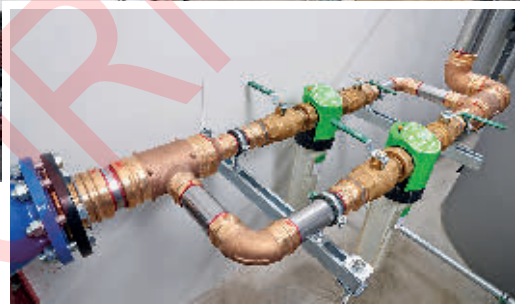




Das sich wandelnde Klima mit hohen Durchschnittstemperaturen und längeren Hitzeperioden führt inzwischen vielerorts zu erheblich steigenden Kaltwassertemperaturen im Versorgungsnetz – und in der Folge auch in den Gebäuden.



Wie Forschungsergebnisse belegen, wird von den Versorgern das Wasser inzwischen mit einer durchschnittlichen Temperatur von 14,2 °C geliefert. Bilder: Viega

Temperaturgrenzen für Trinkwasser kalt sind verbindlich

Legionellen in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen: Hygienerisiko oder Hype?

Als 2011 in die Trinkwasserverordnung der technische Maßnahmenwert für Legionellen aufgenommen wurde, konzentrierte sich die Fachwelt aus gutem Grund auf die Hygienerisiken in Trinkwasser warm-Zirkulationen. Aktuell werden aber zunehmend Legionellenbefunde in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen thematisiert. Dass hiervon eine Gesundheitsgefahr für die Nutzer ausgeht, ist allerdings kein neuer Verdacht: Verschiedene Studien und Untersuchungen haben inzwischen das Verständnis für die Problematik erweitert. Daraus lassen sich konkrete Handlungsempfehlungen für Planer und Fachhandwerker ableiten.

TEXT: Dr. Christian Schauer

Trinkwasser muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist. Es muss rein und genusstauglich sein.“ Diesem Grundsatz der Trinkwasserverordnung (TrinkwV § 4, Abs. 1) sind alle Verantwortlichen für die Planung, die Installation und den Betrieb von Trinkwasseranlagen verpflichtet. Daher ist eine fundierte Antwort auf die Frage, inwieweit Legionellen auch im Trinkwasser kalt (PWC) zu befürchten sind, entscheidend. Die zuletzt vermehrte Diskussion dieses Themas in Fachkreisen ist allein schon deswegen kein Anzeichen eines „Hypes“. Vielmehr ist sie aufgrund zahlreicher Untersuchungen in den vergangenen Jahren ein Beleg für die zunehmende Gewissheit, dass Verkeimungen von kaltgehenden Trinkwasser-Installationen ein reales Hygienierisiko darstellen.

Fortschreitende Forschung verdichtet Erkenntnisse

Bereits im Rahmen einer Dissertation aus dem Jahr 2004 wurden erstaunliche Untersuchungsergebnisse von Kaltwasserproben aus verschiedenen Gebäudetypen veröffentlicht: In rund zwölf Prozent aller Kaltwasserproben konnten damals Legionellen nachgewiesen werden – und das schon bei Temperaturen ab 12 °C! Bei diesen Untersuchungsergebnissen wurde festgestellt, dass die Kaltwassertemperaturen mit der Größe des Systems ansteigen, was mit der Länge und den Verzweigungen des Rohrsystems begründet werden kann (Stagnationen, Nutzung, etc.) [1].

Die Wechselwirkung zwischen Legionellenwachstum und Wassertemperatur untersuchte das IWW Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung im Jahr 2005 noch genauer. Die ermittelten Daten zeigten eindeutig, dass spätestens bei 20 °C die Vermehrung von Legionellen beginnt. Bestätigt wurde dies im Übrigen 2009 nochmals durch die von Professor Dr. Martin Exner beschriebene Wachstumskurve von *Legionella pneumophila* (Bild 1) [2].

