

DVGW-Forschungsvorhaben untersucht

Vermehrung von Legionellen im Kaltwasser

In den einschlägigen Regelwerken zur Trinkwasserversorgung ist festgehalten, dass bei der Entnahme von Trinkwasser aus dem Leitungsnetz **der Temperaturwert von 25 °C maximal 30 Sekunden nach der Öffnung der Entnahmestelle nicht überschritten werden darf**. Die Frage, ob diese 25 °C aus hygienischer Sicht sicher sind oder nicht, **beschäftigt gleichwohl seit geraumer Zeit die Fachwelt** und wird dort diskutiert. Das TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser hat in diesem Zusammenhang im Rahmen eines DVGW-Forschungsvorhabens (Förder-Nr.: W 201629) **mit Laborversuchen sowie Versuchsreihen mit einer Trinkwasser-Modellinstallation die Vermehrungsansprüche von Legionellen in Kaltwasser untersucht**.

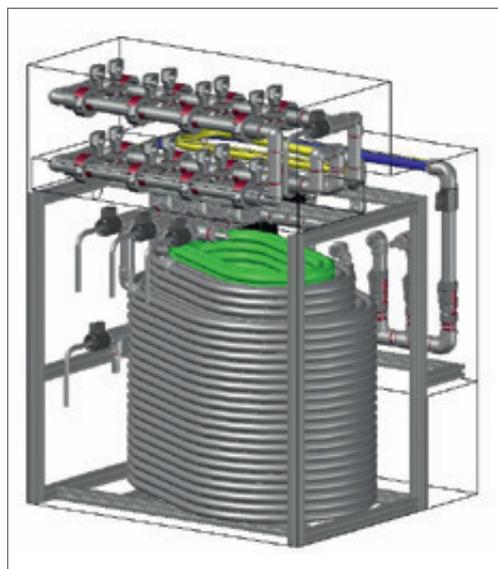
von: Dr. Andreas Korth & Dr. Heike Petzoldt (beide: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden)

In den einschlägigen Regelwerken für die Trinkwasser-Installationen findet sich der Hinweis, dass diese Installationen bestimmungsgemäß zu betreiben sind: So ist z. B. nach DIN EN 806-5 und DIN 1988-200 eine über einen längeren Zeitraum (> 7 Tage) nicht genutzte Trinkwasser-Installation als nicht mehr bestimmungsgemäß betrieben, und nach VDI/DVGW 6023 stellt bereits eine Nichtnutzung der Installation von mehr als 72 Stunden eine Betriebsunterbrechung dar, die es zu vermeiden gilt. Darüber hinaus beinhalten die Regelwerke DIN 1988-200 und VDI/DVGW 6023 (04/2013) die Formulierung, dass im Kaltwasser maximal 30 Sekunden nach Öffnen der Entnahmestelle der Temperaturwert von 25 °C nicht überschrit-

ten werden darf; nach DIN EN 806-2 sollte 30 Sekunden nach dem Öffnen einer Entnahmestelle die Wassertemperatur für Kaltwasserstellen den Wert von 25 °C nicht übersteigen.

Der eindeutige Nachweis, dass die Definitionen für einen bestimmungsgemäßen Betrieb mit einem Wasserwechsel spätestens alle 3 bis 7 Tage mit den mikrobiologischen Prozessen in der Trinkwasser-Installation korrespondieren, steht bisher aus. Weiterhin beschäftigt sich die Fachwelt seit Längerem mit der Frage, ob 25 °C aus hygienischer Sicht sicher sind oder nicht. Der Ansatz des DVGW-Forschungsprojektes „Legionellen Kaltwasser“ (Förder-Nr.: W 201629) bestand vor diesem Hintergrund darin, Grundlagen zu erarbeiten, die zur Überprüfung der Definition des bestimmungsgemäßen Betriebes kaltgehender Trinkwasser-Installationen und der maximal 25 °C Wassertemperatur herangezogen werden können. Das Forschungsprojekt fokussierte dabei auf die Legionellen, da insbesondere für diesen mikrobiologischen Parameter der Bedarf fundierter Aussagen gegeben war.

Abb. 1: CAD-Zeichnung der im Rahmen des Forschungsvorhabens verwendeten Trinkwasser-Modellinstallation



Quelle: TZW

Literaturauswertung

Legionellen wurden erstmals im Juli 1976 im Bellevue-Stratford-Hotel in Philadelphia (USA) entdeckt, wo bei einem Veteranenkongress ca. 180 Personen erkrankten und insgesamt 29 Personen starben. Erst nach etwa sechs Monaten gelang es, das verursachende Bakterium,

Legionella pneumophila, aus einem Verstorbenen zu isolieren. Zurzeit sind etwa 59 Arten der Legionellen und 70 Serogruppen bekannt [1]. Die für Erkrankungen des Menschen bedeutsamste Art ist *Legionella pneumophila*.

Legionella pneumophila ist aufgrund der hygienischen Relevanz die am intensivsten untersuchte Spezies der Legionellen. Bei dieser Spezies handelt es sich stoffwechselfähig um ein limitiertes Bakterium. Verschiedene Studien zeigen, dass es im Trinkwasser nur bei Anwesenheit bestimmter Amöben zu einer Vermehrung von Legionellen kommt. Amöben stellen dementsprechend einen wichtigen Vektor für das Überleben und Wachstum von Legionellen in der Umwelt dar. Am häufigsten werden in diesem Zusammenhang in der Literatur die Amöben *Hartmannella vermiformis* und *Acanthamoeba castellanii* genannt [2].

