

MAL SCHNELL EINE WASSERPROBE NEHMEN

UNTERSUCHUNG VON GEBÄUDE-TRINKWASSER-INSTALLATIONEN AUF LEGIONELLEN

Die Beprobung von Gebäude-Trinkwasserinstallationen auf Legionellen ist komplex und stellt hohe Anforderungen an die Probenahme-Verantwortlichen. Wird die Beprobung nicht fachgerecht umgesetzt, kann dies zu einer falschen Einschätzung der Gefährdungssituation und in der Folge zu Krankheitsfällen führen. Zudem können unnötige Kosten aufgrund wenig zielführender Massnahmen generiert werden. Im Rahmen zweier Forschungsprojekte wurde deshalb ein Gesamtkonzept für die Probenahme auf Legionellen ausgearbeitet, einschliesslich verschiedener unterstützender Anleitungen, Entscheidungs- und Dokumentationsvorlagen.

Franziska Rölli*, Hochschule Luzern T&A

Stefan Kötzsch, Vadea AG

Isabelle Kunz, ewp AG

Frederik Hammes, Eawag

RÉSUMÉ

PRÉLEVER VITE UN ÉCHANTILLON D'EAU: DÉTECTION DES LÉGIONELLES DANS LES INSTALLATIONS D'EAU POTABLE DES BÂTIMENTS

L'échantillonnage de l'eau potable est décisif lorsqu'il s'agit de préserver l'hygiène de l'eau. Il permet de détecter les risques de maladie potentiels de manière préventive et de prendre les mesures nécessaires à temps afin d'éviter les infections causées par l'eau, comme la légionellose. Un échantillonnage inapproprié peut cependant entraîner la prise de décisions erronées, ce qui aboutit à la sous-estimation d'une situation dangereuse ou à des frais liés à des mesures inutiles. Deux projets de recherche ont donc étudié de manière approfondie l'échantillonnage dans les installations d'eau potable des bâtiments à des fins de détection des légionelles et ont montré que de nombreux facteurs reentraient en ligne de compte dans ce processus. Actuellement, ces facteurs sont pris en compte de manière très diverse dans les différentes instructions qu'il est très difficile de mettre en relation en raison de différences notionnelles comme conceptuelles. Cela entraîne une interprétation ainsi qu'une utilisation qui ne sont pas uniformes. Si l'on ajoute à cela le manque de documentation des méthodes d'échantillonnage, ces circonstances compliquent l'interprétation

EINLEITUNG

WASSERPROBEN – SINNVOLL ...?

Die Qualitätsanforderungen an Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen sind in der Schweiz in der gleichnamigen Verordnung des Eidgenössischen Departements des Innern festgelegt (TBDV) [1]. So darf Trinkwasser z. B. hinsichtlich Art und Konzentration der darin enthaltenen Mikroorganismen, Parasiten sowie Kontaminanten keine Gesundheitsgefährdung darstellen. Im Dusch- und Badewasser wird in diesem Zusammenhang insbesondere die Einhaltung eines Legionellen-Höchstwertes gefordert, um durch diese Bakterien ausgelöste Erkrankungen wie das Pontiac-Fieber mit grippeähnlichen Symptomen oder schwerwiegenderen Lungenentzündungen vorzubeugen.

Der Eigentümer einer Gebäude-Trinkwasserinstallation ist dafür verantwortlich, dass die in der TBDV beschriebenen Qualitätsanforderungen eingehalten werden, wenn er Trinkwasser an Dritte abgibt. Während gewisse hygienische Mängel durch geschmackliche oder geruchliche Veränderungen offensichtlich

* Kontakt: franziska.roelli@hslu.ch

Lizenz für Dimitris Antonakis, dimitris.antonakis@eawag.ch

Eawag, Dübendorf

werden, sind viele andere nicht über die menschliche Sensorik wahrnehmbar. Insbesondere, ob der Legionellen-Höchstwert eingehalten wird, kann schlussendlich nur über die Beprobung der Anlage festgestellt werden (Routinebeprobung). In öffentlich zugänglichen Gebäuden kann dies zudem durch die zuständige Vollzugsbehörde mittels amtlicher Proben überprüft werden [2]. Aber auch im Falle einer festgestellten Kontamination sind in der Regel weitere Abklärungen mittels Wasserproben nötig, um das Ausmass und die Ursachen zu klären (weitergehende Beprobungen) – Informationen, die für eine zielführende und nachhaltige Umsetzung von Sanierungsmassnahmen in der Regel zentral sind. Um den Erfolg solcher Massnahmen zu überprüfen, sind wiederum Beprobungen nötig, die unter Umständen auch von den Vollzugsbehörden eingefordert werden (Nachbeprobung). Nicht zuletzt dienen Wasserproben dazu, abzuklären, ob die Gebäude-Trinkwasserinstallation im Falle einer an der Legionärskrankheit erkrankten Person möglicherweise die Infektionsquelle war (Fallabklärung).

Diese vier verschiedenen Fälle machen deutlich, dass Wasserbeprobungen zentral sind, wenn es darum geht, die Trinkwasserhygiene zu erhalten, präventiv potenzielle Erkrankungsrisiken zu erkennen und rechtzeitig die nötigen Massnahmen einzuleiten, um über das Wasser ausgelöste Krankheitsfälle zu verhindern.

