

Infektionen durch mangelnde Hygiene, Teil 2

# Krankheitskeime im Sanitärbereich

Im ersten Teil seines Beitrages (SBZ 24/2003) erläuterte der Autor die Infektionswege und Infektionsquellen bei Sanitäreinrichtungen. Im folgenden geht er auf installationstechnische und verfahrenstechnische Maßnahmen zur Verminderung des Wachstums von wassergängigen pathogenen Mikroorganismen ein.

**G**esundheitsrisiken bei der Benutzung von Sanitäreinrichtungen bestehen vor allem durch Pseumonaden, Mykobakterien und Legionellen. Dabei handelt es sich um drei Gattungen von Wasserbakterien. Verfahrenstechnische Maßnahmen sind in jedem Fall nach vorliegenden Richtlinien bei der zentralen

Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums“ [6] und W 552 „Sanierung und Betrieb“ [7] und W 553 „Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen“ [8] sowie mit dem Merkblatt 64.01 „Legionellenprophylaxe in Warmwassersystemen von Bädern“ [14] der Deutschen Gesellschaft für das Baden-

Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums“ [6] und W 552 „Sanierung und Betrieb“ [7] und W 553 „Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen“ [8] sowie mit dem Merkblatt 64.01 „Legionellenprophylaxe in Warmwassersystemen von Bädern“ [14] der Deutschen Gesellschaft für das Baden-

## Richtlinien für Ausstattung von Waschräumen an Arbeitsstätten

Für die Einrichtung von Arbeitsstätten – und damit auch für die hygienische Ausstattung von Waschstellen und Waschräumen – ist die Arbeitsstätten-Verordnung [15] maßgebend. Die hierzu erlassenen Arbeitsstätten-Richtlinien [16] enthalten die wichtigsten allgemein anerkannten sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen und hygienischen Regeln. Zu beachten sind vor allem:

Versorgungsart/ Keimart	Grenzwert	Richtwert bei einer Bebrütungstemperatur von	
		20° C ± 2° C	36° C ± 1° C
<b>Zentralversorgung</b>			
Escherichia coli	0 KBE/100 ml	100 KBE/ml	100 KBE/ml
Coliforme Keime	0 KBE/100 ml	100 KBE/ml	100 KBE/ml
Fäkalstreptokokken	0 KBE/100 ml	100 KBE/ml	100 KBE/ml
<b>Eigen- oder Einzelversorgung bis 1000 m³/a</b>			
Escherichia coli	0 KBE/100 ml	1000 KBE/ml	1000 KBE/ml
Coliforme Keime	0 KBE/100 ml	1000 KBE/ml	1000 KBE/ml
Fäkalstreptokokken	0 KBE/100 ml	1000 KBE/ml	1000 KBE/ml
<b>Desinfiziertes Trinkwasser</b>			
Escherichia coli		20 KBE/ml	
Coliforme Keime		20 KBE/ml	
Fäkalstreptokokken		20 KBE/ml	

Bild 1 Mikrobiologische Grenz- und Richtwerte der Koloniezahl für Trinkwasser (Temperatur 5 bis 15 °C) nach § 1 TrinkwV

Warmwasserversorgung zur Verminderung des Wachstums von wassergängigen pathogenen Mikroorganismen, insbesondere der Legionellen, zu treffen. Zur Anwendung gelangen dabei verschiedene Desinfektionsverfahren.

## Maßnahmen zur Verminderung des Infektionsrisikos

Nach der Trinkwasserverordnung [12] muss Trinkwasser frei sein von Krankheitskeimen. Das heißt: Es muss keimarm sein und darf keine gesundheitsschädigenden Eigenschaften haben. Diese Anforderungen gelten für kaltes Trinkwasser, das vom Versorgungsunternehmen mit einer Tempera-

Dies wird in „Koloniebildenden Einheiten (KBE)“ gemessen und darf die in der Trinkwasserverordnung festgelegten Grenzwerte (Bild 1) nicht überschreiten. Ursache für eine Überschreitung können Aufnahme von Stoffen aus den Installationsmaterialien, Verschmutzung vor Ausführung der Installation, lange Stagnationszeiten und Temperaturbereiche sein, bei denen das Bakterienwachstum gefördert wird. Anforderungen der Hygiene an die technischen Funktionsbereiche der Trinkwasserversorgung bestehen mit der vom Bundesgesundheitsministerium herausgegebenen „Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention“ [13], mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 „Trinkwassererwärmungs-

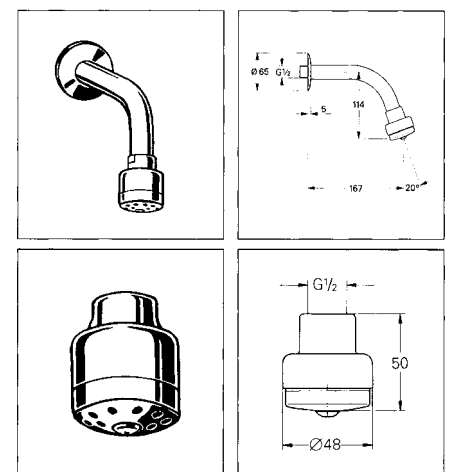
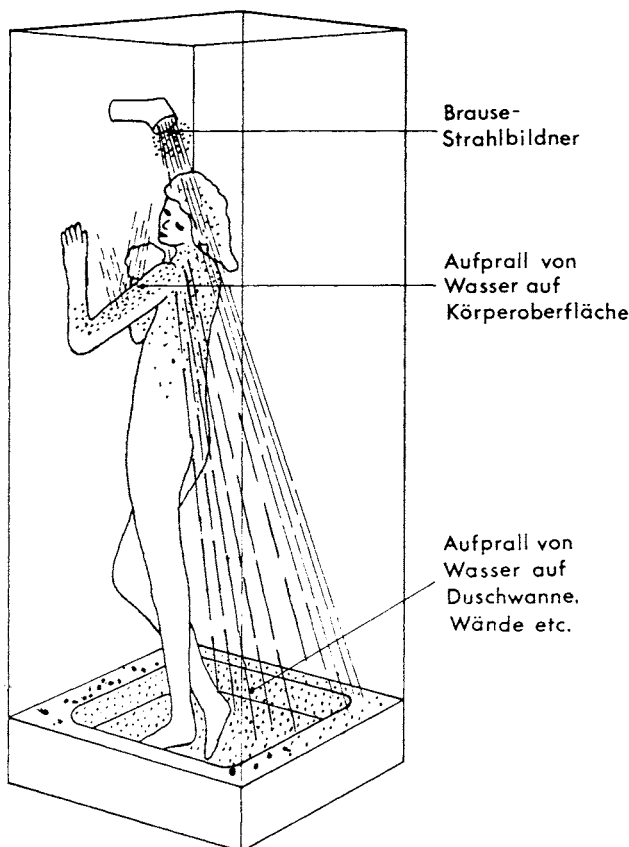


Bild 2 Aerosolarmer Körperbrause mit Durchflussbegrenzer auf 9,4 l/min

- Als hygienisches Mittel zum Abtrocknen sind nur Handtücher zulässig, die zur einmaligen Benutzung bestimmt sind.
- Für alle hygienischen Problem-bereiche besteht die Forderung nach Verwendung von Sanitärarmaturen ohne Handbetätigung.
- Da die Badeanlagen in Krankenhäusern wesentlich zur Verbreitung der Erreger von Krankenhausinfektionen beitragen können, müssen ihre Einrichtungen, beispielsweise Liegen, Sitze und Flächen, regelmäßig desinfiziert und gereinigt werden. Das Wasser in Badeanlagen wie etwa in Bewegungsbädern, muss den Anforderungen der „Richtlinien für Bäderbau- und Bäderbetrieb“ [17] entsprechen. Wasserproben aus Bewegungsbädern müssen zusätzlich auf Vorkommen von Erregern von Krankenhausinfektionen untersucht werden. Badewannen und Unterwassermassagewannen müssen nach jeder Benutzung entleert, gereinigt und desinfiziert werden.



