

TRINKWASSERQUALITÄT IN GEBÄUDEN

SYNTHESEBERICHT: KTI-PROJEKT «MATERIALIEN IN KONTAKT MIT TRINKWASSER»

Die Herausforderung zum Erhalt der Trinkwasserqualität im Gebäude nimmt zu. Ein bekanntes Risiko ist die Einnistung krankheitserregender Mikroorganismen in Gebäudeinstallationen. Trotzdem wird der Trinkwasserqualität im Gebäude oft zu wenig Aufmerksamkeit entgegengebracht. Im Rahmen eines dreijährigen KTI-Projekts wurden vier Teilbereiche mit dem Ziel bearbeitet, den Wissensstand auszubauen und dadurch geeignete Präventionsstrategien abzuleiten, die in die zukünftige Entwicklung des Bereiches der Trinkwasserqualität in Gebäuden einfließen sollen.

Stefan Kötzsch*; Franziska Rölli, HSLU
Frederik Hammes, Eawag

RÉSUMÉ

QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS LES INSTALLATIONS DE BÂTIMENTS

La densification des constructions, les changements d'affectation de bâtiments et le désir d'un confort accru font que les systèmes de distribution d'eau potable dans les bâtiments sont de plus en plus imposants et complexes. Mais c'est précisément dans ces derniers mètres de l'approvisionnement en eau potable que le potentiel de risques relatif à l'implantation de bactéries pathogènes est le plus important. Cela est dû, entre autres, à l'utilisation de matériaux parfois inappropriés, ce qui peut avoir des effets particulièrement négatifs en raison des rapports surface/volume élevés. Associé à des températures sous-optimales (eau froide et eau chaude), qui favorisent la croissance microbologique, et à de longues périodes de stagnation, cela entraîne une dégradation de la qualité de l'eau potable dans les installations de bâtiments pour lesquelles aucune mesure préventive n'est prise. Cependant, l'état sanitaire des installations d'eau potable dans les bâtiments est rarement ou jamais contrôlé et, dans les nouvelles constructions, le propriétaire (juridiquement distributeur d'eau potable après la réception des travaux) se contente d'un système de boîte noire en matière d'hygiène. Ainsi, dans le cadre du projet «Matériaux en contact avec l'eau potable» de la Commission pour la technologie et l'innovation CTI (N° 15857.1 PFIW-IW), les quatre domaines thématiques suivants ont été traités sur une durée de trois ans:

EINLEITUNG

Verdichtetes Bauen, Nutzungsänderungen von Gebäuden und der Wunsch nach mehr Komfort führen dazu, dass die Trinkwasserverteilungen in Gebäuden zunehmend grösser und komplexer werden. Gerade auf diesen letzten Metern der Trinkwasserversorgung ist jedoch das Risikopotenzial bezüglich der Einnistung krankheitserregender Bakterien erhöht. Verantwortlich dafür ist unter anderem die Verwendung von teilweise ungeeigneten Materialien, was sich aufgrund der hohen Oberflächen-zu-Volume-Verhältnisse besonders negativ auswirken kann. In Kombination mit suboptimalen Temperaturen (Kalt- und Warmwasser), die das mikrobiologische Wachstum fördern, und langen Stagnationszeiten führt dies in einer Gebäudeinstallation ohne Präventivmassnahmen zu einer Verschlechterung der Trinkwasserqualität. Trotzdem wird der hygienische Zustand von Trinkwasserinstallationen in Gebäuden selten bis nie überprüft, und bei Neubauten übernimmt der Eigentümer, der nach Bauübergabe rechtlich zum Trinkwasserversorger wird, oft ein hygienisches Blackbox-System.

Im Rahmen des Projekts «Materialien in Kontakt mit Trinkwasser» (Nr. 15857.1 PFIW-IW) der Kommission für Technologie und

* Kontakt: stefan.koetzsch@hslu.ch

Innovation KTI wurden deswegen über drei Jahre die folgenden vier Themenfelder bearbeitet:

- I. Materialentwicklung und Zertifizierung
- II. Bau und Inbetriebnahme
- III. Systembetrieb
- IV. Beprobungsstrategien und Fallstudie

Das Ziel war es, den Wissensstand bezüglich Risikofaktoren für Verkeimungen in Trinkwasserinstallationen auszubauen und einer Verschlechterung der Trinkwasserqualität im Gebäude durch Präventivmassnahmen entgegenwirken zu können. Die Erkenntnisse sollen helfen, die in den bestehenden Normen und Richtlinien [1, 2] beschriebenen Regeln gegebenenfalls zu ergänzen, zu festigen und deren konsequente Umsetzung in die Praxis zu unterstützen.

