

Probennahmestrategien zur Identifizierung von Kontaminationsquellen

Legionellenbelastung: Höher als vermutet



KOMPAKT INFORMIEREN

Die Tendenz zu hydraulisch immer komplexeren Rohrleitungssystemen kann das Kontaminationsrisiko von Trinkwasseranlagen mit pathogenen Erregern wie *Legionella pneumophila* und *Pseudomonas aeruginosa* erhöhen. Die ausgeweitete Beprobungspraxis gemäß Trinkwasserverordnung liefert hierfür zusätzliche Belege.

Die Forschungen zur Hygiene und dem Biofilm im Trinkwasser sowie das aktuelle DVGW-Arbeitsblatt W 556 stellen derzeit verbreitete Gegenmaßnahmen wie die präventive thermische Desinfektion infrage, geben aber entscheidende Impulse für zielführende und nachhaltige Beprobungsstrategien.

Es wird einmal mehr deutlich: Temperaturhaltung, turbulente Durchströmung und der regelmäßige sowie vollständige Wasseraustausch in allen Teilstrecken sind die Eckpfeiler einer konstant genuss-tauglichen Trinkwasserqualität.

Als 2011 über die Trinkwasserverordnung die Untersuchungspflicht von *Legionella pneumophila* auf gewerblich genutzte Trinkwasseranlagen ausgeweitet wurde, war die TGA-Fachgemeinschaft in der Beurteilung der Notwendigkeit noch uneins. Wissenschaftliche Auswertungen Tausender Probennahmen legiti-mierten jedoch diesen Schritt. Mehr noch: Dabei festgestellte Phänomene mikro-bieller Kontaminationen decken mittlerweile die hochgradigen Wechselwir-kungen zwischen Installationspraxis, Nutzerverhalten und Trinkwassergüte auf. Zwei Ableitungen sind dabei offenkundig: Je einfacher eine Trinkwasser-verteilung konzipiert ist, umso besser ist sie hydraulisch und dadurch auch hygienisch zu beherrschen. Zweitens sind bei entsprechenden Prädiktoren die bekannten Beprobungsstrategien nicht ausreichend, um den exakten mikro-biologischen Status einer Trinkwasseranlage zu ermitteln.



Bild: Viega



Fachberichte mit ähnlichen Themen
bündelt das TGA Dossier

➔ **Trinkwasserhygiene**

WEBCODE 1057

❶ Die statistische Auswertung Tausender Probennahmen seit der Ausweitung der Beprobungspflicht durch die Trinkwasserverordnung 2011 hat die vielschichtige Gefährdungslage mikrobieller Kontamination bestätigt.



Unter Hygienikern ist die Gesundheitsge-fährdung durch kontaminiertes Trinkwas-ser mit *Legionella pneumophila*, aber auch mit *Pseudomonas aeruginosa*, im Warm- und Kalt-wasser von Gebäudeinstallationen ein unstrittiges und ernst zu nehmendes Risiko. Die Auswertungen von 30 000 Wasserproben deutscher Gesundheits-behörden, entnommen von 2003 bis 2009 in 4400 öffentlichen Gebäuden ergaben beispielsweise:

In rund 13 % der Proben wurde der techni-sche Maßnahmenwert für Legionellen von 100 koloniebildenden Einheiten (KBE) pro 100 ml überschritten. Vornehmlich war zwar Trinkwas-ser warm (PWH) betroffen. Doch auch 5 % der Proben Trinkwasser kalt (PWC) zeigten Über-schreitungen des technischen Maßnahmenwer-tes [1]. *Pseudomonas aeruginosa* wurden in ei-ner Konzentration, die über dem festgesetzten



Dr. Christian Schauer

ist Leiter des Kompetenzbereichs
Trinkwasser, Corporate Technology
bei Viega, 57439 Attendorn,
www.viega.de



2 Mit der Komplexität der Hydraulik einer Trinkwasseranlage steigen auch die Herausforderungen für eine hygienisch-mikrobiologische Stabilität im Trinkwasser.