**Bild 3** Ausgangspunkte für das Entstehen von Aerosolen sind Strahlbild des Duschkopfes, Aufprallflächen der Duschstrahlen und Duschräumbegrenzungen

## Installationstechnische Maßnahmen

Entnahmearmaturen müssen bei einer für Zentrale Warmwasserbereitungsanlagen geforderten Warmwassertemperatur von 55 °C bis 60 °C eine Verbrühungsgefahr ausschließen. Es sind daher Sicherheitsmischbatterien, Eingriffmischbatterien mit voreinstellbarer Temperaturbegrenzung oder Thermostatmischbatterien mit automatischer Temperaturbegrenzung zu verwenden. Die Mischwassertemperatur ist für Wasch-, Dusch- und Badezwecke nach der Arbeitsstätten-Richtlinie auf 45 °C zu begrenzen. Mischbatterien sind so nahe wie möglich vor dem Auslauf oder Duschkopf einzubauen. Das Wasservolumen der einer Mischbatterie nachgeschalteten Rohrleitung soll bis zum Auslauf < 3 Liter betragen. Bei Duschköpfen ist die Aerosolbildung durch geringe Wasseraustrittsgeschwindigkeit und eine nicht zu feine Zerstäubung zu minimieren. Das wird mit aerosolarmen Körperbrausen (Bild 2), die mit einem Durchflussbegrenzer ausgestattet sind, versucht. Die Wirkung ist allerdings fraglich, da die Aerosolbildung entsprechend der Darstellung in Bild 3 an den Aufprallflächen der Duschstrahlen auf den Körper und den Duschräumbegrenzungen nicht zu verhindern ist.

## Betrieb ohne Zirkulation bei Kleinanlagen möglich

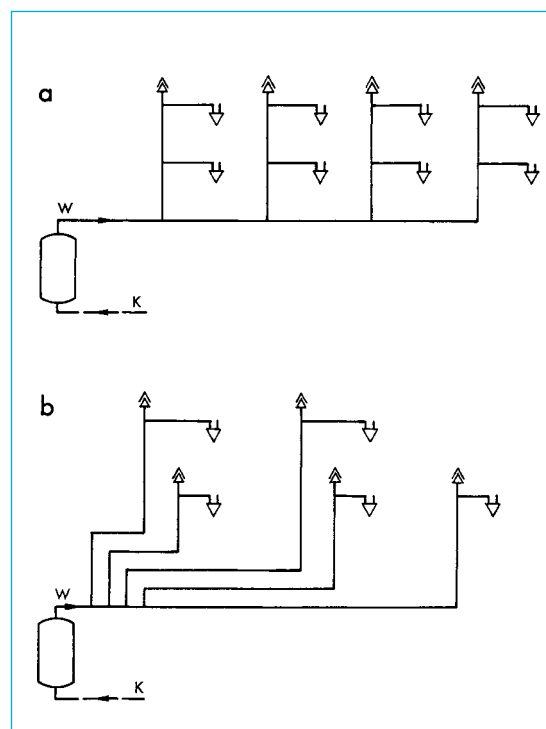
Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser sind vor Erwärmung zu schützen. Sie sind dazu mit ausreichendem Abstand zu Wärmequellen, wie etwa Warmwasser- und Heizungsleitungen oder Schornsteinen, zu planen, zu verlegen und so zu dämmen, dass die Wasserqualität nicht durch Erwärmung und temperaturbedingte Vermehrung von Mikroorganismen beeinträchtigt wird. Warmwasserverbrauchsleitungen ohne Zirkulation können bei Kleinanlagen (Ein- und Zweifamilienhäuser) nach Bild 4a als Sammelleitungssystem oder nach Bild 4b als Einzelleitungssystem ausgeführt werden. Kriterium ist hierbei:

- Die Ausstoßzeit des nach längeren Entnahmepausen abgekühlten Wasserinhalts der Leitung, das heißt: die Wartezeit bis Warmwasser der Austrittstempe-

ratur aus dem Wassererwärmer die Entnahmearmatur erreicht, muss innerhalb eines zulässigen Wertes liegen. Entsprechende Richtwerte der zulässigen Leitungslängen ohne Zirkulation bzw. ohne Begleitheizung sind Bild 5 zu entnehmen.

- Nach DVGW-Arbeitsblatt W 551 [6] können Stockwerksleitungen und Einzelzuleitungen zu den Entnahmearmaturen mit einem Wasservolumen < 3 Liter ohne Zirkulationsleitungen oder selbst regelnde Begleitheizungen gebaut werden. Die zulässigen Leitungslängen sind abhängig vom Rohrdurchmesser in Bild 6 zusammengestellt. Da die Richtwerte für die Ausstoßzeit in Bild 5 kleiner sind, ist eine Auslegung nach DVGW W 551 eigentlich gegenstandslos.

- Nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 [6] werden Trinkwassererwärmungsanlagen in Klein- und Großanlagen unterteilt. Kleinanlagen sind Speicher- und Durchfluss-Trinkwassererwärmer in Einfamilien- und Zweifamilienhäusern mit einem Inhalt < 400 l und einem Inhalt < 3 l in jeder Rohrleitung zwischen Abgang



