

*Maßnahmen zur Bekämpfung in der Trinkwasserinstallation*

# Legionellen

Dieter Waider\*

*Eigentlich sind sie ein ganz normaler Bestandteil des Wassers. Dennoch sorgen sie immer wieder für Horror-Schlagzeilen und versetzen Fachwelt sowie Öffentlichkeit in Angst und Schrecken. Die Rede ist von Legionellen, speziell denen in Trinkwasserinstallationen. Im folgenden Fachbeitrag erläutert der Autor wie man eine Kontaminierung feststellt und mit welchen Mitteln man den gefährlichen Bakterien nach den anerkannten Regeln der Technik den Garaus macht.*

Legionellen sind Bakterien, die natürlicher Bestandteil jedes Süßwassers sind. Mit dem Kaltwasser kommen sie in minimaler Konzentration in die Trinkwasserinstallation und vermehren sich bei günstigen Temperaturbedingungen zwischen 30 und 45 °C. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Legionellenarten, die außerordentlich unterschiedlich aggressiv sind. Wenn sich Legionellen in erwärmtem Wasser massenhaft vermehren, kann es zu

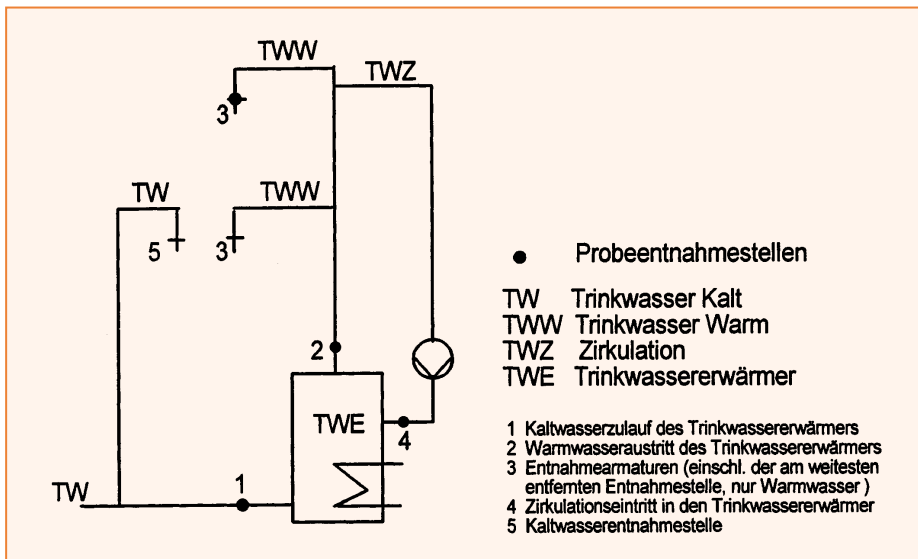
einer Gesundheitsgefährdung kommen. Erst wenn dieses Wasser als Aerosol, wie z. B. beim Duschen, mit der Luft eingeatmet wird, sind Infektionen möglich. Die Legionella pneumoniae stellt eine schwere Erkrankung mit grippeähnlichen Symptomen und möglicher Beteiligung anderer Organsysteme dar. Neben Fieber und Husten können z. B. Kopfschmerzen, Muskel-, Gelenkschmerzen und Durchfälle auftreten. Völlig verschieden von der

Legionella pneumoniae verläuft das Pontiacfieber. Die Erkrankung verläuft grippeähnlich ohne Lungenentzündung. Es kommt nach wenigen Tagen zu einer spontanen Heilung. Personen mit gesundheitlichen Vorschäden, schlechter körperlicher Abwehr, aber auch Raucher, erkranken häufiger. Maßnahmen gegen Legionellenwachstum in Trinkwasserinstallationen sind in den DVGW-Arbeitsblättern W 551 und W 552 beschrieben. Während W 551 Anforderun-

Bewertung von Untersuchungsergebnissen		Orientierende Untersuchung			Weitergehende Untersuchung	
Legionellen (KBE/ml) <sup>1</sup>	Bewertung	Maßnahmen	Weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung erforderlich	Maßnahmen	Nachuntersuchung
nicht nachweisbar in 1 ml	keine nachweisbare Kontamination	keine	keine	nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) <sup>2</sup>	keine	nach einem Vierteljahr <sup>3</sup>
> 1	Kontamination	keine	innerhalb von 14 Tagen	–	Sanierung ist erforderlich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 10	hohe Kontamination	Sanierung ist angezeigt	umgehend	–		
> 100	extrem hohe Kontamination	unverzügliche Desinfektion bzw. Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot, Sanierung erforderlich	umgehend	–	unverzügliche Desinfektion bzw. Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot, Sanierung erforderlich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung

1) KBE = Kolonien bildende Einheit  
 2) Werden bei zwei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand Legionellen in einem Liter nicht nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf max. drei Jahre ausgedehnt werden  
 3) Werden bei zwei Nachuntersuchungen in vierteljährlichem Abstand Legionellen in einem Liter nicht nachgewiesen, braucht die nächste Nachuntersuchung erst nach einem Jahr vorgenommen zu werden. Weitere Nachuntersuchungen sind wie orientierende Untersuchungen durchzuführen.

Bild 1 Bewertung von Untersuchungsergebnissen und Maßnahmen



**Bild 2** Schematische Darstellung eines Systems mit Probeentnahmestellen

gen an Neuinstallationen mit Planung, Errichtung und Betrieb beschreibt, sind in W 552 für kontaminierte und zu sanierende Gebäude Untersuchungsmaßnahmen, Untersuchungsergebnisse, deren Bewertung, Sanierungsvorschläge und abschließender Betrieb genannt. Bei der Betrachtung eines Trinkwassersystems ist immer die Gesamtinstallation, also Trinkwassererwärmer und Leitungsanlagen, aber auch ggf. das Kaltwassersystem, zu betrachten. Von entscheidender Bedeutung sind die Betriebsbedingungen, die Gebäudegröße und die Nutzungsart. Weiterhin sind Großanlagen, wie beispielsweise Hotels und Altenheime, besonders zu beachten.