Und auch der Arbeitskreis Trinkwasserinstallation & Hygiene (AK Wasserhygiene) empfahl bereits 2007, Kaltwasser in die Beprobung mit einzubeziehen. Ins-

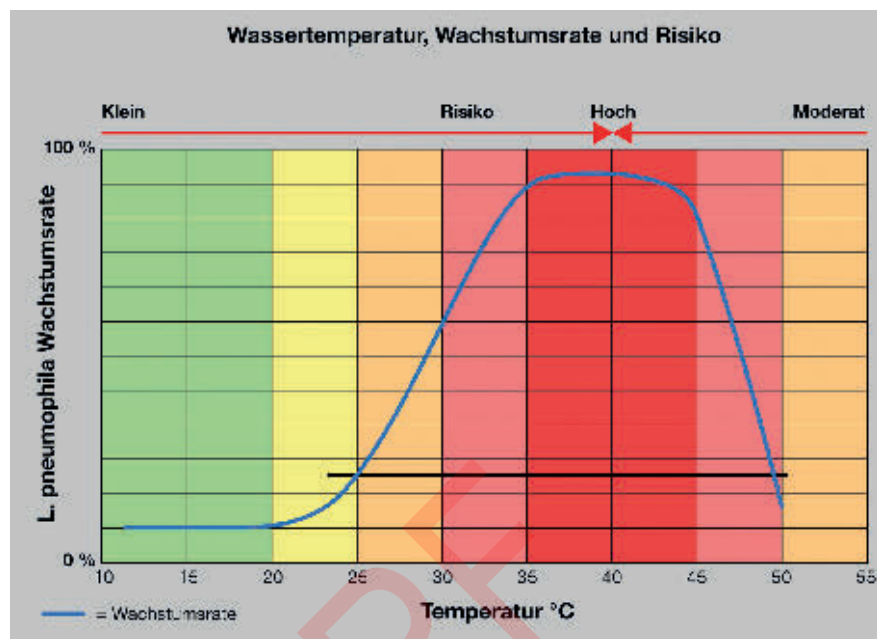


Bild 1: Wachstumskurve von *Legionella pneumophila* bei üblichen Nährstoffgehalten nach [2].
Grafik: Viega

besondere, wenn Wärmeübergänge auf PWC zu befürchten sind oder schon festgestellt wurden [3]. Aber nicht nur auf wissenschaftlicher Ebene wurde die Legionellenproblematik im Kaltwasser frühzeitig beschrieben. Einige Immobilienverwaltungen gaben aufgrund eigener Erfahrungen bereits 2011 die Warnung von Trinkwasser-Experten an die Medien weiter (Frankfurter Rundschau, 2012): „Legionellen können sich in Kaltwasserleitungen vermehren, wenn diese schlecht isoliert sind und direkt neben Warmwasserleitungen liegen. Das kommt bei Altbauten häufig vor“ [4]. Im gleichen Jahr war im Bundesgesundheitsblatt zu lesen: „In Trinkwasser-Installationen dürfen zu keinem Zeitpunkt Voraussetzungen geschaffen werden, die eine Vermehrung von Krankheitserregern, zum Beispiel Legionellen, begünstigen“ [5]. Dieser Grundsatz ist heute aufgrund einer zunehmenden Gebäudekomplexität aktueller denn je. Darüber hinaus empfahl der DVGW ebenfalls im Jahr 2011, bei Hinweisen auf Erwärmung der Leitungen für kaltes Trinkwasser auch Proben an Entnahmestellen für Kaltwasser zu entnehmen [6]. Mittlerweile ist der verbindliche Hinweis auf die Untersuchung von Kaltwasser ebenfalls in der am 18. Dezember 2018 veröffentlichten Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA) zur systemischen Untersuchung von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen enthalten [7].

Wissen verpflichtet

Der einleitend zitierte Grundsatz aus der TrinkwV, dass aus dem Trinkwassergebrauch keine Gefahr für die Gesundheit entstehen darf, verpflichtet Planer, Installateure und Betreiber von Trinkwasseranlagen, das Wissen um die Hygienierisiken durch eine Legionellenkontamination im Kaltwasser in konkrete Schutzmaßnahmen umzusetzen. Dafür gibt es rechtliche Vorgaben mit konkreten Handlungsempfehlungen. Die TrinkwV verweist zum Beispiel auf die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.). Außerdem veröffentlicht das Robert Koch-Institut (RKI) in Absprache mit den jeweils zuständigen Bundesbehörden und deren Fachkreisen Richtlinien, Empfehlungen, Merkblätter und sonstige Informationen zur Vorbeugung, Erkennung und Verhinderung der Weiterverbreitung übertragbarer Krankheiten. Gesetzlich ermächtigt dazu ist das RKI durch das Infektionsschutzgesetz (IfSG § 4). Flankierend hat das UBA gemäß § 40 des IfSG die Aufgabe, Konzepte zur Vorbeugung, Erkennung und Verhinderung der Weiterverbreitung von durch Wasser übertragbaren Krankheiten zu entwickeln. Außerdem findet sich der Schutz der menschlichen Gesundheit als übergeordneter Grundsatz des IfSG auch in der Musterbauordnung (MBO) wieder – alles zu befolgende Erlasse des Gesetzgebers [8].

