

Das Bundesministerium für Verteidigung beauftragte im Jahre 1995 die Errichtung von vier unterschiedlichen Musteranlagen zur Erwärmung von Trinkwasser, um die Aufkeimung von Legionellen bei unterschiedlichen Techniken und Betriebsweisen zu untersuchen. Die Untersuchungen und die dabei gesammelten Erkenntnisse werden hier vorgestellt.

# Minimierung des Legionelleninfektionsrisikos

Dipl.-Ing. (FH) Berthold Engelhardt, Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung (LBB), Niederlassung Koblenz

Bei einem Treffen der „US- American- Legion“ im Jahre 1976 in Philadelphia erkrankten über 180 Teilnehmer an dem bis dahin unbekanntem Bakterium „Legionella pneumophila“, 29 Teilnehmer verstarben an dieser Infektion. Seit dieser ersten Identifizierung des Bakteriums „Legionella“ wurden Einfluss und Wirkung auf die Gesundheit des Menschen intensiv erforscht. Nach heutigen Erkenntnissen führen Legionellen unter bestimmten Bedingungen zu einer erheblichen Gesundheitsgefährdung des Menschen. Da eine hundertprozentige und dauerhafte Vermeidung von Legionellen im Trinkwasser aus heutiger Sicht nahezu unmöglich ist, muss das Legionellen-Infektionsrisiko soweit wie möglich minimiert werden.

Im Jahre 1991 veröffentlichte der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) die erste Fassung des Arbeitsblattes W 551 „Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Vermeidung des Legionellenwachstums“. Bei der Novellierung der

Trinkwasserverordnung 2001, die am 01.01.2003 in Kraft trat, wurden erstmals Hinweise zu den Legionellen und zu den Pflichten der „Unternehmer und der sonstige Inhaber“ von „Anlagen der Hausinstallation“ bezüglich der Wasserqualität solcher Anlagen aufgenommen. Diese Pflichten gelten auch für die zahlreichen Trinkwasseranlagen in Bundeswehrliegenschaften.

## Zentrale Trinkwassererwärmungsanlagen (TWE)

Im Rahmen einer großen Baumaßnahme wurden in Unterkünftsgebäuden einer Fliegerkaserne in Rheinland-Pfalz vier verschiedene Musteranlagen zur zentralen Trinkwassererwärmung errichtet und untersucht.

### Musteranlage 1:

#### Speicher-Wassererwärmer

- Trinkwassererwärmer mit integriertem Rohrbündel-Wärmetauscher
- Inhalt: 2 x 400 Liter
- Heizmittel stetig regelbar
- Regelung der TWW-Bereitung digital (DDC, GLT)
- Betriebstemperaturen: TWE 60 °C, +/- 5 K und TWW-Netz 60/55 °C

### Musteranlage 2:

#### Durchfluss-TWE mit Wärmespeicher (Wärmepufferung heizseitig)

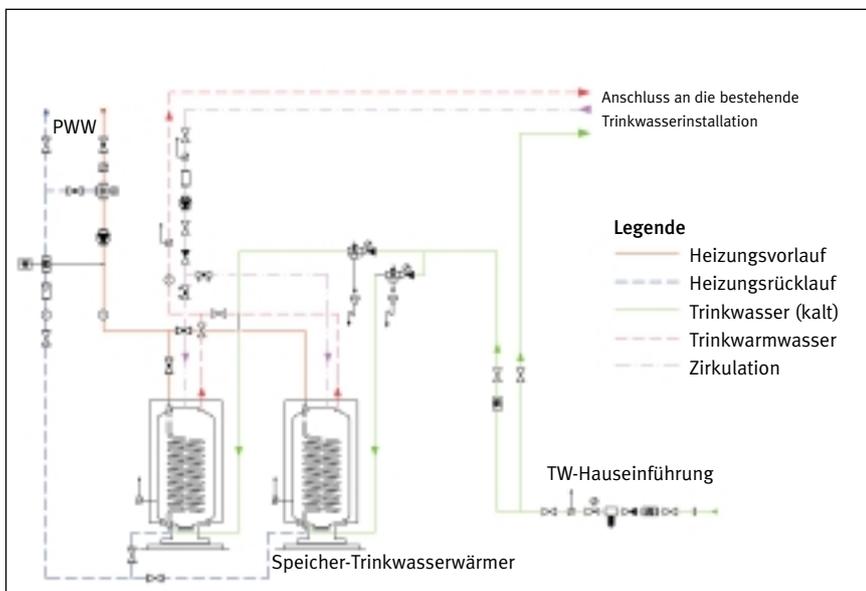
- Trinkwassererwärmer als Durchfluss-(Platten-)Wärmetauscher
- Heizenergie gepuffert in einem heizseitigen Speicher
- Heizmittel + Regelung wie Musteranlage 1
- Betriebstemperaturen: TWE 60 °C, +/- 5 K und TWW-Netz 60/55 °C

