

**Autor**

Dipl.-Ing. Ulrich Petzolt

Produktmanager Armaturen/SAN,  
Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe

# Hygiene in wasserführenden Systemen

## Armaturentechnik im Einsatz gegen Legionellen

**Gemeinhin vertraut man darauf, dass durch Trinkwasser keine Gesundheitsschädigungen verursacht werden können. Schon gar nicht ist man sich des Risikos bewusst, welches durch Krankheitserreger im Trinkwasser aus Hausinstallationen hervorgerufen wird. Dabei können Armaturen den Kampf gegen Legionellen und Pseudomonaden in Warmwassersystemen unterstützen.**

Mit fortschreitender Entwicklung und wachsender Komplexität von Trinkwasseranlagen sind neue, früher weitgehend unbekannte Risiken durch nicht aus dem Abwasser stammende Mikroorganismen entstanden, vor allem in weitverzweigten wasserführenden Installationssystemen von Gebäuden (Krankenhäuser, Altenheime, Hotels u.a.). Diese nicht abwasserbürtigen Krankheitserreger werden zum Teil durch die üblichen Untersuchungstechniken nur unzulänglich erfasst, und ihre Bedeutung wird häufig in der Öffentlichkeit und auch in Fachkreisen stark unterschätzt.

Untersuchungen weisen darauf hin, dass das Hausinstallationssystem als Infektionsquelle nicht nur im Zusammenhang mit Legionellen, sondern auch mit anderen Mikroorganismen, insbesondere *Pseudomonas aeruginosa* von Bedeutung ist. Dies bedeutet, dass sowohl die Trinkwasseranlage Warm wie auch die Trinkwasseranlage Kalt als mögliche Infektionsquelle in Betracht zu ziehen ist.

Mit der Trinkwasser-Verordnung 2001 (TWVO) sind entsprechend § 3 Hausinstallationssysteme als Wasserversorgungsanlage in den Regelungsbereich der TWVO einbezogen worden und unterliegen damit den Qualitätsanforderungen der Verordnung. Für den Betreiber ergeben sich hieraus Konsequenzen im Hinblick auf die geforderte Verkehrssicherungspflicht und hinsichtlich seiner Verantwortung im Falle des Auftretens von wasserbedingten Erkrankungen.

Beobachtungen aus der Praxis zeigen, dass in der Gesamtkette Planung, Ausführung und Betrieb massive Verletzungen grundlegender Hygieneregeln vorkommen können, die zu einer nachhaltigen und oft schwierig zu beseitigenden mikrobiellen Verunreinigung des Hausinstallationssystems führen können.

Als mögliche Risikofaktoren für eine Kontamination des Kaltwassersystems und teilweise auch des Warmwassersystems in Gebäuden können genannt werden:

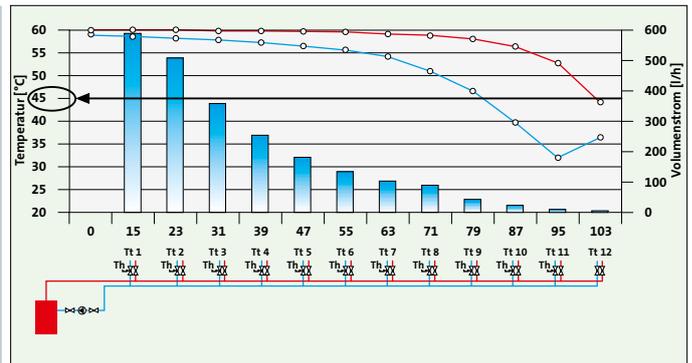
- nicht sachgerechte Planung (Überdimensionierung von Speicher und Leitungen),
- nicht regelmäßig genutzte Leitungsteile mit stagnierendem Wasser,
- mangelhafte, nicht fachgerechte Installation,
- Verwendung ungeeigneter Materialien und Bauteile,
- nicht bestimmungsgemäßer Betrieb,
- erhöhte Temperatur im Kaltwasserbereich von deutlich mehr als 20 °C,
- Begünstigung der Biofilmbildung,
- nicht sachgerechte Dichtigkeitsprüfung vor Inbetriebnahme,
- nicht sachgerechte Inbetriebnahme.

### Hygiene in wasserführenden Systemen

Von besonderer Bedeutung für die mikrobiologische Qualität von Trinkwasser in Trinkwasseranlagen sind das Vorhandensein und das Ausmaß der Bildung von Biofilmen. Biofilme bestehen aus Zellen von Bakterien, Pilzen oder auch Algen und einer extrazellulären Matrix (extrazelluläre Schleime), in die Eisen- oder Kalkablagerungen eingebaut sein können. Biofilme besiedeln alle Grenzflächen, an denen mikrobielles Wachstum möglich ist, z.B. Wandungen von Rohren, Speichern und Apparaten. In der Natur sind sie weit verbreitet und wesentlicher Bestandteil der aquatischen Mikroflora. Mikroorganismen treten hier nicht als Reinkultur, sondern gemischt auf. Auch Krankheitserreger wie Legionellen oder Pseudomonaden können mit dem Biofilm assoziiert sein und sich im Schutz des Biofilms widrigen äußeren Lebensumständen entziehen.