Das Projekt wurde durch den Bund teilfinanziert und in Kooperation mit neun Projektpartnern aus den Bereichen Forschung, Industrie, Versorgung, Regulierung und Kontrolle durchgeführt (Box 1).

I. PLANUNG, MATERIALENTWICKLUNG UND ZERTIFIZIERUNG

Die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik bieten eine gute Grundlage für die Hygiene in Gebäudeinstallationen. Dazu gehören insbesondere das Befolgen der Branchennormen und die Wahl von Materialien, deren Einfluss auf die Trinkwasserqualität minimal ist [1–3].

Die qualitätsbewusste Industrie benötigt deshalb u.a. genaue und schnelle Testverfahren, mit denen der Materialeinfluss auf die Trinkwasserqualität abgeschätzt werden kann (Fig. 1). Dieser Anspruch führte zur Entwicklung des Materialtests *BioMig* an der Eawag sowie dessen Etablierung in drei unabhängigen Laboratorien – Letztere war zentraler Teil des KTI-Projekts. Das Methodenpaket basiert auf herkömmlichen Verfahren [4], wurde aber in vielen Punkten optimiert und weiterentwickelt. Es dient sowohl zur Ermittlung des Migrationspotenzials eines Materials (wie viele organische Kohlenstoffverbindungen aus dem Material herausgelöst werden) wie auch des maximalen Aufwuchspotenzials (Zahl der Bakterien, die sich in der Wasserphase und auf der Materialoberfläche im Biofilm ansiedeln). Die erhebliche Verkürzung der Testdauer gegenüber den etablierten europäischen Hygienetests [4] erlaubte bereits im Laufe des Projekts umfangreiche Testserien mit unterschiedlichsten

BUND

- Kommission für Technologie und Innovation KTI

INDUSTRIE

- Geberit International AG
- Georg Fischer JRG AG

REGULIERUNG UND KONTROLLE

- Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
- Kantonales Labor Zürich

FORSCHUNG

- Eawag
- Hochschule Luzern Technik & Architektur
- DVGW-Forschungsstelle Technische Universität Hamburg

WASSERVERSORGUNG

- Industrielle Werke Basel
- Wasserversorgung Zürich

Box 1 Die durch die Kommission für Technologie und Innovation teilfinanzierte Projektzusammenarbeit von neun Partnern aus verschiedenen Bereichen. Neuf partenaires ont mené le projet partiellement financé par la Commission pour la technologie et l'innovation CTI.

Werkstoffen (Kunststoffe inkl. Elastomere, Harze, Metalle) und somit den Aufbau eines breiten Erfahrungsschatzes. Es konnte gezeigt werden, dass gewisse Kunststoffe qualitativ so gut sind wie Metalle, während andere deutlich schlechter abschnitten. Weiche Kunststoffe und Elastomere sind in Schlauchform grundsätzlich als problematisch einzuschätzen. Aber auch bei diesen zeigte sich, dass ein übermässiges Migrations- und Aufwuchspotenzial mittels optimierter Rezeptur und Vernetzung der Werkstoffe verhindert werden kann.

Mit der Entwicklung von *BioMig* ist es gelungen, nicht nur die Testdauer erheblich zu verkürzen, sondern gleichzeitig die Aussagekraft der Resultate zu erweitern. Die Analyse von chemischen und mikrobiologischen Parametern erlaubt nun zusätzliche Rückschlüsse sowohl auf die Bioverfügbarkeit der Migrationssubstanzen als auch auf den Einfluss von Temperatur und Bakterien auf die Migrationsrate [5]. Es konnte erstmals in diesem Zusammenhang gezeigt werden, dass die Migration von organischen Kohlenstoffverbindungen aus dem Material