In den Amöben findet die Vermehrung der Legionellen in den intrazellulären Phagosomen – einer Organelle, in der die aufgenommenen Bakterien normalerweise enzymatisch abgebaut werden – statt. Bei einer Vermehrung der Legionellen werden die Stoffwechselprozesse in der Amöbe durch das Bakterium dahingehend verändert, dass im Phagosom eine Lyse unterbunden wird und eine Nährstoffversorgung der Bakterien gegeben ist [3]. Sobald die Legionellen von Amöben aufgenommen werden, wird der weitere Prozess durch die Temperaturbedingungen beeinflusst. Zur Definition dieser Temperaturbedingungen wurde im Rahmen des DVGW-Forschungsprojektes auf einen Bereich von 25 bis 30 °C fokussiert.

Untersuchungsansatz

Das Untersuchungsprogramm bestand aus Laborversuchen, Versuchsreihen mit einer Trinkwasser-Modellinstallation sowie Untersuchungen in Objekten. Die grundsätzlichen Vermehrungsansprüche der Legionellen wurden im Labor in Batchansätzen untersucht. Zur Untersuchung der Vermehrung von Legionellen unter Bedin-

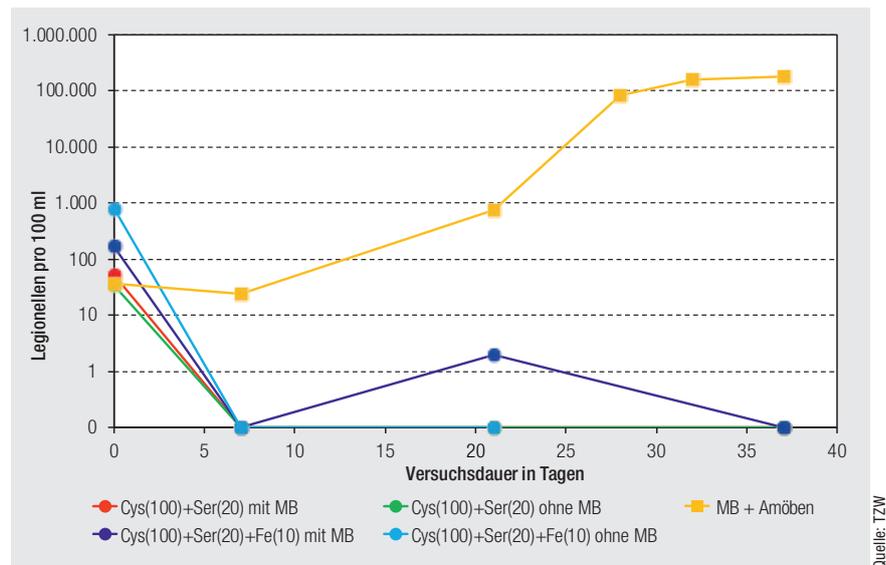


Abb. 2: Ergebnisse von Batchversuchen zur Vermehrung von Legionellen bei unterschiedlichen Bedingungen (Cys: Cystein, Ser: Serin, Fe: Eisen, MB: Mischbiozönose, Inkubationstemperatur: 30 °C)

gungen in einer Trinkwasser-Installation wurde eine Modellinstallation entwickelt (Abb. 1). Die Systeme beinhalteten u. a. Edelstahlleitungen, repräsentativ für eine übliche Materialsituation, und einen nicht für den Einsatz im Trinkwasserbereich geeigneten Gummischlauch zur Untersuchung des Effektes einer stärkeren Biofilmbildung. Die Trinkwasser-Modellinstallationen wurden jeweils in einen Kühlbrutschrank installiert, um eine konstante Temperierung zu ermöglichen. Für die Untersuchungen wurden die Trinkwasser-Modellinstallationen in

einem Gebäude mit einer vorhandenen Legionellenbelastung im Kaltwasser installiert.

Zur Verifizierung der Erkenntnisse aus den Laborversuchen und den Untersuchungen mit den Trinkwasser-Modellinstallationen wurden Untersuchungen in Gebäuden durchgeführt. Zur Aufnahme von Temperatur- und Entnahmeprofilen installierte man an Eckventilen in Bädern und Küchen Ultraschallwasserzähler und Temperatursonden und erfasste die Daten mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS).