**Bild 1: Probenahmeventil für mikrobiologische Parameter**



**Bild 2: Temperaturverlauf und Volumenstromverteilung in einer nicht einregulierten Anlage nach DIN 1988-3 berechnet**

Begünstigt wird das Biofilmwachstum durch Stagnation von Wasser, geringe Fließgeschwindigkeiten und den Nährstoffgehalt des Wassers. Sanierungskonzepte, welche die Eliminierung oder Reduzierung von Bakterien in Trinkwasseranlagen zum Ziel haben, müssen immer auf eine Reduzierung oder sogar Eliminierung der Biofilme abzielen. Nur so können nachhaltige Wirkungen erreicht werden. Das Vorkommen von Biofilmen im Gesamtsystem von Trinkwasseranlagen macht auch deutlich, dass punktuelle Maßnahmen (z.B. „Abschirmungskonzepte“) häufig nicht zum gewünschten Erfolg führen, da sie in der Regel nur die planktonischen Organismen erfassen.

Zu den wichtigsten Mikroorganismen, die sich in Trinkwasseranlagen vermehren können und zu mikrobiellen Problemen beitragen, gehören Legionellen, atypische Mykobakterien, Pseudomonaden und andere heterotrophe Bakterien.

Warmwasser sollte im gesamten Bereich der Trinkwasseranlage stets Temperaturen oberhalb von 55 °C und Kaltwasser stets Temperaturen unterhalb von 25 °C, besser von 20 °C, haben.

Ein Zusammenhang zwischen der Kontamination von Warmwassersystemen und dem Auftreten von Legionellen gilt heute als gesichert. Da die Übertragung fast ausschließlich über einen direkten oder indirekten Kontakt mit Leitungswasser ausgelöst wird, kommt hygienischen Präventivmaßnahmen zur Reduktion von Legionellen in wasserführenden Systemen eine herausragende Bedeutung zu. Mögliche kritische Punkte, bei denen wachstumsfördernde Temperaturbereiche erreicht werden können, sind:

- Temperaturschichtung in Speichern,
- Ablagerungen im Speicher, Verteilerbalken,
- stagnierende Leitungsteile (Änderung der Nutzung, nicht unmittelbar an der Zirkulation abgetrennte Teile, Bauen auf Vorrat),
- nicht ausreichend zirkulierendes Wasser,
- zu große Wärmeverluste im Zirkulationssystem.

Berücksichtigt werden muss auch ein möglicher Wärmeübergang vom Warm- auf das Kaltwasser und dadurch das Vorkommen von Legionellen im erwärmten Kaltwasser.

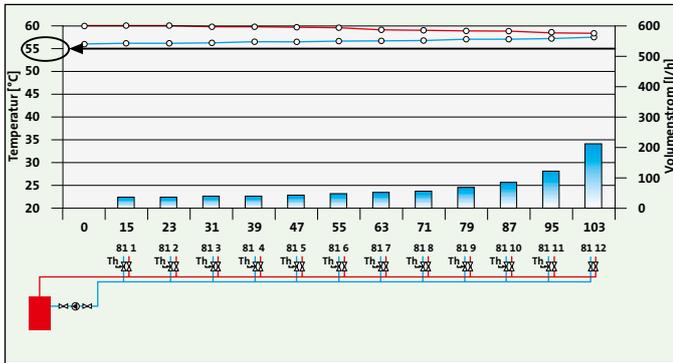
Trinkwasserführende Systeme sind deshalb so zu planen, auszuführen und zu betreiben und Instand zu halten, dass sie das Wachstum

oder die Bildung von Biofilmen bzw. Mikroorganismen nicht begünstigen (siehe auch VDI 6023):

