

■ Legionellen unter dem Mikroskop.

Legionellen- bekämpfung mit Chlordioxid

Bedarfsgerechte Dosierung baut Biofilm ab

Rainer Schmitz*

Im Zusammenhang mit dem Nachweis von Legionellen im Trinkwasser von Bestandsanlagen sind Planer, Fachhandwerker und Betreiber gleichermaßen mit Fragen zur wirksamen Bekämpfung konfrontiert. Wie kann ein bereits befallenes System desinfiziert werden? Müssen umfangreiche Sanierungsmaßnahmen eingeleitet werden? Welche technischen Lösungen sind erfolgversprechend. Neben der Thermischen Desinfektion und der UV-Strahlung konzentriert sich die Entwicklung auch auf den Einsatz von Chlordioxid als Desinfektionsverfahren gegen Legionellen. Im nachfolgenden Beitrag wird über die Wirkungsweise und Betriebserfahrungen dieses Verfahrens berichtet.

Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers und somit ein ständiger Begleiter des Menschen. Wie immer gilt auch hier: Auf die Dosis kommt es an. Gefährlich werden können Legionellen für den Menschen nur dann, wenn sie in hoher Konzentra-

tion auftreten und als Aerosol (Wasserdampf in Duschen oder Befeuchtung in Klimaanlage) feinstverteilt eingeatmet werden. So wurden Legionellen erstmals im Jahre 1977 – im Zusammenhang mit einer Epidemie mit 29 Todesfällen – nach einem Treffen amerikanischer Kriegsveteranen in einem Hotel in Philadelphia entdeckt. Bei der sogenannten „Legionärskrankheit“ traten bei den

Betroffenen Symptome einer Lungenentzündung auf. Der häufigste Vertreter dieser Bakterien – und Auslöser in diesem Fall – ist „Legionella pneumophila“. Es stellte sich heraus, dass die Bakterien durch die Klimaanlage des Hotels verteilt worden waren.

Interessant ist, dass heute bereits jeder 100. Bundesbürger Antikörper gegen Legionellen gebildet hat, sodass er schon einmal mit Legionellen in Berührung gekommen ist.

Erkrankungen verlaufen im Wesentlichen in zwei Formen: Bei der Legionella-Pneumonie erkrankt ein gesunder Mensch nach einer Inkubationszeit von 3 bis 11 Tagen. Es kommt zu einer Lungenentzündung, die meist auch mit Magen/Darm-Beschwerden und Fieber einhergeht. Bei Personen mit einem intakten Immunsystem liegt die Sterblichkeit bei ca. 15%, bei Menschen mit einer Immunschwäche versterben rund 70% der infizierten Personen.

Das Pontiac-Fieber stellt eine abgeschwächte Form der Erkrankung, macht sich durch grippeähnliche Symptome bemerkbar und verläuft meist harmlos. Oftmals wird

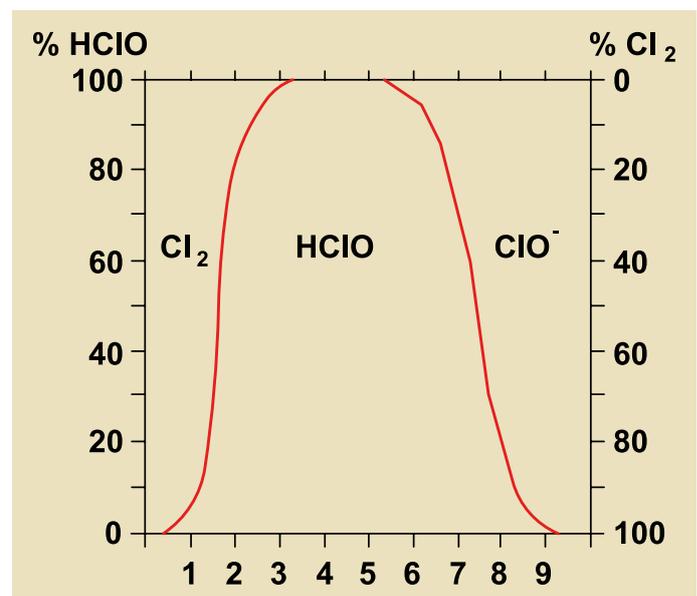
die Legionellen-Erkrankung bei diesem Verlauf nicht erkannt.