**Bild 4** Warmwasser-Verteilungssysteme ohne Zirkulation  
a) Sammelleitungssystem  
b) Einzelleitungssystem

Entnahmestelle	maximale Ausstoßzeit $T_{\max}$ s	Stahlrohr DIN 2440			Kupferrohr DIN EN 1057			Mepla Verbundrohr		
		DN Zoll/mm	Wasser- inhalt l/m	Länge $l_{\max}^{1)}$ m	DN mm x mm	Wasser- inhalt l/m	Länge $l_{\max}^{1)}$ m	DN mm x mm	Wasser- inhalt l/m	Länge $l_{\max}^{1)}$ m
Ausguß $\dot{V}_{RW} = 0,15$ l/s	5 bis 8	3/8 / 10 1/2 / 15	0,1227 0,2010	6 bis 10 4 bis 6	10 x 1 12 x 1 15 x 1 18 x 1	0,0502 0,0785 0,1327 0,2010	15 bis 24 10 bis 15 6 bis 9 4 bis 6	16 x 2,25 20 x 2,5	0,1038 0,1766	7 bis 12 4 bis 7
Badewanne $\dot{V}_{RW} = 0,15$ l/s	15 bis 25	1/2 / 15 3/4 / 20	0,2010 0,3662	11 bis 19 6 bis 10	15 x 1 18 x 1 22 x 1	0,1327 0,2010 0,3140	17 bis 28 11 bis 19 7 bis 12	16 x 2,25 20 x 2,5 26 x 3	0,1038 0,1766 0,3140	21 bis 36 13 bis 21 7 bis 12
Bidet $\dot{V}_{RW} = 0,07$ l/s	8 bis 10	3/8 / 10 1/2 / 15	0,1227 0,2010	5 bis 6 3 bis 4	10 x 1 12 x 1 15 x 1	0,0502 0,0785 0,1327	11 bis 14 7 bis 9 4 bis 5	16 x 2,25 20 x 2,5	0,1038 0,1766	5 bis 7 3 bis 4
Brause $\dot{V}_{RW} = 0,15$ l/s	10 bis 15	3/8 / 10 1/2 / 15 3/4 / 20	0,1227 0,2010 0,3662	12 bis 18 7 bis 11 4 bis 6	12 x 1 15 x 1 18 x 1 22 x 1	0,0785 0,1327 0,2010 0,3140	19 bis 29 11 bis 17 7 bis 11 5 bis 7	16 x 2,25 20 x 2,5 26 x 3	0,1038 0,1766 0,3140	14 bis 22 8 bis 13 5 bis 7
Haushaltsgeschirrspülmaschine $\dot{V}_{RW} = 0,15$ l/s	15 bis 25	1/2 / 15 3/4 / 20	0,2010 0,3662	11 bis 19 6 bis 10	15 x 1 18 x 1 22 x 1	0,1327 0,2010 0,3140	17 bis 28 11 bis 19 7 bis 12	20 x 2,5 26 x 3	0,1766 0,3140	13 bis 21 7 bis 12
Haushalts- waschmaschine $\dot{V}_{RW} = 0,25$ l/s	15 bis 25	1/2 / 15 3/4 / 20	0,2010 0,3662	19 bis 31 10 bis 17	15 x 1 18 x 1 22 x 1	0,1327 0,2010 0,3140	28 bis 47 19 bis 31 12 bis 20	20 x 2,5 26 x 3 32 x 3	0,1766 0,3140 0,5307	21 bis 35 12 bis 20 7 bis 12
Spülbecken $\dot{V}_{RW} = 0,07$ l/s	5 bis 10	3/8 / 10 1/2 / 15	0,1227 0,2010	3 bis 6 2 bis 4	12 x 1 15 x 1	0,0785 0,1327	4 bis 9 3 bis 5	16 x 2,25 20 x 2,5	0,1033 0,1766	3 bis 7 2 bis 4
Waschbecken $\dot{V}_{RW} = 0,07$ l/s	8 bis 10	3/8 / 10 1/2 / 15	0,1227 0,2010	5 bis 6 3 bis 4	10 x 1 12 x 1 15 x 1	0,0502 0,0785 0,1327	11 bis 14 7 bis 9 4 bis 5	16 x 2,25 20 x 2,5	0,1038 0,1766	5 bis 7 3 bis 4

$$1) \quad l_{\max} = \frac{\dot{V}_{RW} \times T_{\max}}{V} \quad \text{in m}$$

V = Wasserinhalt des Rohres in l/m

**Bild 5 Richtwerte für Ausstoßzeit und maximale Länge von Warmwasser-Einzel- und Sammelleitungen ohne Zirkulation oder elektrische Begleitheizung**

Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle. Dabei wird die eventuelle Zirkulationsleitung nicht berücksichtigt. Großanlagen sind alle anderen Anlagen bei Speicher-Trinkwassererwärmern mit Inhalt > 400 l. Bei diesen muss durch die Konstruktion und andere Maßnahmen, beispielsweise Umwälzung, bei Mehrzellern gleichmäßige Beaufschlagung der einzelnen Zellen, sichergestellt werden, dass das Wasser an allen Stellen gleichmäßig erwärmt wird.

5 K gegenüber der Austrittstemperatur des Wassererwärmers von 60 °C unterschritten wird. Zulässig ist dabei eine Schaltdifferenz des Reglers von -5 K. Die elektrische Be-

Kupferrohren. Warmwasserverteilsysteme sind mit Pumpenzirkulation auszuführen, da die Schwerkraftzirkulation eine zu große Temperaturdifferenz zwischen Erwärmer-

$d_i$ in mm	8	10	13	14	16	20	25
Rohrlänge in m	60	38	22	19	14	9	6

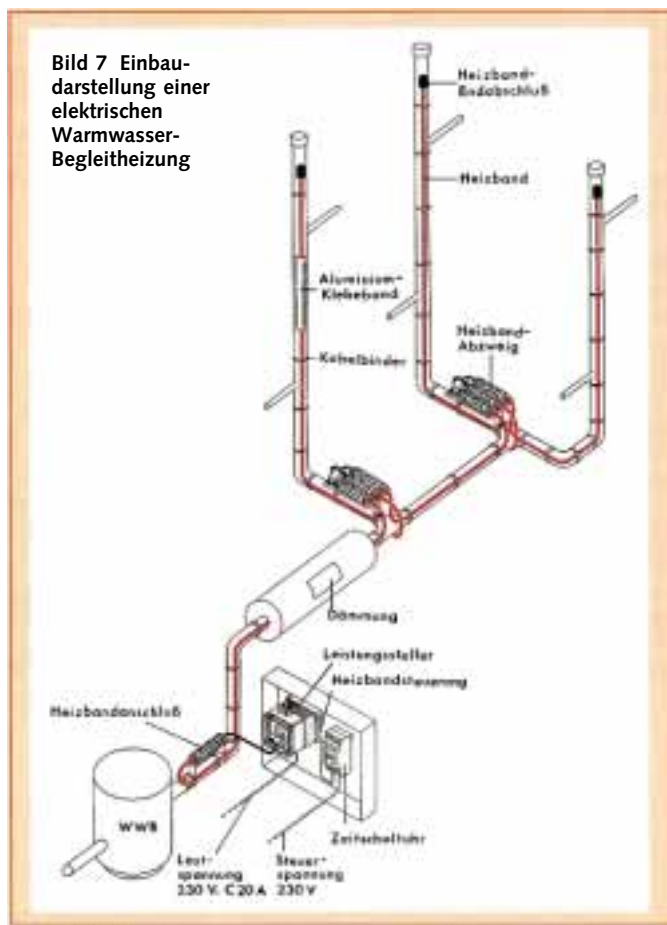
**Bild 6 Zulässige Rohrlänge für Warmwasser-Stockwerks- und Einzelleitungen mit Wasservolumen ≤ 3 Liter, nach W 551 ohne Zirkulationsleitungen oder selbstregelnde Begleitheizung**

## Zu große Temperaturdifferenz bei Schwerkraftzirkulation

Trinkwassererwärmungsanlagen müssen danach so konzipiert sein, dass der gesamte Wasserinhalt der Vorwärmstufen einmal am Tag auf 60 °C erwärmt werden kann. Die Warmwasserverteilsysteme sind mit einer selbstregelnden elektrischen Begleitheizung (Bild 7) oder mit Zirkulation (Bild 8) auszuführen. Elektrische Begleitheizungen und Warmwasser-Zirkulationssysteme sind so zu bemessen, dass die Warmwassertemperatur im Rohrnetz um nicht mehr als

gleitheizung ist in ihrer Wirkung abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Rohrwerkstoffes. Kupfer mit einer Wärmeleitfähigkeit von 372 W/m K und einer geringen Wanddicke besitzt vergleichsweise den besten Wärmedurchgang. Verzinkte Stahlrohre mit einer Wärmeleitfähigkeit von 58 W/m K, Edelstahlrohre mit 15 W/m K und Kunststoffrohre mit 0,15 bis 0,21 W/m K besitzen eine wesentlich schlechtere Wärmeleitfähigkeit. So liegen bei Edelstahlrohren und Kunststoffrohren die erreichbaren Warmwasser-Haltetemperatur um etwa 5 K unter denen bei

