g
Stabilität	Sehr gut, da vor Ort erzeugt und verdünnt	Im getrennten Zustand (zwei Komponenten) sehr gut, nach Mischung fraglich
Umgang/Handling	Einfach, da o.g. Lösungen kein Gefahrgut darstellen	Einfach
Geruchsbelästigung	Keine, da ClO ₂ nicht mit der Umgebungsluft in Berührung kommt	Stark möglich

Einsatz von UV

In allen bisher bekannten Fällen ging der Einsatz von UV-Systemen im Schwimmbadbereich mit einer Wasserersparnis einher. Dies ist hauptsächlich mit dem Abbau von gebundenem Chlor verbunden. Hierdurch ist es möglich, Füllwasser im Rahmen der DIN 19643 bis zur Grenze von 30 Liter pro Badegast einzusparen. Dadurch können die erfolgten Investitionen relativ schnell wieder amortisiert werden. In der Regel liegt diese Zeit zwischen ein und drei Jahren, je nach Anwendung und spezifischen Kosten vor Ort.

Abb. 4: Betriebstechniker des Beispielbades auf der Insel Usedom mit einer Mitteldruck UV-Anlage.



In einem Praxisbeispiel lag die Wasserersparnis bei 11,7 Liter pro Badegast und Tag. Die Investitionskosten für die Mitteldruck-UV-Anlage in Höhe von rund 9200,- € amortisieren sich innerhalb von knapp drei Jahren. Eine zusätzliche Ersparnis, die in die folgende Rechnung nicht mit einging, ist die Wassererwärmung, die mit ca. 20 bis 30 % der aufgeführten Energiekosten zu Buche schlagen würde. Des weiteren liegen die Kosten für Ersatzstrahler sowie die jährliche Wartung der Anlage bei ca. 1000,- €, so dass das Ergebnis in folgender Tabelle noch positiver zu bewerten ist.

Tab. 4: Betrachtung der Energie- und Füllwassermengen.

Kostenrechnung für UV	
Besucher/Jahr	172987
Ersparnis in l/BG	11,7
m ³ -Preis in €/m ³	3,74
Ersparnis im Jahr	7570 €
abzgl. Energiekosten	2789 €
Summe	4781 €