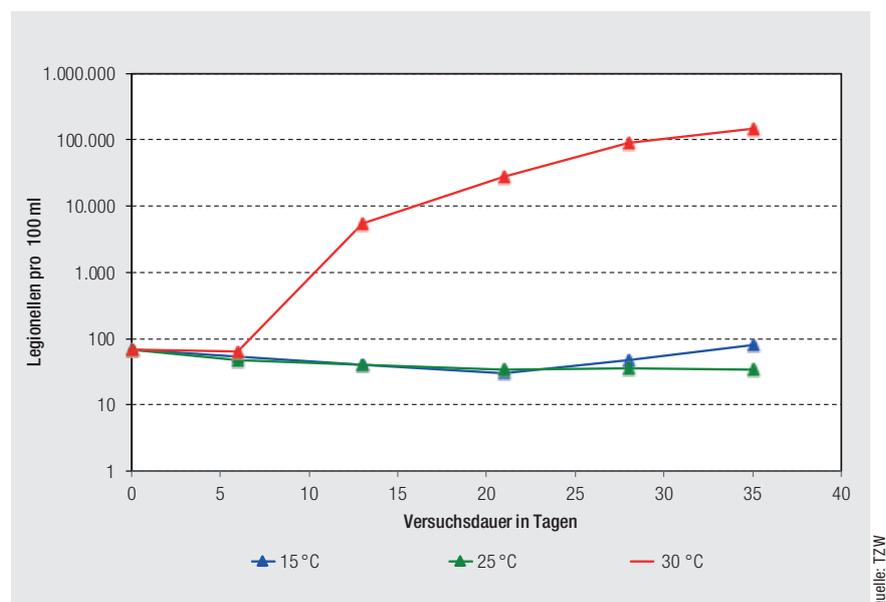


Abb. 3: Ergebnisse von Batchversuchen zum Einfluss der Inkubationstemperatur auf die Vermehrung von Legionellen

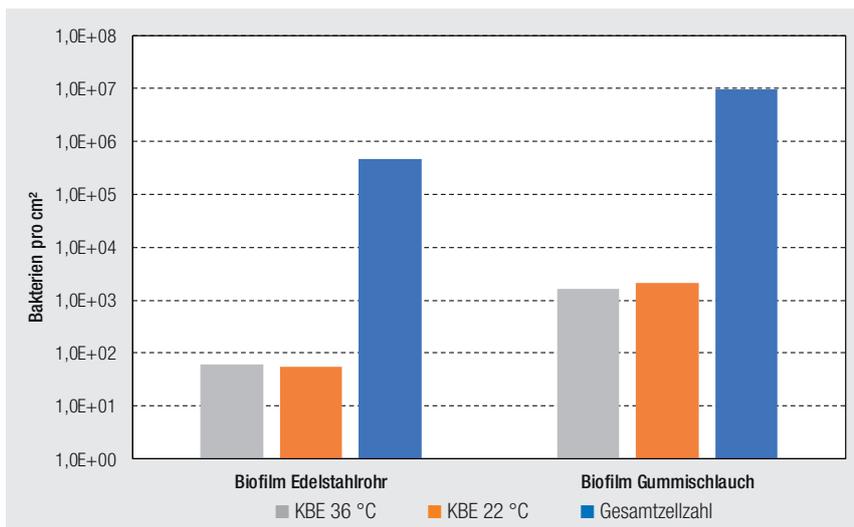


Abb. 4: Biofilmbildung für das Edelstahlrohr und für den Gummischlauch

Quelle: TZW

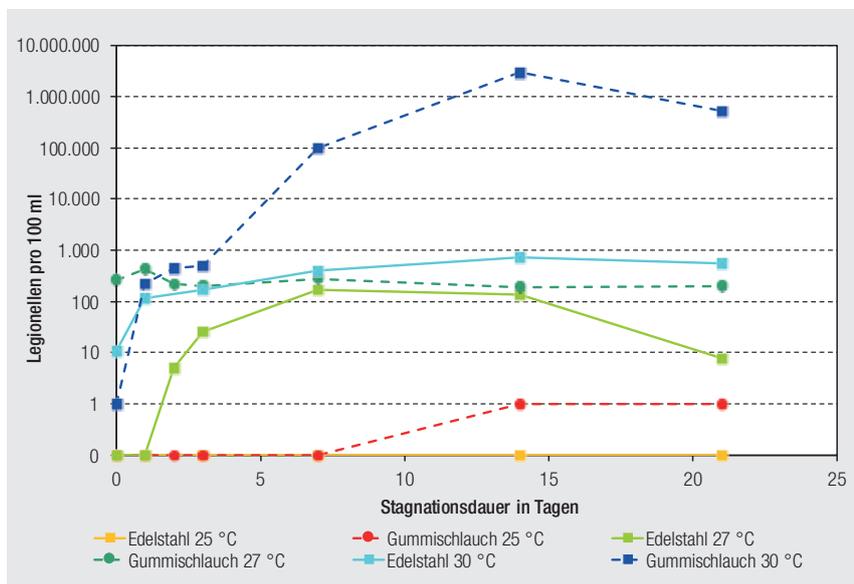


Abb. 5: Ergebnisse des Temperatureinflusses (25, 27 und 30 °C) und des Materials bzw. Biofilms auf die Legionellenentwicklung bei Stagnation