Temperaturgrenzen sind verpflichtend

Die Summe aus wissenschaftlichen Erkenntnissen, Vorgaben des Gesetzgebers zum Gesundheitsschutz und der maßgeblichen Regelwerke (siehe Kasten) machen deutlich: Die Temperaturgrenze im Trinkwasser kalt von maximal 25 °C (empfohlen sind 20 °C) ist ein verbindlich einzuhaltender Parameter in allen Trinkwasseranlagen, unabhängig von ihrer Größe (Bild 2). Das entspricht sowohl den europäischen Leitlinien [9] als auch den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [10]. Als Planungsprämisse dafür wird in der Regel eine Wassertemperatur am Hauswasseranschluss von 10 °C angenommen. Das böte innerhalb der Hausinstallation „Luft nach oben“, bevor der hygienekritische Temperaturbereich von 20 °C erreicht würde. Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass von den Versorgern das Wasser inzwischen mit einer durchschnittlichen Temperatur von 14,2 °C geliefert wird [11].

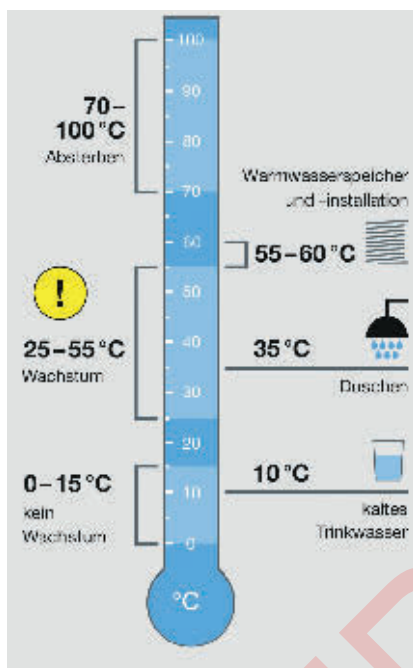


Bild 2: Die Temperaturgrenzen für Trinkwasser kalt sind verbindlich einzuhalten. Auch temporäre Überschreitungen von nur 30 s können aus gesundheitlicher Sicht nicht toleriert werden. Grafik: Viega

Ein wesentlicher Grund dafür ist der Klimawandel mit verschiedenen Auswirkungen auf die Temperaturen des Rohwassers: Zum einen steigt durch die höheren Lufttemperaturen die Rohwassertemperatur in Seen und Talsperren. Als Konsequenz nimmt die Durchmischung des warmen Oberflächenwassers mit dem kälteren Tiefenwasser ab. Lange Trockenperioden mit sinkenden Wasserständen führen zum anderen zu höheren Temperaturen in der Tiefe. Außerdem kann unter ungünstigen Bedingungen eine Gefährdung der Trinkwasserhygiene im Verteilungsnetz und in Hochbehältern nicht ausgeschlossen werden. Darüber hinaus erwärmen steigende Bodentemperaturen das Wasser in den Verteilungen der Versorger zusätzlich [12]. Ein Forschungsprojekt wies in den Sommermonaten sogar Wassertemperaturen > 25 °C im Wasserrohrnetz der Versorger nach [13].

Hinzu kommt, dass bei der Abgabe des Trinkwassers in die Hausinstallation eine weitere Erwärmung des Kaltwassers innerhalb des Gebäudes ebenfalls nicht auszuschließen ist. Somit kann die Einhal-

MAßGEBLICHE REGELWERKE UND STELLUNGNAHMEN

DIN 1988–200: „Für die Einhaltung der Hygiene in Trinkwasser-Installationen siehe VDI 6023 Blatt 1.“ [20]

VDI/DVGW 6023: „Installationsschächte für Trinkwasserleitungen kalt müssen so geplant und gebaut werden, dass eine Trinkwassertemperatur von 25 °C (Empfehlung: nicht über 20 °C) nicht überschritten wird.“ [21]

RKI-Ratgeber Legionellose: „Legionellen können auch in kaltem Wasser vorkommen, sich bei Temperaturen unter 20 °C aber nicht nennenswert vermehren.“ [22]

