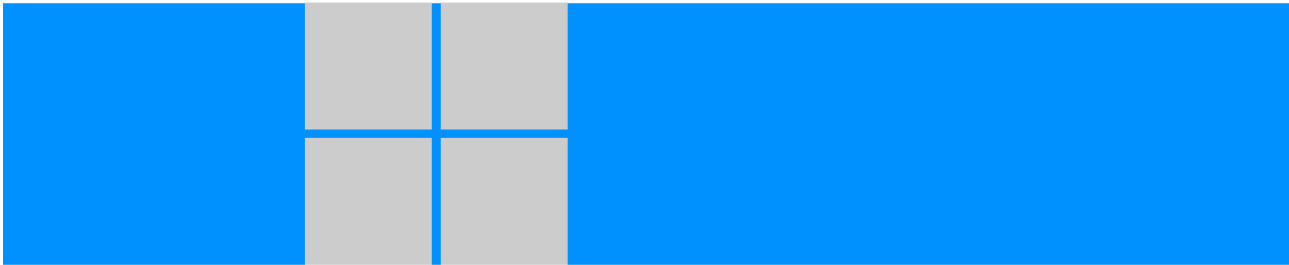


Technische Regel

**Arbeitsblatt W 551** | April 2004



Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen

ISSN 0176-3504

Preisgruppe: 5

© DVGW, Bonn, April 2004

DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3  
D-53123 Bonn

Telefon: +49 (0) 228 91 88-5

Telefax: +49 (0) 228 91 88-990

E-Mail: [info@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)

Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des  
DVGW e.V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn

Telefon: 02 28 91 91-40 · Telefax: 02 28 91 91-499

E-Mail: [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de) · Internet: [www.wvgw.de](http://www.wvgw.de)

Art. Nr.: 00 665

Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen;  
 Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellen-  
 wachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von  
 Trinkwasser-Installationen

**Inhalt**

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>Betrieb</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>	6.1	Großanlagen .....	9
<b>2 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>	6.2	Kleinanlagen .....	9
<b>3 Normative Verweisungen</b> .....	<b>5</b>	6.3	Anlagen mit Vorwärmstufen .....	9
<b>4 Begriffe</b> .....	<b>6</b>	6.4	Zirkulationssysteme .....	10
<b>5 Planung und Errichtung</b> .....	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>Wartung und Inspektion</b> .....	<b>10</b>
5.1 Allgemeine Anforderungen .....	7	<b>8</b>	<b>Sanierung</b> .....	<b>10</b>
5.2 Anforderungen an Trinkwasser- erwärmer .....	7	8.1	Betriebstechnische Maßnahmen .....	10
5.2.1 Dezentrale Durchfluss-Trinkwasser- erwärmer .....	7	8.2	Verfahrenstechnische Maßnahmen (Desinfektion) .....	10
5.2.2 Speicher-Trinkwassererwärmer, zentrale Durchflusstrinkwasser- erwärmer, kombinierte Systeme und Speicher-Ladesysteme .....	7	8.2.1	Thermische Desinfektion .....	10
5.2.3 Vorwärmstufen .....	7	8.2.2	Chemische Desinfektion .....	11
5.2.4 Fernwärmeversorgung .....	8	8.2.2.1	Leitungsanlagen .....	11
5.3 Anforderungen an Werkstoffe .....	8	8.2.2.2	Trinkwassererwärmer und Vorwärmstufen .....	11
5.4 Anforderungen an Leitungsanlagen .....	8	8.2.3	UV-Bestrahlung .....	11
5.4.1 Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser .....	8	8.3	Bautechnische Maßnahmen .....	12
5.4.2 Rohrleitungen für erwärmtes Trink- wasser .....	8	8.3.1	Trinkwassererwärmer und Vorwärmstufen .....	12
5.4.3 Zirkulationssysteme .....	8	8.3.2	Leitungsanlagen .....	12
5.4.4 Selbstregelnde Begleitheizungen .....	8	8.3.3	Armaturen .....	12
5.5 Armaturen .....	8	8.3.3.1	Entnahmearmaturen .....	12
5.5.1 Entnahmearmaturen .....	8	8.3.3.2	Durchgangsmisch- und -regelarmaturen .....	12
5.5.2 Anforderungen an Durchgangs- mischarmaturen und nachge- schaltete Rohrleitungsanlagen .....	8	<b>9</b>	<b>Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen und Bewertung</b> .....	<b>13</b>
5.6 Wohnungswasserzähler .....	9	9.1	Orientierende Untersuchung .....	13
5.7 Dokumentation .....	9	9.2	Weitergehende Untersuchung .....	13
		9.3	Nachuntersuchung .....	14
		9.4	Probenahme .....	14
		9.5	Bewertung der Legionellenbefunde .....	14

## Vorwort

Krankheitserreger können auf unterschiedlichen Wegen übertragen werden. Einer der Übertragungswege ist das Wasser. Die größten Gesundheitsgefahren durch Krankheitserreger im Wasser geht von den fäkal-oral übertragbaren Krankheitserregern aus. Cholera und Typhus sind zwei typische fäkal-oral übertragbare Krankheitserreger, die in der Vergangenheit auch immer wieder zu schweren Epidemien durch Trinkwasser geführt haben.