Quelle: TZW

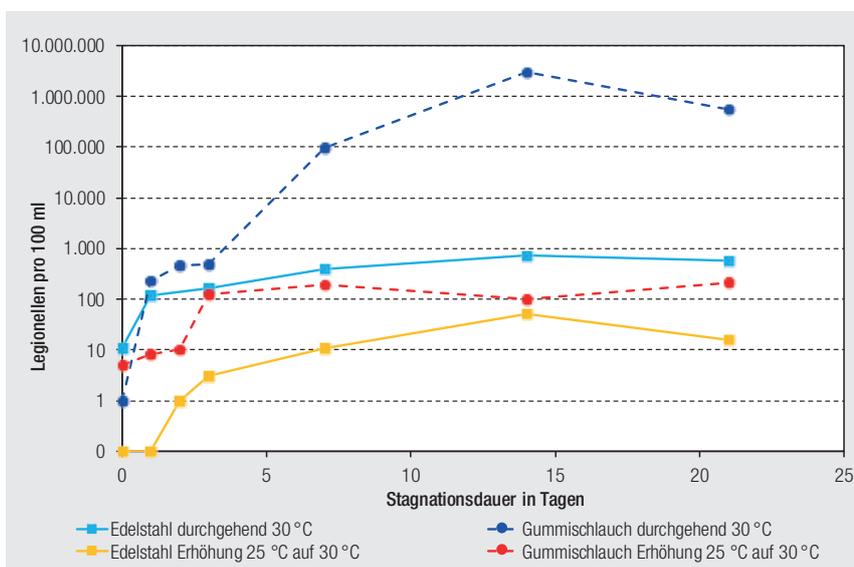


Abb. 6: Effekt der Erhöhung der Temperatur von 25 °C auf 30 °C im Vergleich zu Dauerbetrieb bei 30 °C

Quelle: TZW

Ergebnisse der Laborversuche

Die Laboruntersuchungen zu den grundsätzlichen Vermehrungsansprüchen von Legionellen fokussierten auf den Einfluss unterschiedlicher Nährstoffkomponenten, die Anwesenheit der natürlichen Bakterienmischbiozönose sowie Amöben. Repräsentative Ergebnisse der umfangreichen Versuchsreihen sind in **Abbildung 2** dargestellt. Beim dargestellten Beispiel wurde der Effekt der Aminosäuren Cystein und Serin sowie Eisen und zusätzlich die Anwesenheit der natürlichen Mischbiozönose und Amöben untersucht. Die Versuche wurden bei einer Inkubationstemperatur von 30 °C durchgeführt, um eine temperaturbedingte Wachstums-limitierung zu vermeiden.

Bei den Ansätzen ohne Anwesenheit von Amöben kam es in keinem Fall zu einer Zunahme von Legionellen. Dementsprechend führten spezifische Nährstoffe in unterschiedlicher Konzentration zu keiner Vermehrung. Eine Zunahme der Legionellen zeigte sich ausschließlich in Ansätzen mit Amöben, wobei keine Zugabe von Nährstoffen erforderlich war.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden Untersuchungen zum Einfluss der Wassertemperatur durchgeführt. Repräsentative Ergebnisse dieser Versuchsreihen sind in **Abbildung 3** dargestellt, wobei das Wasser vom Versuchsstandort mit einer vorhandenen Legionellenbelastung bei unterschiedlichen Temperaturen inkubiert wurde. Eine Zunahme von Legionellen war beim untersuchten Temperaturspektrum ausschließlich bei einer Inkubationstemperatur von 30 °C zu verzeichnen. Beim dargestellten Beispiel kam es nach einer Inkubationsdauer von sechs Tagen zu einem sukzessiven Anstieg der Legionellenzahl, wobei bei der Beendigung des Versuchs nach 37 Tagen die Konzentration im Bereich von 10⁵ pro 100 ml lag. Bei den Inkubationstemperaturen von 15 und 25 °C zeigte sich in keinem Fall eine relevante Veränderung der Legionellenkonzentration. Aus den Laborversuchen war insgesamt abzuleiten

ten, dass eine Vermehrung von Legionellen im Trinkwasser nur bei einer Anwesenheit von Amöben stattfindet und bei Untersuchungen im Batch eine Wassertemperatur im Bereich von 30 °C erforderlich ist.

Ergebnisse der Untersuchungen in den Modellinstallationen

Basierend auf den Ergebnissen der Laborversuche wurde mit den Trinkwasser-Modellinstallationen der Einfluss der Wassertemperatur und der Betriebsbedingungen im Detail untersucht. Nahrungsgrundlage für die Amöben ist der Biofilm auf den Leitungsoberflächen. Zur Charakterisierung der Oberflächenbesiedlung wurde der Biofilm der Edelstahlleitung und des Gummischlauchs untersucht (Abb. 4). Der Biofilm des Edelstahlrohrs wies niedrige Koloniezahlen im Bereich von 100 pro cm² und eine Gesamtzellzahl im Bereich von 5 x 10⁵ pro cm² auf. Im Vergleich dazu lagen die Werte für den Gummischlauch um über eine Zehnerpotenz höher, was durch die Nährstoffabgabe durch das Material bedingt war. Aufgrund der stärkeren Besiedlungsdichte mit Bakterien war für den Gummischlauch auch eine höhere Besiedlung mit Amöben und hierdurch ein höheres Vermehrungspotenzial für Legionellen anzunehmen.

Die Untersuchungen mit der Modellinstallation zum Einfluss der Temperatur wurden bei mehrwöchiger Stagnation durchgeführt (Abb. 5). Korrelierend mit den Laborversuchen zeigte sich bei 25 °C keine relevante Zunahme der Legionellen.