austritt und Zirkulationseintritt ergibt. Die Dimensionierung der Zirkulationsleitung ist dabei nach dem Wärmeverlust des gesamten Warmwasser-Zirkulationskreislaufes einer Anlage, der durch die mit der Zirkulation verbundenen Wärmezufuhr ersetzt werden soll, vorzunehmen. Die in der DIN 1988-3 [18] gegebene Empfehlung für die Ermittlung des Pumpenförderstromes eine dreimalige stündliche Umwälzung des Wasservolumens im gesamten Zirkulationskreislauf (ohne Vorratsbehälter und Trinkwassererwärmer) ist einerseits im Ansatz



rückhaltend ausgedrückte Anmerkung: „Es wird darauf hingewiesen, dass das Berechnungsverfahren nach DIN 1988, Teil 3, Abschnitt 14, zur Auslegung der Anlagen unter Umständen nicht genügt.“ Angebracht wäre die Anmerkung mit „vollkommen ungeeignet ist“ [19, 20]. Die Aussage in dem DVGW-Arbeitsblatt W 551, dass Zirkulations-Leitungen oder selbstregelnde Begleitheizungen bis unmittelbar vor Durchgangsmischarmaturen (Entnahmearmaturen) zu führen sind, widerspricht der Regel in dem Arbeitsblatt, nach der Stockwerk-leitungen- und Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen < 3 l ohne Zirkulations-leitungen oder selbstregulierende Begleitheizungen gebaut werden können, zumal die zulässigen Rohrlängen nach Bild 6 praktisch ausgeschlossen werden können.

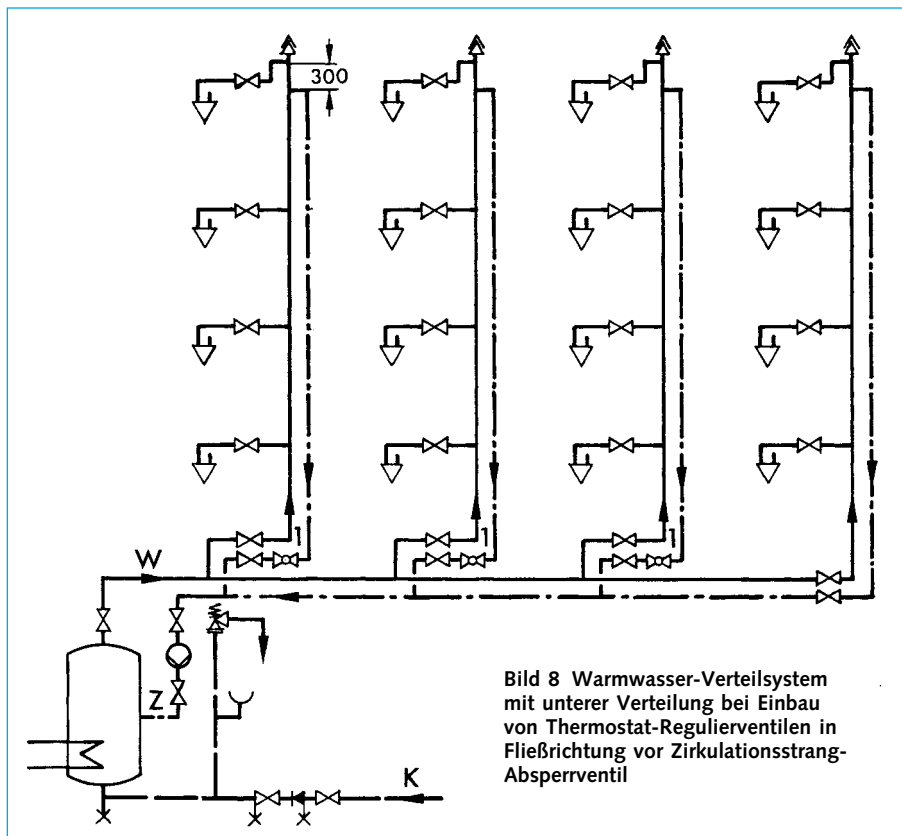
### Verfahrenstechnische Maßnahmen

Verfahrenstechnische Maßnahmen mit dem Ziel der Desinfektion des Installationssystems, das heißt des Wassers und sämtlicher wasserkontaminierter Teile oder Oberflächen, können wiederkehrende oder permanente Desinfektionen sein. Vor ihrer Anwendung muss sichergestellt sein, dass alle Teile des Systems dafür geeignet sind. Das zur Anwendung gelangende Verfahren

falsch und ergibt dazu Temperaturdifferenzen, die erheblich über dem Wert von 5 K liegen [19, 20].

### Berechnungsverfahren nach DIN 1988 erscheint ungeeignet

Falsch ist auch das Errechnen der Teildurchflüsse für die einzelnen Zirkulationsstränge, die nach DIN 1988-3 aus dem Pumpenförderstrom dividiert durch die Anzahl der Zirkulationsstränge vorgenommen wird. Sie sind damit für alle Zirkulationsstränge gleich, was nicht der Fall ist. Das führt zu dem Ergebnis, dass die zum Erwärmer näher liegenden Stränge mehr oder weniger gedrosselt oder abgeglichen werden müssen. Das bedeutet Energieverlust und vergleichsweise höhere Investitions- und Betriebskosten. Da der Zirkulationsdurchfluss bei dem vom Wassererwärmer entferntesten Strang am größten ist und derselbe sich bei den Strängen mit geringerem Abstand differenziert verringert, ist es Aufgabe der Dimensionierung und nicht der Drosselung, diesen thermisch bedingten Umstand zu berücksichtigen. Immerhin enthält das DVGW-Arbeitsblatt W 551 folgende, wenn auch bescheidene und zu-



**Bild 8 Warmwasser-Verteilssystem mit unterer Verteilung bei Einbau von Thermostat-Regulierventilen in Fließrichtung vor Zirkulationsstrang-Absperventil**