Maßnahmenwert lag, in 3 % der Wasserproben nachgewiesen – in PWH und PWC gleichermaßen.

Befinden sich Legionellen im Trinkwasser, können bei einer Vernebelung – wie beim Duschen – Erreger eingeatmet werden und zu einer schweren Lungenentzündung führen (Legionärskrankheit, Mortalität 10 bis 15 % [2]) oder weniger schwerwiegend grippeähnliche Symptome auslösen (Pontiac-Fieber).

Pseudomonaden gelangen in erster Linie über Wunden oder Schleimhäute in den menschlichen Körper und sind verantwortlich für Entzündungen. Eine Kontamination mit *Pseudomonas aeruginosa* stellt vor allem in Kaltwassernetzen die problematischste mikrobielle Kontamination dar und ist ein Indikatorparameter für den Gesamtzustand der Trinkwasser-Installation [3].

Analyse bestätigt Gefährdungspotenzial

Durch die Ausweitung der Untersuchungspflicht auf Legionellen in gewerblich genutzten Trinkwasseranlagen im Zuge der Überarbeitung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) bis 2011 liegen nun auch Daten aus diesem Gebäudesektor vor, also aus der Wohnungswirtschaft. Eine Statusanalyse von Probennahmen an Zapfstellen von Trinkwasser-Installationen der Jahre 2012 bis 2015 bestätigte auch hier das Gefährdungspotenzial zu hoher Legionellenkonzentration.

Über eine Million Datensätze von Probenahmen aller Gebäudearten, bereitgestellt von fünf deutschen Trinkwasser-Kontrolldienstleistern, wurden vom Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn ausgewertet [4]. Die Untersuchung ergab, dass in dem Betrachtungszeitraum etwa jedes drit-

te Gebäude mindestens einmal einen positiven Legionellenbefund zeigte und in ca. jedem fünften Gebäude eine Überschreitung des technischen Maßnahmenwerts detektiert wurde. Der Auftraggeber der Studie, der Arbeitskreis Trinkwasseranalytik der Firmen im Gas- und Wasserfach (figawa), kündigte bereits eine Folgeuntersuchung mit größerer Datentiefe an. Finale Ergebnisse sind für das dritte Quartal 2017 angekündigt.

Phänomene bei Probennahmen

Die Vielzahl der Daten als Resultat der ausgetesteten Beprobungspraxis führt außerdem zu neuen Fragestellungen: So wurde beispielsweise das Phänomen beobachtet, dass im Rahmen der systemischen Untersuchung einer Trinkwasseranlage nach DVGW-Arbeitsblatt W 551 die Probennahmen vor der Pumpe im Rücklauf der Warmwasserzirkulation keine Auffälligkeiten zeigten, an unterschiedlichen peripheren Probennahmestellen aber der technische Maßnahmenwert von Legionellen zum Teil deutlich überschritten wurde. Bei der weitergehenden Untersuchung fielen die Befunde an den gleichen Probennahmestellen jedoch teilweise wiederum negativ aus.

Warum in Beprobungsergebnissen mitunter kein nachvollziehbares Muster zu erkennen ist, um eine eindeutige hygienische Beurteilung der Trinkwasseranlage abgeben zu können, wurde in dem Verbundprojekt „Biofilm-Management“ untersucht. In einem 2014 abgeschlossenen Teilprojekt vom Biofilm Centre und IWW Zentrum Wasser wurden dazu neun Gebäude mit bekanntem systemischem Vorkom-



Bild: Vega

3 Erkenntnisse für die Installationspraxis: Klare Netzstrukturen, geringe Rohrleitungsvolumen und hohe Strömungsgeschwindigkeiten unterstützen die Erhaltung der Hygiene in Trinkwasserverteilungen.