Stellungnahme des Umweltbundesamtes Energiesparen 09/2011: „Im öffentlichen Leitungsnetz der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) liegt die Wassertemperatur deutlich unter 20 °C, was das Bakterienwachstum wirksam verhindert. [...] Im Trinkwasser-Temperaturbereich von 20 bis 55 °C können Legionellen sich auf gesundheitlich bedenkliche Konzentrationen vermehren [...]“ [23]

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL): „Wenige Legionellen, meist < 1 KBE/Liter (KBE: Kolonienbildende Einheiten) sind auch im kalten Grundwasser vorhanden. Bis zu Temperaturen von etwa 20 °C vermehren sich Legionellen nur sehr langsam, so dass in diesem Bereich schon wegen der zu erwarteten geringen Konzentration das Erkrankungsrisiko als gering einzuschätzen ist. Erst über 20 °C steigt die Vermehrungsrate allmählich an und ist etwa zwischen 30 °C und 45 °C optimal [...]“ [24]

Umweltbundesamt, Ratgeber: Trink was – Trinkwasser aus dem Hahn (Hinweis vom RKI im Epidemiologischen Bulletin 24/2020 zum Gesundheitsschutz): „Im Kaltwasser mit Temperaturen deutlich unter 20 °C vermehren sich die Legionellen nur sehr langsam. Massenhafte Vermehrung von Legionellen in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen tritt jedoch in einem Temperaturbereich zwischen 25 °C und 55 °C auf. Ab circa 70 °C sterben die Legionellen ab. Warmes Trinkwasser sollte daher immer eine Temperatur von mindestens 55 °C aufweisen und kaltes Trinkwasser sollte kalt, das heißt möglichst < 20 °C, sein. Im Technischen Regelwerk (DIN 1988–200, VDI 6023) wird eine Höchsttemperatur von 25 °C für das Kaltwasser gefordert.“ [25]

DVGW-Information Wasser Nr. 74: „Auch Trinkwasser-Installationen des kalten Trinkwassers müssen so betrieben werden, dass unter Beachtung von Stagnationszeiten Wassertemperaturen von 25 °C nicht überschritten werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass bei Trinkwassertemperaturen von unter 20 °C selten Legionellen nachgewiesen werden.“ [26]

DVGW Arbeitsblatt 400–1: „Bei Trinkwasser, das nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik geschützt, gewonnen, aufbereitet, gespeichert und verteilt wird, haben bei stabilen Betriebsbedingungen die Fließgeschwindigkeit (ggf. auch mit Fließrichtungswechsel), Aufenthaltszeit und Temperatur (bis 20 °C) für die Koloniezahlerhöhung im Netz nur eine untergeordnete Bedeutung (stabiler Biofilm)“ [27]

tung der 25 °C-Grenze in der Trinkwasser-Installation – obwohl sie der VDI/DVGW-Richtlinie 6023 (2013) entspricht – saisonal bedingt schwierig werden; Veränderungen der mikrobiologischen Qualität der Wasserphase sind die Folge [14]. Der Hintergrund: Trinkwasser und Trinkwasserbiofilme enthalten immer Mikroorganismen. Erhöhte Temperaturen, insbesondere im Zusammenhang mit einem steigenden Nährstoffgehalt, können die mikrobiologisch-hygienische Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen. Denn sowohl eine Erhöhung der Koloniezahl als auch eine steigende Nachweishäufigkeit hygienisch-relevanter Mikroorganismen bergen ein gesundheitliches Risiko [15]. So wurden für den Trinkwasserbereich schon früher zahlreiche Legionellen-Spezies aus Trinkwasserbrunnen mit einer Wassertemperatur im Bereich von 20 °C detektiert [16]. In den Niederlanden konnten in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen Legionellen nachgewiesen werden, wobei es sich hierbei nicht um *Legionella pneumophila*, sondern primär um *Legionella anisa* handelte [17]. Hieraus ist abzuleiten, dass einige Legionellen-Spezies sogar an eine Vermehrung bei niedrigeren Wassertemperaturen adaptiert sind.