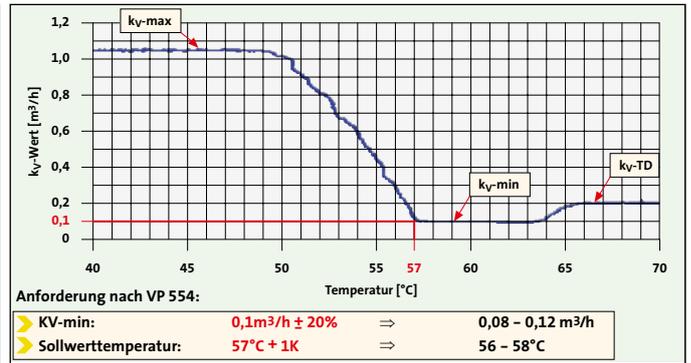
- durch Verwendung von Installationsmaterialien, von denen möglichst keine verwertbaren Nährstoffe abgegeben werden,
  - durch Vermeidung von Stagnation des Trinkwassers,
  - durch Vermeidung unnötiger Speicherung des Trinkwassers,
  - durch Vermeidung von Temperaturbereichen, bei denen Bakterienwachstum, insbesondere das von Krankheitserregern, gefördert wird.
- Damit Warmwasserinstallationen nicht verkeimen, wird gefordert, Zirkulationssysteme so zu betreiben, dass in zirkulierenden Warmwassersystemen die Temperatur des Wassers um nicht mehr als 5 K gegenüber der Austrittstemperatur des Trinkwassererwärmers unterschritten wird. Dies bedeutet 60 °C oder höher für den Bereich Trinkwasser Warm, wobei die Temperatur bei Wiedereintritt des Wassers in den Speicher mindestens 55 °C im Bereich der Trinkwasserzirkulation nicht unterschreiten darf. Wie in der Fachwelt bekannt ist, kann in größeren Anlagen mit dem Bemessungsverfahren für Zirkulationsleitungen gemäß DIN 1988-3 „TRWI – Ermittlung der Rohrdurchmesser“ diese Temperaturgrenze nicht zwangsläufig eingehalten werden (siehe Bild 2).

Aus diesem Grund hat in Deutschland der DVGW geeignetere Bemessungsverfahren für die Bemessung von Zirkulationsanlagen entwickelt und im Arbeitsblatt W 553 „Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen“ als Technische Regel veröffentlicht.

Nach den vorgenannten Arbeitsblättern muss zunächst der Wasserinhalt durch konstruktive Maßnahmen und durch die Dimensionierung der Leitungen so gering wie möglich gehalten werden. Aus dieser Forderung resultieren kurze Verweilzeiten des Trinkwassers in der Anlage, verbunden mit einem schnellen Wasseraustausch. Stagnierendes Wasser und die Erwärmung von kaltem Trinkwasser im Transportsystem durch Umgebungseinflüsse sind immer zu vermeiden. Durch Zirkulationssysteme muss sichergestellt werden, dass die Temperatur an keiner Stelle des Versorgungssystems dauerhaft geringer wird als 55 °C. Ausgenommen sind Stockwerksleitungen mit einem Wasservolumen < 3 l, wenn von Hygienikern oder Betreibern von Rohrleitungs-



**Bild 3: Temperaturverlauf und Volumenstromverteilung in einer nach DVGW W 553 berechneten und mittels Zirkulationsregulierventil einregulierten Anlage**



**Bild 4: Kennlinie des „Multi-Therm“ im Einklang mit den Vorgaben aus VP 554 (demnächst W 554) für geregelte Zirkulationsventile**

systemen keine zusätzlichen, erhöhten Anforderungen zur sofortigen hohen Temperaturpräsenz gefordert sind.

Die Bemessung von Trinkwassererwärmungs-, Verteilungs- und Zirkulationsanlagen hat daher nicht nur unter Berücksichtigung von funktionalen und wirtschaftlichen, sondern auch unter trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten zu erfolgen.

Die Qualität des Trinkwassers ist nicht nur abhängig von einer einwandfreien Anlieferung des Wassers durch das Versorgungsunternehmen, sondern wird in erheblichem Maße von der Konstruktion, der Auswahl der Rohrwerkstoffe, der handwerklichen Ausführung und der Bemessung der Leitungsanlage im Gebäude beeinflusst. Werden in einer Anlage trinkwasserhygienische Probleme festgestellt, so ist durch die Verantwortlichen der Nachweis zu erbringen, dass Planung, Bemessung und Bau der gesamten Trinkwasserinstallation den zum Zeitpunkt der Ausführung gültigen Technischen Regeln entsprochen haben. Ein kurzer Blick in das „Technische Regelwerk“ zeigt, dass folgende rechnerische Nachweise für die Erhaltung der Trinkwassergüte in einer fachgerecht erstellten Rohrleitungsanlage der Trinkwasserinstallation für erforderlich gehalten werden:

- Bemessung der Leitungsanlage für kaltes und erwärmtes Trinkwasser (nach DIN 1988-3 in Deutschland),
- Bemessung der Zirkulationsleitungen auf Grundlage der DVGW-Arbeitsblätter (W 551 und W 553 in Deutschland),
- Nachweis des Wasserinhalts in nicht zirkulierenden Leitungsteilen.

### Kontrollmaßnahmen

Der gesicherte Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Legionellen und dem Vorkommen von Legionellen im technischen Umfeld des Menschen macht die Notwendigkeit von vorbeugenden Maßnahmen deutlich. Infektionen lassen sich nur dadurch verhindern, dass in vom Menschen geschaffenen künstlichen Biotopen Bedingungen aufrecht erhalten werden, die eine Vermehrung von Legionellen unterbinden. Damit bleibt die Exposition des Menschen gegenüber diesen Keimen möglichst niedrig.