Fig. 1 Beispiele unterschiedlicher Rohrleitungsmaterialien, deren Einfluss auf die Trinkwasserqualität mit dem Materialtest BioMig getestet wurden. Exemples de matériaux de conduites divers et variés, dont l'influence sur la qualité de l'eau potable a été testée à l'aide du test de matériaux BioMig.

nicht nur physikochemisch bestimmt wird, sondern zusätzlich durch Bakterien massgeblich beschleunigt werden kann. Eine Tatsache, die bis dato komplett vernachlässigt wurde und deshalb vermutlich regelmässig zu unrealistischen Einschätzungen des Einflusses von Materialien geführt hat. Besonders hervorzuheben sind flexible Duschschläuche, aus denen unter Anwesenheit von Bakterien teilweise bis zu 100-mal mehr Kohlenstoffverbindungen migrieren als unter sterilen Bedingungen. Diese können auf den sprichwörtlich letzten Metern zu teilweise massivem Biofilmwachstum führen und als Folge Legionellen eine perfekte Grundlage zur Ansiedlung bieten [6]. Im Duschbereich ist dies besonders kritisch, da eine Infektion mit Legionellen über das Einatmen von Aerosolen erfolgt.

Neben mehr als 100 Tests von unterschiedlichen Rohr- und Dichtungsmaterialien wurden auch Vergleichstests mit den in Europa bereits etablierten Hygienetests durchgeführt [4, 7]. Die Ergebnisse zeigen unter anderem auf, dass das deutsche Prüfverfahren nach Arbeitsblatt W270 Schwierigkeiten hat, Materialien mit einem niedrigen bis mittleren Potenzial zu unterscheiden. Mittels MDOD¹- und vor allem BPP²-Verfahren konnten die Materialien dagegen ähnlich gut eingeschätzt werden wie mit dem *BioMig*-Verfahren. Allerdings dauerten die beiden Prüfverfahren weit länger als die *BioMig*-Tests, auch waren die zur Einschätzung der Materialien generierten Informationen gegenüber dem *BioMig*-Verfahrens limitiert.

Mit den Resultaten der im Projekt durchgeführten *BioMig*-Tests kann der Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) eine Bewertungsgrundlage erarbeiten, um den Hygienetest ggf. auf der Zertifizierungsebene anzuerkennen und zu etablieren. Der Industrie steht das Methodenpaket schon jetzt zur effizienten Produktentwicklung und Qualitätsüberprüfung im Wasserlabor der Industriellen Werke Basel zur Verfügung.

II. BAU UND INBETRIEBNAHME

Während der Bauphase und der damit verbundenen Erstbefüllung eines Rohrleitungssystems besteht ein nicht unerhebliches Risiko für mikrobielle Kontamina-

tionen. Einfache präventive Massnahmen können einen effektiven Beitrag leisten, damit nicht schon beim Start ein Problemfall generiert wird. Im Rahmen des Projekts wurde anhand von Testsystemen (Fig. 2) die Wirksamkeit des *Geberit*-Hygienefilters untersucht [8]. Wurde dieser bei der Erstbefüllung mit künstlich kontaminiertem Wasser zwischen Pumpe und Installation geschaltet, gelangten die zugegebenen Indikatororganismen nicht in das Testsystem und konnten sich dementsprechend auch nicht über längere Zeit etablieren. In den Installationsteilen, die ohne Filter befüllt wurden, konnten die Indikatororganismen hingegen auch nach mehreren Wochen regelmässigen Betriebs sowohl im Biofilm wie auch in der Wasserphase nachgewiesen werden. Der Schutz, den Hygienefilter bieten können, schliesst primär die Verwendung von mikrobiologisch kontaminiertem Wasser ein, nicht jedoch baulich bedingte Vorkontaminationen der Einbaukomponenten. Für alle neuen wasserführenden Systeme in Gebäuden sollte deshalb nach der Erstbefüllung schnellstmöglich eine kräftige Spülung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser durchgeführt werden. Bei der Erstbefüllung von Gebäuden mit hygienisch sensibler Nutzung, wie Spitälern, Alters- und Pflegeheimen, sollte auch eine einmalige Anlagendesinfektion in Betracht gezogen werden. Im Anschluss an diese Massnahmen sollte während der Bauphase sichergestellt werden, dass das Wasser in der Installation regelmässig durch manuelles oder automatisches Spülen ausgetauscht wird, um Langzeitsagnationen vorzubeugen. Steht nach Abschluss der Bauarbeiten die Übergabe an den Eigentümer an, bietet sich im Rahmen der Installationskontrolle auch eine stichprobenartige Prüfung der Wasserqualität im Gebäude an. Auf diese Weise können sich Planer und Installateur zusammen mit dem Eigentümer gegenseitig absichern.