Die Werte lagen durchgehend in einem Bereich von 0 bis 10 Legionellen pro 100 ml, wobei zwischen den Edelstahlleitungen und dem Gummischlauch kein Unterschied festzustellen war. Bei einer Temperatur von 27 °C zeigte sich für die Edelstahlstrecken eine geringe Zunahme der Legionellen, mit Maxima in einem Bereich von ca. 100 Legionellen pro 100 ml. Für den Gummischlauch lag bei der dargestellten Versuchsreihe zu Versuchsbeginn ein Niveau von ca. 250 Legionellen pro 100 ml vor, wobei nachfolgend keine relevante Veränderung auftrat. Bei einer Temperatur von 30 °C zeigte sich eine deutliche Zunahme der Legionellen mit Maxima im Bereich von ca. 1.000 pro 100 ml für die Edelstahlstrecken. Für den Gummischlauch ergaben sich deutlich höhere Maxima, im dargestellten Fall wurden > 10⁶ Legionellen pro 100 ml bestimmt. Insgesamt zeigte sich bei langer Stagnation eine geringe Zunahme der Legionellen ab 27 °C und eine deutliche Vermehrung bei 30 °C mit höheren Werten in der Strecke mit einer stärkeren Biofilmbildung.

Neben der Stagnation bei durchgehend konstanten Temperaturbedingungen wurde der Effekt einer kurzfristigen Temperaturerhöhung untersucht. Hierzu hob man die Temperatur der Trinkwasser-Modellinstallation, die zuvor dauerhaft mit 25 °C betrieben wurde, während der Stagnation auf 30 °C an. Die Ergebnisse sind in **Abbildung 6** dargestellt, wobei zum Vergleich ein Stagnationsversuch der Anlage, die dauerhaft bei 30 °C betrieben wurde, mit dargestellt ist. Die Erhöhung der Temperatur führte bei der



SARATECH
protects

Sind Sie von Grenzwertüberschreitungen in Trinkwasserquellen betroffen?

Purena und Blücher bieten mit dem Einsatz eines klassischen Festbettfilters eine leicht handhabbare Lösung.

Blüchers einzigartiges Filtermaterial (Saratech[®]-Adsorbentien) entfernt zuverlässig und nachhaltig:

- Pestizide & Metaboliten
- Röntgenkontrastmittel
- Beizmittel
- Arzneimittelrückstände
- Flammenschutzmittel
- Chlor

Ihre Vorteile:

- keine Erzeugung unerwünschter Nebenprodukte
- vielfache Regenerierung des Filtermaterials
- keine besondere Technik bzw. techn. Aufwand notwendig bei Festbettbetrieb
- schnelle Adsorptionskinetik bedingt durch kleine Partikel



Wir beraten Sie gerne:
saratech@bluecher.com
+49 211 92 44 147

BLÜCHER
protects

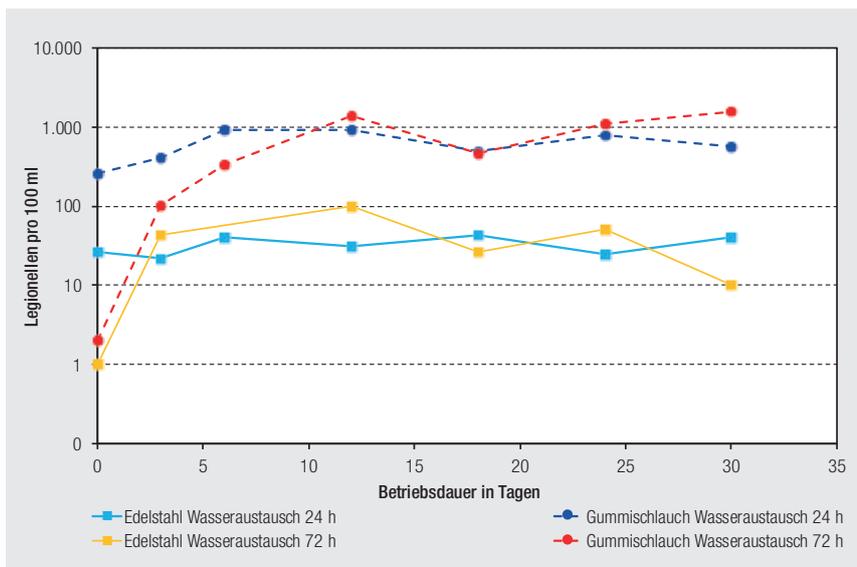


Abb. 7: Entwicklung der Legionellenkonzentration bei regelmäßigem Wasseraustausch nach 24 und 72 Stunden

Edelstahlstrecke nur zu einem geringen Anstieg der Legionellen auf maximal ca. 50 pro 100 ml, für den Gummischlauch ergaben sich Werte im Bereich von ca. 150 pro 100 ml. Im Vergleich zu

der dauerhaft bei 30 °C betriebenen Trinkwasser-Modellinstallation traten somit sowohl für die Edelstahlstrecken als auch für den Gummischlauch deutlich geringere Werte auf. Hieraus ist ab-

zuleiten, dass eine kurzfristige Temperaturerhöhung nicht unmittelbar zur deutlichen Vermehrung von Legionellen führt, sondern mikrobiologische Prozesse sich sukzessive an veränderte Randbedingungen anpassen.