Weltweit wurde gerade in den letzten Jahren eine Reihe von Vorschriften, Guidelines und Richtlinien für den Betrieb von Trinkwasser- bzw. Klimaanlage entwickelt, die das Ziel haben, die Gefahr einer Erkrankung durch Legionellen für die Allgemeinheit zu vermindern:

- Legionnaires' Disease: Managing the Health Risk Associated with Cooling Towers and Warm Water Systems, Australien 2001,
- ASHRAE-Standard Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems, USA 2000,

■ Modelbeheersplan Legionelle-preventie in leidingwater, Niederlande 2000,

■ Guideline for prevention and control of legionella infections, Japanese Code of Practice, Japan 1995,

■ DVGW-Arbeitsblatt W 553, 1998,

■ DVGW-Arbeitsblatt W 551, April 2004,

■ VDI-Richtlinie 6023, Juli 2006.

Im Krankenhaus müssen zusätzliche Maßnahmen zum Schutz von Hochrisikopatienten ergriffen werden, die diese durch alle Arten und Unterarten schon bei geringsten Keimzahlen gefährdet sind. Entscheidend bei allen Maßnahmen ist immer, dass ein sauberes System vorliegt, in dem alle Abschnitte ausreichend zirkulieren und Temperaturen oberhalb von 55°C vorliegen. Berechnungen sollten nach dem neuesten Stand der Technik durchgeführt werden.

### Überwachung durch mikrobiologische Probenahmen

In öffentlichen Gebäuden sind einmal jährlich Untersuchungen auf Legionellen vorgeschrieben (TrinkwV; §§ 4, 14 (6) und 19 (7) i.V.m. Anlage 4). Betreiber, die Trinkwasser an die Öffentlichkeit abgeben, müssen diese Untersuchungen beauftragen, z.B. bei einem lokalen Hygiene-Institut. Es gibt orientierende, gegebenenfalls weiterführende und Nach-Untersuchungen.

Im DVGW Arbeitsblatt W 551 werden die Probenahmestellen zur Ermittlung der Kontamination eines Trinkwassersystems durch Legionellen näher definiert. In der Praxis finden sich jedoch an diesen Stellen in der Regel keine geeigneten Entnahmehähne, so dass die Probenahme unnötig zeitaufwendig ist oder nicht immer fachgerecht erfolgen kann.

Anschließend ist oft eine ausgeweitete zweite Probenahme notwendig, da anhand der Erstbefunde nicht erkennbar ist, ob die mikrobiologische Kontamination aus Richtung der Trinkwassereinspeisung oder aus der Richtung der Entnahmestellen kommt. Diese und ähnliche Eingrenzungen sind aber notwendig für die Einleitung zielgerichteter Abhilfemaßnahmen.

In Folge addieren sich die Kosten für mehrmalige Probenahmen und die vorübergehende Einrichtung von „Behelfs-Probenahmestellen“.

Daher empfiehlt es sich, bereits bei der Planung von Trinkwasser-Installationen geeignete Probenahmestellen (siehe Bild 1) zu berücksichtigen bzw. im Bestand nachzurüsten.

### Anlagentechnische Anforderungen, Auslegung, Berechnung

Aufgrund der neuen Anforderungen an den Betrieb von Zirkulationsleitungsanlagen wurden Bemessungsverfahren auf thermodyna-

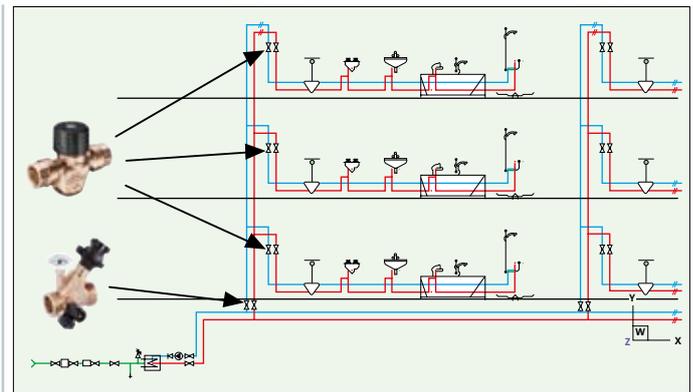




**Bild 5: Automatisches/thermostatisches Zirkulationsregulierventil „Multi-Therm“**



**Bild 6: Automatisches Feinstregulierventil „Eta-Therm“ frei installiert und als Unterputzregulierventil**



**Bild 7: Automatisches Feinstregulierventil „Eta-Therm“ zur Erstellung des hydraulischen Abgleichs des Zirkulationskreises im jeweiligen Raum einer Etage und „Multi-Fix“ statisches Zirkulations-Regulierventil im Steigstrang**

mischer Basis entwickelt. Diese Bemessungsregeln weisen folgende wesentliche Merkmale auf:

- Ermittlung der erforderlichen Zirkulationsvolumenströme über den Wärmeverlust der Rohrleitungen,
- Festlegung einer Temperaturdifferenz zwischen TWE-Ausgang und Zirkulationsanschluss am TWE, die geringer ist als 5 K,
- Vorgabe von Fließgeschwindigkeiten für die Bemessung des ungünstigsten Zirkulationskreises und zur Ermittlung der Pumpendruckdifferenz,
- Hydraulischer Abgleich günstigerer Zirkulationskreise, zunächst nur über die Rohrleitungsdurchmesser, unter Berücksichtigung eines Mindestinnendurchmessers von DN 10 und einer maximal zulässigen Fließgeschwindigkeit von  $v_{\max} = 1,0 \text{ m/s}$ ,
- Einregulierung über geregelte Zirkulationsventile.

### Einregulierungsmaßnahmen in „Trinkwasser Warm“-Zirkulationssystemen

In der Druckverlustberechnung muss in jedem Zirkulationskreis der Anlage die verfügbare Druckdifferenz der Pumpe, unter Berücksichtigung von Mindestinnendurchmessern und Maximalgeschwindigkeiten, so weit wie möglich „verbraucht“ werden.

Die in der Druckverlustberechnung verbleibende Differenz  $\Delta p_D$  zwischen dem verfügbaren Pumpendruck  $\Delta p_p$  und den errechneten Anlagendruckverlusten muss in statischen oder thermostatisch gesteuerten Zirkulations-Regulierventilen abgedrosselt werden (siehe Bild 3). Wird der „hydraulische Abgleich“ nicht vorgenommen, können sich die Volumenströme des Berechnungsfalles in der ausgeführten Anlage nicht einstellen (siehe Bild 2). Der Zirkulationsvolumenstrom muss die Wärmemenge transportieren können, die über die Oberfläche des Rohrleitungssystems verloren geht. Das heißt, dass eine konkret vorgegebene Wassertemperatur nur dann eingehalten werden kann, wenn der beschriebene Gleichgewichtszustand an jeder Stelle des Zirkulationssystems sichergestellt ist. Der hydraulische Abgleich eines Zirkulationssystems ist daher die Grundvoraussetzung für eine sichere Funktion. Der Armaturenhersteller Kemper hat seine Ventilkonstruktionen auf Grundlage der neuen Anforderungen weiterentwickelt. Im ersten Schritt wurden auf der Grundlage einer Vielzahl von Beispielberechnungen für große und mittlere Trinkwasserinstallationen die Randbedingungen definiert, die ein Zirkulationsregulierventil DN 15 vor dem Hintergrund der Anforderungen nach DVGW mindestens abdecken muss. Im zweiten Schritt wurden die aus der Praxis gewonnenen Erkenntnisse als Anforderungen zur Entwicklung der Regulierventile herangezogen.

### Regulierarmaturen mit DVGW-Zertifikat

Trinkwarmwasser-Systeme (TWW) sind zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene nach DVGW W 553 zu planen und dimensionieren. Das Funktionieren des TWW-Systems nach DVGW W 553 wird durch die hydraulischen Eigenschaften der eingesetzten Zirkulations-Regulierventile sichergestellt. Die hydraulischen Eigenschaften werden als Ventilkenn-daten von den Herstellern veröffentlicht. Ein Regulierventil, das den zugesicherten Minimalvolumenstrom bei voreingestellter Sollwerttemperatur nicht oder zu spät erreicht, kann ausschlaggebend für einen Mangel (z.B. niedrig temperierte Bereiche) im Betrieb des TWW-Systems sein und damit mikrobiologisches Wachstum fördern. Der DVGW hat zur Sicherstellung der Funktion von Trinkwasser-Zirkulationssystemen die Reguliereigenschaften der thermostatisch gesteuerten Regulierventile in der Prüfnorm VP 554 definiert (demnächst W 554). Damit auch tatsächlich fließt, was für das jeweilige Zirkulationssystem gerechnet wurde, müssen sich Planer, ausführender Fachinstallateur und Betreiber auf die vom Hersteller genannten Drossel- und Durchflusskennwerte des Zirkulations-Regulierventils verlassen können. Nach DVGW VP 554 werden die Eigenschaften des Regulierventils auf Dichtigkeit, Festigkeit, Werkstoffe sowie thermische und hydraulische Anforderungen geprüft. Die gesamte Regelcharakteristik eines Regulierventils wird bei Vollöffnung, bei Erreichen der Sollwerttemperatur sowie der Desinfektionstemperatur bei  $T > 70^\circ\text{C}$  überprüft. Die automatischen Regulierventile „Multi-Therm“ ( $50^\circ\text{C}$  bis  $65^\circ\text{C}$ ) und „Eta-Therm“ ( $56^\circ\text{C}$  bis  $58^\circ\text{C}$ ) von Kemper (siehe Bilder 5 und 6) haben das DVGW-Prüfzeichen und sind zertifiziert nach DVGW VP 554 (April 2003, Thermostatische Zirkulationsregulierventile für den hydraulischen Abgleich in Warmwasser-Trinkwassersystemen). Damit liefern diese Ventile Planungs- und Betriebssicherheit für Trinkwasserzirkulationssysteme, die nach DVGW W 551 betrieben werden müssen (siehe Bild 4).