### Musteranlage 3:

#### Durchfluss-TWE mit Wärmespeicher (Wärmepufferung heizseitig, zentrale MW-Regelung)

- Trinkwassererwärmer mit Durchfluss-(Platten-)Wärmetauscher

Musteranlage 1:  
Speicher-Wassererwärmer



- Heizenergie gepuffert in einem heizseitigen Speicher
- Heizmittel + Regelung wie Musteranlage 1
- Betriebstemperaturen: TWE 60 °C, +/- 5 K und TWW-Netz 38/33 °C

#### Musteranlage 4: TWE mit Speicher-Ladesystem

- Trinkwasserspeicher mit externem Platten-Wärmetauscher und zentrale MW-Regelung
- Heizmittel + Regelung wie Musteranlage 1
- Betriebstemperaturen: TWE 60 °C, +/- 5 K und TWW-Netz 38/33 °C (innerhalb der Duschzeiten) bzw. 60/55 °C (außerhalb der Duschzeiten)

Die besten Ergebnisse erbrachte die Musteranlage 2, die zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmung mit Wärmespeicherung im Heizmedium (Pufferspeicher). Bei dieser Anlage wurden am Ende der Untersuchungen im System der Anlage keine Legionellen mehr nachgewiesen, obwohl in diesem Gebäude der Warmwasserverbrauch im Untersuchungszeitraum mit nur 15 bis 48 Liter/Tag am geringsten lag. Auch bei geringer Nutzung wird bei Durchfluss-TWE die Verweildauer des Wassers in der Trinkwasseranlage erheblich verkürzt. Deshalb und wegen der konstanten Betriebstemperatur von 60/55°C, waren am Ende der Untersuchungen, in der Musteranlage 2 keine Legionellen mehr nachweisbar.

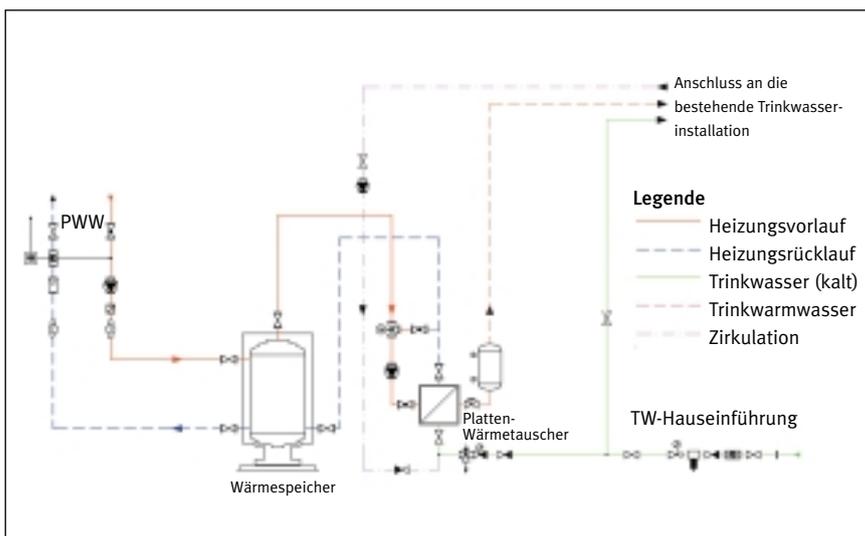
Daher sind beim Einsatz von zentralen Trinkwassererwärmern die Durchfluss-TWE mit Wärmespeicher (Wärmespeicherung im Heizmedium), den Trinkwasser-Speichersystemen vorzuziehen. Weitere zentrale Durchfluss-TWE sind

- Pufferspeicher mit externem Rohrbündel-Wärmetauscher,
- Pufferspeicher mit internem Rohrbündel-Wärmetauscher, und als Weiterentwicklung dieses Speichers der
- 2-Zonen-Pufferspeicher mit internem Rohrbündel-Wärmetauscher.