Es gibt aber auch noch eine andere Gruppe von Krankheitserregern, die mit dem Wasser übertragen werden können. Diese Krankheitserreger vermehren sich typischerweise im Wasser und können dadurch zu einem Gesundheitsrisiko führen. Zu dieser Gruppe zählen auch die Legionellen. Sie verursachen in der Regel Symptome ähnlich einer Lungenentzündung. Die Legionellen sind ubiquitär verbreitet, sie kommen aber in der natürlichen Umwelt in so geringen Mengen vor, dass sie nicht zu einem Gesundheitsrisiko beim Menschen führen. Die Legionellen können sich aber in erwärmtem Wasser bei Temperaturen zwischen 30 °C und 45 °C stark vermehren und dadurch ein Gesundheitsrisiko verursachen, wenn sie in kleinen lungengängigen Tröpfchen (Aerosol) mit der Luft eingeatmet werden. Im Zusammenhang mit dem Trinkwasser kann ein Gesundheitsrisiko entstehen, wenn sich die Legionellen im Warmwassersystem der Trinkwasser-Installation vermehren und z. B. beim Duschen als Aerosol eingeatmet werden. Verstärkt wird das Legionellenproblem durch die Tatsache, dass die Legionellen die Eigenschaft besitzen, sich intrazellulär in Protozoen, wie z. B. Amöben, massiv zu vermehren.

In diesem Arbeitsblatt werden die Maßnahmen beschrieben, die notwendig sind, um eine massenhafte Vermehrung der Legionellen in Warmwassersystemen der Trinkwasser-Installation zu verhindern oder bei den Systemen, bei denen es bereits zu einer Vermehrung gekommen ist, diese wieder zu beseitigen. In dem Arbeitsblatt sind die Anforderungen zusammengefasst, die zuvor bereits in den beiden Arbeitsblättern W 551 und W 552 von 1993 bzw. 1996 festgelegt worden sind. Die Anforderungen sind an die neuesten Kenntnisse auf dem Gebiet der Bekämpfung der Legionellen in Warmwassersystemen angepasst.

Bonn, im April 2004

DVGW Deutsche Vereinigung  
des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein

## 1 Einleitung

Legionellen sind stäbchenförmige Bakterien, die natürlicher Bestandteil aller Süßwässer sind. Sie führen typischerweise zu einer Lungenentzündung (Legionellen-Pneumonie). Neben Legionella pneumophila, der epidemiologisch wichtigsten Art, gibt es noch mehr als 40 weitere Arten.

Bei einem Treffen der „US American Legion“ 1976 in Philadelphia erkrankten von über 4000 Teilnehmern etwa 220 Personen, von denen 30 verstarben. Aus diesem Grunde erhielt die Erkrankung den Namen „Legionärskrankheit“.

Neben der Legionellen-Pneumonie gibt es eine andere, leichtere Verlaufsform einer Legionelleninfektion, das Pontiac-Fieber.

Personen mit gesundheitlichen Vorschäden, geschwächter körperlicher Abwehr, chronischer Bronchitis, Emphysem etc., aber auch Raucher erkranken häufiger.

Das Infektionsrisiko steht im direkten Zusammenhang mit der Temperatur des Wassers aus der Trinkwasser-Installation. Die Legionellen wachsen vermehrt im Temperaturbereich zwischen 30 °C und 45 °C. Die Infektion erfolgt im Wesentlichen durch Inhalation von kontaminiertem lungengängigem Aerosol, das z. B. beim Duschen entsteht.

In dem Arbeitsblatt werden die notwendigen technischen Maßnahmen und sonstigen Schutzvorkehrungen beschrieben, um ein Gesundheitsrisiko durch Legionellen im Wasser aus der Trinkwasser-Installation zu vermeiden.

Die in diesem Arbeitsblatt enthaltenen Regeln basieren auf dem derzeitigen Erkenntnisstand hinsichtlich der technischen Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums.

## 2 Anwendungsbereich

Dieses Arbeitsblatt gilt für

- die Planung und Errichtung
- den Betrieb

- die Instandhaltung (Inspektion, Wartung und Instandsetzung)

- die hygienisch-mikrobiologische Überwachung
- die Sanierung

von Trinkwasser-Installationen in öffentlich und privat genutzten Gebäuden (Wohn-, Büro- und Verwaltungsgebäuden, Arbeits- und Sportstätten, Hotels sowie Krankenhäusern).

In Krankenhausbereichen mit Patienten, die aufgrund einer Abwehrschwäche besonders gefährdet sind, sind eventuell zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Diese sind nicht Gegenstand dieses Arbeitsblattes.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit auch mit anderen technischen Maßnahmen und Verfahren das angestrebte Ziel dieses Arbeitsblattes einzuhalten. In diesen Fällen müssen die einwandfreien Verhältnisse durch mikrobiologische Untersuchungen nachgewiesen werden.

In diesem Zusammenhang ist auf die Anzeigepflicht an das zuständige Gesundheitsamt hinzuweisen. Diese besteht gemäß §13 Abs.1 TrinkwV 2001 dann, wenn wasserführende Teile einer Hausinstallation, aus der Wasser an die Öffentlichkeit abgegeben wird (Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Hotels, Gaststätten, Schulen, Kindergärten etc.), baulich oder betriebstechnisch so verändert werden, dass dies auf die Beschaffenheit des Wassers für den menschlichen Gebrauch Auswirkungen haben kann.

