

Neben der thermischen Desinfektion, der Desinfektion mit ultraviolettem Licht und der Kombination von Ultraschallbehandlung mit UV-Desinfektion, kommen weitere verfahrenstechnische Maßnahmen bei der zentralen Warmwasserversorgung zur Anwendung, die das Wachstum von wassergängigen pathogenen Mikroorganismen mindern.

### Elektrolytische Desinfektion

Die elektrolytische Desinfektion beruht auf der Erzeugung von desinfizierend wirkenden Stoffen aus dem Wasser selbst und seinen natürlichen Inhaltsstoffen mit Hilfe von elektrischem Strom, das heißt: durch Elektrolyse. Sie arbeitet auf der Basis der anodischen Oxidation oder der Schwachstrom-Elektrolyse. Hauptwirkstoffe sind dabei unterchlorige Säure, Sauerstoff sowie in Mindermengen Wasserstoffperoxid und Ozon. Die Effizienz der elektrolytischen Desinfektion beruht nicht nur auf der ausschließlichen Wirkung der einzelnen Desinfizienzien, sondern auch auf deren Kombination und den sich daraus ergebenden Wechselwirkungen und Wirkergänzungen. So ist es zu erklären, dass selbst bei Unterschreitung, beispielsweise der elektrolytisch erzeugten Konzentration an unterchloriger Säure unter den minimalen Grenzwert von 0,1 mg/l, ein sicheres Absterben von schädlichen Mikroorganismen nachzuweisen ist. Mit Hilfe

## Infektionen durch mangelnde Hygiene

# Krankheitskeime im Sanitärbereich Teil 3

Der zweite Teil dieses Beitrages über Gesundheitsrisiken bei der Benutzung von Sanitäreinrichtungen, den wir in der SBZ 1/2-2004 veröffentlichten, behandelte installations- und verfahrenstechnische Maßnahmen zur Verminderung des Wachstums von wassergängigen pathogenen Mikroorganismen. Im vorliegenden letzten Teil der SBZ-Artikelserie bespricht und erläutert der Autor weitere verschiedene Desinfektionsverfahren.

der elektrolytischen Desinfektion lassen sich nicht nur zuverlässig die Keimzahlen planktonischer pathogener Mikroorganismen wie Legionellen, Pseudomonaden, atypische Mikrobakterien usw., um den für eine Desinfektion erforderlichen Reduktionsfaktor 5 (RF 5 = Reduzierung der Keimzahl um 5 Zehnerpotenzen) reduzieren, sondern auch Biofilme zumindest mittelfristig abbauen.

Während in neuen Installationssystemen die Entwicklung von Biofilmen praktisch unterbunden wird, inhibieren in älteren und bereits kontaminierten Systemen die elektrolytisch erzeugten Desinfizienzien permanent die aus dem Biofilm emittierten fluiden Mikroorganismen und bewirken infolge permanenter Einwirkung letztlich auch die totale Inhibierung des Biofilms selbst.