... ODER DOCH NUTZLOS?

Dennoch werden in diesem Zusammenhang auch immer wieder kritische Stimmen laut. Selbst die Sinnhaftigkeit von Beprobungen wurde schon generell in Frage gestellt. Tatsächlich können Beprobungen nutzlos sein, nämlich dann, wenn sie nicht fachgerecht geplant und durchgeführt werden. In diesem Fall besteht zum Beispiel die Gefahr, dass die Ergebnisse nicht die Gesamtsituation der Anlage widerspiegeln und somit Fehlschlüsse daraus gezogen werden. Zudem wird so der Nutzen für systematische Auswertungen von Untersuchungsergebnissen geschmälert, wie sie zum Beispiel schon in Deutschland durchgeführt wurden [3]. Dies, um beispielsweise besonders häufig kontaminierte Gebäudetypen auszumachen oder Hinweise zu Legionellen-Temperatur-Zusammenhängen zu sammeln. Für solche Auswertungen ist es essenziell, sicherzustellen, dass die Ergebnisse

repräsentativ für die jeweils untersuchten Anlagen(-teile) sind und nicht «Äpfel mit Birnen verglichen werden».

FACHGERECHTE AUSFÜHRUNG!

Entsprechend sollte die Frage nicht lauten, ob Wasserbeprobungen durchgeführt werden sollen, sondern wann, mit welchem Ziel und auf welche Art und Weise. Bei der Beantwortung dieser Fragen gilt es sowohl gesundheitliche wie auch mikrobiologische, gebäudetechnische und finanzielle Überlegungen miteinzubeziehen. Dieser risikobasierte Ansatz erfordert ein breites Fachwissen und ist nicht ganz trivial in der Umsetzung. So fordert die DIN EN ISO 19458:2006 denn auch, dass «eine geregelte Schulung, Schulungsnachweis und Prüfung der Kompetenz des für die Probenahme verantwortlichen Personals» notwendig ist [4].

Anfang Jahr wurde der Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung) veröffentlicht. Darin wird dazu aufgerufen, national entsprechende Hilfestellungen und Angebote zu erarbeiten. Diese sollen einerseits Angaben umfassen, welche die Betreiber bei der Erarbeitung eines Selbstkontrollkonzepts für ihre Gebäude unterstützen. Dies wurde bereits durch die Erarbeitung der neuen SVGW-Richtlinie W3/E4 aufgefangen, deren Vernehmlassung bereits abgeschlossen ist und die im ersten Quartal 2021 veröffentlicht werden soll.

ZWEI FORSCHUNGSPROJEKTE

Andererseits werden Angaben gefordert, die helfen, ein zielführendes Vorgehen für die Beprobung in einem spezifischen Gebäude zu definieren. Entsprechende Grundlagen wurden von zwei Forschungsprojekten erarbeitet, auf die nachfolgend detaillierter eingegangen wird. Ziel war es, eine Bestandsaufnahme zum Thema «Legionellen-Beprobungen in Gebäude-Trinkwasserinstallationen» durchzuführen und basierend darauf eine Empfehlung für eine fachgerechte Beprobung von Gebäude-Trinkwasserinstallationen auf Legionellen für die Schweiz zu formulieren.

PROJEKT 1: BESTANDSAUFNAHME

ÜBERBLICK

2018/2019 wurde die Beprobung von Gebäude-Trinkwasserinstallationen auf

Legionellen erstmalig im Detail und mit Blick auf die Situation in der Schweiz im Rahmen eines Forschungsprojektes beleuchtet. Dieses wurde durch die Forschungsgruppe «Gesundheit und Hygiene» des Instituts für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern und die Forschungsgruppe «Trinkwassermikrobiologie» der Eawag bearbeitet. Finanziert wurde das Projekt vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen.

Das Ziel war, anhand von Literaturrecherchen die Herausforderungen bei Probenahmen zusammenzutragen, inklusive der Aspekte, welche die Probenergebnisse beeinflussen können. Weiter wurde anhand einer Umfrage unter den kantonalen Laboratorien der Schweiz ein Überblick erstellt, wie diese Aspekte gegenwärtig berücksichtigt werden und inwiefern Handlungsbedarf für ein einheitlicheres Vorgehen besteht.

ERKENNTNISSE

Literaturrecherche und Umfrage

Die Tatsache, dass eine Wasserversorgungsanlage ein komplexes und weit verzweigtes Ökosystem beherbergt, macht eine repräsentative Beprobung zur Herausforderung: Unzählige Mikroorganismen finden sich sowohl auf den Oberflächen in Biofilmen wie auch frei im Wasser [5]. Die Anzahl und Artenzusammensetzung der vorhandenen Organismen werden unter anderem durch Faktoren wie «Temperatur», «Wasseraustausch», «Nährstoffe» und «Oberflächenbeschaffenheit» beeinflusst, die wiederum gegenseitig in Wechselwirkung stehen [6, 7]. *Legionella pneumophila*, das Legionellen-Bakterium, das weltweit für den Hauptteil der Legionellose-Erkrankungen verantwortlich ist, ist dabei eine Spezies unter vielen Tausend in einer Trinkwasserinstallation. Als Folge der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen und abiotischen Faktoren sind Legionellen im System in der Regel sowohl örtlich wie auch zeitlich sehr unterschiedlich zahlreich anzutreffen. Zudem vermehren sie sich primär in Amöben (tierischen Einzellern) statt frei im Wasser [8] und können verschiedene Aktivitäts- und Virulenzstadien annehmen [9].