III. SYSTEMBETRIEB

Die Trinkwasserverteilsysteme in Gebäuden können während der Betriebsphase verschiedenen kritischen Situationen ausgesetzt sein. Dazu zählen Leerbestand, seltene Nutzung oder Nutzungsänderungen. Während des Systembetriebs ist ein regelmässiger Wasseraustausch aller Entnahmestellen Grundvoraussetzung, um starken Verkeimungen entgegen-

genzuwirken. Falls dies durch das normale Nutzerverhalten nicht gegeben ist, bieten neben manuellen Spülplänen auch automatisierte Spülssysteme Abhilfe. Eine Nutzungsänderung der Räumlichkeiten kann auch das Abtrennen gewisser Installationsteile vom restlichen System notwendig machen.

Anhand der Testsysteme (Fig. 2) konnte demonstriert werden, dass sich auf den Rohroberflächen einer neuen Trinkwasserinstallation sehr schnell ein Biofilm bildet. In der Regel wurde innerhalb weniger Tage nach Erstbefüllung eine stabile Bakterienzahl im Biofilm erreicht. In Abhängigkeit von Material und Standort variierten die Bewuchszahlen zwischen 1×10^6 und 1×10^7 Bakterien/cm² und änderten sich auch nach mehrwöchigen Stagnationszeiten nicht mehr nennenswert. Sequenzierungsergebnisse, die Aufschluss über die Bakterienarten im Biofilm geben, zeigten allerdings, dass sich die Zusammensetzung der mikrobiellen Gesellschaft über die Zeit verändert. Anders als im Biofilm nahmen die Bakterien in der Wasserphase mit der Stagnationsdauer zu. In den ersten Tagen war dieser Prozess am stärksten und verlangsamte sich mit fortschreitender Stagnationsdauer. Am schnellsten nahm die Wasserqualität ab, wenn Materialien schlechter Qualität verbaut waren (erhöhte Migrationsraten und stärkerer mikrobieller Aufwuchs). Aber auch unter den zertifizierten Produkten mit Trinkwasser-Hygiene nachweis wirkten sich einige während Stagnationsbedingungen ungünstiger auf die Wasserqualität aus als andere. Der Einsatz einer programmierbaren Spüleinheit überdauerte dagegen längere Stagnationszeiten und verhinderte somit eine übermässige Akkumulation von organischen Kohlenstoffverbindungen und Bakterien in der Wasserphase. Wenn die Feinverteilung mit einbezogen wird, bietet sie somit eine automatisierte Möglichkeit, das Risiko von Wasserqualitäts-einbussen insbesondere im Zeitraum zwischen Inbetriebnahme und regulärem Betrieb, aber auch während des späteren Betriebs zu vermindern, wie dies auch im Arbeitsblatt W557 des DVGW [9] empfohlen ist. Am deutlichsten zeigte sich der positive Effekt, wenn gleichzeitig qualitativ hochwertige Materialien eingesetzt wurden. Wurden hingegen qualitativ schlechte Materialien mit hohen Migrationsraten verbaut, reicherten sich auch unter regelmässigen Spülun-