### Mikrobiologische Untersuchungen

Um eine mögliche Kontamination eines Systems mit Legionellen abzuklären, sind mikrobiologische Untersuchungen erforderlich. Nur so ist ein Überblick über das Ausmaß einer möglichen Kontamination zu erreichen. Die mikrobiologische Untersuchung zum Nachweis von Legionellen ist nach anerkannten Verfahren vorzunehmen (Bundesgesundheitsblatt 11/2000). Institute, die mit der Untersuchung beauftragt werden können, sind beim zuständigen Gesundheitsamt zu erfragen. Die für die Be-

urteilung eines Systems erforderlichen Untersuchungen werden nach orientierenden Untersuchungen, weitergehenden Untersuchungen und Nachuntersuchungen unterschieden.

Sofern nicht direkt eine weitergehende Untersuchung vorgenommen wird, gibt die orientierende Untersuchung einen Überblick über eine mögliche Kontamination des Systems mit Legionellen. Die Anzahl der erforderlichen Proben ist bei großen, verzweigten Systemen so zu wählen, daß jedes Gebäudeteil bzw. jede Verzweigung bei der Untersuchung erfaßt werden. Mindestens sind jedoch zwei Proben pro System, davon eine an der vom Trinkwassererwärmer am weitesten entfernten Entnahmestelle, zu entnehmen. Die Bewertung der Befunde und die daraus folgenden Maßnahmen ergeben sich aus Bild 1, wobei die Maßnahmen nach dem ungünstigsten Befund festzulegen sind.

Mit der weitergehenden Untersuchung ist eine Aussage über das Ausmaß der Kontamination eines Systems mit Legionellen möglich und damit die Einleitung gezielter Sanierungsmaßnahmen. Die Anzahl der erforderlichen Proben richtet sich bei der weitergehenden Untersuchung nach Größe, Ausdehnung und Verzweigung des Systems. Es sind mindestens die Probeentnahmestellen gemäß Bild 2 zu beproben. Weiterhin sind Proben aus Leitungsteilen zu ziehen, die stagnierendes Wasser führen (z.B. Be- und Entlüftungsleitungen bei Sammel-sicherungen, Entleerungsleitungen, selten benutzte Entnahmestellen, Membranausdehnungsgefäße). Bei Hinweisen auf Er-

wärmung der Kaltwasserleitung sind auch an Kaltwasserentnahmestellen Proben zu entnehmen. Die Bewertung der Befunde und die daraus folgenden Maßnahmen ergeben sich aus Bild 1, wobei auch hier die Maßnahmen nach dem ungünstigsten Befund festzulegen sind.

Das Bewertungsschema für die weitergehende Untersuchung ist auch auf die nach einer Sanierung entnommenen Proben anzuwenden. Wird bei einer orientierenden Untersuchung eine Legionellenkonzentration < 1 KBE/ml (KBE = koloniebildende Einheiten) festgestellt, sind Nachuntersuchungen in Zeitzyklen nach Bild 1, in Form von wiederholten orientierenden Untersuchungen erforderlich, um eine langfristige Kontrolle der Verhältnisse sicherzustellen. Um bei sanierten Systemen den Sanierungserfolg zu kontrollieren, sind zwei Nachuntersuchungen mit den Merkmalen einer weitergehenden Untersuchung im vierteljährlichen Abstand durchzuführen. Anschließend sind Nachuntersuchungen in Form von wiederholten orientierenden Untersuchungen erforderlich. Werden kontrollierte Systeme mit einer Legionellenkonzentration < 1 KBE/ml umgebaut oder erweitert, ist eine Nachuntersuchung in Form und nach Umfang einer orientierenden Untersuchung bereits nach einem halben Jahr erforderlich.

Die Probe (100 ml) ist direkt (ohne Hilfsmittel wie z. B. Schläuche) und ohne Abflammen aus der Leitung bzw. der Entnahmearmatur zu entnehmen, nachdem 5 bis 10 Liter Wasser abgeflossen sind, und in eine sterile Flasche zu füllen. Unmittelbar vor der Probenahme ist eine Messung der Wassertemperatur durchzuführen.

Die Legionellenbefunde werden getrennt für orientierende und weitergehende Untersuchungen gemäß Bild 1 bewertet. In Abhängigkeit vom Grad der Kontamination sind entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Wird bei einer Erstuntersuchung eine extrem hohe Kontamination festgestellt, ist eine unverzügliche Desinfektion vorzunehmen. Werden auch nach wiederholten Desinfektionen in kürzeren Abständen gleichbleibend hohe Kontaminationen festgestellt, ist nicht zu erwarten, daß durch weitere Desinfektionen eine Verbesserung der Situation erreicht wird. Eine weiterreichende Sanierung des Systems durch bautechnische Maßnahmen ist dann unumgänglich.