Außerdem ist bekannt, dass Bakterien wie Legionellen und Pseudomonaden nicht nur in einem kultivierbaren Zustand (über)lebensfähig sind (J. D. Oliver, 2005 [7]). Befinden sich Bakterien in einem vorübergehend unkultivierbaren Zustand (viable but nonculturable – VBNC), sind sie allerdings nicht mit den klassischen Methoden nachweisbar. Im VBNC-Zustand betreiben die Zellen nur noch einen Erhaltungsstoffwechsel und vermehren sich nicht. Damit bleiben sie bei den üblichen Untersuchungsmethoden auf Grundlage der Zählung von koloniebildenden Einheiten unentdeckt. Unter bestimmten Bedingungen können die Bakterien wieder in den kultivierbaren Zustand übergehen und so das Trinkwasser kontaminieren.

Phänomene nach Desinfektionen

Mit dem VBNC-Zustand von Bakterienzellen lässt sich auch ein weiteres Phänomen auflösen, das vielfach nach thermischen oder auch chemischen Desinfektionen von kontaminierten Trinkwasseranlagen auftritt: Die unmittelbar anschließende Beprobung weist keine Kontamination mehr auf. Nach wenigen Monaten ist jedoch der technische Maßnahmenwert erneut erheblich überschritten.

Die Erklärung dafür, so die Erkenntnisse aus mehreren Forschungsarbeiten (z.B. Flemming et al., 2010 [5]; J. D. Oliver, 2005 [7]; Flemming et al., 2013 [8]), ist die Fähigkeit sowohl von Legionellen als auch Pseudomonaden, Zellbestandteile (Membran, etc.) oder DNA-Schäden, die durch unzureichende Desinfektionsmaßnahmen (chemisch und thermisch) oder die Einwirkung toxischer Stoffe entstanden sind, zu er-

men von *Legionella pneumophila* räumlich und zeitlich engmaschig beprobt [5].

Auch wenn die Probennahmestellen nahe beieinander lagen, ergaben sich große Schwankungen in der Legionellenkonzentration. In exemplarischen Tagesverlaufspröben konnte sogar nachgewiesen werden, dass das Vorkommen von Legionellen innerhalb eines Tages an ein und derselben Entnahmestelle um 4 log-Stufen variieren kann (zum Beispiel Messung 10:00 Uhr: 11 900 KBE/100 ml; Messung 20:00 Uhr: 18 KBE/100 ml). In keinem der untersuchten Gebäude konnte jedoch eine Periodik oder sonstige Systematik des Kontaminationsgeschehens festgestellt werden.

In größeren Gebäuden mit komplexen Einflüssen auf die mikrobielle Kontamination ist die

richtlinienkonforme Beprobungsstrategie (Annahme von repräsentativen Steigsträngen [6]) zur Detektion einer Kontamination hingegen unzuverlässig. In der Gesamtschau aller untersuchten Gebäude wurden über den Zeitraum eines halben Jahres mit richtlinienkonformer Beprobung nur 28,9 % aller insgesamt bekannten Kontaminationen aufgedeckt. Die Sensitivität der Aufdeckung einer systemischen Kontamination beträgt nur 37,8 %.

Ursächlich ist nach Erkenntnissen der Forscher unter anderem die Fähigkeit von Bakterien, den Biofilm in Trinkwasser-Installationen als Nährboden sowie als Refugium zu nutzen. Biofilme bilden sich unweigerlich durch die Mikroorganismen auf trinkwasserbenetzten Oberflächen.



Bild: Vega

4 Erkenntnisse für die Beprobungspraxis: Zentrale Probennahmen am Trinkwassererwärmer allein sind nicht aussagekräftig genug. Bei hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen, speziell Krankenhäusern, Pflegeheimen und Kindertagesstätten, empfiehlt es sich, eine individuelle Beprobungsstrategie zu erarbeiten, die periphere Entnahmestellen aller Steigstränge einschließt.

neuern respektive zu reparieren. Anschließend können sich die Bakterien wieder vermehren und auch wieder infektiös werden (Dwidjosis-wojo et al., 2011 [9]).