Entsprechend wird das Probenergebnis durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst. So können z.B. Aspekte wie eine zu kleine Probenanzahl, ungüns-

tig gewählte Probenahmezeitpunkte [10–18] und -orte [18–22] oder zu kleine Beprobungsvolumina [16, 19] dazu führen, dass die Ergebnisse nicht repräsentativ für die Gesamtsituation in der Anlage sind und ein allfälliges Problem unentdeckt bleibt oder falsch eingeschätzt wird. Weiter können nicht fachgerecht vorbereitete Probenahmegefässe [23, 24] und Transportbedingungen darin resultieren, dass sich die Legionellen-Werte bis zur Analyse verändern und die Ergebnisse von der Situation in der beprobten Anlage abweichen. Nicht zuletzt wird eine zielführende Interpretation der Ergebnisse zurzeit oft durch unterschiedlich angewendete Probenahmestrategien [10, 25–29] in Kombination mit einer unzureichenden Dokumentation verunmöglicht, oder es werden Fehlschlüsse gezogen. Entsprechend sinken auch die Chancen, dass Sanierungsmassnahmen den gewünschten Effekt zeigen und sich nachhaltig bewähren. Die gegenwärtig unterschiedliche Handhabung bei der Beprobung wurde durch eine 2019 durchgeführte Umfrage bestätigt [30]. Probenehmer wie auch Laboratorien und der Vollzug sind jedoch auf eine Standardisierung angewiesen, um die Vergleichbarkeit und Validität der Resultate zu gewährleisten. Dazu gehört auch ein entsprechendes Schulungsangebot.

PROJEKT 2: PROBENAHMEKONZEPT

ÜBERBLICK

Im Jahr 2018/2019 wurde durch die gleichen Forschungsgruppen der Hochschule Luzern HSLU und Eawag ein Folgeprojekt angestossen. Das Ziel war, auf der Basis der in Projekt 1 gewonnenen Erkenntnisse konkrete Handlungsempfehlungen und Hilfestellungen zu erarbeiten. Finanziell wurde das Projekt durch verschiedene interessierte Partner getragen: Amt für Hochbauten Stadt Zürich, Immobilien Stadt Zürich, SVGW-Forschungsfonds Fowa, Suissetec und Stadtwerk Winterthur. Ebenfalls mitbeteiligt waren die Wasserversorgung Stadt

Zürich und das Kantonale Labor Zürich. Mittels Literaturrecherchen und Befragungen wurden gängige nationale und internationale Empfehlungen zur Beprobung von Gebäude-Trinkwasserinstallationen auf Legionellen zusammengetragen und miteinander verglichen. Unter Miteinbezug der Erkenntnisse aus dem 1. Projekt wurde in der Folge ein Vorschlag für eine optimierte und einheitlichere Probenahmestrategie erarbeitet. Im Anschluss wurde dieser anhand der Untersuchung von öffentlichen Objekten (Alterszentren, Schulanlagen und Sportanlagen) auf die Aussagekraft und Praxistauglichkeit hin erprobt und überarbeitet.

ERKENNTNISSE

Aktuelle «Anleitungen»

Wang *et al.* [16] haben sich mittels einer Literaturstudie intensiv mit dem methodischen Vorgehen beim Nachweis von opportunistischen Krankheitserregern – unter anderem Legionellen – in Gebäuden auseinandergesetzt und festgestellt, dass es derzeit keinen Konsens in Bezug auf Methodik und Protokolle gibt. Ein Grund wird darin gesehen, dass bis heute vorwiegend die kommunalen Wasserversorgungen überwacht werden und die Gebäude erst langsam in den Fokus rücken. Ein weiterer Grund besteht wohl darin, dass Gebäude-Trinkwasserinstallationen komplex und jeweils Unikate sind.

Ungeachtet dessen werden schon seit Jahrzehnten Überlegungen zu Probenahmestrategien angestellt [19], die mit dem Fokus «Legionellen» im Jahr 2007 seitens WHO in einem Dokument zusammengefasst und veröffentlicht wurden [7]. In Europa beschreibt zudem die EN ISO 19458:2006 wichtige Aspekte bei der Probenahme von Wasser für mikrobiologische Untersuchungen [4]. Zudem hat die «European Technical Guidelines Working Group» im Jahr 2017 Richtlinien für die Prävention, Kontrolle und Untersuchung von durch Legionellen verursachte Infekti-