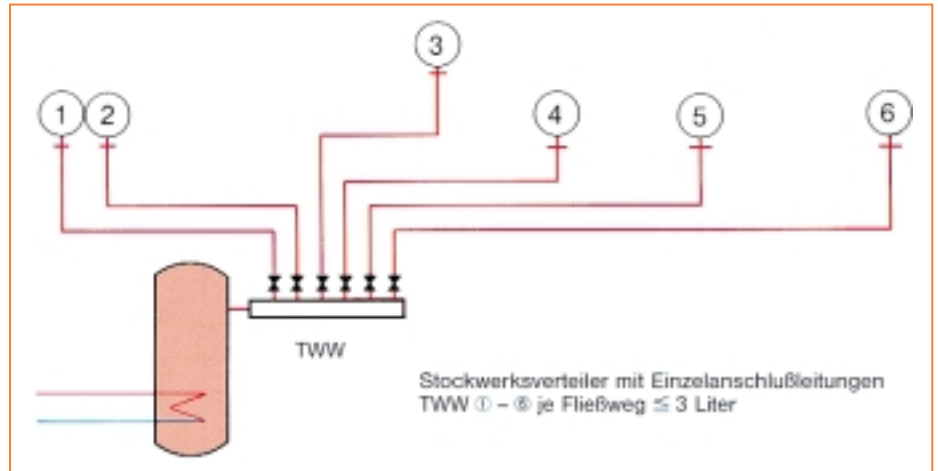
\* Dipl.-Ing. Dieter Waider, DVGW Bonn

## Planung und Errichtung hygienischer Installationen

Bei der Planung hygienischer Trinkwasserinstallationen sind grundsätzlich weitere Regelwerke zu beachten. Insbesondere ist als wichtigste Installationsregel DIN 1988 TRWI, Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen, zu nennen. Hierzu gilt in Ergänzung für Zirkulationssysteme das DVGW-Arbeitsblatt W 553. Nach DIN 1988-3 wird die Größenbestimmung der Zirkulationsleitung wie folgt empfohlen: „Die vertikale Zirkulationsleitung wird ab Abschluß Steigleitung mindestens in DN 12 ausgeführt. Die horizontalen Zirkulations-sammelleitungen werden in Abhängigkeit von den Nennweiten der entsprechenden Warmwasserleitungen ausgewählt. Bei Ermittlung des Pumpenförderstroms wird eine dreimalige stündliche Umwälzung zum Verhindern eines übermäßigen Abkühlens des erwärmten Trinkwassers für ausreichend erachtet.“

Im DVGW-Arbeitsblatt W 553 wird ein Kurzverfahren, ein vereinfachtes und ein differenziertes Verfahren zur Berechnung der Zirkulationsleitungen vorgestellt. Über die Berechnung der Volumenströme erfolgt die Auswahl der Rohrdurchmesser für die Zirkulationsleitungen und die Berechnung des Förderdruckes der Zirkulationspumpe. In der Regel genügt für ausreichend genaue Ergebnisse für den Entwurf und die Ausführung der Anlage das vereinfachte Verfahren. Die Wärmeverluste der vom Umlauf betroffenen Warmwasserleitungen und die erwünschte Temperaturdifferenz des Warmwassers zwischen dem Austritt aus dem Trinkwassererwärmer oder dem zentralen Mischventil für die externe Temperaturregelung und dem Abgang der Zirkulationsleitung von der Warmwasserleitung bestimmen die Volumenströme in allen Teilstrecken des Systems.

Zunächst ist nach der Anlagengröße eine Unterteilung in Klein- und Großanlagen vorzunehmen. Ein Kriterium für die Definition von Kleinanlagen ist der Inhalt des Trinkwassererwärmers und der Rohrleitung. Jedes Gebäude, das mit einem Trinkwassererwärmer mit einem Inhalt < 400 Liter ausgerüstet ist, gehört zu den Kleinanlagen, wenn weiterhin der Inhalt jeder Rohrleitung gemessen zwischen Abgang am Trinkwassererwärmer und eine Entnahmestelle nicht mehr als 3 Liter beträgt (Bild 3). Unabhängig hiervon werden alle Ein-



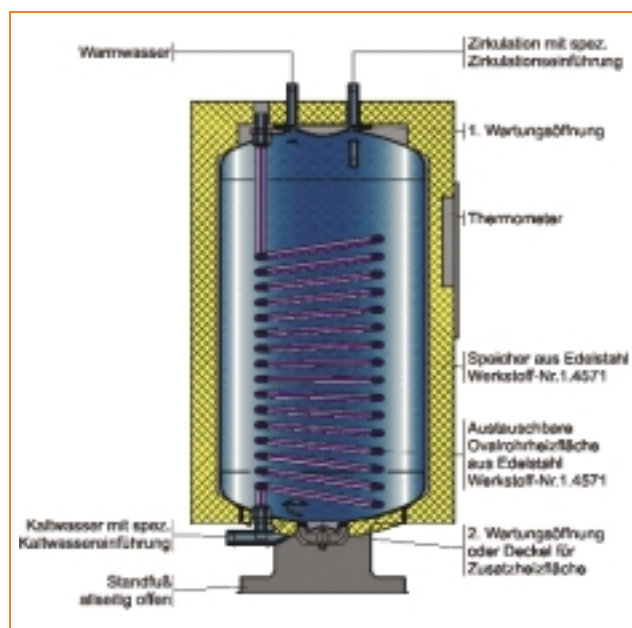
**Bild 3 Kleinanlage ohne Zirkulation – Erläuterung der Fließwege**

und Zweifamilienhäuser auf Grund des geringeren Risikos ebenfalls wie Kleinanlagen bewertet. Alle anderen Gebäude sind den Großanlagen zuzuordnen.