Erkenntnisse für die Installationspraxis

Aus dem Projekt „Biofilm-Management“ [5] lassen sich somit Erkenntnisse ableiten, die unmittelbaren Einfluss auf die Installations-

und Betriebspraxis nehmen. So stellten die Forscher eine Korrelation zwischen der PWH-Konstanztemperatur an den Entnahmenstellen und der Wahrscheinlichkeit eines überhöhten Legionellenbefalls fest ($n = 541$ Proben): In den untersuchten Gebäuden mit bekannter systemischer Legionellenkontamination, bei denen aber die Temperaturkonstanz über 60°C lag, wurde nur in drei Proben die Überschreitung des technischen Maßnahmenwertes festgestellt.

Eine weitere statistische Auswertung ergab, dass Stagnationsstrecken in der Trinkwasser-Installation durch zu geringe Wasserentnahme das Risiko einer gesundheitsschädigenden Legionellenkontamination um den Faktor drei erhöht. Dies ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass sich *Legionella pneumophila* und *Pseudomonas aeruginosa* in vorhandene Trinkwasser-Biofilme einnisten und bei Stagnation wieder in das Trinkwasser übergehen können [1]. Aus diesen Erkenntnissen folgt für die Installationspraxis und den Betrieb von Trinkwasseranlagen:

- Eine Abweichung von der 5-K-Regel als maximal zulässige Temperaturdifferenz vom Austritt eines Trinkwassererwärmers zum Eintritt ($60/55^\circ\text{C}$) [10] erhöht das Kontaminationsrisiko mit Legionellen.
- Möglichst kurze Installationsstrecken mit geringem Leitungsvolumen und regelmäßig genutzten Verbrauchern wirken der Stagnation und somit einer Kontamination entgegen.
- Schlank dimensionierte Trinkwasserleitungen erhöhen die Durchströmungs-

geschwindigkeit (turbulente Strömung); infolgedessen weisen sie wahrscheinlich eine geringere Dicke des Biofilms im Leitungssystem auf. Das wirkt dem Austragen von Bakterien aus dem Biofilm ins Trinkwasser direkt entgegen.

Erkenntnisse für die Beprobungspraxis

Die statistischen Auswertungen von Probenahmen und Erforschungen der Mikrobiologie im Trinkwasser zeigen darüber hinaus, dass eine qualifizierte Feststellung der systemischen Hygienequalität einer Trinkwasseranlage mit den derzeit angewandten Beprobungsstrategien nicht in jedem Fall möglich ist. Ein wesentlicher Grund dafür ist:

Selbst wenn die zentralen Beprobungen am Trinkwassererwärmer einen negativen Befund zeigen, schließt das nicht die Kontamination entfernter Leitungsstrecken und Entnahmestellen aus. Eine Auswertung von 7550 anonymisierten Datensätzen von insgesamt 1093 orientierenden Untersuchungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 551 [10] ergab beispielsweise: Die höchste Fallzahl entfiel auf die Kombination eines negativen Legionellen-Befunds an den zentralen Probennahmestellen bei gleichzeitig positiven Befunden über dem technischen Maßnahmenwert an peripheren Entnahmestellen (37,9 %) [11].

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die aktuelle Beprobungspraxis auf der Zählung koloniebildender Einheiten basiert. Wie Fleming et al. jedoch nachweisen [5, 7, 8], können Bakterien wie geschildert in einem nicht kultivierbaren Zustand (VBNC) im Biofilm über-