## 3 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils des DVGW-Regelwerkes sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nicht. Anwender dieses Teils des DVGW-Regelwerkes werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neusten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokumentes. Aufgeführte

DIN-Normen können Bestandteil des DVGW-Regelwerkes sein.

Energieeinsparverordnung, Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)

TrinkwV, Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung (Artikel 1 Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001); Artikel 2 Änderung anderer Rechtsvorschriften)

DIN 1988, Technische Regeln für Trinkwasser-Installation (TRWI)

DIN 4708, Zentrale Wassererwärmungsanlagen für Wohnhäuser

DIN 4753, Wassererwärmer und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser

DIN EN 1717, Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen – Technische Regel des DVGW; Deutsche Fassung EN 1717:2000

DVGW-Arbeitsblatt W 291, Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen

DVGW-Arbeitsblatt W 293, UV-Anlagen zur Desinfektion von Trinkwasser

DVGW-Arbeitsblatt W 294, UV-Desinfektionsanlagen für die Trinkwasserversorgung

DVGW-Arbeitsblatt W 553, Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen

DVGW-VP 670, Anforderungen und Prüfungen für Trinkwassererwärmer

VDI 6023, Hygienebewusste Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung von Trinkwasseranlagen

## 4 Begriffe

### Systeme

Trinkwasser-Installationssystem (Speicher und alle Rohrleitungen)

### Kleinanlagen

Kleinanlagen sind alle Anlagen mit Speicher-Trinkwassererwärmern oder zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern in:

- Einfamilienhäusern und Zweifamilienhäusern – unabhängig vom Inhalt des Trinkwassererwärmers und dem Inhalt der Rohrleitung
- Anlagen mit Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt  $\leq 400$  l und einem Inhalt  $\leq 3$  l in jeder Rohrleitung zwischen dem Abgang Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle. Dabei wird die eventuelle Zirkulationsleitung nicht berücksichtigt.

### Großanlagen

Großanlagen sind alle Anlagen mit Speicher-Trinkwassererwärmern oder zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern z. B. in:

- Wohngebäuden
- Hotels
- Altenheimen
- Krankenhäusern
- Bädern
- Sport- und Industrieanlagen
- Anlagen mit Trinkwassererwärmern und einem Inhalt  $> 400$  l und/oder  $> 3$  l in jeder Rohrleitung zwischen dem Abgang Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle.

- Campingplätzen

- Schwimmbädern

### Dokumentation

Bestandspläne bei Neubauten, Bestandsaufnahme im Sanierungsfall

### **Vorwärmstufen**

Dem Trinkwassererwärmer vorgeschaltete weitere Erwärmer, z. B. aus Wärmerückgewinnungsanlagen, Solaranlagen

### **Kontaminierte Systeme**

Systeme mit Legionellen  $\geq 100$  KBE/100 ml (KBE = koloniebildende Einheiten)

### **Orientierende Untersuchung**

Mindestuntersuchungsumfang, um eine mögliche Kontamination des Systems zu ermitteln

### **Weitergehende Untersuchung**

Untersuchung, um das Ausmaß der Kontamination eines Systems zu ermitteln

### **Nachuntersuchung**

Untersuchung, um den Sanierungserfolg zu kontrollieren

### **Durchgangsmisch- und -regelarmaturen**

Armatur zur zentralen Mischung von Kalt- und Warmwasser

## **5 Planung und Errichtung**

### **5.1 Allgemeine Anforderungen**

Für Trinkwasser-Installationen gilt DIN 1988, das DVGW-Arbeitsblatt W 553 und VDI 6023.

Für Trinkwassererwärmer gilt DIN 4753 und DVGW VP 670.

Trinkwassererwärmungsanlagen sind dem Bedarf an erwärmtem Trinkwasser entsprechend den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik so klein wie möglich, so groß wie nötig, auszulegen. Für Wohngebäude gilt DIN 4708.

Die in den nachfolgenden Abschnitten genannten „3 Liter Wasservolumen“ für Leitungsanlagen sind als Obergrenze zu verstehen, kleinere Wasservolumina sind anzustreben.

### **5.2 Anforderungen an Trinkwassererwärmer**

#### **5.2.1 Dezentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer**

Dezentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer können ohne weitere Maßnahmen verwendet werden, wenn das dem Durchfluss-Trinkwassererwärmer nachgeschaltete Leitungsvolumen 3 Liter nicht übersteigt.

#### **5.2.2 Speicher-Trinkwassererwärmer, zentrale Durchflusstrinkwassererwärmer, kombinierte Systeme und Speicher-Ladesysteme**

Jeder Speicher-Trinkwassererwärmer muss ausreichend große Reinigungs- und Wartungsöffnungen, z. B. in Form eines Handloches, aufweisen (siehe DIN 4753-1).

Am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers muss bei bestimmungsgemäßem Betrieb eine Temperatur von  $\geq 60^\circ\text{C}$  eingehalten werden können. Diese Aussage gilt auch für zentrale Durchflusstrinkwassererwärmer mit einem Wasservolumen  $> 3$  Liter.

Der Kaltwassereinlauf des Trinkwassererwärmers muss so konstruiert sein, dass während des Entnahmeproganges eine große Mischzone vermieden wird.