Der Biofilm: Ein lebender Organismus

Legionellen nisten bevorzugt in sogenannten Biofilmen. Ein Biofilm besteht zu meist aus gemischten Kolonien von Mikroorganismen (Bakterien, Algen, Pilze, Protozoen), die in einer organischen Masse (Schleim) eingebettet sind. Dieser Biofilm siedelt sich auf wasserführenden Oberflächen in Rohrleitungen oder Wasser/Luft-Grenzschichten an. Wachstumsbegünstigende Faktoren sind:

- Geringe Strömung oder Stagnation,
- optimale Vermehrungstemperatur,
- nährstoffabgebender Untergrund (z. B. nicht geeignete Gummimaterialien),
- nährstoffreiche Fördermedien und
- raue Oberflächen.

Die dichte Schleimschicht schützt die im Biofilm lebenden Mikroorganismen vor verändernden Umweltbedingungen. So hat eine kurzzei-



■ Anteil der unterchlorigen Säure in Abhängigkeit des pH-Wertes. Mit ansteigendem pH-Wert nimmt die Desinfektionswirkung des Chlors deutlich ab.

*) Rainer Schmitz, Produktmanager, Grundfos GmbH, Erkrath

tige Desinfektion des Rohrleitungssystems bei einem Sanierungsfall meist nicht lange Bestand. Der oberste Bereich des Biofilms wird zwar zerstört, doch wächst nach kurzer Zeit der Biofilm wieder auf.

Um die hygienische Sicherheit von Trinkwasser nachhaltig zu gewährleisten, muss die Entstehung von Biofilmen in Installationssystemen verhindert, bzw. bereits aufgewachsene Biofilme inhibiert oder beseitigt werden.

Betreiber in der Pflicht

Seit 2003 gilt die Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), die für Betreiber von Wasserversorgungs-Anlagen einige wichtige Änderungen beinhaltet. Dies betrifft sowohl öffentliche wie private Trinkwasseranlagen. Insbesondere muss die einwandfreie Qualität des Wassers zukünftig an der Entnahmestelle, statt wie bisher am Hausanschluss, gegeben sein. Die Wasserversorger sind aber verständlicherweise weiterhin nur bis zum Hauseintritt für die Wasserqualität verantwortlich, sodass die Eigentümer oder Betreiber von Trinkwasseranlagen, sowohl in öffentlichen- als auch in Wohngebäuden, die volle Verantwortung für die Qualität des an den Entnahmestellen gezapften Trinkwassers tragen.

Auch sieht die Trinkwasserverordnung die regelmäßige Prüfung der Wasserqualität in öffentlichen Gebäuden auf Legionellen vor. Die Gesundheitsämter sind demnach berechtigt, bei Überschreitung der Grenzwerte, notfalls eine Stilllegung der gesamten Wasserversorgungsanlage anzuordnen.

Welche Maßnahmen führen nun zum Erfolg bei der Desinfektion von verkeimten Rohrleitungssystemen? Neben Verfahren, wie der ther-

mischen Desinfektion, der UV-Behandlung sowie der Ultrafiltration kann auch mithilfe von Chlor oder Chlordioxid eine Desinfektion herbeigeführt werden.

Verfahren zur Legionellenbekämpfung

Die thermische Desinfektion nutzt die Tatsache, dass Legionellen bei Temperaturen oberhalb 60°C absterben. Dazu ist regelmäßig eine mindestens dreiminütige Spülung aller Entnahmestellen mit 70°C heißem Trinkwasser durchzuführen. Dies ist jedoch – insbesondere in alten Bestandsanlagen – nicht immer zu erreichen, da das Wasser bis zu den Entnahmestellen wieder abkühlt oder nicht alle Ent-



■ Chlordioxid-Aufbereitungsanlage des Typs „Oxiperm-Pro“ mit Chemikalienbehältern.

nahmestellen erreichbar sind. Neben dem Energieaufwand und der Verbrühungsgefahr muss berücksichtigt werden, dass der Biofilm in den Rohrleitungen nicht zerstört wird, sodass eine regelmäßig wiederkehrende Desinfektion erfolgen muss.

Die UV-Behandlung kann bei geringer bakterieller Belastung des Wassers einen ausreichenden Schutz bieten. Bei hohen Legionellenkonzentrationen hat sich jedoch herausgestellt, dass die Abtötungsrate zu niedrig ist und eine zusätzliche Schockbehandlung mit Chlor oder Chlordioxid erforderlich wird. Wie bei der thermischen Desinfektion wird auch durch die UV-Behandlung der Biofilm im Rohrleitungsnetz nicht erfasst.

