



Warmes Trinkwasser ist für die Körperhygiene und den Komfort eine Selbstverständlichkeit.

# Neues zur dezentralen Trinkwassererwärmung

**Wissenschaftliche Erkenntnisse zum Legionellenschutz** ■ Viele Installateure und TGA-Fachplaner sehen dezentrale Trinkwassererwärmer, beispielsweise Durchlauferhitzer oder Wohnungsstationen, als den „Königsweg“ kontra Legionellenwachstum und pro Energieeffizienz in Trinkwasseranlagen. Zwar war diese Sicht unter Experten schon immer umstritten. In einer Mitteilung vom 18. Dezember 2018 hat nun auch das Umweltbundesamt (UBA) diesen Standpunkt offiziell gekippt. → **Dr. Christian Schauer**

**D**ezentrale Trinkwassererwärmer haben ihren Ruf als Königsweg der Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz gewissermaßen amtlich verloren (Bild 1), denn in der UBA-Mitteilung vom 18. Dezember 2018 ist auszugsweise zu lesen: „Bislang werden dezentrale Trinkwassererwärmer als sicher im Hinblick auf eine Legionellenkontamination angesehen. Neuere Erkenntnisse zeigen jedoch, dass es auch in dezentralen Trinkwassererwärmern und in den dahinterliegenden Leitungen zu einer Legionellenvermehrung kommen kann. Bei der Abklärung von Legionelleninfektionen sind

*auch dezentrale Trinkwassererwärmer in die Ursachenforschung einzubeziehen.“*

Wie ist die UBA-Mitteilung rechtlich einzuordnen? Schließlich scheint diese Position zumindest teilweise einigen Regelwerken zu widersprechen. Und welche Konsequenzen hat sie für die hygienische Planung und Ausführung von Trinkwasseranlagen? Macht der Gesundheitsschutz als oberstes Gebot eine höhere Energieeffizienz in der Versorgung mit Trinkwasser warm (potable water hot; PWH) unmöglich? Allein auf Basis der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.)

sind diese Sachverhalte nicht zu klären. Stattdessen muss ebenso der Stand der Wissenschaft und Technik einbezogen werden, um aus einer ganzheitlichen Betrachtung der Trinkwasseranlage heraus die Zielgrößen Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz in Deckung zu bringen.

## Konsequenzen für die dezentrale Trinkwassererwärmung

Die bis dato gängige Praxis, bei dezentraler Trinkwassererwärmung auf eine regelmäßige Legionellenuntersuchung zu verzichten,

ist nicht mehr zulässig – zumindest bei Verdachtsfällen. Dass solche Fälle nur selten bekannt sind, liegt jedoch weniger an der hygienischen Sicherheit von Durchlauferhitzern oder anderen dezentralen Erwärmer. Grund ist vielmehr die fehlende Datenbasis, da solche Trinkwasserinstallationen üblicherweise nicht beprobt werden.

Eine Untersuchung in einer Appartementanlage mit 84 Wohneinheiten, durchgeführt vom Medizinaluntersuchungsamt und Hygiene am Universitätsklinikum Kiel, bestätigt zum Beispiel die Notwendigkeit der zitierten UBA-Position: In der Appartementanlage versorgen in jeder Wohneinheit Durchlauferhitzer die Bewohner mit PWH. Die 3-l-Regel zur Bemessung des längsten zulässigen Leitungswegs vom Trinkwassererwärmer bis zur Entnahmestelle gemäß DIN 1988-200 und DVGW-Arbeitsblatt W 551 wurde eingehalten. Demnach wäre keine Beprobung notwendig. Als jedoch in allen Wohnungen Proben aus dem Kalt- und Warmwasser entnommen und unter anderem auf KBE20, KBE36 und Legionellen gezogen wurden, war das Ergebnis alarmierend. Die Untersuchungen auf Legionellen ergaben in 54 % der Wohnungen Konzentrationen oberhalb des technischen Maßnahmenwertes, in 12 % der Wohnungen sogar oberhalb des Gefahrenwertes von 10 000 KBE/100 ml. Selbst bei Temperatureinstellungen am Durchlauferhitzer von über 50 °C wurden teilweise hohe Belastungen mit Legionellen festgestellt. Damit bestätigen sich die altbekannten Grundprinzipien der Trinkwasserhygiene für sämtliche Installationsarten von Trinkwasseranlagen:

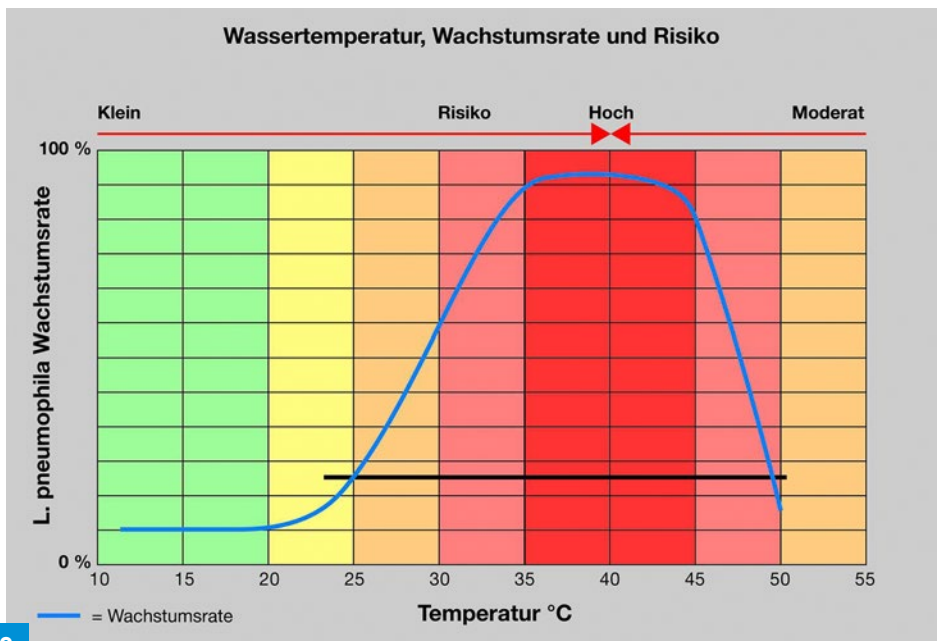
- Einhaltung der Temperaturgrenzen im Trinkwasser kalt (PWC) < 25 °C (hygienisch empfohlen < 20 °C) und Trinkwasser warm (PWH) > 55 °C,
- regelmäßiger Wasseraustausch an jeder Entnahmestelle der Trinkwasserinstallation unter Beachtung der bei der Anlagenplanung zugrunde gelegten Betriebsbedingungen (Entnahmemengen, Volumenströme und Gleichzeitigkeiten),
- Einsatz geeigneter Werkstoffe und Materialien.

Die Temperaturhaltung ist somit ein elementarer Baustein der Trinkwasserhygiene (Bild 2). Bei Installationen mit dezentralen Trinkwassererwärmern wird dieser jedoch oftmals nicht ausreichend berücksichtigt. Allerdings konterkarieren die Forderungen nach Betriebstemperaturen von PWH > 55 °C das Bemühen, die Energieeffizienz im Gebäudesektor zu verbessern. Dies geht insbeson-



Vielfach hatten Durchlauferhitzer den Ruf, Energieeffizienz und Trinkwasserhygiene gut miteinander vereinbaren zu können. Vor einiger Zeit gab das Umweltbundesamt (UBA) jedoch die Mitteilung heraus, dass auch von dezentralen Trinkwassererwärmern eine potenzielle Gefahr der Verkeimung mit Legionellen ausgeht.

Bild: Viega



Wachstumskurve von Legionella pneumophila nach Exner 2009: Ein wichtiger Teilaspekt zur Sicherung der Trinkwassergüte ist das Temperaturregime der Trinkwasseranlage. Die hohen Temperaturen zum Schutz gegen Legionellen erfordern jedoch hohe Energiemengen.

Bild: Viega

dere zulasten regenerativer Wärmeversorger wie beispielsweise Wärmepumpen, die nur bei niedrigen Systemtemperaturen effizient arbeiten.

### Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz im Widerspruch?