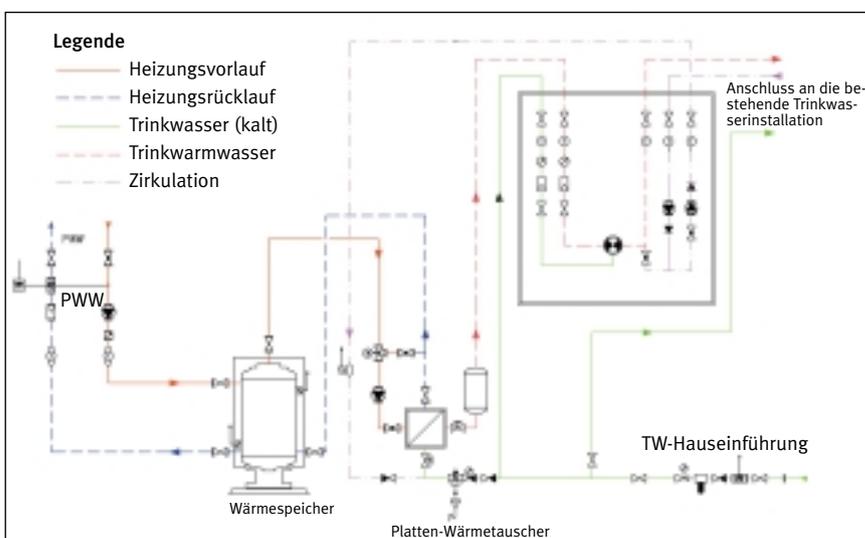
Letztere wurden durch den Verfasser in der Praxis bereits erfolgreich in kontaminierten Trinkwasseranlagen eingesetzt.

Grundsätzlich sollten zentrale Trinkwassererwärmungsanlagen in Gebäuden mit großem Warmwasserbedarf und mit Dusch- und Waschräumen errichtet werden. Dabei sind hygienische Aspekte vorrangig gegenüber wirtschaftlichen Aspekten zu berücksichtigen. Bei großen Gebäuden mit weit auseinander liegenden einzelnen Endverbrauchern oder Endverbrauchergruppen sollten aus hygienisch-mikrobiologischen Gründen mehrere kleinere zentrale Trinkwasser-Erwärmungsanlagen errichtet werden, ggf. auch kombiniert mit einzelnen lokalen, evtl. elektrisch beheizten Trinkwasserbereitern.

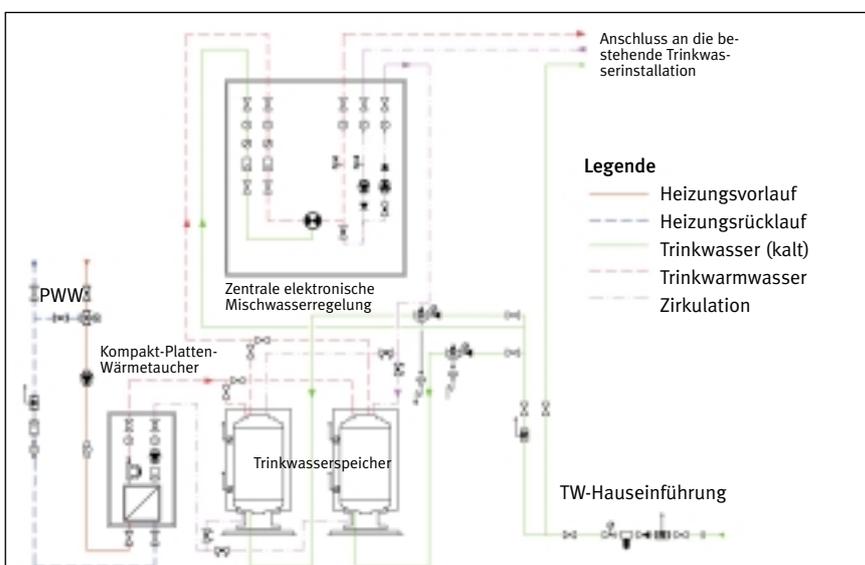
Gebäude mit einzelnen TWW-Entnahmestellen (z.B. Ausgussbecken, Waschbecken, Einzeldusche, etc.) und ohne Dusch- oder Waschräume erhalten i. d. R. keine zentralen Trinkwasserer-



Musteranlage 2:  
Durchfluss-TWE mit Wärmespeicher (Wärmepufferung heizseitig)



Musteranlage 3:  
Durchfluss-TWE mit Wärmespeicher



Musteranlage 4:  
TWE mit Speicher-Ladesystem

wärmer. Für einzelne TWW-Entnahmematrimen sind lokale, ggf. elektrisch beheizte TWE einzubauen.