Mikrofilter oder Membranfilter können Bakterien, Viren, Schwebstoffe und andere unerwünschte Inhaltsstoffe aus dem Wasser filtern. Sie bieten allerdings keinen Schutz vor einer Rückverkeimung der Trinkwasseranlage hinter der Zapfstelle in das Leitungsnetz.

Ein weiteres Verfahren ist die Chlorgasdesinfektion, bei der dem Wasser Chlorgas beigemischt wird. Das Chlorgas reagiert im Wasser je nach pH-Wert zu unterschiedlichen Stoffen. Im sauren Bereich liegt hauptsächlich Chlorgas vor. Steigt der pH-Wert, wandelt sich ein immer größerer Teil des Chlorgases in unterchlorige Säure (HOCl) um. Bei weiter steigendem pH-Wert wandelt sich die unterchlorige Säure in Hypochlorite (ClO-) um.

Allein die unterchlorige Säure wirkt desinfizierend, sodass die Desinfektion mit Chlorgas stark vom pH-Wert des Wassers abhängt. So ist oberhalb eines pH-Wertes von 7,5 bis 8 die Desinfektion mit Chlorgas nicht erfolgreich. Ein weiterer Nachteil von Chlorgas ist die Bildung von THM (Trihalogenmethanen) bei der Reaktion von Chlorgas mit organischen Bestandteilen. Diese THM sind für den typischen Chlorgasgeruch verantwortlich.

Desweiteren werden Desinfektionsmittel in Tablettenform verwendet. Sie bestehen

aus Natriumhypochlorit oder in flüssiger Form aus Chlorbleichlauge. Ebenso wie beim Chlorgas entsteht beim Lösen in Wasser die unterchlorige Säure, welche die Desinfektion bewirkt.

Desinfektion mit Chlordioxid

Neben den oben beschriebenen Verfahren soll die Desinfektion mit Chlordioxid näher vorgestellt werden. Dabei handelt es sich um ein starkes Oxidationsmittel, das nach dem Säure/Chlorit-Verfahren hergestellt wird. Die Vorteile einer Wasserbehandlung mit Chlordioxid sind:

- Das selektive Desinfektionsmittel bildet keine Chloramine. Dies ist besonders wichtig bei erhöhten Ammoniumgehalten im Trinkwasser.
- Chlordioxid kann bei einem pH-Wert von 6,5 bis 9 mit einer gleich hohen Desinfektionswirkung eingesetzt werden.
- Chlordioxid ist weitgehend geruchs- und geschmacksneutral (bei 0,5 bis 3 ppm). Die Bildung von THM wird stark verringert.
- Hohe Desinfektionsleistung mit Depotwirkung.

Unabhängig von dem zu desinfizierenden Stoff ist die Desinfektionswirkung bei gleicher Konzentration mit Chlordioxid deutlich höher als z. B. bei Chlor. Dies gilt nicht nur im Sinne einer schnelleren und nachhaltigeren Desinfektion, also der Depotwirkung, sondern auch einer selektiveren Wirkung.

Auch das Oxidationspotential ist höher als bei Chlor, sodass deutlich weniger Chemie eingesetzt werden kann. Die längere Verweilzeit ist aufgrund der selektiven Zehrung ebenfalls von großem Vorteil. So können selbst chlorresistente Keime, wie etwa Legio-



■ Desinfektionsverfahren auf dem Prüfstand. Nach dreimonatiger Chlordioxid-Dosierung waren in den Warmwasserleitungen des Krankenhauses keine Legionellen mehr nachweisbar.

nellen durch Chlordioxid sicher abgetötet werden.

Im Unterschied zu Chlor bzw. Hypochlorit wird der Biofilm bereits bei relativ geringen Konzentrationen abgebaut. Bei einer Konzentration von 1 ppm Chlordioxid im Wasser über einen Zeitraum von 18 Stunden wird eine vollständige Abtötung der Legionellen im Biofilm erreicht. Eine Reduktion des Biofilms kann in der gleichen Zeit bei Konzentrationen von 1,5 ppm erfolgen.

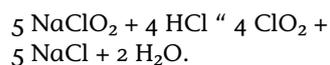
Zur Stoßbehandlung von verkeimten Wassersystemen sollte daher eine Chlordioxidbehandlung mit einer erhöhten Chlordioxidkonzentration vorgenommen werden. Zu beachten ist dabei, dass während der Desinfektion kein Trinkwasser zum Verbrauch entnommen werden darf. Nach der Behandlung ist das Leitungsnetz intensiv zu spülen.