## Anforderungen an Trinkwassererwärmer

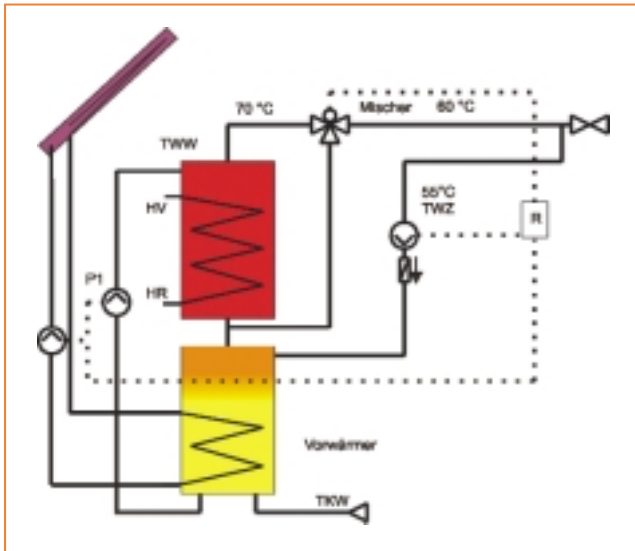
Als weitere technische Regel ist DIN 4753 für Trinkwassererwärmer und DIN 4708 für die Auslegung von Wohngebäuden zu beachten. Weiterhin gibt es die Möglichkeit für Trinkwassererwärmer nach DVGW V P 670 Prüfzeichen zu erwerben (Bild 4). Dezentrale Durchfluß-Trinkwassererwärmer (mit einem Volumen < 3 Liter) können bei nachgeschalteten Leitungen mit einem Wasservolumen < 3 Liter ohne weitere Maßnahmen verwendet werden. Speicher-Trinkwassererwärmer müssen ausreichend große Reinigungs- und Wartungsöffnungen,

z. B. in Form eines Handloches, aufweisen (siehe DIN 4753-1). Am Speicheraustritt des Trinkwassererwärmers muß bei bestimmungsgemäßem Betrieb eine Temperatur von 60 °C eingehalten werden können. Der Kaltwassereinlauf des Speicher-Trinkwassererwärmers muß so konstruiert sein, daß während des Entnahmeproganges eine große Mischzone vermieden wird. Speicher-Trinkwassererwärmer mit DVGW-Prüfzeichen nach DVGW-VP 670 erfüllen die genannten Anforderungen. Bei Speicher-Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt > 400 l muß durch die Konstruktion und andere Maßnahmen (z. B. Umwälzung, bei Mehrzählern gleichmäßige Beaufschlagung der einzelnen Zellen) sichergestellt werden, daß das Wasser an allen Stellen gleichmäßig erwärmt wird. Trinkwassererwärmer mit integrierter Vorwärmstufe (Bivalenter Speicher) müssen so konstruiert sein, daß der



**Bild 4 Multicell-Trinkwassererwärmer mit DVGW-Prüfzeichen**

Bild: Fröling



**Bild 5 Trinkwassererwärmer mit zeit- und temperaturgesteuerter Aufheizautomatik für den Vorwärmer**

Inhalt des gesamten Speichers einmal am Tag auf 60 °C erwärmt werden kann (Bild 5). Nähere Angaben hierzu sind dem Fachbeitrag Trinkwassererwärmungsanlagen in den SBZ-Ausgaben 18 bis 22/2001 zu entnehmen. Für Anlagen mit Fernwärmeversorgung gilt: Die Netzvorlauftemperatur ist so zu wählen, daß eine Temperatur von 60 °C im Speicher sichergestellt wird. Die Netzvorlauftemperatur sollte i.d.R. dementsprechend auf 70 °C eingestellt werden. Bei indirektem Anschluß muß die Grädigkeit des Wärmeübertragers berücksichtigt werden. Bei Fernwärmeversorgung ist die Begrenzung der Rücklauftemperatur so zu wählen, daß eine stabile Speichertemperatur mit den geforderten Mindesttemperaturen auch im Nachheizbetrieb sichergestellt ist.

## Anforderungen an Werkstoffe und Leitungsanlagen

Die verwendeten Materialien müssen den in DIN 1988-2 Abschnitt 2.2 genannten Anforderungen entsprechen. Auf die hygienischen Anforderungen der DIN 4753 wird verwiesen. Zu verzinkten Eisenwerkstoffen ist anzumerken, daß die technische Einsatzgrenze durch die Temperatur des Warmwassers bestimmt wird. Aus den oben genannten Gründen ist es erforderlich, das Warmwassersystem mit Temperaturen von 50 °C und mehr zu betreiben. Da bei verzinkten Eisenwerkstoffen bereits Korrosionserscheinungen bei Temperaturen von 35 °C beginnen und diese mit steigender Temperatur zunehmen, sollten diese Werkstoffe – wenn auf einen Einsatz im Warmwasserbereich nicht ganz verzichtet werden kann – nur bis Temperaturen von max. 60 °C eingesetzt werden.

Bei den Kunststoffinstallationssystemen gab es im letzten Jahrzehnt rasante technische Weiterentwicklungen. In DIN 1988 sind nur die Werkstoffe PE-X und die ausschließlich kaltwassergeeigneten PE-Werkstoffe genannt. Derzeit sind im Anwendungsbereich Trinkwasserinstallation (kalt und warm) folgende Werkstoffe zulässig:

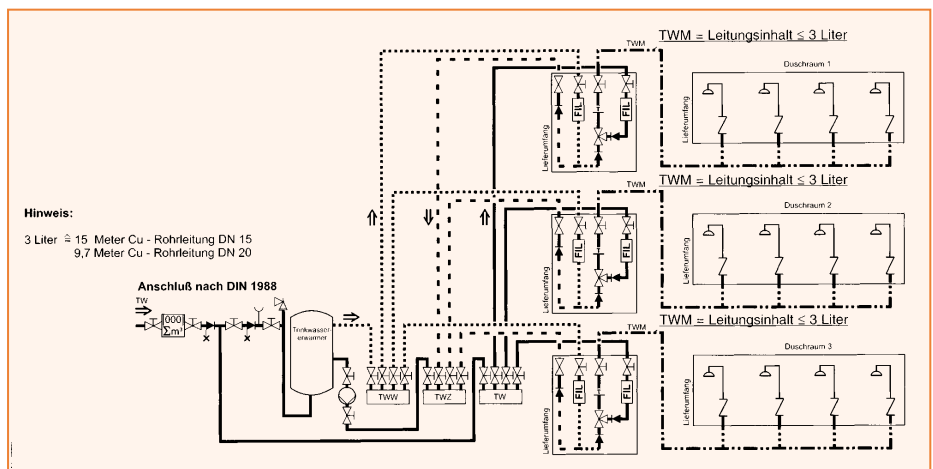
- Vernetztes Polyethylen (PE-X)
- Polybuten (PB)
- Polypropylen (PP)
- Chloriertes Polyvinylchlorid (PVC-C)
- Polyphenylsulfon (PPSU)