¹ MDOD = Mean Dissolved Oxygen Difference

² BPP = Biomasse-Produktions-Potenzial

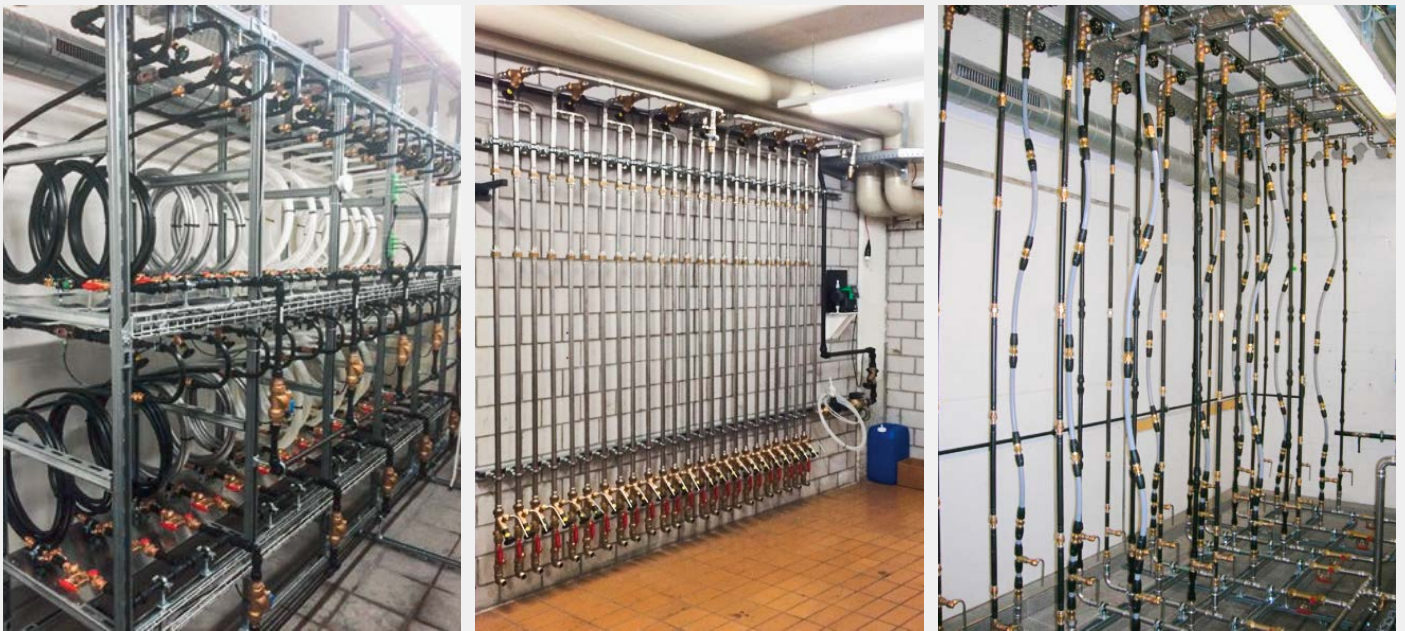


Fig. 2 Die Testsysteme an denen die Untersuchungen im Projekt durchgeführt wurden. Jedes Testsystem wurde baugleich an zwei verschiedenen Orten installiert, um auch den mikrobiologischen Einfluss verschiedener Trinkwasser untersuchen zu können.

Systèmes de test ayant permis de procéder aux analyses dans le cadre du projet. Des systèmes de test identiques ont été installés à deux endroits différents pour pouvoir analyser également l'activité microbologique dans différentes eaux potables.

gen so viele Kohlenstoffverbindungen in der Wasserphase an, dass die Bakterien uneingeschränkt aufwachsen konnten, bis weitere Nährstoffe wie Phosphat und Stickstoff limitierend wirkten. Unter diesen Bedingungen förderte ein regelmässiger Wasseraustausch die Biofilmbildung zusätzlich, da durch das Frischwasser nicht so schnell ein Mangel an Phosphat und Stickstoff entstand und die Bakteriendichte bis zu fünfmal höher als in nicht gespülten Systemen war. Dies muss aber nicht gleichzeitig heissen, dass sich Krankheitserreger ausbreiten können. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass regelmässige Spülungen (manuell oder automatisiert), die Vermehrung von Bakterien begrenzt, wenn diese gleichzeitig mit qualitativ hochwertigen Einbaumaterialien kombiniert werden.

IV. BEPROBUNGSSTRATEGIEN UND FALLSTUDIE

Mikrobiologische Untersuchungen von Trinkwasserinstallation können im Sinne einer präventiven regelmässigen Überwachung sinnvoll sein, bei Verdacht auf mikrobielle Probleme müssen sie unverzüglich angeordnet und durch eine fachkundige Person durchgeführt werden. Deren Aussagekraft ist jedoch stark davon abhängig, auf welche Art und an welcher Stelle die Probe genommen wird. Zudem können sich die Testergebnisse

und dementsprechend auch ihre Interpretation nach kürzerer Stagnationszeit massiv von denen nach längerer Stagnationszeit unterscheiden.