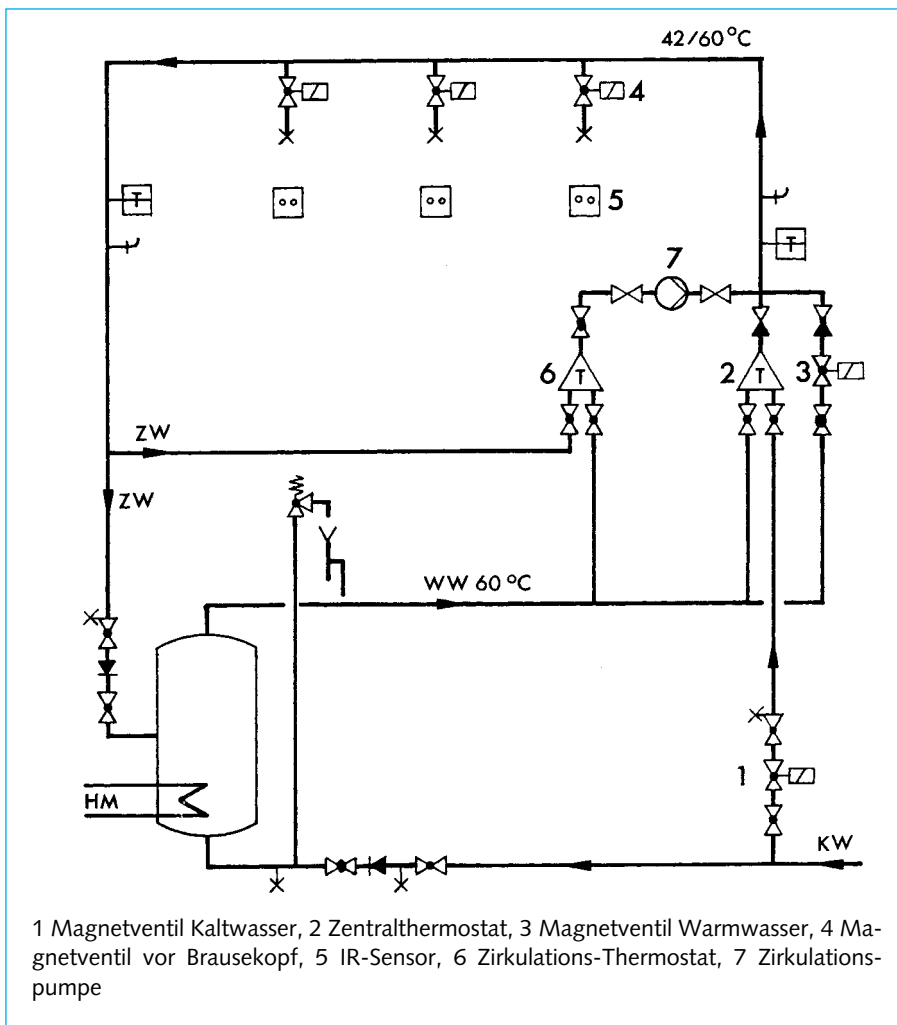


Bild 9 Schaltschema einer elektronisch gesteuerten Duschanlage mit Zentralthermostat und Einrichtung zur thermischen Desinfektion

ist dabei auf den jeweiligen Einzelfall und System-Besonderheiten abzustimmen.

## Thermische Desinfektion

Die thermische Desinfektion ist mit einer Wassertemperatur  $>70\text{ °C}$  durchzuführen. An jeder Entnahmestelle muss in geöffnetem

Zustand für mindestens 3 Minuten eine Temperatur von mindestens  $70\text{ °C}$  eingehalten und überprüft werden. Vor dieser Prüfung muss bei Zirkulationssystemen in einer Aufheizphase des Trinkwassererwärmers der Wasserinhalt einschließlich Warmwasserverteilungs- und Zirkulationsleitung, das heißt auch das Rohrmaterial auf eine

Temperatur  $>70\text{ °C}$  gebracht werden. Während dieser Zeit müssen alle Entnahmestellen geschlossen sein. Messungen durch das Hygiene-Institut Berlin in einem städtischen Schwimmbad mit 24 installierten Duschplätzen, bei einer Installation nach Bild 9 mit Zentralthermostat auf  $42\text{ °C}$  in der Verteilungsleitung abgesenkt, ergaben nach einer Betriebszeit von 4 Wochen einen hohen Befall an Legionellen. Nach einer Durchspülung der gesamten Anlage mit Wasser von  $60\text{ °C}$  bei einer Fließdauer von 3 Minuten konnte im ausfließenden Wasser an den Duschköpfen kein oder nur noch geringer Befall gemessen werden. Die hiermit verbundene thermische Desinfektion wird einmal wöchentlich vorgenommen. Damit in keinem Rohrleitungsabschnitt Wasser stagnieren kann, ist die Verteilungsleitung für die Duschköpfe als Ringleitung mit Zirkulation ausgeführt und oberhalb der Duschköpfe verlegt. Die gesamte elektronische Steuerung für die Duschen und für die thermische Desinfektion durch Spülung mit Wasser von  $60\text{ °C}$  befindet sich in einem Wandschrank außerhalb des Nassbereiches. Die thermische Desinfektion muss jedoch in empirisch zu ermittelnden Intervallen wiederholt werden. Das Verfahren eignet sich vor allem für eine periodische Grunddesinfektion und ist mit einem entsprechenden Kostenaufwand verbunden.

## UV-Desinfektion

Ultraviolettes Licht der Wellenlänge  $\lambda = 254\text{ nm}$  ( $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ ) bewirkt nach Absorption durch die „Erbsubstanz“ der Mikroorganismen, der DNS, fotochemische Reaktionen, die zu einer momentanen Unterbrechung der Vermehrungsfähigkeit von betroffenen Mikroorganismen und zur Störung in der Steuerung des lebensnotwendigen Stoffwechselprozesses führen. Unter der Einwirkung einer entsprechenden UV-Dosis sterben die Mikroorganismen ab.

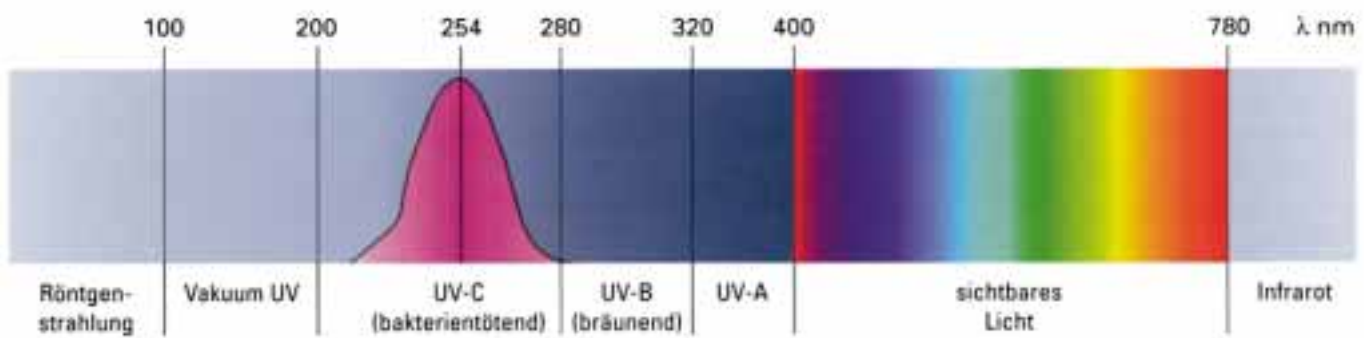


Bild 10 Wellenbereiche der Lichtstrahlung

Sichtbares Licht ist bekanntlich ein Teil des Spektrums elektromagnetischer Wellen, dem abhängig von der Wellenlänge verschiedene Farben entsprechen. Die Grenzen des sichtbaren Lichtes liegen etwa bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 400$  nm am violetten und bei  $\lambda = 780$  nm am Ende des roten Spektrums (Bild 10). Danach ist das sichtbare Licht nur ein kleiner Teil der elektromagnetischen Schwingungen, für den das Auge empfindlich ist. Der größere Anteil betrifft das unsichtbare Licht mit der Röntgenstrahlung, dem Vakuum UV-Licht mit bakterientötender Wirkung, dem bräunenden UV-B-Licht, dem Infrarot-Licht usw. Frei im Wasser schwimmende („planktonische“) Mikroorganismen und Dauerformen besitzen artspezifisch unterschiedliche Empfindlichkeiten für die 254 nm-UV-Strahlung. Das heißt: Es ist der Eintrag einer jeweiligen Mindestdosis der UV-Strahlung in das Wasser erforderlich, um für die Keimminderung mit einem entsprechenden Reduktionsfaktor die erforderliche Wirkung zu erzielen. Die Bestrahlung wird in  $\text{J/m}^2$  bzw.  $\text{Ws/m}^2$  ( $\text{mJ/cm}^2$  bzw.  $\text{mWs/cm}^2$ ) gemessen. Bild 11 zeigt eine Übersicht dieser Werte für die Keimreduzierung einiger Mikroorganismen.