Regenerative Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen werden über Fördergelder forciert, um im Gebäudesektor perspektivisch fossile Energieträger abzulösen. Eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeversorgung ist das erklärte Ziel. Durch die Gebäudedämmung konnten gerade im Neubau schon deutliche Energieeinsparungen für Heizwärme erzielt werden. Umso offensichtlicher wird in Relation dazu der Energieverbrauch für PWH. Hinzu kommt der Umstand, dass Wärmepumpen in der Regel die geforderten hohen PWH-Temperaturen > 60 °C technisch gar nicht erreichen können, um eine hygienisch unbedenkliche Warmwassertemperatur in Speichern sicherzustellen – zumindest nicht mit der gebotenen Energieeffizienz. Zusätzliche Installationen wie elektrische Heizstäbe oder Heizthermen belasten die Energiebilanz eines Gebäudes in der Folge so stark, dass mitunter sogar die Voraussetzungen für Fördergelder gefährdet sind.

Aus rein energetischer Sicht wäre es daher sinnvoller – und für den Nutzer auch ausreichend –, Warmwasser nur auf die Temperatur des Gebrauchs aufzuheizen, also etwa auf 38 °C bis 42 °C. Der Erhalt der Trinkwasserqualität könnte dann über sporadisches Aufhei-

zen auf > 60 °C erreicht werden, so eine häufige Meinung. Gemäß der Stellungnahme des UBA vom September 2011 sind derartige „Legionellenschaltungen“ allerdings genauso wie chemische Desinfektionen gänzlich ungeeignet, um PWH-Temperaturen zur Energieeinsparung abzusenken. Eine zyklische Aufheizung des Trinkwassers auf > 60 °C sei mit einer regelkonformen thermischen Desinfektion nicht gleichzusetzen und daher hygienisch wirkungslos. Eine permanente chemische Desinfektion ist wiederum keine Alternative, denn sie widerspricht dem Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).

Allerdings weist das UBA in seiner Stellungnahme von September 2011 darauf hin, dass die a. a. R. d. T. durchaus neue Lösungen ermöglichen. Exemplarisch steht dafür die Aussage des DVGW: „Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, auch mit anderen technischen Maßnahmen und Verfahren das angestrebte Ziel des DVGW-Arbeitsblattes W 551 einzuhalten. In diesen Fällen müssen die einwandfreien Verhältnisse durch mikrobiologische Untersuchungen nachgewiesen werden.“ Ähnlich formuliert es die DIN 1988-200: „Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, auch mit anderen technischen Maßnahmen und Verfahren die Trinkwasserhygiene sicherzustellen. In diesen Fällen müssen die einwandfreien Verhältnisse durch mikrobiologische Untersuchungen nachgewiesen werden. [...] Die Planung hat so zu erfolgen, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb



### SERVICE

#### Bei uns geht nichts verloren

Haben Sie eine SBZ-Ausgabe verpasst oder nicht archiviert? In unserem Online-Archiv auf SBZ-Online können Sie je nach Bedarf oder aktuellem Problem nach allen Beiträgen der letzten 15 Jahre recherchieren und diese im PDF-Format ausdrucken.

Wer sich gleich über spezielle Themen informieren will, der kann ganze Artikelsammlungen unter SBZ-Dossiers aufrufen. Dies sind nur zwei nützliche Funktionen, die Sie auf [www.sbz-online.de](http://www.sbz-online.de) finden.

Schauen Sie doch einfach mal rein!

ein für die Hygiene ausreichender Wasseraustausch stattfindet.“

Solche „anderen technischen Maßnahmen und Verfahren“ sollten auf jeden Fall, so das Credo des UBA, zur Entwicklung hygienisch sicherer, aber energieeffizienterer Anlagen genutzt werden. Alternativen, die zu einer Einsparung von Energie führen können, müssten sich aber einer kritischen Prüfung durch Experten stellen. Dabei ist zu gewährleisten, dass die Energieeinsparung durch Reduzierung der Warmwassertemperatur

- nicht auf Kosten eines erhöhten Risikos für Legionelleninfektionen über warmes Leitungswasser geht und
- die gesamte Energiewandlungskette „von der Primärenergiequelle bis zum Wasserhahn“ bilanziert wird, um das tatsächliche Potenzial der Energieeinsparung beurteilen zu können.