Mit Legionellen kontaminierte Trinkwasseranlagen erfordern i. d. R. im ersten Schritt eine Verfahrenstechnische Maßnahme (Desinfektion) zur Keimreduzierung, um die Trinkwasserversorgung möglichst ohne Unterbrechungen betreiben zu können.

### Verfahrenstechnische Maßnahmen Elektrolytische Desinfektionsverfahren

Bei diesen Anlagen wird in der mit Wasser gefüllten Elektrolysezelle zwischen Anode und Kathode ein elektrisches Feld aufgebaut. Hierdurch werden aus dem Wasser selbst und seinen Inhaltsstoffen desinfizierend wirkende Stoffe erzeugt wie unterchlorige Säure und Sauerstoff sowie in geringen Mengen auch Wasserstoffperoxyd und Ozon.

Im Rahmen der Untersuchungen der Musteranlagen wurden auch elektrolytische Desinfektionsanlagen verschiedener Hersteller, in alten Trinkwasser-Installationsanlagen von verschiedenen Unterkunftsgebäuden der Bundeswehr getestet (s. unten).

Getestete  
Musteranlagen

#### Testanlage Fabrikat AQUA-Rotter - AQUA-Desox

- Vor Einbau der Anlage: Chemische Grunddesinfektion
- Testzeit: von 1999 bis 2002
- Testergebnis:
  - Anfängliche Kontamination: 90 – 2 000 KBE/100 ml
  - Kontamination am Ende der Testphase: n. n.
  - somit war die permanente Desinfektion wirksam
  - Investitions- und Wartungskosten: relativ hoch

#### Testanlage Fabrikat ANODIX – ANODIX L

- Vor Einbau der Anlage: keine chemische Grunddesinfektion
- Testzeit: von April bis Oktober 2002
- Testergebnis:
  - Anfängliche Kontamination: 58 – 1 800 KBE/100 ml
  - Kontamination am Ende der Testphase: n. n.
  - somit war die permanente Desinfektion wirksam
  - Investitions- und Wartungskosten: relativ hoch

#### Testanlage Fabrikat Newtec-disinfector

- Vor Einbau der Anlage: keine chemische Grunddesinfektion
- Testzeit: von März bis Oktober 2002
- Testergebnis:
  - Anfängliche Kontamination: 32 – 5 500 KBE/100 ml
  - Kontamination am Ende der Testphase: n. n.
  - somit war die permanente Desinfektion wirksam
  - Investitions- und Wartungskosten: relativ hoch

Auch über diese Untersuchungen wurden detaillierte Berichte verfasst.

### UV-Desinfektion

Legionellen werden im Trinkwasser bei ausreichender UV-Bestrahlung zuverlässig abgetötet. In der Praxis zeigte sich jedoch, dass die Legionellen sehr schnell wieder im Trinkwarmwasser aufkeimen können, da die UV-Anlage lediglich eine Barriere an einer Stelle im Trinkwassernetz bildet; die Legionellen sich jedoch z.B. über die Kaltwasseranschlüsse der Mischarmaturen wieder im Trinkwarmwasser ausbreiten. UV-Anlagen eignen sich deshalb nur bei relativ kleinen TWW-Anlagen als prophylaktische permanente Desinfektionsmaßnahme.

### Thermische Desinfektion

Diese Maßnahme dient i.d.R. als Sofortmaßnahme zur Keimreduzierung, um den Betrieb der Trinkwarmwasseranlage möglichst aufrecht zu erhalten. Nach dieser Desinfektion ist die Trinkwasseranlage vor erneuter Verkeimung nicht geschützt! Vor Durchführung einer solchen Maßnahme muss geprüft werden, ob dies technisch möglich ist, ob der Verbrühungsschutz an den Duschen gewährleistet ist und ob negative Auswirkungen auf andere Anlagenteile ausgeschlossen werden können.