### Thermostatische Zirkulations-Regulierventile

Werden für die Einregulierung eines Zirkulationssystems „Multi-Therm“-Ventile eingesetzt, reduziert sich der Einregulierungsaufwand auf der Baustelle. Wie bei den statischen Ventilen muss auch hier zunächst die Ventilgröße anhand der Ventildaten, z.B. über den kv-Wert, aus der Rohrnetzberechnung ermittelt werden. Die Bemessung des Ventils kann über Ventildiagramme oder automatisch mit einem Computerprogramm (z.B. Kemper Dendrit CAD) erfolgen.

### Zirkulations-Regulierventile im Stockwerk

Über die 3 l-Regel hinaus wird dort, wo aufgrund erhöhter hygienischer

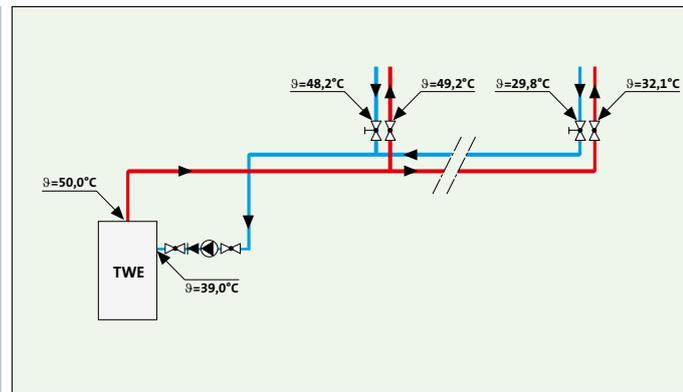


Bild 8: Zu bevorzugende Temperaturmesspunkte

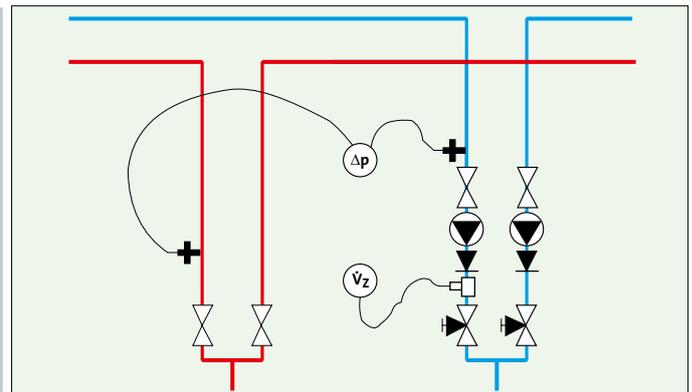


Bild 9: Messtechnische Ermittlung der für den Zirkulationskreis verfügbaren Druckdifferenz und des Zirkulationsvolumenstroms

Anforderungen (Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime etc.) oder aus Komfortkriterien (Hotels, Eigenheime etc.) die Notwendigkeit besteht, direkt nach dem Öffnen an der Entnahmestelle heißes Wasser zu entnehmen, das Stockwerksregulierventil eingesetzt (siehe Bild 7). Der Einbau ist im Bereich der Einzelabsperrung für den Nasszellenbereich als Unterputzregulierventil oder als frei installiertes Regulierventil möglich.

### Statische Zirkulations-Regulierventile

Werden für die Einregulierung statische Zirkulations-Regulierventile verwendet, erfolgt zunächst eine Ventildimensionierung über den kv-Wert bzw. über die geforderten Ventildaten (erforderlicher Zirkulationsvolumenstrom und erforderliche Druckdifferenz über dem Ventil für den jeweiligen Strang). Anhand dieser Daten kann dann der erforderliche Armatureneinstellwert aus einem Ventil-Drosseldiagramm ermittelt werden.

### Maßnahmen zur Vermeidung von Legionellen durch die Armaturentechnik

Damit Warmwasserinstallationen nicht verkeimen können, wird unter anderem in Deutschland entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 „Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen“ gefordert, dass Zirkulationssysteme so zu betreiben sind, dass im zirkulierenden Warmwassersystem die Temperatur des Wassers um nicht mehr als 5 K gegenüber der Austrittstemperatur des Trinkwassererwärmers unterschritten wird. Wie in der Fachwelt bekannt ist, können in größeren Anlagen mit dem in der Trinkwassernorm DIN 1988-3 „TRWI – Ermittlung der Rohrdurchmesser“ enthaltenen Bemessungsverfahren für Zirkulationsleitungen diese Temperaturgrenzen nicht zwangsläufig eingehalten werden!