Speicher-Trinkwassererwärmer mit DVGW-Prüfzeichen nach DVGW-VP 670 erfüllen beispielsweise die genannten Anforderungen. Bei Speicher-Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt  $> 400$  l muss durch die Konstruktion und andere Maßnahmen (z. B. Umwälzung, bei Mehrfachspeichern gleichmäßige Beaufschlagung der einzelnen Speicher) sichergestellt werden, dass das Wasser an allen Stellen gleichmäßig erwärmt wird.

Eine serielle Schaltung der Speicher kann aus hygienischen Gründen von Vorteil sein.

#### **5.2.3 Vorwärmstufen**

Trinkwassererwärmungsanlagen müssen so konzipiert sein, dass der gesamte Wasserinhalt der Vorwärmstufen einmal am Tag auf  $\geq 60^\circ\text{C}$  erwärmt werden kann.

Trinkwassererwärmer mit integrierter Vorwärmstufe (Bivalente Speicher) müssen so konstruiert sein, dass der Inhalt des gesamten Speichers einmal am Tag auf  $\geq 60\text{ °C}$  erwärmt werden kann.

#### 5.2.4 Fernwärmeversorgung

Die Vorlauftemperatur zur Trinkwassererwärmung ist so zu wählen, dass eine Temperatur von  $60\text{ °C}$  am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers sichergestellt werden kann.

Bei indirektem Anschluss muss die Grädigkeit des Wärmeüberträgers berücksichtigt werden.

Bei Fernwärmeversorgung ist die Begrenzung der Rücklauftemperatur so zu wählen, dass eine stabile Speichertemperatur mit den in Abschnitt 5.2.2 genannten Mindesttemperaturen auch im Nachheizbetrieb mit Zirkulationsverlusten des Trinkwassererwärmungssystems sichergestellt werden kann.

### 5.3 Anforderungen an Werkstoffe

Für die Auswahl der Werkstoffe sind die Anforderungen der DIN 50930-6 einzuhalten. Es sind alle DVGW geprüften Werkstoffe zugelassen. Verzinkte Eisenwerkstoffe sollen im Warmwasserbereich nicht eingesetzt werden. Für Trinkwassererwärmer wird auf die hygienischen Anforderungen der DIN 4753 verwiesen.

### 5.4 Anforderungen an Leitungsanlagen

Leitungsanlagen müssen entsprechend der DIN 1988-2, Abschnitt 3, ausgeführt werden.

#### 5.4.1 Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser

Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser sind nach DIN 1988-2, Abschnitt 10.2.2, vor Erwärmung zu schützen.

#### 5.4.2 Rohrleitungen für erwärmtes Trinkwasser

Rohrleitungen für erwärmtes Trinkwasser sind nach DIN 1988, Abschnitt 10.2.3, zur Begrenzung des Wärmeverlustes zu schützen.

#### 5.4.3 Zirkulationssysteme

In Kleinanlagen mit Rohrleitungsinhalten  $>3\text{ l}$  zwischen Abgang Trinkwassererwärmer und Entnah-

mestelle sowie in Großanlagen sind Zirkulationssysteme einzubauen.

Zirkulationsleitungen und -pumpen sind so zu bemessen, dass im zirkulierenden Warmwassersystem die Warmwassertemperatur um nicht mehr als  $5\text{ K}$  gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten wird.

Stockwerks- und/oder Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen  $\leq 3\text{ Liter}$  können ohne Zirkulationsleitungen gebaut werden.

Zirkulationsleitungen sind bis unmittelbar vor Durchgangsmischarmaturen zu führen.

Schwerkraftzirkulation sind aus hygienischer Sicht nicht geeignet.

#### 5.4.4 Selbstregelnde Begleitheizungen

Alternativ oder ergänzend zur Zirkulationsleitung können Begleitheizungen eingebaut werden. Die Temperatur des Wassers darf in dem System um nicht mehr als  $5\text{ K}$  gegenüber der Warmwasseraustrittstemperatur abfallen.

Stockwerks- und/oder Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen  $\leq 3\text{ Liter}$  können ohne Begleitheizung gebaut werden.

### 5.5 Armaturen

Für Armaturen gilt DIN 1988-2, Abschnitt 4 und DIN EN 1717.

#### 5.5.1 Entnahmearmaturen

Es sollen nur Entnahmearmaturen mit Einzelsicherungen und, wo gefordert, Verbrühungsschutz eingesetzt werden.

#### 5.5.2 Anforderungen an Durchgangsmischarmaturen und nachgeschaltete Rohrleitungsanlagen

Zwischen Durchgangsmischarmaturen und der am weitesten entfernten Entnahmestelle ist das Wasservolumen auf  $\leq 3\text{ Liter}$  zu begrenzen.

## 5.6 Wohnungswasserzähler

Nach Wohnungswasserzählern können keine Zirkulationsleitungen eingebaut werden. Das Wasservolumen in den Stockwerks- und Einzelzuleitungen ist auf  $\leq 3$  Liter zu begrenzen. Ist dies nicht möglich sind die Wohnungswasserzähler entsprechend anzuordnen (z. B. an den Entnahmestellen) oder es sind selbstregelnde Begleitheizungen zu verwenden.

## 5.7 Dokumentation

Für Wartungs-, Änderungs- und Sanierungsmaßnahmen sowie Kontrollen ist eine Dokumentation des Systems in Form von Bestandsplänen erforderlich. Die Dokumentation soll in ihrem Umfang dem Einzelfall angepasst sein und strömungstechnische, thermische sowie hygienisch-mikrobiologische Gesichtspunkte einschließen.