Als Bemessungsgrundlage für Rohre in der Trinkwasserinstallation gelten die gleichen Parameter wie für Rohrverbindungen:

- Dauerbetriebsdruck 10 bar
- Dauerbetriebstemperatur 70 °C (Zeitstandkurve der jeweiligen Grundnorm und Berechnungsverfahren entsprechend Grundnorm)
- fiktive Betriebsdauer 50 Jahre
- Sicherheitsfaktor SF > 1,5

Weiterhin werden neben Kupfer- und Edelstahlrohren noch Mehrschichtenverbundrohre, bestehend aus einem Kunststoffliner (Mediumrohr), verklebt mit einem dünnwandigen Aluminiumrohr sowie äußerem Hüllrohr aus Kunststoff, eingesetzt.

Soweit bekannt, spielt die Werkstofffrage bei der Legionellenthematik keine Rolle. Leitungsanlagen müssen entsprechend DIN 1988-2 Abschnitt 3 ausgeführt werden. Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser sind nach DIN 1988-2 Abschnitt 10.2.2 vor Erwärmung zu schützen. Rohrleitungen für erwärmtes Trinkwasser sind nach DIN 1988-2 Abschnitt 10.2.3 zur Begrenzung des Wärmeverlustes zu schützen. In Großanlagen sind Zirkulationssysteme einzubauen. Zirkulationsleitungen und -pumpen sind so zu bemessen, daß im zirkulierenden Warmwassersystem die Warmwassertemperatur um nicht mehr als 5 K gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten wird. Stockwerks- und/oder Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen < 3 Liter können ohne Zirkulationsleitungen gebaut werden. Zirkulationsleitungen sind bis unmittelbar vor Durchgangsmischarmaturen zu führen. In Großanlagen können alternativ oder ergänzend zur Zirkulationsleitung Begleitleitungen eingebaut werden. Die Temperatur des Wassers darf in dem System um nicht mehr als 5 K gegenüber der Speicheraustrittstemperatur abfallen. Stockwerks- und/oder Einzelzuleitung mit einem Wasservolumen kleiner 3 Liter können ohne Begleitleitung gebaut werden. Besonders zu beachten sind Durchgangsmisch- und Regelarmaturen, die oft ganze Gruppen von Duschen versorgen. Durch die abgesenkte Temperatur in dem nachgeschalteten Leitungsnetz besteht erhöhte Kontaminationsgefahr. Aus diesem Grund ist das Wasservolumen zwischen Durchgangsmischarmaturen und Entnahmestelle auf 3 Liter zu begrenzen. (Bild 6)



**Bild 6 Schaltung von Durchgangsmischarmaturen gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 552**



## Sanierungsmaßnahmen

Für Wartungs-, Änderungs- und Sanierungsmaßnahmen sowie Kontrollen ist eine Dokumentation des Systems erforderlich. Die Dokumentation soll in ihrem Umfang dem Einzelfall angepaßt sein. Benötigt werden anlagenspezifische Daten die strömungstechnische, thermische sowie hygienisch-mikrobiologische Gesichtspunkte einschließen. Liegen für mögliche Sanierungsmaßnahmen diese Unterlagen nicht vor, ist eine örtliche Bestandsaufnahme durchzuführen. Installationspläne über die gesamte Trinkwasser-Hausinstallation sind so weit wie notwendig in Verbindung mit den Gebäudeplänen zu erstellen. Diese sollen mindestens die nachfolgend aufgeführten Angaben beinhalten:

- System der Wärmeerzeugung und -speicherung
  - Leitungsverlauf, Nennweiten und Werkstoffe, Armaturen, Dämmstoffe und deren Dicke
  - Anschluß von Geräten und Einrichtungsgegenständen sowie Regel- und Steuerungseinrichtungen
  - Anlagendaten von z. B. Trinkwassererwärmungsanlagen und Aufbereitungsanlagen
- Temperaturen des Kalt-, Warm- und Zirkulationswassers sind in den einzelnen Teilstrecken zu messen und zu dokumentieren. Zur Kontrolle des Warmwasserverbrauchs sollen, wenn nicht vorhanden, Wasserzähler in die Kaltwasserzuleitung zum Trinkwassererwärmer eingebaut werden. In ausgedehnten Systemen kann es erforderlich sein, die Verbrauchswerte für einzelne Bereiche oder Gebäude zu ermitteln. Der Wasserverbrauch ist zu kontrollieren und zu registrieren. Kontrollrohrstücke sind auszubauen und aus technischer Sicht zu beurteilen. Erst nachdem eine Dokumentation der Trinkwasser-Hausinstallation mit den erforderlichen Anlagendaten vorliegt, kann eine Gesamtbeurteilung über die notwendigen Sanierungsmaßnahmen erfolgen. Auf der Basis der Dokumentation sind Maßnahmen festzulegen, die zu einer Verminderung der Kontamination mit Legionellen führen. Die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen sind zu protokollieren. Das Ziel der Sanierung ist erreicht, wenn an den Entnahmestellen Legionellen in 1 ml nicht nachweisbar sind. Der Sanierungserfolg ist nachzuweisen. Je nach Anlagenkonstellation kann es notwendig sein, daß mehrere Sanierungsmaßnahmen gemeinsam durchgeführt werden müssen.