In diesem Zusammenhang sind die 2018 veröffentlichten Erkenntnisse aus dem WärmeVerbundvorhaben „EnEff: Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation“ bemerkenswert. In dieser Studie wird festgestellt, dass durch eine Absenkung der PWH-Temperatur in Zirkulationssystemen von 60 °C auf 55 °C eine potenzielle Einsparung des bundesweiten Energiebedarfs um 22,2 TWh/a zu erreichen ist. Dies entspricht einer Reduktion um 19,5 %. Bei einer Absenkung um 10 K kann sogar eine Verringerung von bis zu 43,5 TWh/a erreicht werden. Dadurch würde sich der Energiebedarf um 38,3 % verringern. Das Einsparpotenzial durch eine bessere Energieeffizienz regenerativer Wärmeerzeuger mit ihren typischen

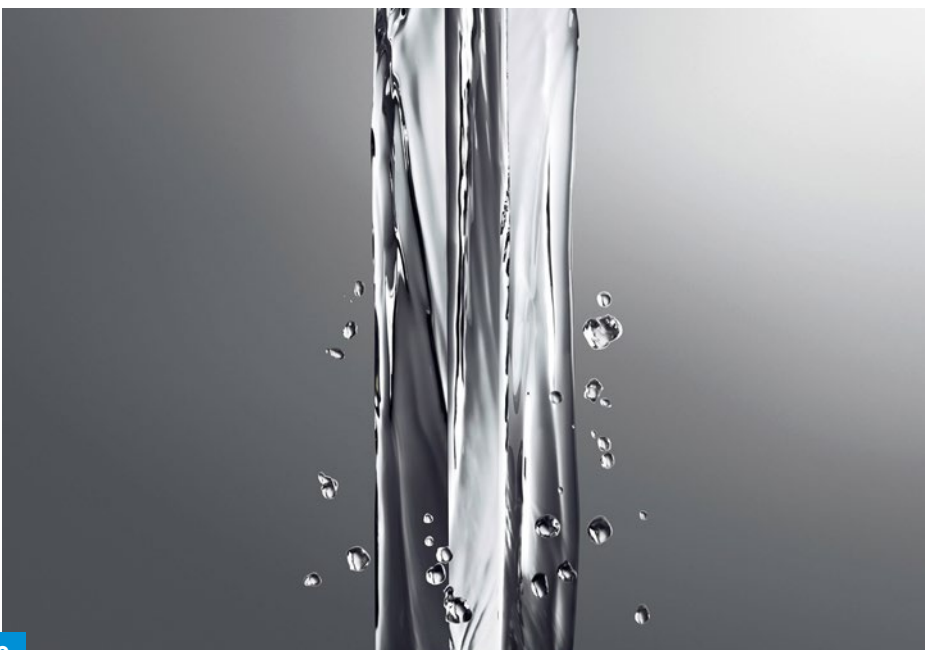


Bild: Viega

3

Inwieweit die Temperatur für Trinkwasser warm für die Energieeffizienz durch den Einsatz der UFC-Technologie nachhaltig und hygienisch stabil abgesenkt werden kann, wird aktuell in einem Forschungsprojekt der TU Dresden und Modell- sowie Pilotstudien verifiziert.

 **INFO**

## Vorgaben zur Trinkwasserhygiene

Zum Erhalt der Trinkwassergüte gibt es viele Verlautbarungen unterschiedlicher Protagonisten: vom Gesetzgeber, vom Umweltbundesamt (UBA), vom Robert Koch Institut (RKI), von Fachverbänden wie dem Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK), dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW), dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) oder dem Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung (BTGA). Außerdem sind diverse DIN-Normen zur Planung und Erstellung von Trinkwasseranlagen veröffentlicht worden. Wie sind diese vielen Maßgaben zu gewichten? Und wie werden dadurch die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a. a. R. d. T.) definiert? Zur Orientierung eine kurze Übersicht:

### Kraft des Gesetzes

Das „Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen“ – kurz Infektionsschutz-Gesetz (IfSG) – ist die gesetzliche Grundlage zur Sicherung und Überwachung der Qualität des Trinkwassers. Hier schreibt der Gesetzgeber vor: „Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist“.

Das RKI hat nach § 4 des IfSG die Aufgabe, Konzeptionen zur Vorbeugung übertragbarer Krankheiten sowie zur frühzeitigen Erkennung und Verhinderung der Weiterverbreitung von Infektionen zu entwickeln. Als Maßnahmen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes erstellt das 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.

Flankierend dazu hat das UBA gemäß § 40 des IfSG die Aufgabe, Konzeptionen 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) und der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) wieder – ebenfalls zu befolgende Erlasse des Gesetzgebers.