Allgemein anerkannte Regeln der Technik sind einzuhalten

Da die Einhaltung der Temperaturgrenzen in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen also nachweislich entscheidend für den Gesundheitsschutz ist, stellt sich ins-

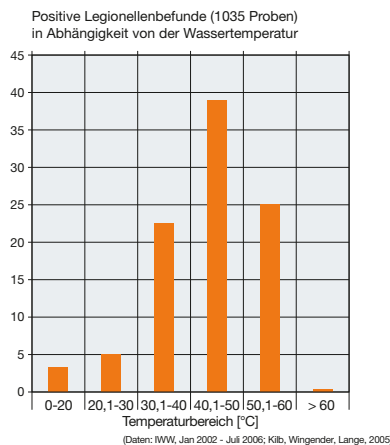


Bild 3: Untersuchungen bestätigen immer wieder den Einfluss der Trinkwassertemperatur auf das Legionellenwachstum. Besonders hygienekritisch ist dabei der Temperaturbereich jenseits von 25 °C; exponentiell beginnend aber bereits bei etwa 20 °C. Grafik: Viega

besondere für Planer und Fachhandwerker die Frage: Wie lässt sich die Kaltwassertemperatur in immer komplexer werdenden Trinkwasseranlagen und bei perspektivisch weiter steigenden Temperaturen am Hausanschluss dauerhaft im unkritischen Temperaturbereich halten? Im Wesentlichen durch die Einhaltung der a. a. R. d. T., so die Quintessenz eines DVGW-Forschungsprojektes von 2019 über das Wachstum von Legionellen in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen. Dazu zählt insbesondere die Vermeidung von Stagnation und der Wärmetübergang auf Kaltwasserleitungen. Denn das Forschungsprojekt bestätigte einmal mehr, dass die Legionellenkonzentration in einem System maßgeblich durch folgende Faktoren bestimmt wird:

- Wassertemperatur (> 25 °C)
- Biofilmbeschaffenheit, bedingt durch,
 - Nährstoffgehalt des Wassers,
 - Bakteriengehalt des Wassers,
 - Durchflussprofil,
 - Nährstoffabgabe der verwendeten Materialien.

Wie die Forschungsergebnisse außerdem zeigen, beginnt die Vermehrung von Legionellen zwar bei Wassertemperaturen > 25 °C und nimmt mit steigender Wassertemperatur zu. Allerdings war bei 27 °C nur eine geringe, bei 30 °C jedoch eine deutliche Vermehrung zu verzeichnen (**Bild 3**). Gemäß Literaturangaben liegt die optimale Wassertemperatur für das Wachstum von Legionellen bei 37 °C. In welcher Größenordnung eine Temperaturüberschreitung > 25 °C über welchen Zeitraum im Hinblick auf die Vermehrung von Legionellen akzeptiert werden kann, ist laut dieser Studie nicht definiert. Hierzu sind weitergehende Forschungen erforderlich. Doch genau solche Informationen sind in Zukunft für die Praxis von hoher Relevanz, unter anderem für die Definition eventueller Maßnahmen zur Stabilisierung der mikrobiologischen Situation [18].

Aktive Kühlung von Kaltwasser erweitert a.a.R.d.T.

Eine wirtschaftliche Option, die Kaltwassertemperatur unabhängig von den Rahmenbedingungen zuverlässig auf 20 °C zu halten, ist die aktive Kühlung mittels einer Zirkulation. Der Montageaufwand dafür lässt sich mit der Installation eines Rohrleitungssystems mit DVGW-zertifiziertem Inliner für PWC geringhalten. Hier wird der Rücklauf des Trinkwassers kalt in einer im Steigstrang integrierten Leitung zurück zu einem Durchfluss-Trinkwasserkühler geführt. Die Kühlenergie dafür kann beispielsweise ein Kaltwassersatz liefern und über einen Plattenwärmetauscher auf das PWC übertragen. Ein Sensor misst dafür die Rücklauftemperatur in der Kaltwasserzirkulation und regelt entsprechend den Volumenstrom des Kühlwassers. Die aktive Kühlung von PWC in großen Zweckgebäuden mit ausgedehnten Trinkwassernetzen kann ökonomischer und ökologischer sein, als Trinkwasser kalt mit erhöhter Temperatur „wegzuspülen“. Zumal in solchen Gebäuden Kaltwassersätze für die Raumklimatisierung in der Regel ohnehin installiert sind (**Bild 4**).



Bild 4: Größere Objekte verfügen in der Regel über einen Kaltwassersatz für die Raumkühlung. Diesen auch für die aktive Trinkwasserkühlung zu nutzen, erhöht den Energiebedarf nur geringfügig.