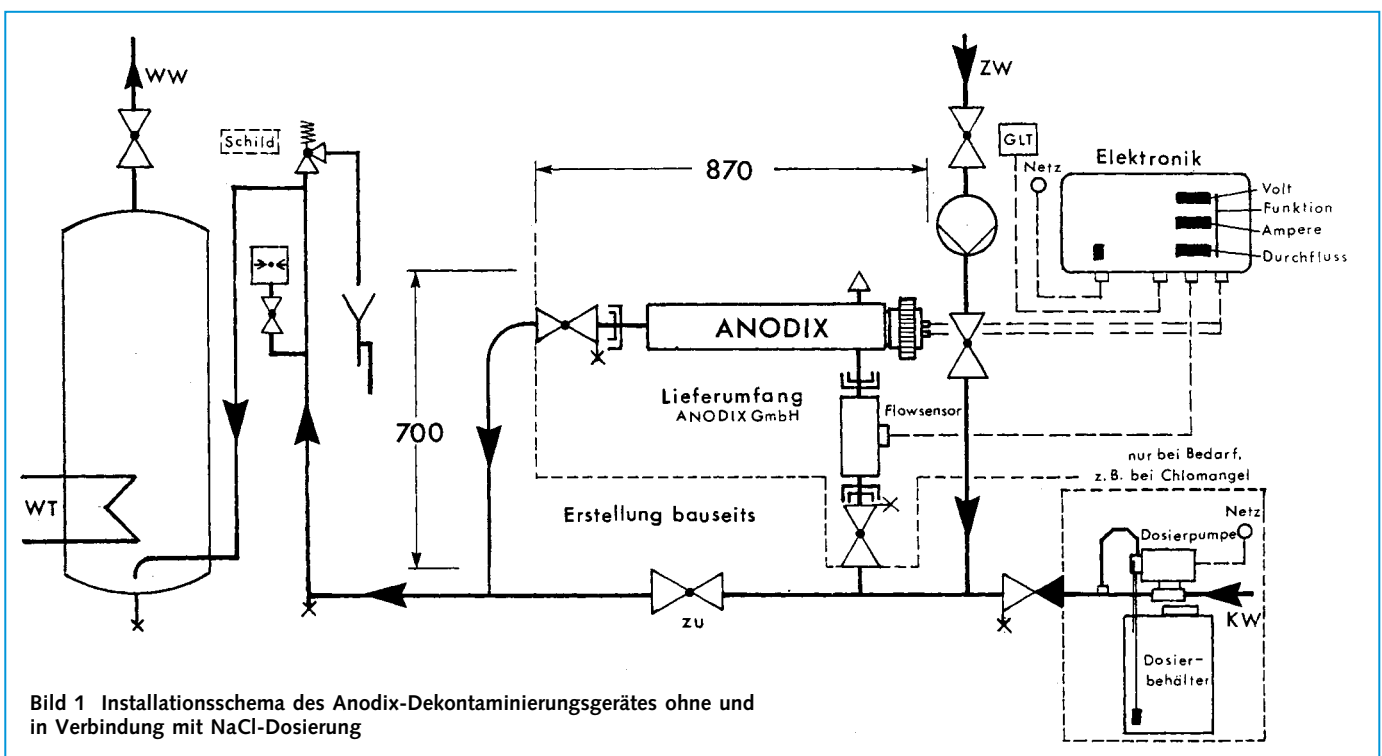
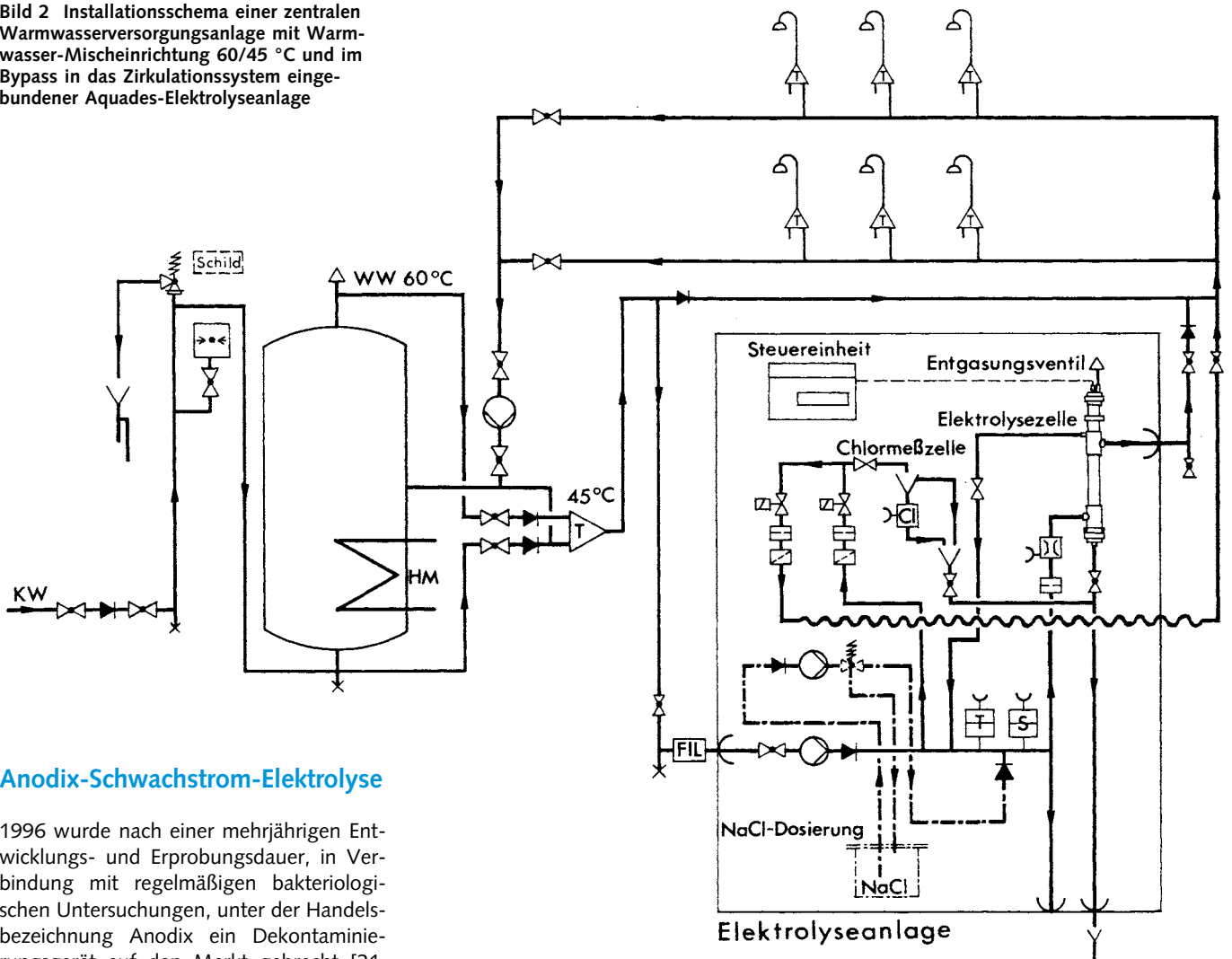