Die in der TrinkwV fixierten hygienischen Anforderungen an die Reinheit von Trinkwasser gelten dabei nicht nur für die Unternehmen oder Einrichtungen, die Trinkwasser für die Allgemeinheit bereitstellen, sondern für alle Beteiligten an einer Wasserversorgungsanlage: vom Wasserversorgungsunternehmen über die Haustechniker, die Planer und die ausführenden Installationsunternehmen bis hin zum Betreiber und Nutzer einer Trinkwasserinstallation.

### Regeln der Technik geben Orientierung

Verantwortlich für die Einhaltung der Trinkwasserqualität in Hausinstallationen ist der jeweilige Eigentümer und Betreiber. Um dieses Ziel zu erreichen, wird dem Betreiber empfohlen, sich an den a. a. R. d. T.

zu orientieren. In Bezug auf Trinkwasserinstallationen werden diese häufig mit den Inhalten von DIN-Normen, VDI-Richtlinien und DVGW-Arbeitsblättern gleichgesetzt. Das ist eine Fehleinschätzung, denn bei diesen Schriftstücken handelt es sich immer lediglich um privatrechtliche Empfehlungen, deren Inhalte die a. a. R. d. T. wiedergeben können, dies jedoch nicht müssen. Denn die allgemeine Anerkennung erfolgt nicht durch Verbände oder Experten, sondern vielmehr durch die Mehrheit der Praktiker, die solche Regeln anwenden und damit die Bewährung in der Praxis nachweisen. Die Trinkwasserhygiene umfasst im Feld der Praktiker darüber hinaus auch Mitarbeiter wissenschaftlicher Einrichtungen und Labore sowie Mediziner. Somit stellen letztendlich die technischen Festlegungen, die zur Erreichung des unter § 1 der TrinkwV definierten Schutzziels geeignet und bewährt sind, die aktuellen a. a. R. d. T. dar.

### Höheres Schutzniveau erlaubt

Ein höherwertiges Schutzniveau als die a. a. R. d. T. bietet beispielsweise der „Stand der Technik“. Im Unterschied zu den a. a. R. d. T. muss sich dieser noch nicht allgemein bewährt haben; allerdings sind zur Bestimmung des Standes der Technik vergleichbare Techniken heranzuziehen, die auf Betriebsebene erfolgreich erprobt worden sind.

Die strengsten Anforderungen an Produkte und Anlagen werden mit der Formulierung „Stand von Wissenschaft und Technik“ umschrieben. Dieser Begriff bezeichnet den Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die nach Auffassung führender Fachleute aus Wissenschaft und Technik auf der Grundlage neuester wissenschaftlich vertretbarer Erkenntnisse im Hinblick auf das gesetzlich vorgegebene Ziel – den Schutz der Gesundheit gemäß dem IfSG – für erforderlich gehalten werden und die Erreichung dieses Zieles als gesichert erscheinen lassen. Wirtschaftliche Gesichtspunkte können dabei im Bereich der Gefahrenabwehr, etwa im Rahmen einer Verhältnismäßigkeitsprüfung, keine Rolle spielen.

### Die Quintessenz

Forderungen und Empfehlungen des RKI und UBA sind Kraft des Gesetzes höher zu bewerten als privatrechtliche Regelwerke. Denn während die Normen und Richtlinien des VDI, DIN oder BTGA in einem paritätisch besetzten Gremium im Konsensverfahren erstellt werden, arbeiten die Experten und Fachleute des RKI und des UBA auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse. Außerdem ist das Interesse bei den Regelwerken von Verbänden ein anderes: Man möchte die wissenschaftlichen Erkenntnisse und die sich daraus ergebenden Parameter im Sinne des Gesundheitsschutzes in die Praxis umsetzen. Dies führt zwangsläufig dazu, dass die Inhalte dieser technischen Regelwerke meist schon kurze Zeit nach ihrer Entstehung als a. a. R. d. T. von der Fachwelt akzeptiert werden. Das RKI und das UBA hingegen verfolgen mit ihren Informationen und Empfehlungen das Ziel, den Stand von Wissenschaft und Technik an die Fachwelt weiterzugeben, damit dieser schnellstmöglich Einzug in die Praxis hält.

niedrigen Vorlauftemperaturen ist dabei noch gar nicht berücksichtigt.