### Bestrahlungsdosis entscheidet über Erfolg der Desinfektion

Mikroorganismen verfügen über Reparaturmechanismen, mit denen sie durch Strahlung verursachte Schäden reparieren und dadurch die Strahlung überleben können. Das bedeutet, dass durch die strahlungsbedingten Schäden zunächst die Vermehrungsfähigkeit unterbrochen wird, während der Mikroorganismus noch weiterlebt und eine Reparaturchance hat. Nur

Mikroorganismus	verursachte Erkrankung	254 nm-UV-Strahlung in $\text{J/m}^2$ bzw. $\text{Ws/m}^2$
Legionella pneumophila	Legionellose, Pontiac-Fieber	160
Pseudomonas aeruginosa	Wundinfektionen, Entzündungen	105
Escherichia coli	Verdauungsstörungen Hauterkrankungen	66
Clostridium tetani	Tetanus	220
Dysentery facili	Darmerkrankung, Durchfall	42
Salmonella	Lebensmittel-Vergiftung	100
Mycobacterium tubercul.	Tuberkulose	100
Influenca	Influenca „Grippe“	66

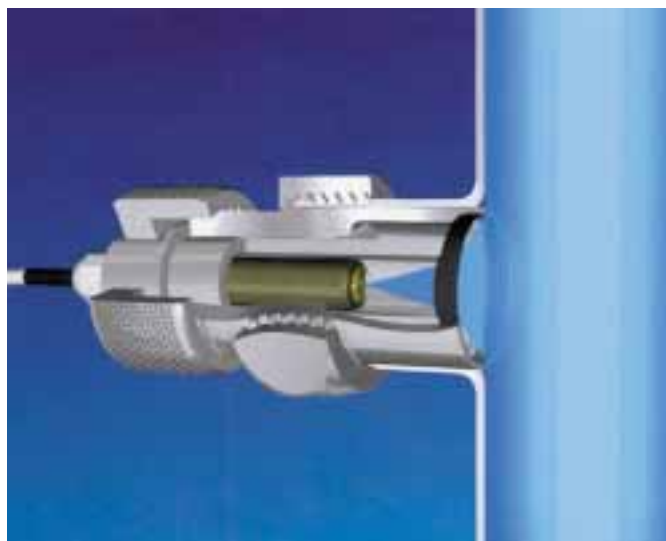
**Bild 11** Erforderliche 254 nm-UV-Strahlungsdosis für eine Keimreduktion ausgewählter Mikroorganismen um den Reduktionsfaktor RF 5

wenn die UV-Schädigung ausreichend intensiv ist, so dass der Mikroorganismus die überlebensnotwendigen Reparaturen nicht durchführen kann, führt dessen vorangegangene Photoschädigung zu seinem Absterben. Praktisch bedeutet dies, eine angemessene Überdosis UV-Strahlung in jedes Volumenteil des zu behandelnden Wassers einzutragen, um die Desinfektion mit der notwendigen Sicherheit zu erzielen. Mit einer eingetragenen Bestrahlungsdosis von  $400 \text{ Joule/m}^2$  der Wellenlänge  $\lambda = 254$  nm, eingetragen in jedes Volumenelement fließenden Wassers während der Verweildauer im UV-Bestrahlungsfeld, gilt diese Voraussetzung als erfüllt. Dies ist mit ei-

ner Färbung des Wassers vergleichbar. Wenn die rote Farbe mit 1 ml/s in einem Volumenstrom von 1 l/s geimpft wird, hat man eine Konzentration von 1 ml/l rote Farbe. Bei einem höheren Volumenstrom ist diese Konzentration entsprechend geringer. Ähnlich verhält es sich bei der Bestrahlungsdosis. Bei gleicher Strahlenleistung wird die Bestrahlungsdosis mit steigendem Volumenstrom geringer. Bei einer Bestrahlungsdosis von mindestens  $400 \text{ Joule/m}^2$  der Wellenlänge  $\lambda = 254$  nm bewirkt die UV-Strahlung unter den wassergängigen Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze usw.) eine Inhibierungsrate von vier bis fünf logarithmischen Stufen ( $10^4$  bis  $10^5$ ).

### Auslegung des UV-Desinfektionssystems

Für die Auslegung des UV-Desinfektionssystems ist der Spitzen-Volumenstrom maßgebend. Als Maß für die Transmission  $T^{254}$  für UV-Licht der Wellenlänge  $\lambda = 254$  nm gilt der mittels Spektral-Fotometer gemessene Wert der Strahlungsmenge in %, die nach dem Durchtritt der Strahlung durch eine 10 mm dicke Schicht des jeweiligen Wassers austritt (eintretende Strahlung 100 %). Auf diesen T-Wert des zu desinfizierenden Wassers, der „vor Ort“ gemessen werden muss, ist die jeweilige Durchflussleistung ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) abzugleichen. Ein genormter und normgerecht am Desinfektor platzierter Sensor mißt und kontrolliert diese Bestrahlungsstärke, die einer



**Bild 12** Ein an der Bestrahlungskammer montierter Sensor misst permanent die Bestrahlungsstärke und gibt den Status der Betriebsfunktion an die Steuerelektronik weiter

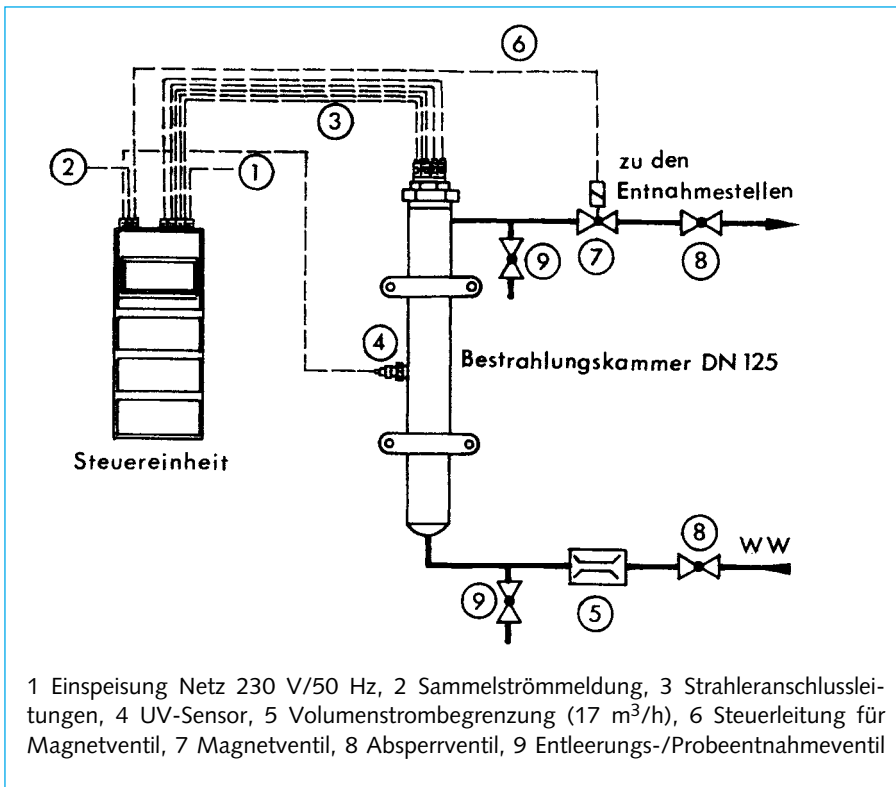


Bild 13 Einbindungsbeispiel einer Aquades UV-Anlage

Dosis von 400 Joule/m<sup>2</sup> entsprechen muss. Eine Steuerelektronik nutzt dieses Sensor-signal für die Steuerung der Anlage (Bild

12). Bild 13 zeigt das Einbaubeispiel für eine UV-Desinfektionsanlage mit Steuereinheit und Wasseranschlüssen.