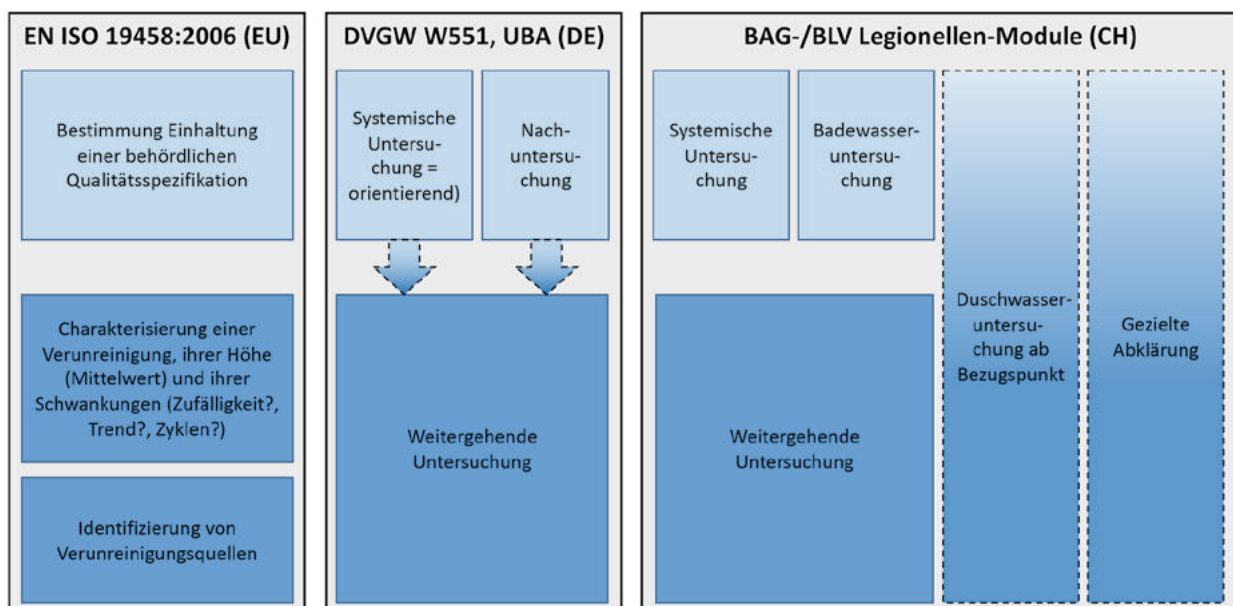


Fig. 1 Gegenüberstellung verschiedener Untersuchungsziele, wie sie in unterschiedlichen Normen, Richtlinien und Empfehlungen beschrieben sind.

Kurzbezeichnung	Ziel
Duschwasseruntersuchung ab Bezugspunkt	Kontrolle auf lokale Kontaminationen
Systemische Untersuchung	Überprüfung der zentralen Teile
Weitergehende Untersuchung	Stufenkontrolle bei systemischem Befall
Gezielte Abklärung	Abklärung von Erkrankungsfällen
Badewasseruntersuchung	Kontrolle des Beckenwassers

Tab. 1 Unterscheidung nach fünf Untersuchungszielen in den Legionellen-Empfehlungen von BAG/BLV

onen überarbeitet und u. a. detailliert bei der Probenahme zu berücksichtigende Aspekte beschrieben [31]. In Deutschland wurden kürzlich im gleichen Zusammenhang aktualisierte Empfehlungen des Umweltbundesamts veröffentlicht [32], in der Schweiz enthalten die Legionellen-Empfehlungen des BAG/BLV in Modul 10 entsprechende Angaben [33]. Teilweise ergänzen sich die genannten Dokumente. Eine Gegenüberstellung der jeweiligen Vorgaben/Empfehlungen macht aber auch klar, dass sich einige Angaben widersprechen und durch unterschiedlich genutzte Begrifflichkeiten sowie Kriterien Verwirrung bzw. unterschiedliche Interpretationsweisen gefördert werden.

Es wird zum Beispiel sowohl seitens internationaler [4, 7] wie auch nationaler [33] Normen und Empfehlungen darauf hingewiesen, dass die Probenahmestrategie in Abhängigkeit des Untersuchungsziels (auch Probenahmeauftrag genannt) gewählt werden muss. Eine entsprechende Kategorisierung wird in den verschiedenen Dokumenten allerdings nicht einheitlich gemacht, was u. a. der Versuch einer Gegenüberstellung in *Figur 1* illustriert. Die Farbgebung orientiert sich an den Kategorien, wie sie in der EN ISO 19458:2006 festgelegt sind.

Auch die Details für die Beprobung (Probenahmetechnik) werden in den Dokumenten unterschiedlich definiert:

So beschreibt die europäische Norm EN ISO 19458:2006 [4] zum Beispiel, dass die Probenahmefrequenz und der Probenahmeumfang vom Untersuchungsziel abhängig gemacht werden soll. Bei der Beschreibung der Vorgehensweise während der Beprobung wird dagegen nicht zwischen Untersuchungszielen unterschieden, sondern nach Installationsabschnitt, dessen Wasserbeschaffenheit überprüft werden soll, nämlich:

- Wasserbeschaffenheit im öffentlichen Versorgungsnetz
- Wasserbeschaffenheit an Entnahmestelle des Verbrauchers (unter Einfluss der Trinkwasserinstallation im Gebäude)

c) Wasserbeschaffenheit während der Entnahme (unter Einfluss der einzelnen Armatur)

In Deutschland unterscheidet das DVGW-Arbeitsblatt W 551 [34] zwischen systemischen Untersuchungen, weitergehenden Untersuchungen und Nachuntersuchungen, wobei sowohl die systemische Untersuchung wie auch die Nachuntersuchung in gewissen Situationen vom Umfang her einer weitergehenden Untersuchung entsprechen kann. Dies ist in *Figur 1* anhand von Pfeilen angedeutet. Die detaillierte Vorgehensweise ist in den UBA-Empfehlungen [32] primär für die systemische Beprobung beschrieben und basiert grundsätzlich auf derjenigen der EN ISO 19458:2006 Zweck b). Für die weitergehende Untersuchung wird auf die gleiche Vorgehensweise verwiesen, für eine gezielte Abklärung eines Erkrankungsfalls auf die Beprobung gemäss EN ISO 19458:2006 Zweck c).