Betriebstechnische Maßnahmen haben das Ziel der Anlagenoptimierung. Neben der optimalen Einregulierung der Anlage, sollte das Warmwassersystem gemäß den Anforderungen einer Neuinstallation betrieben werden.

## Verfahrenstechnische Maßnahmen (Desinfektion)

Verfahrenstechnische Maßnahmen (Desinfektion) sind in erster Linie als Sofortmaßnahmen zu sehen. Ein dauerhafter Sanierungserfolg ist in der Regel nur in Kombination mit bautechnischen Maßnahmen zu erwarten. Vor Anwendung einer verfahrenstechnischen Maßnahme muß sichergestellt sein, daß alle Teile des Systems (temperatur- bzw. chemisch beständig) für die Durchführung der Maßnahme geeignet sind. Nach einer thermischen bzw. chemischen Desinfektion kann eine z. B. permanente UV-Bestrahlung zur Legionellenverminderung bzw. zur Verlängerung notwendiger Desinfektionsintervalle eingesetzt werden.

**Thermische Desinfektion:** Die thermische Desinfektion soll das gesamte System einschließlich aller Entnahmearmaturen erfassen. Bei einer Temperatur von  $> 70\text{ °C}$  werden Legionellen in kurzer Zeit abgetötet. Jede Entnahmestelle ist bei geöffnetem Auslaß für mindestens 3 Minuten mit mindestens  $70\text{ °C}$  zu beaufschlagen. Daher muß die Temperatur im Trinkwassererwärmer auf über  $70\text{ °C}$  aufgeheizt werden. Temperatur und Zeitdauer sind unbedingt einzuhalten. Die Auslauftemperatur ist an jeder Entnahmestelle zu überprüfen.

Damit bei Zirkulationssystemen das gesamte System (Warmwasser- und Zirkulationsleitung) von dieser Maßnahme erfaßt wird, müssen während der Aufheizphase des Trinkwassererwärmers alle Entnahmestellen geschlossen sein. Die Zirkulationspumpe muß im Dauerlauf betrieben werden. Dieser Betriebszustand wird solange aufrechterhalten, bis eine Temperatur von  $70\text{ °C}$  in der Zirkulation erreicht wird. Erst danach werden die Entnahmestellen nacheinander bei geöffnetem Auslauf thermisch desinfiziert. Je nach Anlagengröße und Leitungsführung muß die thermische Desinfektion auch abschnittsweise durchgeführt werden. Um hierbei eine Rekontamination der Anlage auszuschließen, sind die einzelnen Abschnitte unmittelbar hintereinander der thermischen Desinfektion zu unterziehen. Es kann erforderlich sein, die thermische Desinfektion zu unterbrechen, bis die Trinkwassererwärmer wieder aufgeheizt sind. Für einen entsprechenden Verbrühungsschutz während der thermischen Desinfektion ist zu sorgen. Nach Abschluß der thermischen Desinfektion ist die Anlage in den bestimmungsgemäßen Betrieb zurückzuführen.

**Chemische Desinfektion:** Eine kontinuierliche Zugabe von chemischen Desinfektionsmitteln muß im Einklang mit der gültigen Trinkwasserverordnung erfolgen. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden Legionellen dadurch nicht ausreichend beseitigt. Eine kontinuierliche Desinfektion mit Chemikalien ist demnach nicht zweckmäßig. Eine diskontinuierliche Zugabe von desinfizierenden Chemikalien in hoher Konzentration (z. B. Chlorbleichlauge, mindestens  $10\text{ mg/l}$  freies Chlor an der Entnahmestelle) ist deshalb erforderlich. Grundsätzlich dürfen Desinfektionsmittel keine Substanzen enthalten, die bei bestimmungsgemäßem Gebrauch zu einer Beeinträchtigung der Trinkwassergüte oder zur Schädigung der Werkstoffe führen.

Nicht in der Trinkwasserverordnung aufgeführte Substanzen müssen beurteilt und ihre Unbedenklichkeit bestätigt werden. Gesetzliche Regelungen, wie die Gefahrstoffverordnung, Gefahrgutverordnung, Unfallverhütungsvorschriften und Wasserhaushaltsgesetz sind zu beachten. Folgende Desinfektionschemikalien (Bild 7) haben sich bewährt:

- Wasserstoffperoxid [E DIN EN 902, DVGW-Wasser-Information Nr. 22]
- Kaliumpermanganat [DIN 19619, DVGW-Arbeitsblatt W 227]
- Natriumhypochlorit [E DIN EN 901, DIN 19608, DVGW-Wasser-Information Nr.23]
- Calciumhypochlorit [E DIN EN 900]
- Chlordioxid [E DIN EN 12671]

Unter Berücksichtigung der Gefahrstoffverordnung sollte in erster Linie auf Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat zurückgegriffen werden. Diese Mittel sind gemäß Trinkwasserverordnung jedoch nicht zur Desinfektion von Trinkwasser zugelassen.

Die Desinfektionsmaßnahme ist nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 291 durchzuführen. Die Desinfektionschemikalie muß alle Einzelzuleitungen erreichen. Dies kann durch Öffnen jeder Entnahmestelle nacheinander geschehen. Abweichend vom DVGW-Arbeitsblatt W 291 ist in der Regel eine Kontaktzeit von ein bis zwei Stunden ausreichend. Das Desinfektionsmittel muß an der Entnahmestelle in ausreichender Konzentration nachgewiesen werden. Während der Desinfektionsmaßnahme muß durch geeignete Vorkehrungen sichergestellt sein, daß aus der behandelten Leitungsanlage kein Wasser als Trinkwasser entnommen wird.