Bild: Viega

Der zusätzliche Energieaufwand für die Trinkwasserkühlung ist vergleichsweise gering, wie eine Konzeptstudie mit Beispielsberechnung zeigt: Bei einer benötigten Kälteleistung von 2,5 kW – was einem Krankenhaus mit etwa 60 Nutzungseinheiten entspricht – muss auf Basis der Gradzahltag im Raum Frankfurt am Main nur eine Energie von 3 010 kWh/Jahr aufgewendet werden, um die PWC-Temperatur im gesamten Kaltwassernetz im hygienisch unbedenklichen Bereich < 20 °C zu halten [19]. Doch selbst die Installation eines separaten Klimageräts für die Trinkwasserkühlung kann sich durchaus lohnen. Insbesondere, wenn damit die Trinkwassergüte verlässlich abgesichert wird. Vor allem in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen, aber auch in Hotels ist diese kontrollierte und definierte Temperaturhaltung des Kaltwassers durch PWC-Anlagen mit Kühlung empfehlenswert. Denn hier gelten erhöhte Anforderungen an die hygienischen Temperaturen. Sinnvoll ist die PWC-Kühlung auch in Trinkwasser-Installationen im Bestand, in denen nutzungs- und/oder installationsbedingt ein kontinuierlicher Wärmeeintrag zu kritischen Kaltwassertemperaturen und damit zu Hygieneproblemen führt.

Fazit

Legionellen in kaltgehenden Trinkwasser-Installationen stellen ein ernsthaftes Hygienierisiko dar, wie zahlreiche Studien nachweisen. Somit ist die Temperaturgrenze im Trinkwasser kalt von maximal 25 °C (empfohlen sind 20 °C) ein grundsätzlich einzuhaltender Parameter. Selbst Temperaturüberschreitungen für nur 30 Sekunden sind nicht zu tolerieren, um eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen (TrinkwV § 4, Abs. 1; IfSG § 37).

Die konsequente Anwendung der a.a.R.d.T. war bislang eine gesicherte Grundlage für den Erhalt der Trinkwassergüte. Doch steigende Temperaturen vom Rohwasser bis zum Hausanschluss und zum Teil große Wärmelasten in den Gebäuden schränken das ΔT als gewohnte Planungsreserve für die Erhöhung der Kaltwassertemperatur in der Installation bis 25 °C immer mehr ein. Darüber hinaus zeigen die zahlreichen verfügbaren Untersuchungsergebnisse deutlich, dass die 25 °C-Grenze für Kaltwasser in

Trinkwasser-Installationen einen schwer kontrollierbaren Maximalwert darstellt. Insbesondere in hygienisch sensiblen Gesundheitseinrichtungen sowie öffentlichen Gebäuden mit hohen Wärmelasten ist in der Konsequenz die aktive Kühlung von Trinkwasser kalt eine ebenso wirksame wie wirtschaftliche Maßnahme zur Absicherung der Trinkwassergüte. Zur Vermeidung von Hygienierisiken in kaltgehenden Trinkwasserleitungen stellt die aktive Kühlung somit eine praxisrelevante Ergänzung im Rahmen der a.a.R.d.T. dar. ■