In der Schweiz werden in den Legionellen-Empfehlungen von BAG/BLV dagegen fünf unterschiedliche Untersuchungsziele beschrieben, die nicht alle klar denjenigen der EN ISO 19458:2006 gegenübergestellt werden können (relevanter Auszug in *Tab. 1*) [33].

Die fünf Untersuchungsziele werden u. a. bezüglich Probenanzahl und -ort weiter ausgeführt. Für die detaillierte Vorgehensweise bei der Beprobung hingegen wird weder klar nach Probenahmeauftrag noch nach Installationsabschnitt, dessen Wasserbeschaffenheit beprobt werden soll, unterschieden. Stattdessen erfolgt die Unterscheidung nach Entnahmestellen: Für die Beprobung von Duschen werden drei verschiedene Vorgehensweisen beschrieben, für Bezugsarmaturen eine und für Becken, Bassins, Wannen sowie Tanks eine weitere. Diese können aufgrund der unterschiedlichen Kriterien und der Überschneidungen wie auch Abweichungen nicht direkt mit den in der EN ISO 19458:2006 beschriebenen Vorgehensweisen in Verbindung gesetzt werden.

Die oben beschriebenen unterschiedlichen Konzepte wirken sich auch auf die Beschreibung von Detailspekten aus, wie zum Beispiel, ob vor der Probenahme eine bestimmte Menge Wasser laufen gelassen werden soll (Vorlauf), oder direkt das erste Volumen abgefasst werden soll (ohne Vorlauf). In *Figur 2* wurde versucht, die Angaben verschiedener Dokumente diesbezüglich einander gegenüberzustellen. Aufgrund der zuvor beschriebenen unterschiedlich genutzten Begrifflichkeiten und Kriterien gelang dies nur bedingt.

Auch in Bezug auf weitere wichtige Aspekte während der Probenahme wie «Zeitpunkt», «Beprobung Warmwasser/Kaltwasser/Mischwasser», «begleitende Temperaturmessungen» etc. wurden Unterschiede zwischen den verglichenen Dokumenten festgestellt, auf die hier allerdings nicht im Detail eingegangen werden kann.

Erprobung des neuen Vorgehens

Im Rahmen der Studie wurde ein Beprobungskonzept ausgearbeitet, das es erlaubte, Vor- und Nachteile verschiedener Strategien anhand von über 300 Proben, die in grösseren Objekten (Alterszentren, Schulanlagen, Sportanlagen) genommen wurden, zu untersuchen. In jedem Gebäude wurde zuerst eine Bestandsaufnahme und Risikobewertung mit dem Ziel durchgeführt, die jeweiligen anlagen- und betriebstechnischen Aspekte zu erfassen und basierend darauf die Probenahme zu planen. Bei der Beprobung wurden sowohl die Warmwasser- wie auch die Kaltwasserinstallationen berücksichtigt und es wurden begleitende Temperaturmessungen durchgeführt. Nach Durchführung der Probenahme wurden die über 300 Wasserproben der Objekte auf *Legionella pneumophila* hin analysiert. Ein Teil der Proben wurde zudem durch akkreditierte Referenzlaboratorien verifiziert und serotypisiert.

Aus der umfassenden Datensammlung wurden unter anderem folgende Erkenntnisse abgeleitet:

Untersuchungsziel Wasserbeschaffenheit ...	WHO	European Technical Guidelines	EN ISO 19458:2006 (EU)	UBA- Empfehlungen (DE)	BAG-/BLV Legionellen-Module (CH)
... beim Haus- anschluss (Netzwasser)			Vorlauf bis Tempera- konstanz (Tk)		<div style="border: 1px dashed red; padding: 5px;"> Keine klare Unterschei- dung nach Anlageteilen, stattdessen: <u>Variante 1 (Dusche):</u> Spülen bis angenehme Temperatur <u>Variante 2 (Dusche):</u> 15 s Spülen mit hohem Durchfluss bei Mischwassertemperatur <u>Variante 3 (Dusche):</u> ohne Vorlauf <u>Variante 4 (Dusche):</u> Vorlauf bis Tk <u>Variante 5 (Armatur ohne Dusche):</u> 1–3 Liter Vorlauf </div>
... der zentralen Anlageteile	längerer Vorlauf	Spülen bis Tk > erneut Spülen für 1 min > Schlies- sen der Armatur > Desin- fektion für 1 min > erneut Spülen > Probe		1 L Vorlauf	
... an der Entnahme- stelle			nur kurzes Vorspülen (um Einfluss der Armaturdesinfektion auszugleichen)		
... wie das Wasser verbraucht wird / Peripherie	ohne Vorlauf	ohne Vorlauf	ohne Vorlauf	ohne Vorlauf	

* Unklar, inwiefern sich die beiden Bezeichnungen in verschiedenen Dokumenten auf dasselbe beziehen