Bezeichnung	Handelsform	Lagerung	Sicherheitshinweise	Anwendungskonzentration <sup>2)</sup>	
				Rohrleitung	Behälter und Anlagenteile <sup>4)</sup>
Wasserstoffperoxid H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Wäßrige Lösungen 5 %, 15 %, 30 %, 35 %, . . .	Lichtgeschützt, kühl, Verschmutzungen unbedingt vermeiden (Zersetzungsgefahr) WGK 1 <sup>1)5)</sup>	Bei Lösungen > 5 % Schutzausrüstungen erforderlich	150 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	max. 15 g/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Kaliumpermanganat KMnO <sub>4</sub>	Dunkelviolette bis graue, nadelförmige Kristalle	In gut verschlossenen Metallbehältern fast unbegrenzt haltbar WGK 2 <sup>1)</sup>	Wirkt oxidierend, konzentrierte Lösungen erfordern Hautschutz	15 mg/l KMnO <sub>4</sub>	<sup>3)</sup>
Chlorbleichlauge Natriumhypochlorit NaOCl	Wäßrige Lösungen mit max. 150 g/l Chlor	Lichtgeschützt und kühl, verschlossen in Auffangwanne WGK 2 <sup>1)</sup>	Alkalisch, ätzend, giftig, Schutzausrüstung erforderlich	50 mg/l Chlor	5 mg/l Chlor
Calciumhypochlorit Ca (OCI) <sub>2</sub>	Granulat oder Tabletten mit ca. 70 % Ca (OCI) <sub>2</sub>	Kühl, trocken, verschlossen WGK 2 <sup>1)6)</sup>	Lösung reagiert alkalisch, ätzend, giftig, Schutzausrüstung erforderlich	50 mg/l Chlor	5 mg/l Chlor
Chlordioxid ClO <sub>2</sub>	Zwei Komponenten (Natriumchlorid, Natriumperoxodisulfat)	Lichtgeschützt, kühl, verschlossen. Natriumchlorid: WGK2 <sup>1)</sup> Natriumperoxodisulfat: WGK 1 <sup>1)</sup>	Wirkt oxidierend, Chlordioxidgas nicht einatmen, Schutzausrüstung erforderlich	6 mg/l ClO <sub>2</sub>	0,5 g/l ClO <sub>2</sub>

<sup>1)</sup> Wasser-Gefährdungs-Klasse (WGK) gemäß Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe – VwVwS (1999)

<sup>2)</sup> Vorgeschlagener Wert

<sup>3)</sup> aus ästhetischen Gründen nicht zu empfehlen

<sup>4)</sup> Konzentration der Sprühlösung

<sup>5)</sup> Bei Lösungen < 20 % gilt TGRS 515

<sup>6)</sup> Umweltbundesamt, Auskunfts- und Dokumentationsstelle wassergefährdende Stoffe, Berlin

### Bild 7 Chemikalien zur Anlagendesinfektion

Wird die chemische Desinfektion abschnittsweise durchgeführt, sind die behandelten Leitungsabschnitte vom übrigen System abzutrennen. Bei Trinkwassererwärmern und Vorwärmstufen ist eine Oberflächendesinfektion entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 291 vorzunehmen.

**UV-Bestrahlung:** Die mit dem Wasser transportierten Legionellen werden bei ausreichender UV-Bestrahlung zuverlässig abgetötet. Unter Berücksichtigung der Temperatur im System sind die DVGW-Arbeitsblätter W 293 und W 294 zu beachten. Die Vermehrung der Organismen im System auf den besiedelten Oberflächen läßt sich durch UV-Bestrahlung nicht verhindern. Daher kann im Einzelfall nicht gewährleistet werden, daß an der Entnahmestelle in der Peripherie ein einwandfreies Wasser bereitgestellt wird. Um eine einwandfreie Wasserbeschaffenheit zu gewährleisten, muß das System in Abhängigkeit von der Kontamination zusätzlich periodisch gespült, thermisch oder chemisch desinfiziert werden.

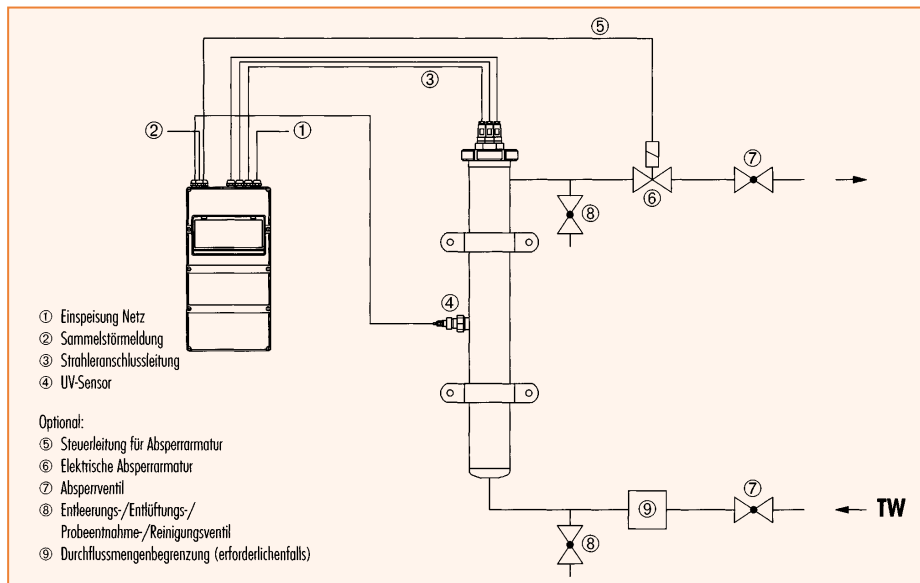
Die UV-Anlagen müssen für die vorgesehene Betriebstemperatur und Durchflußmenge ausgelegt sein und permanent be-

trieben werden. In ausgedehnten Systemen können gegebenenfalls mehrere UV-Anlagen erforderlich sein. Der Einbauort für die UV-Anlagen (Bild 8) richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Durch UV-Bestrahlung kommt es zur Umwandlung von Nitrat in Nitrit. Die gebildete Menge ist abhängig von der Bestrahlungsdosis, der Wellenlänge und der Nitratkonzentration im Trinkwasser. Überschreitungen des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung für Nitrit sind auszuschließen.