Aus diesem Grunde hat in Deutschland der DVGW für die Bemessung von Zirkulationsanlagen geeignetere Bemessungsverfahren entwickelt und im DVGW Arbeitsblatt W 553 „Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen“ als Technische Regel mit dem Ausgabedatum Dezember 1998 veröffentlicht. Diese Regel ersetzt die in Deutschland gültige DIN 1988-3 im Abschnitt 14.

Nach den vorgenannten Arbeitsblättern muss zunächst der Wasserinhalt durch konstruktive Maßnahmen und durch die Dimensionierung der Leitungen so gering wie möglich gehalten werden. Aus dieser For-

derung resultieren kurze Verweilzeiten des Trinkwassers in der Anlage, verbunden mit einem schnellen Wasseraustausch. Stagnierendes Wasser und die Erwärmung von kaltem Trinkwasser im Transportsystem durch Umgebungseinflüsse sind immer zu vermeiden (Dämmung nach EnEV 2009 für TWK und TWW vorsehen). Durch Zirkulationssysteme muss sichergestellt werden, dass die Temperatur an keiner Stelle des Versorgungssystems dauerhaft geringer wird als 55 °C.

Die Bemessung von Trinkwassererwärmungs-, Verteilungs- und Zirkulationsanlagen hat daher nicht nur unter Berücksichtigung von funktionalen und wirtschaftlichen, sondern auch unter trinkwasserhygienischen Gesichtspunkten zu erfolgen.

Da die Qualität des Trinkwassers nicht nur abhängig ist von einer einwandfreien Anlieferung des Wassers durch das Versorgungsunternehmen, sondern im erheblichen Maße von der Konstruktion, der Auswahl der Rohrwerkstoffe, der handwerklichen Ausführung und der Bemessung der Leitungsanlage im Gebäude beeinflusst werden kann, muss bei festgestellten trinkwasserhygienischen Problemen damit gerechnet werden, dass von den Verantwortlichen der Nachweis geführt werden muss, dass die Planung, die Bemessung und der Bau der gesamten Trinkwasserinstallation den zum Zeitpunkt der Ausführung gültigen Technischen Regeln entsprechen hat.

Ein kurzer Blick in das „Technische Regelwerk“ zeigt, dass zurzeit folgende rechnerische Nachweise für die Erhaltung der Trinkwassergüte in einer fachgerecht erstellten Rohrleitungsanlage der Trinkwasserinstallation für erforderlich gehalten werden:

- Bemessung Leitungsanlage für kaltes und erwärmtes Trinkwasser nach DIN 1988-3,
- Bemessung der Zirkulationsleitungen auf Grundlage der DVGW-Arbeitsblätter W 551 bis W 553,
- Nachweis des Wasserinhalts in nicht zirkulierenden Leitungsteilen.

### Temperaturerhöhung in bestehenden Warmwasserversorgungssystemen

Nach den DVGW-Arbeitsblättern soll jede bautechnische Sanierungsmaßnahme dazu führen, dass – wie bei Neuanlagen – die Warmwassertemperatur im gesamten zirkulierenden System 55 °C nicht unterschreitet. Dabei sind die Belange der EnEV 2009 zu berücksichtigen. Leitungsteile mit Stagnation, wie in Zuleitungen zu Be- und Entlüftern, Entleerungsleitungen oder auch für nicht mehr benötigte Zuleitungen, müssen vom wasserführenden Versorgungssystem abgetrennt werden. Die folgenden Ausführungen fassen die Erfahrungen zusammen, die die Firma Kemper bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen



**Bild 10: Durchfluss- und Temperaturmessarmatur Kemper „Control-plus“ mit Handmessgerät und Sensor-Messmodul in Kombination mit „Multi-Fix“**

zur Temperaturerhöhung in bestehenden Warmwasserversorgungssystemen bisher sammeln konnten.

Vor Beginn von baulichen Maßnahmen sollte immer eine umfassende örtliche Bestandsaufnahme des zu sanierenden Warmwassersystems vorgenommen werden. Nach den DVGW-Arbeitsblättern soll die Dokumentation zunächst – sofern vorhanden – auf Grundlage der Bestandspläne, der Anlagenbeschreibung, der Anlagendaten und der Wartungs- und Bedienungsanleitungen erfolgen.

Liegen diese Informationen nicht vor, ist eine zeichnerische Darstellung der Trinkwasserinstallation in Verbindung mit den Grundrissplänen und den Gebäudeschnitten zu erstellen. Folgende Informationen sollten mindestens in diesen Plänen enthalten sein:

- **Trinkwassererwärmungssystem:**
  - Wärmeübertrager,
  - Speicher,
  - Abmessungen,
  - Leistungsdaten.
- **Leitungsanlage:**
  - Leitungsverlauf,
  - Rohrwerkstoffe,
  - Nennweiten,
  - Dämmmaterial,
  - Dämmstärke,
  - Absperrarmaturen, Sicherungsarmaturen, Regulierarmaturen,
  - Entnahmearmaturen,
  - Messeinrichtungen,
  - Regel- und Steuergeräte,
  - Wasseraufbereitungsanlagen.