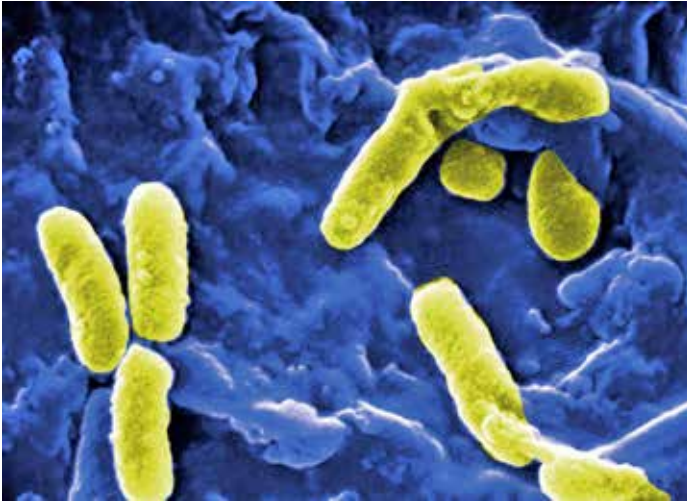


Bild: Vega

5 Da Bakterien in einem nicht kultivierbaren Zustand (VBNC) im Biofilm unentdeckt bleiben können, ist bei konkreten Prädiktoren die mikroskopische Auszählung der Gesamtzellzahl zu empfehlen.

von Mikroorganismen-Populationen im VBNC-Zustand nicht erfasst werden können.

Um betriebs- und bautechnische Mängel der Trinkwasser-Installation im Rahmen der orientierenden oder weitergehenden Untersuchung auf Legionellen zu erkennen, können Messungen und Dokumentationen der Wassertemperaturen auch im Trinkwasser kalt wichtige Hinweise geben. Aus diesem Grund empfiehlt die im März 2017 erschienene DVGW-Information „Wasser Nr. 90“ [12], an peripheren Entnahmestellen auch die Kaltwassertemperatur zu bestimmen. Werden dabei Temperaturen $> 25^\circ\text{C}$ gemessen, so ist bei einer erforderlichen weitergehenden Untersuchung auch das Trinkwasser (kalt) auf Legionellen zu untersuchen.

dauern und wieder in den Zustand zurückkehren, der eine Vermehrung und damit Verkeimung des Trinkwassers zur Folge hat. Da zwischen den Probennahmen je nach Indikation Zeitabstände von Wochen, Monaten oder Jahren liegen, ist die hygienisch-mikrobiologische Untersuchung koloniebildender Einheiten zumindest bei einer weitergehenden Untersuchung und nach Desinfektionsmaßnahmen nicht ausreichend.

Für die Beprobungspraxis können also folgende Ableitungen hergestellt werden:

- Das Vorkommen von Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa* ist insbesondere in hydraulisch komplexen Trinkwasser-Installationen nicht eindeutig mit zentralen Probennahmen zu erfassen. Je verzweigter eine Trinkwasser-Installation konzipiert ist, desto umfangreicher muss die Beprobungsstrategie ausfallen, damit belastbare Ergebnisse gewonnen werden.
- Die zielführende Beprobung und intelligente Auswahl der Steigstränge ist erforderlich, um die hygienische Situation für komplexe und weitverzweigte Trinkwassersysteme umfänglich und nachhaltig zu erfassen.
- Totstrecken und teildurchströmte Leitungsabschnitte sind schon bei der Planung zu vermeiden, damit Stagnationsbereiche vermieden werden und Probennahmen repräsentativ die Hygiene des Trinkwassersystems abbilden können.
- Wird bei einer systemischen bzw. orientierenden Untersuchung eine Überschreitung des technischen Maßnahmenwertes für Legionellen und/oder des Grenzwertes für *Pseudomonaden* festgestellt, ist die hygienisch-mikrobiologische Untersuchung bei schwieriger Ursachenermittlung nicht nur auf die Standardkulturverfahren zu beschränken, da hierbei die Anteile