*) KBE: Koloniebildende Einheiten

Bedarfsgerechte Dosierung

Chlordioxid-Aufbereitungsanlagen der Baureihe „Oxiperm“ erzeugen die für den Desinfektionsprozess erforderliche Menge an Chlordioxid bedarfsorientiert vor Ort. Damit kann der Betreiber den §11 Trinkwasserverordnung 2001 in vollem Umfang erfüllen.

Mithilfe einer präzisen und robusten Dosiertechnologie erfolgt eine ressourcenschonende Mischung der Chemikalien, sodass die Ausbeute bei 90 bis 95% liegt. Die Herstellung von Chlordioxid verläuft bei diesem Verfahren nach der chemischen Gleichung:



Die produzierte Chlordioxidlösung mit einer Konzentration von 2 g/l wird in einem Batchbehälter zwischengelagert und mithilfe einer Dosierpumpe durchflussgesteuert in die Wasserleitung injiziert. Alternativ können mehrere Do-

sierpumpen angeschlossen werden, um z. B. Kalt- und Warmwasserleitungen separat zu behandeln.

Die automatischen Chlordioxid-Aufbereitungs-Systeme erlauben die Bedienung und Kontrolle des Desinfektionsprozesses. Betriebszustände und Störmeldungen erscheinen auf einem Display. Eine integrierte Messwertfassung ermöglicht mithilfe einer Chlordioxid-Messzelle die direkte Überwachung der Chlordioxid-Konzentration in der Trinkwasserleitung.

Rohrnetz-Desinfektion in der Praxis

Die ungenügende Durchdringung bzw. Abtragung des Biofilms mittels thermischer Desinfektion zwang die Betreiber eines 15 Jahre alten Krankenhauses, sich nach einer effektiveren Desinfektionstechnik umzusehen. Da die Möglichkeiten der Biofilm-Reduktion mit Chlor oder Wasserstoffperoxid ohne eine Schockdesinfektion eingeschränkt waren und sich weitgehend chlorresistente Keime wie *Cryptosporidium* oder Legionellen im Trinkwasser befanden, wurde der Einsatz von Chlordioxid erwogen.

In dem Fallbeispiel wurden vor Inbetriebnahme der Chlordioxidanlage über drei Jahre hinweg zwischen 15 und 50% der Wasserproben positiv auf Legionellen untersucht, wobei 6 bis 50% dieser positiven Proben den Konzentrationsbereich zwischen 100 und 1000 KBE*/100 ml überschritten hatten.

Meist bietet sich die Behandlung von Warm- und Kaltwasser zugleich an. Zwar liegen zumindest am Hausanschluss die Kaltwassertemperaturen unter den Temperaturen, die ein kritisches Wachstum von Legionellen begünstigen. Doch sind Warm- und Kaltwasserleitungen oftmals parallel und geringfügig gedämmt, neben-

einander installiert, wodurch die Temperatur im Kaltwasser in einem für Legionellen wachstumsfördernden Bereich liegen kann.

Die Untersuchungen beziehen sich in diesem Beispiel nur auf die Warmwasserleitungen. Das Leitungsnetz in den Abteilungen des Krankenhauses wurde mit weniger als 10 KBE/100 ml im Warmwasser, bei Temperaturen zwischen 56 bis 60,5°C betrieben. In der Zirkulationsleitung wurden jedoch Keimzahlen bis zu 370 KBE/100ml gemessen.

Nach dem dreimonatigen Einsatz einer Chlordioxidanlage mit Konzentrationen $\leq 0,2$ mg/l war auch bei reduzierter Warmwassertemperatur von 50 bis 55°C in den Stockwerksinstallationen zu meist kein Nachweis mehr möglich.

In den Zirkulationsleitungen aller Abteilungen gab es mit einer Ausnahme auch bei reduzierter Temperatur von 45,5 bis 47,8°C Keimzahlen, die zwischen 15 und 73 KBE/100 ml lagen. In einer Abteilung, in der schon zuvor deutliche Probleme bestanden, war die Verkeimung auf eine nur temporäre Wassernutzung und den ungünstigen Rohrleitungsverlauf zurückzuführen.

Nach Zugabe von Chlordioxid waren Legionellen der Sero-Gruppe 1 – die in der Regel zur Legionellose führen – nicht mehr nachweisbar.

Das Versuchsergebnis wurde von der Hygieneabteilung des Krankenhauses als akzeptabel bewertet, sodass anhand der Untersuchungsergebnisse keine Sanierung des Trinkwassernetzes erforderlich sei. ■

Bilder: Grundfos GmbH, Erkrath

@ Internetinformationen:
www.grundfos.de