Eine regelmäßige Anwendung ist aufwendig (Energie und Personal) und wirkt sich möglicherweise negativ auf die parallel geführten Kaltwasserleitungen aus (Erwärmung = Aufkeimung von Legionellen).

### Chemische Desinfektion

Chlordioxid hat sich zur Grunddesinfektion oder auch zur permanenten Desinfektion als wirksam zur Reduzierung von Legionellenkontaminationen bewährt. Andere Chemikalien sind nach derzeitigem Kenntnisstand für eine permanente Desinfektion weniger erfolgreich. Die Zugabe muss im Einklang mit der TrinkwV stehen. Eine Grunddesinfektion z.B. mit Chlorbleichlauge (mind. 10 mg/l freies Chlor) ist möglich. Sie ist nach DVGW-Arbeitsblatt W 291 durchzuführen.

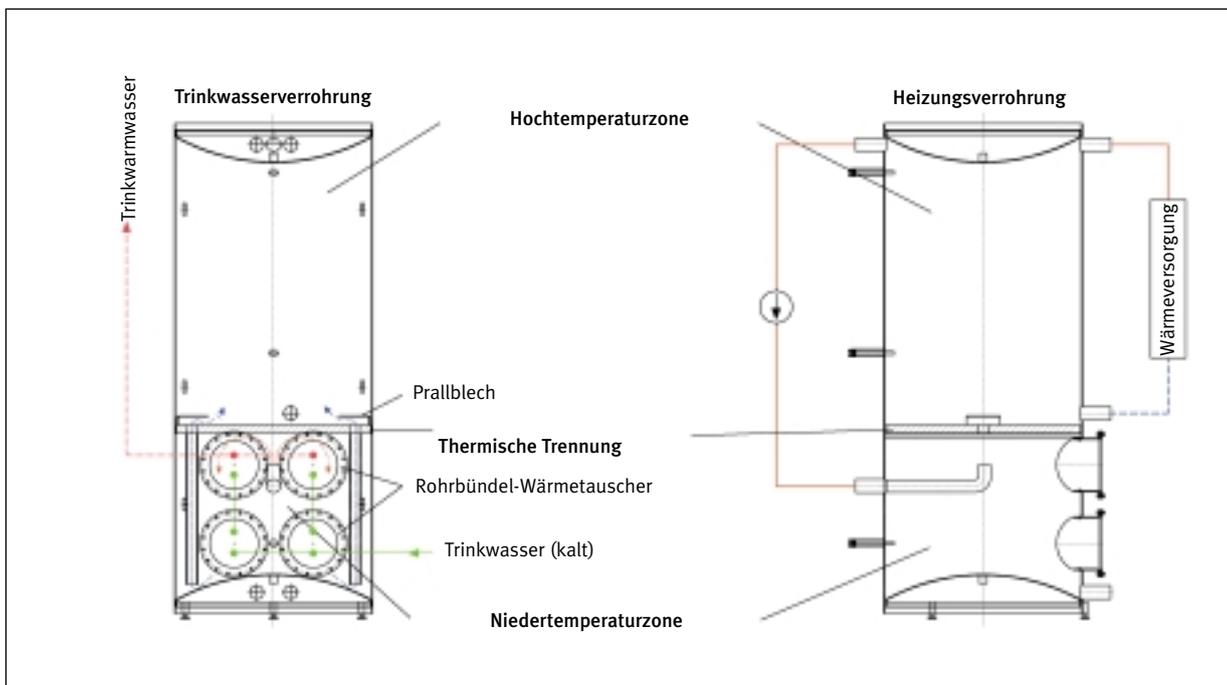
Verfahrenstechnische Maßnahmen sollten wie folgt angewendet werden:

1. als Sofortmaßnahme zur Keimreduzierung, um Nutzungseinschränkungen zu vermeiden.
2. als vorübergehende Maßnahme zur permanenten Desinfektion, um aufwändige bauliche Sanierungen aufzuschieben (z. B. bei relativ neuen Anlagen).

Ein dauerhafter Sanierungserfolg ist i.d.R. nur durch die Kombination von verfahrenstechnischer Maßnahmen mit bautechnischen Sanierungsmaßnahmen zu erreichen.