## UV-Desinfektion schützt nicht gegen Rekontamination

Die unter Aufwendung von 1 Kilowattstunde Elektroenergie erzeugbare UV-Strahlung reicht aus, um mindestens 20 m<sup>3</sup> Trinkwasser zuverlässig zu desinfizieren. Die UV-Desinfektion verleiht dem Wasser jedoch keinen Schutz gegen Rekontamination. Um eine einwandfreie hygienische Wasserqualität bis zur Entnahmestelle sicherzustellen, muss das System in Abhängigkeit von der Kontamination zusätzlich intermittierend gereinigt, gespült, thermisch oder chemisch desinfiziert werden. UV-Anlagen sollen so dicht wie möglich vor den Entnahmestellen eingebaut werden. Bei Neuinstallationen mit Kunststoffrohren, die weniger zum Verkrusten durch Kalkablagerungen neigen, kann die UV-Anlage zentral vor dem ersten Verbraucher oder dezentral in die einzelnen Warmwasser-Steigleitungen eingebaut werden. Bei zentralen Duschräumen in Sportstätten, Schwimmhallen, Kasernen bietet sich der dezentrale Einbau vor den einzelnen Duschräumen, das heißt vor dem ersten Verbraucher nach Bild 14 an. Um eine bestmögliche Desinfektionswirkung mit langfristiger Entkeimung zu erzielen, sollte vor dem Einbau der UV-Anlage eine Grundsanierung, beispielsweise chemisch mittels Chlordioxid, durchgeführt werden. Da dies

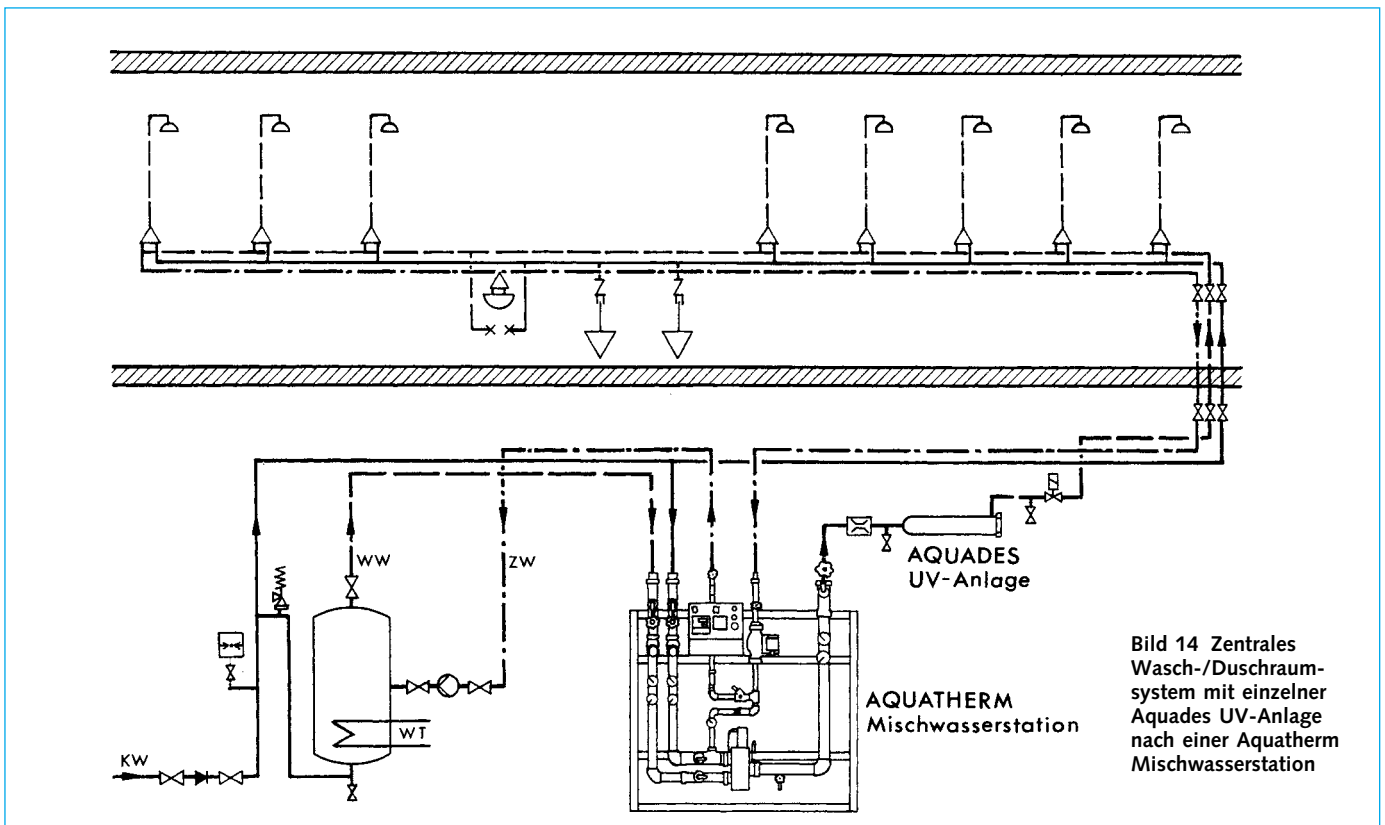


Bild 14 Zentrales Wasch-/Duschraum-system mit einzelner Aquades UV-Anlage nach einer Aquatherm Mischwasserstation