Fig. 2 Gegenüberstellung der Angaben verschiedener Dokumente betreffend Vorlauf bei der Beprobung

1. Ohne Situationsanalyse vor der Probenahme kann keine fachgerechte Probenahme durchgeführt werden. Unter anderem ist es wichtig, über Informationen zu folgenden Punkten zu verfügen: Warmwasseraufbereitung, Leitungsführung, verschiedene Armaturen, Wassertemperaturen, tatsächliche Nutzung, Auffälligkeiten und allfällige Zudosierung von Desinfektionsmitteln.
2. Die Lokalisierung einer allfälligen Kontamination bildet u. a. eine essenzielle Entscheidungsgrundlage im Zusammenhang mit Sanierungsmassnahmen. Entsprechende Informationen erhält man durch die zielführende Wahl der Probenahmestelle sowie des «Vorlaufvolumens» vor Befüllung der Probenahmeflasche: Wenn der hygienische Zustand der zentralen Anlagenteile (Warmwasserspeicher, Zirkulationsleitungen etc.) überprüft werden soll, empfiehlt sich ein Vorlauf von vier Litern, bei der Überprüfung von peripheren Anlagenteilen (Armatur, Duschschlauch, Stockwerksverteilung etc.) kein oder ein eher geringes Vorlaufvolumen.
3. Werden zentrale Anlagenteile mittels Proben an peripheren Entnahmestellen überprüft, kann dies im Falle von Proben mit Legionellen-Befund zu Interpretationsschwierigkeiten führen.

4. Grössere Gebäude, wie einige im Projekt untersuchte, können mehrere hundert potenzielle Probenahmestellen aufweisen, die sich teilweise massiv bezüglich der Legionellen-Konzentrationen unterscheiden. Die Wahrscheinlichkeit, mittels weniger Proben eine Kontamination verlässlich festzustellen, scheint deshalb für die zentralen Anlagenteile höher zu sein als für die peripheren Anlagenteile. Zudem wirkt sich eine Kontamination in den zentralen Anlageteilen auf einen grösseren Teil der Anlage aus als eine periphere Kontamination.
5. Die Beprobung des Netzwassers scheint in der Regel in einem Negativbefund zu resultieren (= keine Legionellen nachgewiesen).
6. Die Beprobung der Kaltwasserleitungen im Gebäude kann bei spezifischem Verdacht (z. B. aufgrund von Temperaturmessungen) sinnvoll sein. Die rich-

tige Wahl der Probenahmestelle, der Vorgehensweise und die Interpretation allfälliger Positivbefunde ist allerdings alles andere als trivial.

7. Bei der Beprobung von Mischwasser muss mit unkontrollierbaren Verdünnungseffekten gerechnet werden. Entsprechend besteht das Risiko, eine allfällige Kontamination zu übersehen, bzw. im Falle eines Legionellen-Positivbefundes die Kontamination nicht richtig zuzuordnen zu können.
8. Der hypothetische Nutzen von Temperaturmessungen für eine risikobasierte Bestimmung der Probenahmestellen hat sich im Rahmen der Untersuchungen an den zehn Objekten nicht klar gezeigt. Die Temperaturmessungen haben sich aber aus verschiedenen anderen Gründen als wichtige Mittel herausgestellt: Unter anderem, um betriebstechnische Parameter zu überprüfen (z. B. Temperatur im Speicher und in der Zirkulationsleitung), Mischwasser zu erkennen (z. B. aufgrund eines Verbrühungsschutzes oder eines defekten Rückschlagventils) oder Schwachstellen der Anlage (z. B. mangelhafte Dämmung und/oder hydraulischer Abgleich oder ungenügender Betrieb der Umwälzpumpe).
9. Damit Legionellen-Beprobungen auch einen grösstmöglichen Nutzen haben, muss die Probendokumentation zu-

künftig zwingend ausführlicher und informativer gestaltet werden – insbesondere solange sich die Vorgehensweisen von einem zum nächsten Probennehmer unterscheidet.

EMPFEHLUNG

Der Vergleich der Dokumente sowie die Erfahrungen aus vielen Diskussionen zeigten deutlich den Bedarf für eine optimierte und einheitlichere Probenahme-strategie auf. Es wurde aber auch klar, dass ein einziges klar definiertes Beprobungsprotokoll nicht in allen Situationen und für jedes Gebäude zielführende Ergebnisse liefern kann.

Entsprechend wurde auf der Basis der Erkenntnisse aus den oben beschriebenen zwei Studien eine Empfehlung mit dem nötigen Spielraum für Anpassungen ausgearbeitet. Sie beschreibt, wie die Beprobung von Gebäude-Trinkwasserinstallationen auf Legionellen zukünftig geplant und durchgeführt werden soll. Es wird zwischen vier verschiedenen Untersuchungszielen unterschieden, wobei eine Entscheidungshilfe in Form eines Flussdiagramms eine entsprechende Kategorisierung erleichtert. Für jedes der vier Untersuchungsziele (Routinebeprobung, weitergehende Beprobung, Nachbeprobung und Fallabklärung) wurde eine Anleitung ausgearbeitet, anhand derer die Beprobung geplant werden kann. Diese verweist zudem auf die zwei Dokumente, in denen die Probenahmetechnik beschrieben ist.