### Sonstige Erfahrungen: Trinkwasser – kalt

Nach DIN 1988-2, Abschnitt 10.2.2, sind TW-Leitungen – kalt – vor Erwärmung zu schützen und



Schema Durchfluss-Trinkwassererwärmung (mit Zwei-Zonen-Pufferspeicher)

ggf. mit einer 4 – 13 mm starken Wärmedämmung zu versehen. Dies reicht i. d. R. in der Praxis nicht aus, um das Trinkwasser – kalt – vor Erwärmung zu schützen, da evtl. Standzeiten des Trinkwassers nicht berücksichtigt sind.

Die im Vergleich zur eingebauten Heizfläche relativ kleinen Schachträume von Installationswänden und –schächten erwärmen sich durch die eingebauten Wärme führenden Rohrleitungen, wie TWW- und TZ-Leitungen (60 – 55 °C), sehr stark. Vor allem bei häufigen und längeren Standzeiten überträgt sich diese Wärme dann auf die Kaltwasserleitung.

Nach Sanierung der TWW-Anlagen u. a. in Polizei-/ Bundeswehrkasernen und Aufnahmeeinrichtungen für Asylsuchende, wurde in diesen Liegenschaften die Temperatur des TWW-Netzes von 40/35 auf 60/55 °C erhöht. Hierdurch erwärmte sich das Trinkwasser – kalt – auf stellenweise weit über 20 °C. Nach einigen Wochen wurden Legionellen wider Erwarten im Kaltwasser nachgewiesen. Diese kontaminierten das Warmwassernetz erneut über die Mischarmaturen.

Aus diesen Gründen sollten TW-Leitungen – kalt – möglichst nicht parallel und gemeinsam mit Wärme führenden Leitungen, sondern getrennt, z. B. in separaten Schlitzen und Schächten, verlegt werden. Die Verlegung durch Räume mit hohen Raumtemperaturen sollte ebenfalls vermieden werden.

Bei der orientierenden Untersuchung auf Legionellen sollte aus den oben genannten Gründen, über den Rahmen des DVGW-Arbeitsblattes W 551 hinaus, auch das Trinkwasser – kalt –, zumindest an den entferntest liegenden Entnahmearmaturen, mit einbezogen werden!

### Pressverbindungen mit O-Ring-Abdichtung

Bei diesen Verbindungen entsteht zwischen Rohr und Fitting ein Ringspalt, der sich wasserseitig bis zum Dichtring mit Wasser füllt. Mit diesem Wasser können sich auch Mikroorganismen, wie z. B. Legionellen oder Pseudomonaden, in diesem Ringspalt ansiedeln.

Bei einer diskontinuierlichen Verfahrenstechnischen Maßnahme, also einer Desinfektion (Keimreduzierung), ist die desinfizierende Wirkung bis in diesen Spalt möglicherweise nicht hundertprozentig wirksam. Dies kann zu einer schnellen Rückverkeimung des Rohrnetzes nach der Desinfektionsmaßnahme führen. Aus diesem Grunde sollte der Einsatz von Pressverbindungen in hygienisch sensiblen Bereichen kritisch beurteilt und abgewogen werden. Eine wissenschaftlich anerkannte Untersuchungsmethode für eine mikrobiologische Untersuchung dieser Ringspalte gibt es z. Z. noch nicht.

### Konsequenzen für die Legionellenprophylaxe

Die vorgenannten Systemuntersuchungen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen wurden in jahrelanger Zusammenarbeit mit Hygienikern namhafter Hygieneinstitute, u. a. dem Hygieneinstitut der Universität Bonn, erarbeitet. Sie wurden für die Bundeswehr erstmals im Jahre 1998 in einer internen Richtlinie „Handlungsanweisung zur Vermeidung des Legionellen-Infektionsrisikos durch bauliche, betriebliche und hygienische Maßnahmen in Trinkwassererwärmungsanlagen der Bundeswehr“ zusammengefasst. Mit Einführung der Trinkwasserverordnung 2001 und des neuen DVGW- Arbeitsblattes W 551 (April 2004) wurde diese Richtlinie fortgeschrieben (Fassung Juni 2004).

Die Erkenntnisse wurden zusätzlich in die einschlägigen Richtlinien des Landes Rheinland-Pfalz (LBB) übernommen. Auch der Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) hat erklärt, dass auch er praktische Hinweise für die Legionellenprophylaxe in Trinkwassererwärmungsanlagen in seine neue Empfehlung für „Planen und Bauen von Wärmeversorgungsanlagen für öffentliche Gebäude (Heizanlagenbau 2005) aufnehmen wird, die in Kürze in Druck geht.