Allerdings stellten die Forscher in ihrem Bericht auch klar: Aus Sicht der führenden Hygieneinstitute ist das festgeschriebene Temperaturniveau von 60/55 °C aus hygienischen Gründen weiterhin notwendig, eine Temperaturreduktion in Trinkwarmwassernetzen sei zumindest ohne den Einsatz alter-

nativer Verfahren zur Reduzierung der hygienischen Risiken nicht zu verantworten.

### Betriebsbedingungen sind wichtiger Teil des Wirkkreises

Das Wärme-Verbundvorhaben „EnEff“ zeigte jedoch ebenso auf, dass das Temperaturregime von PWH lediglich ein Aspekt der multikausalen Zusammenhänge für Bakterien-

wachstum, insbesondere der Aufkeimung von Legionellen, ist. So wurde beispielsweise durch Untersuchungen über vier Quartale hinweg nachgewiesen, dass Entnahmestellen mit hoher Legionellenkonzentration ohne eine Veränderung der Betriebsweise kontaminiert blieben – unabhängig vom Temperaturregime. Damit bestätigt sich einmal mehr, dass die Absicherung der Trinkwassergüte

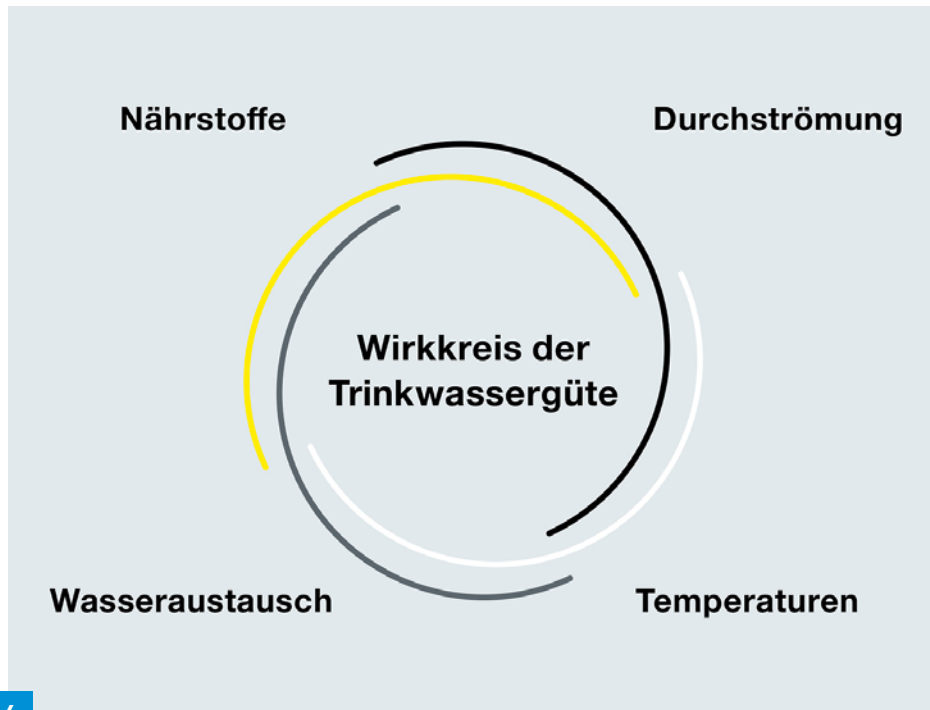


Bild: Viega

4

Aktueller Wirkkreis der Trinkwassergüte: Werden diese Parameter durch Sensorik und Aktorik in der Trinkwasserinstallation digital überwacht, ist das gesamte Trinkwassersystem hygienisch stabil.

das Resultat aus dem Zusammenspiel mehrerer Aspekte in einem Wirkkreis ist. Außer der Temperaturhaltung gehört ebenso der bestimmungsgemäße Betrieb dazu, zusammen mit einer hohen Durchströmung aller Rohrleitungsstrecken.