LITERATUR

- [1] Radin, T.: Legionellen-Vorkommen in Kaltwasserleitungssystemen von Trinkwasseranlagen, Dissertation Universität Münster, 2004.
- [2] Exner, M.: Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Erfahrungen aus Deutschland – Legionellen-Fachgespräch, 2009.
- [3] Mathys, W.; Pleischl, S. (AK Wasserhygiene), Nachfragefragt ... Die Probenentnahme innerhalb des Trinkwassernetzes, S & H Report (8), S. 30-31, 2007.
- [4] Schauer, C.; Köhler, H.; Jakobiak, T.; Wagner, C.: Teurer Totalschaden – Sanierungskosten erreichen ungeahntes Ausmaß, SHT 10, S. 52–57, 2013.
- [5] Gollnisch, C.; Gollnisch, A.: Praktische und juristische Aspekte zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasser-Installationen; Bundesgesundheitsblatt 2011 (54), S. 709-716.
- [6] Twin Nr. 06: Durchführung der Probenahme zur Untersuchung des Trinkwassers auf Legionellen (ergänzende systemische Untersuchung von Trinkwasser-Installationen), DVGW, November 2011.
- [7] Umweltbundesamt-Empfehlung, Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung, 12/2018.
- [8] Schauer, C.: Neues zur dezentralen Trinkwassererwärmung, SBZ 14/15, S. 46-50, 2019.
- [9] Schauer, C.; Dinne, K.; van der Schee, W.; Mampaey, J.; Gatto, I.; Perackova, J.; Petras, D.; Bleys, B.; Juhna, T.; Ljubas, D.; Cerroni, M.; Aho, I.: Hygiene in portable water installations in buildings, REHVA, Brüssel 2019.
- [10] J. Bartram, J.; Chartier, Y.; Lee, J.V.; Pond, K.; Surmann-Lee, S.: Legionella and the prevention of legionellosis. World Health Organization (WHO), 2007.
- [11] Rühling, K.; Schreiber, C.; Luck, C.; Schaule, G.; Kallert, A.: EnEff: Wärme-Verbundvorhaben, Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation, Schlussbericht, 2018.
- [12] energie | wasser-praxis 3/2010, Klimawandel und Wasserversorgung, S. 22.
- [13] Osmancevic, E.; Engelfried, M.; Friedmann, R.: Erhöhte Temperaturen in Trinkwasser-Versorgungssystemen, Energie Wasser Praxis 09/2018, S. 58-63.
- [14] Grobe, S.; Wagner, J.; Wingender, J.: Sicherung der Trinkwasserqualität bei der Wasserverteilung bei veränderten Bodentemperaturen, dynaklim-Publikation Nr. 52/ Juli 2014.
- [15] Flemming, H.-C.; Wingender, J.: The bio-film matrix, Nature Rev. Microbiol. (8), p.: 623-633, 2010.
- [16] Pryor, M.; Springthorpe, S.; Riffard, S.; Broks, T.: Investigation of opportunistic pathogens in municipal drinking water under different supply and treatment regimes. Wat. Sci. Technol. 50, p.: 83-90, 2004.
- [17] Versteegh, J. F.M.; Brandsema, P.S.; van der Aa, N. G. F.M.; Dik, H. H. J.; de Groot, G.M.: (2007). Evaluation of Dutch water supply act: Legionella prevention. Report 7037190202007 RIVM, Bilthoven, The Netherlands. Aus: Microbial Growth in Drinking-Water Supplies. IWA Publishing 2015.
- [18] DVGW-Forschungsprojekt, Schutz des Trinkwassers: Anforderungen an den bestimmungsgemäßen Betrieb kaltgehender Trinkwasser-Installationen unter dem Gesichtspunkt der Vermehrung von Legionellen, Abschlussbericht, Juli 2019, S. 47-48.
- [19] Schauer C. et al.: Planung und Betrieb 4.0. In: van Treeck, C.; Kistemann, T.; Schauer, C.; Herkel, S.; Elixmann, R. (Hrsg.): Gebäudetechnik als Strukturgeber für Bau- und Betriebsprozesse, Springer Verlag Berlin 2018, S. 167-275.
- [20] DIN 1988–200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe, Beuth Verlag, Berlin 05/2012.
- [21] VDI/DVGW 6023: Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Anforderung an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung, Beuth Verlag, Berlin 04/2013.
- [22] Robert Koch-Institut, RKI-Ratgeber für Ärzte, Legionellose, 2013.
- [23] Stellungnahme des Umweltbundesamt (UBA) Energiesparen bei der Warmwasserbereitung – Vereinbarkeit von Energieeinsparung und Hygieneanforderungen an Trinkwasser, September 2011.
- [24] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), <https://www.lgl.bayern.de/gesundheits/hygiene/wasser/hygiene/legionellen/index.htm#verhalten>
- [25] Umweltbundesamt, Ratgeber: Trinkwasser – Trinkwasser aus dem Hahn, Gesundheitliche Aspekte der Trinkwasser-Installation, 2020.
- [26] DVGW-Information Wasser Nr. 74: Hinweise zur Durchführung von Probenahmen aus der Trinkwasser-Installation für die Untersuchung auf Legionellen, DVGW, Bonn 01/2012.
- [27] DVGW-Arbeitsblatt 400–1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen – Teil 1: Planung, DVGW, Bonn Februar 2015.



Dr. Christian Schauer
 ist Director, Center of Excellence of Water, Corporate Technology bei dem Systemhersteller von Installationstechnik Viega, Attendorn.
 Bild: Viega