### Bautechnische Maßnahmen

Bautechnische Maßnahmen sind Eingriffe in das gesamte System oder einzelne Anlagenteile (Trinkwassererwärmer, Leitungen, Entnahmearmaturen). Die Speichergröße wird nach dem festgestellten Wasserverbrauch, z. B. nach DIN 4708, dimensioniert. Nicht benötigte Speicher sind stillzulegen

und die Anschlußleitungen vollständig abzutrennen. Damit der gesamte Speicherinhalt erwärmt werden kann, ist der Trinkwassererwärmer gegebenenfalls durch zusätzliche Umwälzung des Speicherinhaltes oder Einbau eines außerhalb angeordneten Wärmetauschers mit Ladepumpe umzurüsten. Jede bautechnische Maßnahme an Teilen der Leitungsanlage oder in ihrer Gesamtheit soll unter Berücksichtigung von Durchströmung, separater Beheizung und Wärmedämmung mit Dämmschichtdicken mindestens gemäß Heizungsanlagenverordnung dazu führen, daß im gesamten System eine Warmwassertemperatur von 55 °C nicht unterschritten wird. Nicht benötigte Rohrleitungen sind unmittelbar am Abgang abzutrennen. Es ist zu prüfen, ob Warmwasserzuleitungen für selten benutzte Entnahmestellen abgetrennt und diese Entnahmestellen durch dezentrale Trinkwassererwärmer versorgt werden können. Absperrarmaturen in Entleerungsleitungen sind unmittelbar an der Hauptleitung anzubringen. Anschlußleitungen zu Be- und Entlüftern bei Sammel-sicherung sollten abgetrennt werden. Es sind Armaturen mit Einzelsicherung einzubauen.



**Bild 8 Beispiel für die Anordnung einer UV-Desinfektionsanlage**

Um bei Leitungsanlagen mit Zirkulation die erforderliche Temperatur zu erreichen, sind in der Regel zum hydraulischen Abgleich Regulierventile erforderlich. Zwischen Durchgangsmisch- und -regelarmaturen sowie weitestentfernter Entnahmestelle ist das Wasservolumen durch bautechnische Maßnahmen auf 3 Liter zu begrenzen. Gleichzeitig muß die bautechnische Maßnahme am Warmwasseranschluß der Durchgangsmisch- und -regelarmatur die geforderten Temperaturvorgaben gewährleisten. Entweder durch eine möglichst kurze Anbindung des Warmwasseranschlusses an die vorgeschaltete Warmwasserzirkulationsleitung oder durch Installation einer Begleitheizung. Lassen sich alle bautechnischen Maßnahmen zur Sanierung durchführen, nur das Wasservolumen zwischen Durchgangsmisch- und -regelarmatur sowie Entnahmestelle nicht auf 3 Liter begrenzen, muß das der Durchgangsmisch- und -regelarmatur nachgeschaltete Leitungsnetz mit einer verfahrenstechnischen Maßnahme behandelt werden.

### **Betrieb, Wartung und Kontrolle**

Bei Großanlagen muß am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers stets eine Temperatur von 60 °C eingehalten werden. Der gesamte Trinkwasserinhalt von Vorwärmstufen ist mindestens einmal am Tag auf 60 °C zu erwärmen. Innerhalb des Re-

gelkreises ist betriebsbedingt mit Abweichungen von der geforderten Temperatur von 60 °C zu rechnen. Kurzzeitige Absenkungen der Temperatur am Speicheraustritt sind reglungsbedingt tolerierbar. Zirkulationssysteme und selbstregelnde Begleitheizungen sind so zu betreiben, daß die Wassertemperatur im System um nicht mehr als 5 K gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten wird. Zirkulationspumpe und selbstregelnde Begleitheizungen sind ohne Unterbrechung zu betreiben. Für Kleinanlagen wird die Einstellung der Reglertemperatur am Trinkwassererwärmer auf 60 °C empfohlen. Betriebstemperaturen unter 50 °C sollten aber in jedem Fall vermieden werden. Allerdings sollte der Auftraggeber oder Betreiber im Rahmen der Inbetriebnahme und Einweisung hierzu befragt bzw. informiert werden. Anlagen mit Vorwärmstufen, bei denen der Speicherinhalt der Vorwärmstufe 400 l beträgt, sind 1 × täglich auf 60 °C aufzuheizen.

Die VOB Teil C „Allgemeine technische Vertragsbedingungen (ATV) DIN 18381“ differenziert, welche Unterlagen über Betrieb und Bedienung der Systeme dem Auftraggeber bei der Übergabe unaufgefordert zu übergeben sind. Nach der Sanierung eines Systems sind dem Betreiber die Dokumentationsunterlagen und das Sanierungsprotokoll zu übergeben. Dem Betreiber sind Angaben über Zeitabstände zur Durchführung mikrobiologischer Nachuntersuchungen aufzustellen. Die Untersuchungsergebnisse sind zu protokollieren. Hinweise zur Durchführung von regelmäßigen Inspektionen und Wartungen gemäß DIN 1988-8 und die Empfehlung zum Abschluß eines Wartungsvertrages sollten gegeben werden. □