Abhängig davon, ob die zentralen Anlageteile wie Warmwasserspeicher und warmgehaltene Leitungen (systemische Untersuchung) auf eine Kontamination hin überprüft werden sollen oder Installationsteile in der Peripherie, wie Stockwerksverteilung und Armaturen (periphere Untersuchung), wird ein unterschiedliches Vorgehen beschrieben. Schritt für Schritt führen die Anweisungen durch die Beprobung: von der Wahl einer geeigneten Probenahmestelle über die Vorbereitung derselben zum Befüllen der Probenahmeflasche ohne oder mit einem bestimmten Vorlauf und dem Messen der Proben- sowie der Wassertemperatur bei Temperaturkonstanz. Zusätzlich stehen neu erarbeitete Vorlagen zur Verfügung, welche die Dokumentation der Beprobung, die für die Interpretation der Ergebnisse essenziell ist, erleichtern.

AUSBLICK

Die ausgearbeitete Probenahme-Empfehlung wurde bereits in unterschiedlichen Fachkreisen zur Diskussion gestellt und der Vorschlag stiess im Kern auf eine breite Akzeptanz. In der Folge wurden im Rahmen des zurzeit laufenden Forschungsprojekts «LeCo» (*Legionella Control in Buildings, Aramis Nr. 4.20.01*) mehrere kleine Vernehmlassungsrunden durchgeführt, im Rahmen derer die Empfehlung überarbeitet und weiterentwickelt wurde. Zudem folgte die Einbindung in die neue SVGW-Richtlinien Ergänzung W3/E4 «Selbstkontrolle in Gebäude-Trinkwasserinstallationen», die Anfang 2021 veröffentlicht wird. Zeitgleich soll auch die Probenahme-Empfehlung mittels der neu erstellten Methodensammlung des SVGW öffentlich zugänglich gemacht werden.

Zudem wird aktuell von der Hochschule Luzern in Zusammenarbeit mit weiteren Fachpartnern der Aufbau eines dringend nötigen Schulungsangebots entwickelt. Es basiert auf der Probenahme-Empfehlung

und es werden die Kompetenzen vermittelt, die für eine fachgerechte Beprobung notwendig sind. Weiter wird die Arbeitssicherheit ein Thema sein, die es bei der Beprobung ebenfalls zu berücksichtigen gilt (Fig. 3).

Nicht zuletzt bleibt das Thema der Probenahme auch in der Wissenschaft aktuell. Wie in diesem Artikel ausführlich thematisiert, ist dieses komplex und entsprechend besteht weiterhin Entwicklungspotenzial. Im Verbundprojekt «LeCo» wird deshalb unter anderem der Frage nachgegangen, inwiefern Beprobungen von Luft, Biofilmen und mittels Filter zukünftig einen zusätzlichen Nutzen bei der Beprobung auf Legionellen bieten könnten. Letzteres wurde vor einigen Monaten ebenfalls in der Fachzeitschrift «Aqua & Gas» erstmalig beleuchtet und diskutiert [35]. Weitere Publikationen zu diesem Thema werden folgen.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). Stand 1. Mai 2017



Fig. 3 Probennehmer sollten auch bezüglich «Arbeitssicherheit» geschult sein, da sie sich oft potenziell Legionellen-kontaminierten Aerosolen aussetzen, die sich während der Beprobung im Raum akkumulieren.