Untersuchungen zum Einfluss kurzer Stagnationszeiten wurden bei einer Temperatur von 30 °C durchgeführt. Als Betriebsregime wurde ein Wasseraustausch nach 24 und 72 Stunden gewählt. Die Probenahmen fanden über einen Zeitraum von 30 Tagen, jeweils unmittelbar vor dem jeweiligen Wasseraustausch statt. Bei beiden Betriebsvarianten stellte sich für die Edelstahlstrecken mit Versuchsbeginn bzw. bis zum sechsten Tag ein stabiles Niveau zwischen 10 und 100 Legionellen pro 100 ml ein (Abb. 7). Ein relevanter Unterschied zwischen den beiden Betriebsvarianten zeigte sich nicht. Für den Gummischlauch ergab sich ebenso ein stabiles Niveau, wobei eine höhere Legionellenkonzentration von ca. 1.000 Legionellen pro 100 ml vorlag. Ein Effekt der unterschiedlichen Betriebsregime zeigte sich auch für den Gummischlauch nicht. Insgesamt war somit abzuleiten, dass sich beim regelmäßigen Wasseraustausch ein relativ stabiles Niveau an Legionellen einstellt, welches durch das Material bzw. die Biofilmbeschaffenheit beeinflusst wird. Ein relevanter Effekt der untersuchten Stagnationszeiten war nicht erkennbar.

Tabelle 1: Charakteristika der Gebäude und Messpunkte sowie Ergebnisse für die Wassertemperatur und die Legionellen (MFH: Mehrfamilienhaus, APE: Alten- und Pflegeeinrichtung, KW: Kaltwasser, WW: Warmwasser)

Gebäude	MFH	MFH	Büro	MFH	APE 1a	APE 1B	Hotel
Messstelle	Bad	Bad	Küche	Bad	Bad	Bad	Küche
Wassertemperaturen in °C							
KW - T _{Max}	23,9	23,0	38,9	25,4	26,6	25,3	28,2
KW - T _{Min}	11,9	7,9	19,6	15,6	9,2	10,2	8,0
KW - T _{Median}	22,0	21,8	31,3	23,1	23,9	22,0	21,6
Legionellen pro 100 ml, Beprobung nach 1 Ablauf							
KW	0	0	62	0	0	1	1.400

Tabelle 2: Ergebnisse der Wassertemperaturmessungen in der Hotelküche bei unterschiedlichen Beprobungsvolumina

Volumen in l	Temperatur
0,1	28,8
0,2	27,3
0,3	24,9
0,4	24,0
0,5	23,3
0,6	22,7
0,7	22,1
0,8	21,8
0,9	21,5
1	21,3
3	15,5

Ergebnisse der Untersuchungen in Objekten

Zur Überprüfung der Ergebnisse der Laborversuche sowie der Untersuchungen mit den Modellinstallationen wurden zusätzlich Praxisuntersuchungen realisiert. Hierzu wurden in Mehrfamilienhäusern (MFH), einem Bürogebäude, einer Alten- und Pflegeeinrichtung (APE, zwei Messpunkte) und einem Hotel über mehrere Wochen Wassertemperatur- und Verbrauchsprofile aufgenommen sowie für das Kaltwasser die Legionellenbelastung bestimmt (Tab. 1).

Die maximalen Wassertemperaturen lagen im Kaltwasser in einem Bereich

von 23 bis ca. 38,9 °C. Für die Minima wurden Werte von ca. 8 bis 14 °C bestimmt. Der Median bewegte sich, mit Ausnahme des Bürogebäudes, in einem Bereich von ca. 22 bis 24 °C, was der Umgebungstemperatur entspricht. Für das Bürogebäude ergab sich ein Median von ca. 31 °C.

Bei den Objekten mit einer mittleren Wassertemperatur für das Kaltwasser von < 25 °C wurden, mit Ausnahme des Hotels, keine Legionellen bzw. für eine Messstelle in der Alten- und Pflegeeinrichtung nur eine geringe Konzentration von 1 pro 100 ml detektiert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass zum Teil kurzzeitig Temperaturen von über 25 °C auftraten. Auffällig war die sehr hohe Belastung von 1.400 Legionellen pro 100 ml im Hotel. Für das Bürogebäude (mit einer mittleren Wassertemperatur im Bereich von ca. 30 °C) wurde eine Belastung von 60 Legionellen pro 100 ml gemessen.

Aufgrund der hohen Legionellenbelastung für das Hotel wurden weitergehende Untersuchungen durchgeführt. Im Rahmen einer Ortsbegehung erfolgten detaillierte Temperaturmessungen. Bei der vor Ort vorgefundenen Armatur handelte es sich um eine Zweihandmischarmatur. Die Temperaturmessungen auf den Oberflächen zeigten im Bereich zwischen Kaltwasserventil und Auslaufrohr eine Temperatur von 30 °C. Auf der Zulaufseite des Kaltwasserventils wurde eine Temperatur von 22 °C gemessen. Für die Zulaufseite des Warmwassers wurden 55 °C bestimmt. Die hohe Temperatur im Bereich des Kaltwasserventils wurden durch Wasserproben bestätigt (Tab. 2). Die erste Probe mit einem Volumen von 100 ml wies eine Wassertemperatur von 28,3 °C und die zweite Probe eine Temperatur von 27,3 °C auf. Die weiteren Proben zeigten eine sukzessive Verringerung der Wassertemperatur – das bedeutet, dass durch die Heißwasserentnahme der Kaltwasserbereich bis zum Kaltwasserventil auf ein Niveau erwärmt wird, das ein Wachstum von Legionellen ermöglicht. Der hohe Wert für die Legionellen deutet auf eine erhebliche Biofilmbildung im Kaltwasserventil hin, was mit den Materialien im Ventil in Zusammenhang stehen könnte.