Deswegen wurde im Rahmen des Projekts eine angepasste Probenahmestrategie getestet, um potenzielle Verkeimungsherde in einer Gebäudeinstallation aufzudecken. Diese baut auf dem Potenzial der Durchflusszytometrie als Screening-Methode und einer standardisierten Stagnationszeit auf. Als Erstes erfolgt die Spülung des zu beprobenden Installationsabschnitts (Technikzentrale, Steigleitung, Feinverteilung) bis eine konstante Wassertemperatur (warm oder kalt) erreicht wird. Abhängig von der Objektgrösse kann eine Spüldauer von mehreren Minuten erforderlich sein. Die nachfolgende Beprobung erfolgt zweistufig, einmal unmittelbar nach der Spülung und einmal nach einer definierten Stagnationszeit von 60 Minuten. Für die zweite Probe sollte das Vorspül- und Beprobungsvolumen anhand der Installationspläne so abgestimmt werden, dass ein möglichst kleines Volumen des zu beprobenden Abschnitts abgefasst wird. Anschliessend werden beide Proben mittels Durchflusszytometrie auf die Totalzellzahl hin analysiert und miteinander verglichen. Untersuchungen an Testsystemen mittels dieser Probenahmestrategie haben gezeigt, dass sich stark verkeimte Installationsabschnitte anhand deutlich

erhöhter Werte der Probe nach 60-minütiger Stagnationszeit gegenüber der Netzwasserprobe abheben. In der Regel ist nicht die gesamte Installation von einer übermässigen Verkeimung betroffen, sondern nur einzelne Abschnitte, die bei Beprobung mehrerer Zapfstellen herausstechen. Entnahmestellen mit einer deutlich höheren Zellanreicherung innerhalb derselben Stagnationszeit können als verdächtig eingestuft und weiteren Untersuchungen unterzogen werden. Auf diese Weise ist es möglich, mehrere Bereiche innerhalb kurzer Zeit in einem Gebäude zu untersuchen und allgemeine Aussagen zum mikrobiologischen Zustand des Verteilsystems zu machen.

Im Rahmen des Projektes wurde zudem eine interessante Fallstudie bearbeitet. In einem grösseren Gebäudekomplex (Baujahr 2012) wurden in Zusammenarbeit mit dem zuständigen kantonalen Labor über zwei Jahre hinweg Legionellen-Werte gemessen, die über dem Massnahmewert von 1000 koloniebildenden Einheiten pro Liter lagen. Die Temperatur im Vorlauf des Warmwassers betrug 60 °C und im Rücklauf 55 °C. Alle durch den Betreiber eingeleiteten Massnahmen und Optimierungen zielten auf die Warmwasserverteilung ab und waren teilweise kostenintensiv, führten aber nicht zur erhofften Reduzierung der Legionellen-Zahlen.

Basierend auf den vorliegenden Resultaten und Informationen wurde im Rah-

men des Projektes eine umfangreiche Beprobung geplant und durchgeführt. Bei dieser Beprobung wurde die zuvor beschriebene Taktik aus Spülung/Probe/Stagnation/Probe angewendet. Neben der Totalzellzahl wurden auch Proben von ausgewählten Entnahmestellen durch das zuständige kantonale Labor auf Legionellen hin analysiert und ausgewertet. Die zielgerichtete Untersuchung ergab, dass ein Grossteil der positiven Legionellenbefunde auf die Kaltwasserfeinverteilung zurückzuführen war, wohingegen die Warmwasserverteilung weitestgehend negative bzw. unauffällige Legionellenbefunde aufwies.