Die Dokumentation soll die Installations-Bestandspläne, die Anlagenbeschreibung, die Anlagendaten und die Wartungs- und Bedienungsanleitung berücksichtigen.

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 (anlagenspezifisch) und an den Entnahmemarmaturen zu messen und zu dokumentieren.

Zur Kontrolle des Warmwasserverbrauchs sollen, wenn nicht vorhanden, Wasserzähler in die Kalt-

wasserzuleitung 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 oben genannten Anlagendaten vorliegt, kann eine Gesamtbeurteilung über die notwendigen Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

## 6 Betrieb

### 6.1 Großanlagen

Bei Großanlagen muss das Wasser am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers stets eine Temperatur von  $\geq 60$  °C einhalten. Der gesamte Trinkwasserinhalt von Vorwärmstufen ist mindestens einmal am Tag auf  $\geq 60$  °C zu erwärmen.

Innerhalb des Regelkreises ist betriebsbedingt mit Abweichungen von der geforderten Temperatur von 60 °C zu rechnen. Kurzzeitige Absenkungen im Minutenbereich der Temperatur am Austritt des Trinkwassererwärmers sind tolerierbar (siehe z. B. DIN 4708). Systematische Unterschreitungen von 60 °C sind nicht akzeptabel.

### 6.2 Kleinanlagen

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 über das eventuelle Gesundheitsrisiko (Legionellenwachstum) informiert werden.

### 6.3 Anlagen mit Vorwärmstufen

Bei Anlagen mit externen Vorwärmstufen, bei denen der Speicherinhalt einschließlich Vorwärmstufe  $\geq 400$  l beträgt, ist der gesamte Speicherinhalt der Vorwärmstufe 1 x täglich auf  $\geq 60$  °C aufzuheizen.

Bei Trinkwassererwärmern mit integrierten Vorwärmstufen (Bivalente Speicher), bei denen der gesamte Inhalt des Speichers >400 l beträgt, ist der Inhalt des gesamten Speichers 1 x täglich auf  $\geq 60^\circ\text{C}$  aufzuheizen.

#### 6.4 Zirkulationssysteme

Zirkulationssysteme und selbstregelnde Begleitheizungen sind so zu betreiben, dass die Wassertemperatur im System um nicht mehr als 5K gegenüber der Warmwasseraustrittstemperatur des Trinkwassererwärmers unterschritten wird.

Bei hygienisch einwandfreien Verhältnissen können Zirkulationssysteme zur Energieeinsparung für max. 8 Stunden in 24 Stunden, z. B. durch Abschalten der Zirkulationspumpe mit abgesenkten Temperaturen betrieben werden.

## 7 Wartung und Inspektion

Nach DIN 1988-8 sind Unterlagen über Betrieb, Bedienung der Systeme dem Auftraggeber bei der Übergabe unaufgefordert zu übergeben.

Nach der Sanierung eines Systems sind dem Betreiber die Dokumentationsunterlagen und das Sanierungsprotokoll zu übergeben.

Dem Betreiber sind vom Auftragnehmer Angaben über Zeitabstände zur Durchführung mikrobiologischer Nachuntersuchungen (gemäß Abschnitt 8.3) aufzustellen. Die Untersuchungsergebnisse sind zu protokollieren.

Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen sind gemäß DIN 1988-8 regelmäßig zu warten und zu inspizieren. Die Empfehlung zum Abschluss eines Wartungsvertrages sollte gegeben werden.

## 8 Sanierung

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 weniger als 100 KBE in 100 ml nachweisbar sind.

Nachfolgend beispielhaft genannte Sanierungsmaßnahmen können allein zielführend sein. Andere nicht genannte Sanierungsmaßnahmen können ebenfalls angewendet werden. Der Sanierungserfolg ist durch mikrobiologische Untersuchungen nachzuweisen. Je nach Anlagenkonstellation kann es notwendig sein, dass mehrere Sanierungsmaßnahmen gemeinsam oder nacheinander durchgeführt werden müssen. Anlagenteile, in denen eine Sedimentation stattgefunden haben kann (z. B. Trinkwassererwärmer, Verteiler) sind vor den nachfolgend aufgeführten Sanierungsmaßnahmen zu reinigen.

### 8.1 Betriebstechnische Maßnahmen

Unter betriebstechnischen Maßnahmen werden Stell-, Steuer- und Regelvorgänge an Komponenten und Einrichtungen des Systems mit dem Ziel der Anlagenoptimierung verstanden.

Nach Möglichkeit sollte das Warmwassersystem wie eine Neuinstallation (siehe Abschnitt 6) betrieben werden.

### 8.2 Verfahrenstechnische Maßnahmen (Desinfektion)

Die nachfolgenden beschriebenen verfahrenstechnischen Maßnahmen sind in erster Linie als Sofortmaßnahmen zu sehen. Ein dauerhafter Sanierungserfolg ist häufig 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.

#### 8.2.1 Thermische Desinfektion

Die thermische Desinfektion soll das gesamte System einschließlich aller Entnahmematurationen erfassen. Bei einer Temperatur von  $\geq 70^\circ\text{C}$  werden Legionellen in kurzer Zeit abgetötet.