Insgesamt wurde durch die Praxisuntersuchungen bestätigt, dass es im Trinkwasserbereich bei Wassertemperaturen von ≤ 25 °C zu keiner Vermehrung von Legionellen kommt.

Schlussfolgerungen

Aus den umfangreichen Untersuchungen wurden die folgenden Erkenntnisse zur Vermehrung von Legionellen im Trinkwassersystem abgeleitet, wobei den Verfassern bewusst ist, dass sich einige Prozesse im Detail komplexer darstellen:

- Eine Vermehrung der Legionellen findet in Trinkwasser-Installationssystemen ausschließlich in Anwesenheit von Amöben statt.
- Die Vermehrung der Legionellen in den Amöben ist temperaturabhängig und erst bei Wassertemperaturen von > 25 °C möglich. Somit werden Legionellen bei ≤ 25 °C durch Amöben phagozytiert.
- Bei 27 °C zeigte sich für die Trinkwasser-Modellinstallationen eine geringe Zunahme der Legionellen. Hieraus ist abzuleiten, dass Legionellen größtenteils phagozytiert werden und eine Vermehrung nur in einem kleinen Teil der Amöben stattfindet.
- Bei 30 °C Wassertemperatur zeigte sich bei allen Untersuchungen eine Vermehrung der Legionellen. Demensprechend werden die Legionellen von den Amöben nicht phagozytiert, sondern können sich in diesen Organismen vermehren.
- Die Vermehrungsgeschwindigkeit der Legionellen steht in Zusammenhang mit der Biofilmbeschaffenheit, da hierüber das Nährstoffangebot und die Vermehrungsgeschwindigkeit von Amöben beeinflusst werden.
- Die Legionellenkonzentration während einer langen Stagnation erreicht ein Maximum, das mit der Zahl infizierbarer Amöben im System in Zusammenhang steht. Bei einer langen Stagnation kommt es zu einer Anreicherung von aus den Amöben freigesetzten Legionellen im Wasserkörper. Da die Anzahl der Legionellen deutlich schneller zunimmt als die Zahl der Amöben (Freisetzung > 100 Legionellen pro Amöbe), sind nach einer gewissen Zeit die Amöben weitgehend infiziert. Nach dem „Verbrauch“ der Amöben kann es dementsprechend zu keiner weiteren Zunahme der Legionellen kommen.
- Für eine in Betrieb befindliche Trinkwasser-Installation stellt sich ein spezifisches Legionellenniveau ein. Wird in einer Trinkwasser-Installation mehrmals pro Tag das Wasser ausgetauscht, ergibt sich in Abhängigkeit von der Versorgung des Biofilms mit Nährstoffen und Bakterien (Anlagerung

aus der freien Wasserphase) eine bestimmte Biofilmbeschaffenheit und eine dementsprechende Vermehrungsgeschwindigkeit der Amöben.

- Eine Erhöhung der Wassertemperatur mit $> 25\text{ °C}$ führt kurzfristig nicht zu dem gleichen Niveau an Legionellen wie ein Dauerbetrieb des Systems bei $> 25\text{ °C}$. Wird ein System bei einer Wassertemperatur $\leq 25\text{ °C}$ betrieben, ist keine Vermehrung von Legionellen gegeben. Eine kurzfristige Temperaturerhöhung kann zu keiner hohen Legionellenbelastung führen, da keine oder nur eine geringe Anzahl mit Legionellen infizierter Amöben vorhanden sind. Diese Situation ist somit als unkritisch einzuschätzen. Werden in dieses System bei durchgehend erhöhter Wassertemperatur Legionellen eingetragen, so nähert sich das Legionellenniveau sukzessive dem spezifischen Gleichgewichtszustand.
- Treten in Trinkwassersystemen mit Wassertemperaturen von $< 25\text{ °C}$ bei der Beprobung Legionellen auf, ist von zeitweise höheren Systemtemperaturen oder punktuellen Wärmebrücken auszugehen.

Fazit

Aus den Untersuchungen leiten sich im Hinblick auf die Definition eines bestimmungsgemäßen Betriebs kaltgehender Trinkwasser-Installationen die folgenden Schlussfolgerungen ab:

Bei Wassertemperaturen von $\leq 25\text{ °C}$ ist die Stagnationsdauer in Bezug auf Legionellen nicht relevant, da eine Vermehrung von Legionellen nicht stattfindet. Bei Wassertemperaturen von $> 25\text{ °C}$ ist die Geschwindigkeit der Vermehrung von Legionellen und auch das Maximum von den Systembedingungen abhängig. Soll für ein System ein spezifischer Wert nicht überschritten werden, ist für die Definition eines Betriebsregimes ein spezifisches Untersuchungsprogramm erforderlich.

Es sind nur für den Trinkwasserbereich geeignete Materialien einzusetzen, die die Vermehrung von Mikroorganismen nicht durch Nährstoffabgabe fördern. Dadurch wird eine Biofilmbildung – und damit die Legionellenvermehrung – begrenzt. Die Materialien müssen eine Prüfung nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 270 bzw. der DIN EN 16421 erfolgreich bestanden haben.

Bei Einhaltung der Vorgaben in den Regelwerken DIN 1988-200 und VDI/DVGW 6023 (04/2013) (d. h. im Kaltwasser wird maximal 30 Sekunden nach Öffnen der Entnahmestelle eine Temperatur von 25 °C nicht überschritten) wird eine Vermehrung von Legionellen sicher vermieden.