- [2] Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV). Stand 1. Mai 2017
- [3] Kistemann T.; W.F. (2018): Big Data: Markante Erkenntnisse aus der Legionellen-Routineüberwachung. Sanitär- und Heizungstechnik, 2018. 4: p. S. 34–39
- [4] International Standards Organization (2006): EN ISO 19458:2006 (Deutsche Fassung); Wasserbeschaffenheit – Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen
- [5] Proctor, C.R.; Hammes, F. (2015): Drinking water microbiology – from measurement to management. *Current Opinion in Biotechnology*, 2015. 33: p. 87–94
- [6] Proctor, C.R. et al. (2016): Biofilms in shower hoses – choice of pipe material influences bacterial growth and communities. *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2(4): p. 670–682
- [7] W.H.O. (2007): Legionella and the prevention of legionellosis. <http://www.who.int/iris/handle/10665/43233>
- [8] Fields, B.S. et al. (1989): Intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in amoebae isolated from hospital hot water tanks. *Current Microbiology*. 18(2): p. 131–137
- [9] Alleron, L. et al. (2013): VBNC *Legionella pneumophila* cells are still able to produce virulence proteins. *Water Research*. 47(17): p. 6606–6617
- [10] Blanky, M. et al. (2015): *Legionella pneumophila*: From potable water to treated greywater; quantification and removal during treatment. *Sci Total Environ*. 533: p. 557–565
- [11] Püle, D. et al. (2016): Influence of Sampling Season and Sampling Protocol on Detection of *Legionella Pneumophila* Contamination in Hot Water/Paraugu Nëmšanas Sezonalitātes Un Paraugu Nëmšanas Metodes Ietekme Uz *Legionella Pneumophila* Kontaminācijas Noteikšanu Karstajš Ūdenī. 70(4): p. 227
- [12] Rodríguez-Martínez, S. et al. (2015): Spatial distribution of *Legionella pneumophila* MLVA-genotypes in a drinking water system. *Water Research*. 77: p. 119–132
- [13] Mouchtouri, V. et al. (2007): Risk Factors for Contamination of Hotel Water Distribution Systems by *Legionella* Species. *Applied and Environmental Microbiology*. 73(5): p. 1489–1492
- [14] Napoli, C. et al. (2009): Variable bacterial load of *Legionella* spp. in a hospital water system. *Science of The Total Environment*. 408(2): p. 242–244
- [15] Lautenschlager, K. et al. (2010): Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. *Water Research*. 44(17): p. 4868–4877
- [16] Wang, H. et al. (2017): Methodological approaches for monitoring opportunistic pathogens in premise plumbing: A review. *Water Res*. 117: p. 68–86
- [17] Bedard, E. et al. (2015): Temperature diagnostic to identify high risk areas and optimize *Legionella pneumophila* surveillance in hot water distribution systems. *Water Res*. 71: p. 244–256
- [18] Volker, S.; Schreiber, C.; Kistemann, T. (2016): Modelling characteristics to predict *Legionella* contamination risk – Surveillance of drinking water plumbing systems and identification of risk areas. *Int J Hyg Environ Health*. 219(1): p. 101–109
- [19] Barbaree, J. M., et al. (1987): Protocol for sampling environmental sites for legionellae. *Applied and Environmental Microbiology*. 53(7): p. 1454–1458
- [20] Marrie, T.J. et al. (1992): Each water outlet is a unique ecological niche for *Legionella pneumophila*. *Epidemiology and Infection*. 108(2): p. 261–270
- [21] Ditommaso, S. et al. (2010): Effective environmental sampling strategies for monitoring *Legionella* spp contamination in hot water systems. *American Journal of Infection Control*. 38(5): p. 344–349
- [22] Stout, J.E. et al. (1992): *Legionella pneumophila* in residential water supplies: environmental surveillance with clinical assessment for Legionnaires' disease. *Epidemiology and Infection*. 109(1): p. 49–57
- [23] Wiedenmann, A.; Langhammer, W.; Botzenhart, K. (2001): A case report of false negative *Legionella* test results in a chlorinated public hot water distribution system due to the lack of sodium thiosulfate in sampling bottles. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 204(4): p. 245–249
- [24] McCoy, W.F. et al. (2012): Inaccuracy in *Legionella* tests of building water systems due to sample holding time. *Water Research*. 46(11): p. 3497–3506
- [25] Quaranta, G. et al. (2012): *Legionella* on board trains: effectiveness of environmental surveillance and decontamination. *BMC Public Health*. 12(1): p. 618
- [26] Serrano-Suarez, A. et al. (2013): Microbial and physicochemical parameters associated with *Legionella* contamination in hot water recirculation systems. *Environ Sci Pollut Res Int*. 20(8): p. 5534–5544
- [27] Reinthaler, F.F. et al. (1993): Comparative study of procedures for isolation and cultivation of *Legionella pneumophila* from tap water in hospitals. *J Clin Microbiol*. 31(5): p. 1213–1216
- [28] Cristina, M.L. et al. (2016): The Impact of Aerators on Water Contamination by Emerging Gram-Negative Opportunists in At-Risk Hospital Departments. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 35(2): p. 122–129
- [29] Wang, H. et al. (2012): Molecular Survey of the Occurrence of *Legionella* spp., *Mycobacterium* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, and *Amoeba* Hosts in Two Chloraminated Drinking Water Distribution Systems. *Applied and Environmental Microbiology*. 78(17): p. 6285–6294
- [30] Rölli, F. (Juli 2019) Legionellen-Umfrage kantonale Laboratorien: Ergebnisse/Légionelles – Enquête laboratoires cantonaux: Résultats. Teil des Abschlussberichts des Projekts: Legionella in building plumbing systems (LBPS) im Auftrag vom BLV
- [31] and, E.S.S.f.T.A.L.D.E. and t.E.W.G.f.L.I. (EWGLI) (2017): European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation, of Infections Caused by *Legionella* species
- [32] Deutschland, U.B. (Dezember 2018): Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung: Probenahme, Untersuchungsgang und Angabe des Ergebnisses. Für Mensch & Umwelt
- [33] Bundesamt für Gesundheit BAG, B.f.l.u.v.B. (August 2018): Legionellen und Legionellose, BAG-/BLV-Empfehlungen
- [34] (Deutschland), D.R., Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. April 2004
- [35] Boss, R. et al. (2020): Legionellen-Nachweismethoden im Vergleich. *Aqua & Gas* 6/2020: 36–42

> SUITE DU RÉSUMÉ

des résultats et réduisent les avantages des échantillonnages. Des recherches documentaires ainsi qu'un sondage et un grand nombre d'échantillonnages d'objets réels ont donné lieu à l'élaboration d'une recommandation portant sur la manière de prélever des échantillons dans les installations d'eau potable des bâtiments afin de détecter efficacement les légionelles à l'avenir. Cette recommandation tient compte de la nature de l'échantillonnage, à savoir s'il s'agit d'un «échantillonnage de routine», d'un «échantillonnage complémentaire», d'un «échantillonnage ultérieur» ou encore de la «clarification d'un cas». Les instructions ainsi que les aides documentaires et les aides à la décision doivent être prochainement mises à disposition par le biais de la plate-forme des méthodes Eau de la SSIGE.