Jede Entnahmestelle ist bei geöffnetem Auslass für mindestens 3 Minuten mit mindestens 70 °C zu beaufschlagen. Daher muss das Wasser im Trinkwassererwärmer über 70 °C aufgeheizt werden. Temperatur und Zeitdauer sind unbedingt einzuhalten. Die Auslaufftemperatur 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 °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 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 Verbrühungsschutz während der thermischen Desinfektion ist zu sorgen. Nach Abschluss der thermischen Desinfektion ist die Anlage in den bestimmungsgemäßen Betrieb zurückzuführen.

#### 8.2.2 Chemische Desinfektion

Im Fall einer kontinuierlichen Zugabe von chemischen Desinfektionsmitteln muss diese 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 mg/l freies Chlor an der Entnahmestelle) ist deshalb erforderlich. Die Desinfektionsmaßnahme ist gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt W 291 durchzuführen.

#### 8.2.2.1 Leitungsanlagen

Die Desinfektionschemikalie muss alle Einzelleitungen 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. Wird die chemische Desinfektion abschnittsweise durchgeführt, sind die behandelten Leitungsabschnitte vom übrigen System abzutrennen.

#### 8.2.2.2 Trinkwassererwärmer und Vorwärmstufen

Bei Trinkwassererwärmern und Vorwärmstufen ist eine Oberflächendesinfektion entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 291 vorzunehmen.

#### 8.2.3 UV-Bestrahlung

Die mit dem Wasser transportierten Legionellen können bei ausreichender UV-Bestrahlung zuverlässig abgetötet werden. Die DVGW-Arbeitsblätter W 293 und W 294 sind unter Berücksichtigung der Temperatur im System 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 betrieben werden. In ausgedehnten Systemen können gegebenenfalls mehrere UV-Anlagen erforderlich sein. Der Einbauort für die UV-Anlagen 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 (TrinkwV) für Nitrit sind auszuschließen (siehe auch W 293).

### 8.3 Bautechnische Maßnahmen

Bautechnische Maßnahmen sind Eingriffe in das gesamte System oder einzelne Anlagenteile (Trinkwassererwärmer, Leitungen, Entnahmemataturen).

Die in den nachfolgenden Abschnitten genannten „3 Liter Wasservolumen“ sind als Obergrenze zu verstehen. In jedem Fall ist es günstiger, kleinere Wasservolumina anzustreben.

#### 8.3.1 Trinkwassererwärmer und Vorwärmstufen

Die Speichergröße wird nach dem festgestellten Wasserverbrauch – z. B. nach DIN 4708 – dimensioniert. Nicht benötigte Speicher sind stillzulegen und die zugehörigen Anschlussleitungen an den Abzweigungen abzutrennen. Die tägliche Aufheizung von Vorwärmstufen ist einzurichten und sicherzustellen. Trinkwassererwärmer sind entsprechend zu reinigen.

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.

#### 8.3.2 Leitungsanlagen

Jede bautechnische Maßnahme an Teilen der Leitungsanlage oder in ihrer Gesamtheit soll unter Berücksichtigung von Durchströmung, separater Beheizung und Wärmedämmung mit Dämmschichtdicken mindestens gemäß der Energieeinsparverordnung dazu führen, dass im gesamten System eine Temperatur 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 Sammeldichtung sollten abgetrennt werden.

Es sind Armaturen mit Einzelsicherung einzubauen.

Um bei Leitungsanlagen mit Zirkulation die erforderliche Temperatur zu erreichen, sind in der Regel zum hydraulischen Abgleich Regulierventile erforderlich.

#### 8.3.3 Armaturen

##### 8.3.3.1 Entnahmemataturen

Es sollen nur Entnahmemataturen mit Einzelsicherungen und Verbrühungsschutz eingesetzt werden.

##### 8.3.3.2 Durchgangsmisch- und -regelarmaturen

Durch bautechnische Maßnahmen ist das Wasservolumen zwischen Durchgangsmisch- und -regelarmaturen und weitestentfernter Entnahmestelle auf 3 l zu begrenzen. Gleichzeitig muss gewährleistet werden, dass durch die bautechnische Maßnahme am Warmwasseranschluss der Durchgangsmisch- und -regelarmatur die Temperaturvorgaben nach Abschnitt 5.2.2, entweder durch eine möglichst kurze Anbindung des Warmwasseranschlusses an die vorgeschaltete Warmwasserzirkulationsleitung oder durch Installation einer Begleitheizung erfolgen muss.

Lassen sich alle bautechnischen Maßnahmen zur Sanierung durchführen, nur das Wasservolumen zwischen Durchgangsmisch- und -regelarmatur und Entnahmestelle nicht auf 3 l begrenzen, muss das der Durchgangsmisch- und -regelarmatur nachgeschaltete Leitungsnetz mit einer verfahrenstechnischen Maßnahme nach Abschnitt 8.2 behandelt werden, um ein nachteiliges Wachstum der Legionellen in diesem Leitungsabschnitt zu verhindern.

Nach der Durchgangsmisch- und Regelarmatur sind hygienisch einwandfreie Verhältnisse nachzuweisen.

## 9 Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen und Bewertung

Die Untersuchung soll eine Aussage über eine mögliche Kontamination eines Systems mit Legionellen und deren Ausmaß liefern, um eine Bewertung und ggf. geeignete Abwehrmaßnahmen vornehmen zu können.