Zeitweise Überschreitungen der Temperatur führen nicht zwangsläufig zu einer relevanten Belastung mit Legionellen, da sich mikrobiologische Prozesse sukzessive auf neue Randbedingungen einstellen. Kurzzeitige Überschreitungen der Wassertemperatur um einige Kelvin sind deshalb unkritisch.

Welche Überschreitungen der Temperatur über welchen Zeitraum im Hinblick auf die Vermehrung von Legionellen akzeptabel sind, ist bisher nicht definiert. Hierzu ist weitergehende Forschung erforderlich. ■

Literatur

- [1] Lesnik, R., Brettar, I., Höfle, M.G. (2016): Legionella species diversity and dynamics from surface reservoir to tap water: from cold adaptation to thermophily. *The ISME Journal* 10.
- [2] Valster, Rinske M.; Wullings, Bart A.; van der Berg, Riemsdijk; Kooij, Dick van der (2011): Relationships between free-Living Protozoa, Cultivable Legionella spp., and Water Quality Characteristics in Three Drinking Water Supplies in the Caribbean. In: *Applied And Environmental Microbiology* 77 (20), S. 7321–7328.
- [3] Isberg, Ralph R.; O'Connor Tamara J.; Heidtman, Matthew (2009): The Legionella pneumophila replication vacuole: making a cosy niche inside host cells. In: *Nature Reviews Microbiology* 7, S. 13–24.

Die Autoren

Dr. Andreas Korth ist Leiter der Arbeitsgruppe Wasserverteilung am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden.

Dr. Heike Petzoldt ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Außenstelle Dresden.

Kontakt:

Dr. Andreas Korth
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Außenstelle Dresden
Wasserwerksstr. 2
01326 Dresden
Tel.: 0351 85211-0
E-Mail: andreas.korth@tzw.de
Internet: www.tzw.de

Forschungsprojekt „MikroModell“ untersucht Spurenstoff-Emissionen in der Wassergewinnung – Teil 1

Nach **mehrfährigen Untersuchungen** hat das Forschungsprojekt „MikroModell“ erste Ergebnisse hinsichtlich der Frage erbracht, wie sich **Spurenstoff-Emissionen in der Wassergewinnung vermindern** oder gar vermeiden lassen. Während der vorliegende erste Teil des Fachbeitrags die Grundlagen des Forschungsvorhabens und dessen Zielsetzung thematisiert, wird der zweite Teil den Abschlussbericht vorstellen und die wesentlichen Ergebnisse des Vorhabens erläutern.

von: Gunda Röstel (Stadtentwässerung Dresden GmbH/GELSENWASSER AG) & Lisa Minor (GELSENWASSER Dresden GmbH)

Im Jahr 2015 ist das Forschungsprojekt „Entwicklung eines Stoffflussmodells und Leitfadens zur Emissionsminderung von Mikroschadstoffen im Hinblick auf die Gewässerqualität“ (kurz „MikroModell“) an der TU Dresden unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Krebs gestartet. Gemeinsam mit den Praxispartnern, dem Zweckverband Wasser und Abwasser Vogtland mit Sitz in Plauen, der eins energie in sachsen GmbH & Co. KG mit Sitz in Chemnitz und der Stadtentwässerung Dresden GmbH, hat das Projektkonsortium untersucht, welche Spurenstoff-Emissionen für die jeweiligen Vorfluter von Relevanz sind und wie sich diese vermeiden oder minimieren lassen. Gefördert wurde das Vorhaben durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), das Sächsische Ministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft sowie die

GELSENWASSER AG. Nun wurde „MikroModell“ mit konkreten Ergebnissen abgeschlossen.

Grundlagen des Forschungsprojekts

Den Kern des Vorhabens bildet ein räumlich und zeitlich hochauflösendes Stoffflussmodell, welches eine gewässerbezogene Belastungsbeurteilung in Bezug auf ausgewählte Mikroschadstoffe für den Raum Sachsen ermöglicht (Abb. 1). Anhand von Pegel- und chemischen Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und an verschiedenen Stellen in den sächsischen Abschnitten der Flüsse Weiße Elster, Chemnitz und Elbe konnten zunächst Aussagen zu Belastungen und zu Eigenschaften der Fließgewässer am jeweiligen Messpunkt getroffen werden; eine besondere Rolle spielt dabei der Einfluss

der Kläranlagen auf die betrachteten Gewässer. Die Verschreibungsdaten verschiedener Arzneimittelwirkstoffe der AOK-Sachsen dienten in dem Forschungsvorhaben als Datenbasis, die dann mit Messungen ober- und unterhalb der Kläranlagen verglichen wurden. Die Modellierung verknüpfte die Eingangsdaten der AOK und die Ausgangsdaten der Fließgewässermessung, sodass zuverlässige Aussagen zur Fracht- und Konzentrationsentwicklung der jeweiligen Stoffe im gesamten Flussgebiet prognostiziert werden konnten. Die Konsequenzen für das Ökosystem wurden auf Grundlage von mehreren Monitoringkampagnen und den dadurch ermittelten, jeweiligen Belastungskonzentrationen von ökotoxikologischen und chemischen Untersuchungen der Gewässer beschrieben. Das sächsische Stoffflussmodell soll künftig auch über die Landesgrenzen hinaus und für wei-