Im Zuge der örtlichen Bestandsaufnahme sind die Temperaturen im Kaltwasser-, Warmwasser- und Zirkulationssystem zu messen und zu

dokumentieren. Zur Kontrolle des Wasserverbrauchs und zur Ermittlung des Zirkulationsvolumenstroms sind an geeigneten Stellen Volumstrommessgeräte einzubauen. Vorhandene Kontrollrohrstücke sind auf Ablagerungen und Korrosionserscheinungen hin zu überprüfen.

Temperaturmessungen an der Oberfläche der frei zugänglichen Ventile in den Warmwasser- und Zirkulationsleitungen sind in der Regel ausreichend, um die Temperaturverteilung im Zirkulationssystem zu beschreiben, ohne dass Dämmmaterial demontiert werden muss. Insbesondere die Temperaturmessungen an den Steigleitungsabsperungen ermöglichen bereits eine verlässliche Aussage über die Funktionsschwächen der zu sanierenden Anlage (siehe Bild 8). Diese Messungen lassen sich mit einfachen Oberflächentemperaturmessgeräten mit digitaler Anzeige durchführen. Es muss im Normalfall Wärmeleitpaste eingesetzt werden, um die Qualität der Messergebnisse sicherzustellen und um mögliche Fehlmessungen zu verhindern. Da die Messungen meistens nicht im idealen Beharrungszustand durchgeführt werden können, dürfen die Messergebnisse nicht überinterpretiert werden.

In der Regel sind Messwertgeber für die Messung des Zirkulationsvolumenstroms in älteren Leitungsanlagen nicht vorhanden. Eventuell vorhandene Wasserzähler in der Kaltwasserzuleitung zum Trinkwassererwärmer können mit Zusatzeinrichtungen bestenfalls zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Trinkwassererwärmungssystems herangezogen werden. Sie liefern aber keine Informationen zur Beurteilung der Zirkulation.

Volumenstrommessungen im zirkulierenden System sind immer aufwendig, da Messwertgeber in die Leitungsanlage eingebaut werden müssen. Volumenstrommessverfahren auf Ultraschallbasis kommen im mobilen Einsatz zwar ohne eingebauten Messwertgeber und damit auch ohne Eingriffe in die Leitungsanlage aus, sind aber in der Anschaffung sehr teuer und eignen sich nicht für einen spontanen Einsatz.

Im Zirkulationskreis permanent eingebaute Messwertgeber dürfen keinen nennenswerten Druckverlust verursachen, damit die Zirkulation nicht ungünstig beeinflusst wird. Damit fallen einfache Volumenstrommessverfahren, die mit Messblenden, Düsen oder Flügelrädern arbeiten, für diesen Zweck aus. Von Kemper wurde aus diesem Grunde eine neuartige Volumenstrommessarmatur entwickelt, die zwar den Eingriff in die Leitungsanlage für den Einbau des Messwertgebers erfordert, jedoch insgesamt eine preiswerte und leistungsfähige Alternative zu anderen Volumenstrommessverfahren darstellt, da der Einbau in Kombination mit Absperr- oder Reguliertechnik und die Messwertanzeige digital über ein kleines Handauslesemessgerät erfolgen kann (siehe Bild 10). Die für das zu sanierende Zirkulationsleitungssystem verfügbare Druckdifferenz kann mit einem einfachen Druckdifferenzmessgerät ermittelt werden. Die Schlauchanschlüsse für die Druckabnahme können im einfachsten Fall an vorhandenen Entleerungsventilen angeschlossen werden. Die Druckabnahme muss jeweils auf der Druck- und auf der Saugseite der Zirkulationspumpe erfolgen. Wird die Differenz zwischen der abgehenden bzw. ankommenden Leitung an einem Verteilerstock gemessen, wird der Druckabfall im Trinkwassererwärmer nicht erfasst, sondern es wird nur die für die Überwindung von Netzwideständen tatsächlich verfügbare Druckdifferenz ermittelt (siehe Bild 9).

Die Messung der verfügbaren Druckdifferenz ist vor allen Dingen dann erforderlich, wenn mehrere Pumpen hintereinander geschaltet sind und es damit nicht möglich ist über die Kenntnis der Kennlinie einer einzelnen Pumpe verlässliche Schlüsse zu ziehen. Insbesondere in älteren, größeren Versorgungssystemen – z. B. für Krankenhäuser – sind solche Anlagenverhältnisse eher die Normalität. Bei der Messung sollte auch auf Druckschwankungen geachtet werden, die auf das Ein- bzw. Ausschalten von Pumpen hindeuten. Im besten Falle sollten die Messdaten in einen Datenlogger geschrieben werden, damit sie für weitere Auswertungen im Computer zur Verfügung stehen.