Grundsätzlich sind die Vorgaben der Trinkwasserverordnung (§§ 4, 14(1) und 19(7) i.V.m. Anlage 4) zu beachten, wonach Legionellenuntersuchungen in Hausinstallationen, aus denen Wasser an die Öffentlichkeit abgegeben wird (insbesondere in Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern, Gaststätten und sonstigen Gemeinschafts-Einrichtungen), ab 2003 jährlich vorgeschrieben sind.

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

### 9.1 Orientierende Untersuchung

Um eine mögliche Kontamination des Systems mit Legionellen zu ermitteln, ist zunächst eine orientierende Untersuchung durchzuführen. Diese kann wahlweise mit einem eingeschränkten Probenahmeschema oder aber mit einem Probenahmeschema entsprechend einer weitergehenden Untersuchung erfolgen.

Die orientierende Untersuchung mit einem eingeschränkten Probenahmeschema ist bei legionellenfreien Systemen kostengünstig. Bei kontaminierten Systemen ist es aufgrund des eingeschränkten Probenumfangs ggf. nicht möglich, konkrete Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt nach der Tabelle 1a.

Die Anzahl der erforderlichen Proben ist bei der orientierenden Untersuchung so zu wählen, dass jeder Steigstrang erfasst wird. Zusätzlich ist eine Probe am Austritt des Trinkwassererwärmers

(Warmwasserleitung) und eine Probe am Eintritt in den Trinkwassererwärmer (Zirkulationsleitung) zu nehmen (siehe Bild 1).

Der Probenumfang einer weitergehenden Untersuchung im Rahmen einer orientierenden Untersuchung ist kostenintensiver, führt aber dazu, dass die Sanierungsmaßnahmen ohne weitere Zeitverzögerungen in Angriff genommen werden können. Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt nach der Tabelle 1b. Zu Anzahl und Ort der notwendigen Probenahmestellen siehe „Weitergehende Untersuchungen“.

Die Bewertung der Befunde ist nach dem ungünstigsten Befund festzulegen und die daraus folgenden Maßnahmen sowie deren zeitliche Priorität ergeben sich aus Tabelle 1a. Ausnahmen von dieser Regel sind mit dem zuständigen Gesundheitsamt abzustimmen.

### 9.2 Weitergehende Untersuchung

Die weitergehende Untersuchung soll eine Aussage über das Ausmaß der Kontamination eines Systems mit Legionellen liefern und die Einleitung gezielter Sanierungsmaßnahmen ermöglichen.

Die Anzahl der erforderlichen Proben richtet sich bei der weitergehenden Untersuchung nach Größe, Ausdehnung und Verzweigung des Systems. Zu den Probenahmestellen gemäß der orientierenden Untersuchung an jedem Steigstrang ist es angebracht, in einzelnen Stockwerksleitungen (die Hinweise auf mögliche Kontamination bieten) zusätzliche Proben zu entnehmen (siehe Bild 1).

Weiterhin sind Proben aus Leitungsteilen, die stagnierendes Wasser führen, zu entnehmen (z. B. Be- und Entlüftungsleitungen bei Sammelsicherungen, Entleerungsleitungen, selten benutzte Entnahmestellen, Membranausdehnungsgefäße).

Bei Hinweisen auf Erwärmung der Kaltwasserleitung sind auch an Kaltwasserentnahmestellen Proben zu entnehmen.

Die Bewertung der Befunde und die daraus folgenden Maßnahmen ergeben sich aus Tabelle 1b, wobei die Maßnahmen nach dem ungünstigsten Befund festzulegen sind.

Das Bewertungsschema für die weitergehende Untersuchung (Tabelle 1b) ist auch auf die nach einer Sanierung entnommenen Proben anzuwenden.

### 9.3 Nachuntersuchung

Wird bei einer orientierenden Untersuchung eine Legionellenkonzentration  $< 100$  KBE/100 ml (KBE = koloniebildende Einheiten) festgestellt, sind Nachuntersuchungen in Zeitzyklen nach Tabelle 1a, letzte Zeile, in Form von wiederholten orientierenden Untersuchungen erforderlich, um langfristig die Verhältnisse zu kontrollieren.

Um bei sanierten Systemen den Sanierungserfolg zu kontrollieren, sind zwei Nachuntersuchungen mit den Merkmalen einer weitergehenden Untersuchung im vierteljährlichen Abstand durchzuführen (Tabelle 1 b). Anschließend sind Nachuntersuchungen in Form von wiederholten orientierenden Untersuchungen erforderlich (Tabelle 1a).

Werden kontrollierte Systeme mit einer Legionellenkonzentration  $< 100$  KBE/100 ml umgebaut oder erweitert, ist eine Nachuntersuchung in Form und nach Umfang einer orientierenden Untersuchung bereits nach einem halben Jahr erforderlich.

### 9.4 Probenahme

Die Proben sind gemäß der jeweils gültigen Fassung der Empfehlung des Umweltbundesamtes Nachweis von Legionellen in Trink- und Badebeckenwasser und unter Beachtung der Trinkwasserverordnung zu entnehmen.