Der Grund für die Fehlinterpretation der vorangegangenen Stichprobenuntersuchungen lag an der Auswahl der Probenentnahmestellen. So wurden über zwei Jahre hinweg stetig Proben an den Duscharmaturen entnommen. Diese Armaturen waren mit einem Verbrühungsschutz ausgestattet, sodass bei Warmwasserentnahme immer ein kleiner Teil Kaltwasser mit in die Probe gelangte. Der Legionellenbefall in der Kaltwasserphase war wiederum auf lange Stagnationszeiten und zu hohe Temperaturen in den Steigzonen und Feinverteilungen zurückzuführen. Da die Legionellenzahlen der jeweiligen Proben nicht alarmierend hoch waren, wurden zunächst einfache Massnahmen wie eine regelmässige manuelle Spülung und eine gezieltere Vergabe leerstehender Zimmer eingeführt. Zudem wurde festgelegt, dass die Effektivität der eingeleiteten Massnahmen durch eine erneute Beprobung nach einem Jahr untersucht werden soll.

FAZIT

Bakterien sind ein unvermeidbarer und wichtiger Bestandteil im Trinkwasser. Der Grossteil von diesen Bakterien ist für den Menschen ungefährlich. Mikrobiologische Probleme werden aber in der Regel erst erkannt, wenn sie ein beträchtliches

Ausmass angenommen haben oder gar ein oder mehrere Krankheitsfälle vorliegen. Beprobungen von Realobjekten, die im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurden, haben zudem die Schwierigkeit gezeigt, bei Problemfällen schnell und zielgerichtet die Ursache des Problems zu eruieren, um angemessene Massnahmen einzuleiten.

Der Fokus muss daher vermehrt auf Präventivmassnahmen gelegt werden. Die zukünftige Situation im Bereich der Trinkwasserverteilung im Gebäude erfordert ein Umdenken auf der Seite der Branche sowie der Eigentümer. Die zunehmende Grösse und Komplexität der Gebäudeverteilungen lässt keine andere Option zu. Mehr Sorgfalt bei Planung, Bau, Inbetriebnahme und Betrieb unter Einbezug von Präventivmassnahmen sollte dazu führen, dass es gar nicht erst zu hygienischen Problemen kommt. Ein geschärftes Bewusstsein für hygienische Belange jedes einzelnen Glieds der Planungs-, Installations- und Nutzungskette erhöht dabei die Chance, dass das Lebensmittel Nummer 1 in der gleichen Qualität die Konsumenten erreicht, wie es vom Wasserversorger bereitgestellt wird.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SIA (2011): Norm 385/1:2011: «Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen»
- [2] SVGW (2013): W3 «Richtlinie für Trinkwasserinstallationen». Schweizerischer Vereins des Gas- und Wasserfaches
- [3] SVGW (2015): ZW 102/1: «Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von Kunststoffen». Zertifizierungsstelle Wasser des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches
- [4] DIN (2015): DIN EN 16421: «Einfluss von Materialien auf Wasser für den menschlichen Gebrauch – Vermehrung von Mikroorganismen». Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- [5] Roelli, F. et al. (2016): «Hygienische Beurteilung von Materialien in Kontakt mit Trinkwasser». DVGW energie | wasser-praxis, 92–96
- [6] Proctor, C.R. et al. (2016): «Biofilms in shower hoses – choice of pipe material influences bacterial growth and communities». Sci.: Water Res. Technol. 2, 670–682
- [7] Köttsch, S. et al. (2016): «Kunststoffe in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienetests im Vergleich». Aqua & Gas, 12: 42–52
- [8] Köttsch, S. et al. (2016): «Kunststoffe in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Inbetriebnahme von Trinkwasserinstallationen». Aqua und Gas, 6: 74–81
- [9] DVGW (2012): W557 Arbeitsblatt: «Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen». Kap. 5.2, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

> SUITE DU RÉSUMÉ

- I. Développement et certification de matériaux
- II. Construction et mise en service
- III. Exploitation de systèmes
- IV. Stratégies d'échantillonnage et étude de cas

L'objectif était d'élargir les connaissances sur les facteurs de risque de prolifération de germes dans les installations d'eau potable et de lutter contre une dégradation de la qualité de l'eau dans les bâtiments par le biais de mesures préventives. Les résultats de l'étude doivent permettre, le cas échéant, de compléter et de renforcer les règles figurant dans les normes et directives existantes [1, 2], et d'aider à la mise en œuvre cohérente sur le terrain. Ce projet a été en partie financé par la Confédération et mené en coopération avec neuf partenaires de projet des domaines de la recherche, de l'industrie, de l'approvisionnement, de la réglementation et des contrôles.