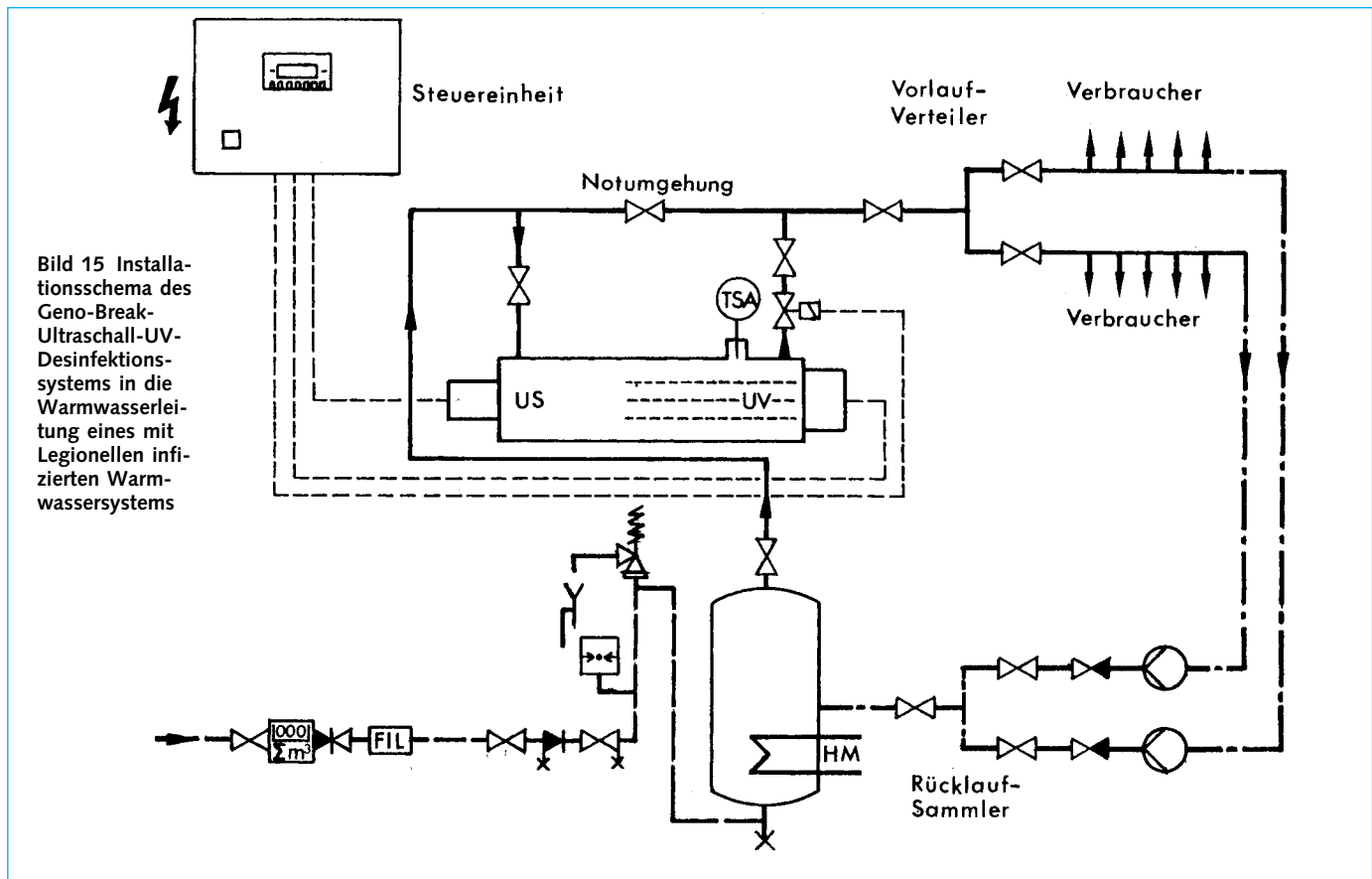


Bild 15 Installationschema des Geno-Break-Ultraschall-UV-Desinfektionssystems in die Warmwasserleitung eines mit Legionellen infizierten Warmwassersystems

vielfach nicht möglich ist, etwa bei Dauerbetrieb der Warmwasserversorgungsanlage, ist eine strenge Beprobungsroutine erforderlich, bis ein einwandfreier Hygiene-Status gemäß Trinkwasserverordnung erreicht wird. Kann ein solcher Status innerhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung nicht erreicht werden, ist der Betreiber angehalten, eine Grunddesinfektion durchzuführen.

### Ultraschallbehandlung und UV-Desinfektion

Die Kombination von Ultraschallbehandlung und UV-Desinfektion nach dem Geno-Break-System besteht aus zwei Anlagenkomponenten, die in einem Behandlungsgerät (Bild 15) untergebracht sind. Das zu behandelnde Wasser strömt einseitig in das von einer Ultraschall-Sonotrode erzeugte Ultraschallfeld ein. In diesem Ultraschallfeld, das eine Schalleistungsdichte von bis zu 20 W/cm<sup>3</sup> besitzt, entstehen durch die hohe Beschleunigung an der Oberfläche der schwingenden Ultraschall-Sonotrode Kavitationsbläschen mit einem Durchmesser von ca. 100 µm, die nach kurzer Lebensdauer implodieren. Bei der Implosion entstehen kurzzeitig Temperaturen von 5500 °C und Drücke von 400 bar. Dadurch werden die sich im Wasser befindlichen Korrosionspartikel, Zellagglomerate und Wirtszellen der Legionellen (Amöben) aufgebrochen bzw. in Fragmente zerlegt. Alle Keime, die sich in die-

ser schützenden Umgebung befunden haben, werden freigesetzt und der nachfolgenden UV-Strahlung zugänglich gemacht. Das mit Ultraschall behandelte Wasser umströmt die UV-Strahler, die so angeordnet sind, dass an jeder Stelle im System eine garantierte Mindeststrahlung von 40 mJ/cm<sup>2</sup> vorliegt. Durch die hochenergetische UV-Strahlung bei einer Wellenlänge von λ = 254 nm werden die im Wasser vorhandenen Legionellen und andere Keime effizient reduziert bzw. abgetötet.

### Bestandteile des Systems

Das Geno-Break-System besteht aus einem Edelstahlrohr mit Ultraschall-Sonotrode und zugehörigem Generator, UV-Strahler, Quarzschutzrohren und Temperaturüberwachung. Das System wird in einem Schalldämmgehäuse geliefert und auf einem Edelstahlfußgestell oder Konsolen installiert. Die Stromversorgung erfolgt über einen festen Netzanschluss 230 V/50 Hz. Das Gerät wird für einen Nenndurchfluss bis maximal 8 m<sup>3</sup>/h in der Anschlussnennweite DN 40 geliefert. Der Einbau muss entsprechend dem Installationsschema in Bild 15 im Vorlauf der Warmwasserversorgungsanlage nach dem Wassererwärmer erfolgen. Eine Zirkulationsleitung muss immer vorhanden sein. Bei Wassererwärmern mit einem Nenndurchfluss größer als 8 m<sup>3</sup>/h sind mehrere Geräte nach einem vorzusehenden Verteiler in die Abgangsleitungen des Verteilers einzubauen. Der Einsatz

des Genobreak-Systems bietet sich sowohl in einem Neubau als Vorsorgemaßnahme wie auch in einer bereits in Betrieb befindlichen Anlage, die mit Legionellen oder anderen Mikroorganismen kontaminiert ist, an. Für den Einsatz muss durch eine vorherige Untersuchung festgestellt werden, wie hoch die Konzentration an Wasserinhaltsstoffen wie Eisen, Mangan, Karbonate, Nitrat, Nitrit und organischen Substanzen (z. B. Huminsäuren) ist. Diese erfordern bei einer überhöhten Konzentration eine Anpassung an das Warmwassersystem.

Der vorliegende Teil des Beitrages über die Infektionsgefahr in Sanitärräumen beinhaltet installations- und verfahrenstechnische Maßnahmen zur Reduzierung des Infektionsrisikos. In der folgenden SBZ-Ausgabe bespricht und erläutert der Autor den weiteren Teil, der unter anderem die elektrochemische, elektrolitische und chemische Desinfektion zum Inhalt hat. \*



Dr.-Ing. Hugo Feurich

ist Inhaber eines Ingenieurbüros. Darüber hinaus hat er sich u. a. als Autor unzähliger Fachpublikationen und Fachbücher einen Namen gemacht. 13465 Berlin, Telefon (0 30) 4 06 20 77, Telefax (0 30) 4 06 20 77.