### Ultrafiltration: vielversprechender Ansatz in der Pilotphase

Zur Absicherung der Trinkwassergüte rückt nun ein weiterer technischer Ansatz in den Fokus: die Ultrafiltration, zum Beispiel im Bypass der Warmwasserzirkulation (UFC-Technologie) (Bild 3). In aktuellen Pilot- und Feldstudien sowie dem Anfang 2019 gestarteten Forschungsprojekt „Ultra-F – Ultrafiltration als Element der Energieeffizienz in der Trinkwasserhygiene“ der Technischen Universität Dresden wird die Absenkung der Systemtemperaturen von Trinkwasser warm auf beispielsweise 48/45 °C auf hygienische Stabilität untersucht. Im Mittelpunkt stehen vor allem auch die damit verbundenen Rahmenbedingungen von der Nutzung der Entnahmestellen bis zur Hydraulik (Bild 4).

Die Temperaturreduktion hätte den Vorteil, dass wesentlich häufiger regenerative Systeme wirtschaftlich zur Wärme- und Warmwasserbereitung eingesetzt werden könnten. Ansonsten muss in großen Trinkwasseranlagen mit entsprechender Bevorra-

tung in der Regel noch elektrisch nachgeheizt werden, um die geforderten Systemtemperaturen einhalten zu können.

### Fazit

Die Mitteilung des UBA, dass bei der Abklärung von Legionelleninfektionen auch dezentrale Trinkwassererwärmer in die Ursachensuche einzubeziehen sind, ist auf jeden Fall zu beachten. Denn DIN-Normen, VDI-Richtlinien und DVGW-Arbeitsblätter stellen privatrechtliche Festlegungen mit Empfehlungscharakter dar und bleiben in Fragen des Gesundheitsschutzes hinter den einschlägigen Richtlinien, Empfehlungen, Merkblättern und sonstigen Informationen des RKI und UBA zurück. Der aus der Installation von dezentralen Trinkwassererwärmern abgeleitete Schluss der 3-I-Regel und damit eines Umgehens der Beprobungspflicht ist also nicht länger haltbar.

Um den Erhalt der Trinkwassergüte und eine höhere Energieeffizienz als wichtige Schutzziele gleichermaßen zu erreichen, wird in zahlreichen Pilotstudien und im Forschungsprojekt der Technischen Universität Dresden die Ultrafiltration auf hygienische Sicherheit untersucht. Damit könnte zukünftig eine wesentliche Reduzierung des Energiebedarfs für PWH erzielt werden, ohne den obersten Grundsatz des IfSG zu verletzen – den Schutz der menschlichen Gesundheit.



### LITERATUR

- Mitteilung des Umweltbundesamtes (UBA), Vorkommen von Legionellen in dezentralen Trinkwassererwärmern, 12/2018.
- M. Hippelein, B. Christiansen, Hygienische Bewertung dezentraler Trinkwassererwärmer großer Appartementanlagen hinsichtlich mikrobiologischer Verunreinigungen und einer Legionellenkontamination, Zentrale Einrichtung Medizinaluntersuchungsamt und Hygiene, UKSH Kiel, Projektbericht Dezember 2016.
- Stellungnahme des Umweltbundesamtes (UBA), Energiesparen bei der Warmwasserbereitung – Vereinbarkeit von Energieeinsparung und Hygieneanforderungen an Trinkwasser, September 2011.
- Trinkwasserverordnung (TrinkwV), 01/2018, § 6 Absatz 3.
- DVGW-Arbeitsblatt W 551, Seite 5, Absatz 2, DVGW, Bonn, 04/2004.
- DIN 1988-200, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe, Abs. 9.1 und 3.2.2, Beuth, Berlin, 05/2012.
- K. Rühling, C. Schreiber, C. Lück, G. Schaule, A. Kallert, EnEff: WärmeVerbundvorhaben, Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation, Schlussbericht, 2018.
- Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG), 07/2000, § 37(1).
- J. Falke, D. Susnjar: Rechtliche Würdigung der Empfehlungen und Leitlinien des Umweltbundesamtes am Beispiel der „Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Epoxidharzbeschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser“, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 363 01 103, UBA-FB 000987, UBA 2007.
- C. Schauer et al.: Planung und Betrieb 4.0. In: C. van Treeck, T. Kistemann, C. Schauer, S. Herkel, R. Elixmann (Hrsg.): Gebäudetechnik als Strukturgeber für Bau- und Betriebsprozesse, Springer Verlag Berlin 2018, S. 167–275.



### AUTOR

Bild: Viega



**Dr. Christian Schauer** ist Leiter des Kompetenzbereichs Trinkwasser, Corporate Technology bei Viega in 57439 Attendorn, [www.viega.de](http://www.viega.de)