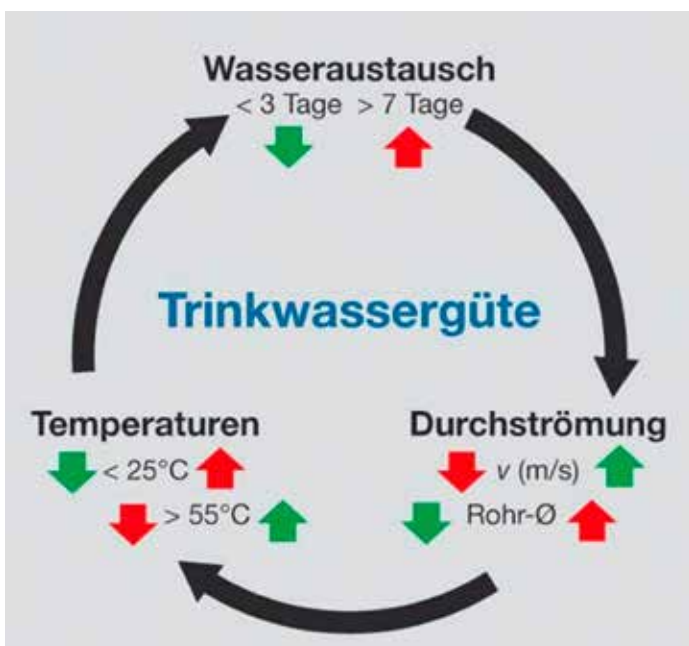


Bild: Vega

6 Die Forschung und jüngste statistische Auswertungen von Probennahmen bestätigen die drei Grundpfeiler der Trinkwasserhygiene: Temperaturhaltung, der regelmäßige Wasseraustausch und die vollständige Durchströmung aller Teilstrecken [13].

Literatur

- [1] Erkenntnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Biofilme in der Trinkwasser-Installation“, Teilprojekt 1 (Leiter: Prof. Dr. Thomas Kistemann): Entwicklung und Evaluierung eines rationalen räumlich-zeitlichen Probennahme-Regimes zur effizienten und verlässlichen Erfassung, Beobachtung und Interpretation mikrobieller Kontaminationen in Trinkwasserinstallationen Version 2.1, Projektdauer: 01.10.2006 – 30.04.2010, Koordination: Prof. Dr. Hans-Curt Flemming
- [2] Robert Koch Institut, „Legionellose RKI-Ratgeber für Ärzte“
- [3] C. Schauer: Moderne Sanierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Trinkwasserqualität – Teil 1, KTM Krankenhaus Technik Management, S. 43 – 46, 7 – 8/2014; Teil 2, S. 45 – 48, KTM, 9/2014.
- [4] S. Völker, S. Luther, T. Kistemann (2015): Bundesweite Statusanalyse. Vorkommen von Legionellen in Trinkwasser-Installationen, IKZ Fachplaner 10: 14 – 19
- [5] Erkenntnisse aus dem Projekt „Biofilm-Management“; Verbundprojekt der Universitäten Duisburg-Essen, Berlin und Bonn sowie der DVGW-Forschungsstelle TU Hamburg-Harburg und des IWW Zentrum Wasser, Mülheim; Koordination Prof. Dr. Hans-Curt Flemming (Biofilm Centre und IWW Zentrum Wasser)
- [6] UBA-Empfehlung, Systemische Untersuchungen von Trinkwasser Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung, 23. 08/2012.
- [7] J. D. Oliver, The viable but non-culturable state in bacteria, The Journal of Microbiology 43, 93–100, 2005.
- [8] H.-C. Flemming, J. Wingender: Wann sind Bakterien wirklich tot?, (2013), IKZ-Haustechnik Sonderheft Trinkwasserhygiene 2013
- [9] Z. Dwidjosiswojo, J. Richard, M. M. Moritz, E. Dopp, H.-C. Flemming: Influence of copper ions on the viability and cytotoxicity of *Pseudomonas aeruginosa* under conditions relevant to drinking water, International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 214, 2011
- [10] DVGW-Arbeitsblatt W 551, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Einrichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen, DVGW, Bonn, 4/2004
- [11] Wolfgang Hentschel, Überlegungen zur Wahl der Probennahmestellen; energie wasser-praxis, 2/2016, S. 40 – 45
- [12] DVGW-Information WASSER Nr. 90, März 2017
- [13] T. Kistemann, W. Schulte, K. Rudat, W. Hentschel, D. Häußermann, Gebäudetechnik für Trinkwasser, Springer Berlin, 2012.