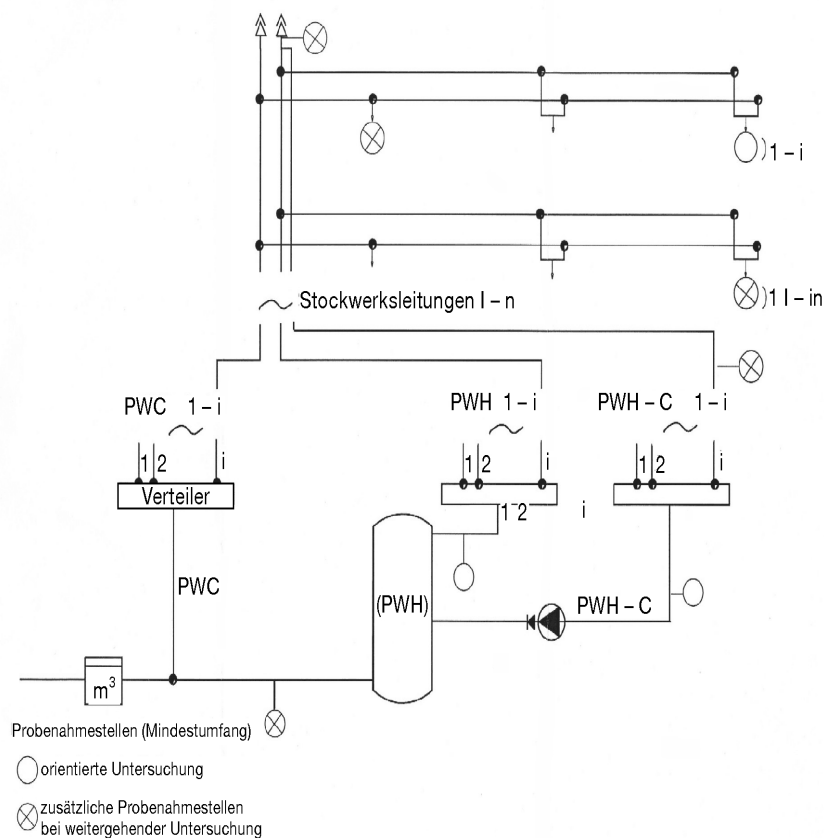
Unmittelbar vor der Probenahme ist eine Messung der Wassertemperatur durchzuführen. Das Messergebnis ist zu dokumentieren.

### 9.5 Bewertung der Legionellenbefunde

Die Bewertung der Befunde ist nach dem ungünstigsten Befund festzulegen und die daraus folgenden Maßnahmen sowie deren zeitliche Priorität ergeben sich aus Tabelle 1a. Abweichungen von dieser Regel sind mit dem zuständigen Gesundheitsamt abzustimmen.

Wird bei einer Erstuntersuchung eine extrem hohe Kontamination festgestellt, ist unverzüglich eine Desinfektion vorzunehmen.

Werden auch nach wiederholten Desinfektionen in kürzeren Abständen gleichbleibend hohe Kontami-



**Bild 1 – Schematische Darstellung eines Systems mit Probenahmestellen**

nationen festgestellt, ist nicht zu erwarten, dass durch weitere Desinfektionen eine Verbesserung der Situation erreicht wird. Eine weiterreichende Sanierung des Systems durch betriebs- oder bautechnische Maßnahmen (siehe Abs. 8.3) ist dann unumgänglich.

**Tabelle 1a – Bewertung der Befunde bei einer orientierenden Untersuchung\*)**

Legionellen (KBE/100 ml) <sup>1)</sup>	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung <sup>3)</sup>	Nachuntersuchung
> 10000	Extrem hohe Kontamination	Direkte Gefahrenabwehr erforderlich, (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1000	hohe Kontamination	Sanierungserfordernis ist abhängig vom Ergebnis der weitergehenden Untersuchung	umgehend	–
≥ 100	Mittlere Kontamination	keine	innerhalb von 4 Wochen	–
< 100	keine/geringe Kontamination	keine	keine	Nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) <sup>2)</sup>

- 1) KBE = koloniebildende Einheit
- 2) Werden bei zwei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.
- 3) Wird die orientierende Untersuchung gleich mit einem Probenumfang durchgeführt, der dem einer weitergehenden Untersuchung entspricht, gelten die in der Tabelle 1b angegebenen Maßnahmen direkt.

**Tabelle 1b – Bewertung der Befunde bei einer weitergehenden Untersuchung\*)**

Legionellen (KBE/100 ml) <sup>1)</sup>	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung
> 10000	Extrem hohe Kontamination	Direkte Gefahrenabwehr erforderlich, (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1000	hohe Kontamination	Kurzfristige Sanierung erforderlich	innerhalb von max. 3 Monaten	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung <sup>2)</sup>
≥ 100	Mittlere Kontamination	Mittelfristige Sanierung erforderlich	innerhalb max. 1 Jahr	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung <sup>2)</sup>
< 100	keine/nachweisbare geringe Kontamination	keine	–	Nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) <sup>3)</sup>

- 1) KBE = koloniebildende Einheit
- 2) Werden bei 2 Nachuntersuchungen in vierteljährlichem Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, braucht die nächste Nachuntersuchung erst nach 1 Jahr nach der 2. Nachuntersuchung vorgenommen zu werden. Diese Nachuntersuchungen können entsprechend dem Schema der orientierenden Untersuchung (Tabelle 1a) durchgeführt werden.
- 3) Werden bei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.

\*) Die Untersuchungen und Bewertungen sind nach der jeweils gültigen Empfehlung des Umweltbundesamtes vorzunehmen.