Bild 1 Installationsschema des Anodix-Dekontaminierungsgerätes ohne und in Verbindung mit NaCl-Dosierung

**Bild 2** Installationsschema einer zentralen Warmwasserversorgungsanlage mit Warmwasser-Mischeinrichtung 60/45 °C und im Bypass in das Zirkulationssystem eingebundener Aquades-Elektrolyseanlage



### Anodix-Schwachstrom-Elektrolyse

1996 wurde nach einer mehrjährigen Entwicklungs- und Erprobungsdauer, in Verbindung mit regelmäßigen bakteriologischen Untersuchungen, unter der Handelsbezeichnung Anodix ein Dekontaminierungsgerät auf den Markt gebracht [21, 22]. Es arbeitet auf der Basis der anodischen Desinfektion oder Schwachstrom-Elektrolyse. Das Anodix-Standard-Gerät besteht im wesentlichen aus Elektronik, Oxidationskammer und Turbo-Flow-Sensor. Entsprechend dem Installations- und Funktionsschema in Bild 1 wird das Gerät in der Regel in die Kaltwasserzuleitung zum Warmwasserspeicher eingebaut, so dass eine kontinuierliche Behandlung des Kreislaufwassers bewirkt wird. Es beinhaltet ein mittig angeordnetes Elektrodenpaket mit speziell ausgerichteten Einzelelementen aus einer Metalllegierung. Eine vorgeschaltete Verwirbelungseinrichtung bewirkt, dass durchfließende Legionellen in Kontakt mit der Elektrodenoberfläche kommen. An dieser steht Gleichstrom mit einer Stromstärke von rund einem Ampere an. Bei Berührung dieser Elektroden werden die Zellwände der Legionellen durch Elektronenfluss zerstört und die darunter befindlichen sogenannten Periplasmen freigelegt. Diese Einwirkung ist stark genug, um die weitere Existenz der Legionellen zu unterbinden. Selbst wenn ei-

nige wenige den Gerätedurchlauf halbwegs überstehen würden, wäre durch die beschädigte Zellwand ein Andocken an Wirtszellen kaum mehr möglich. Außerdem werden die im behandelten Wasser enthaltenen Chloride bei der Schwachstrom-Elektrolyse in desinfizierendes Natriumhypochlorid umgewandelt.

### Flowsensor zeigt durchfließende Wassermenge an

Die stetige Anwesenheit der Natrium-Ionen sorgt zusätzlich für die Unschädlichmachung der Legionellen und behindert deren Wachstum. Dabei ist darauf zu achten, dass die gesamte Wassermenge in Speicher, Warmwasser- und Zirkulationsleitungen mehrmals täglich umgewälzt wird. Als ideal wird eine Umwälzung im 2-Stunden-Rhythmus angesehen. Dem Dekontaminierungsgerät vorgeschaltet ist ein Flowsensor, der die durchfließende Wassermenge anzeigt. Bei Wasserstillstand, beispielsweise

bei Ausfall der Zirkulationspumpe, wird das Elektrodenpaket stromlos und vermeidet eine Gasbildung. Die Belegung des Elektrodenpaketes mit Kalk wird durch eine integrierte Umpolung weitgehend verhindert. Bei stark kalkhaltigem Wasser wird sich jedoch nach einem vorher nicht festzulegenden Zeitraum ein Belag bilden, der die Behandlung beeinträchtigt. Das Anodix-Gerät registriert diesen Belag und gibt akustischen und optischen Alarm, sowie eine Meldung an die Gebäudeleittechnik, sofern angeschlossen. Die Entkalkung ist durch einen seitlich angebrachten Verschluss, der ohne Werkzeug geöffnet werden kann, möglich. Das Anodix legio-stop ist zusätzlich mit einer Dosiereinrichtung für Sole ausgestattet. Es ist einzusetzen, wenn die zur Depotwirkung im Leitungsnetz zwecks Abbau eines Biofilms erforderlichen Chloride von mindestens 30 mg/l Wasser nicht vorhanden sind. Durch die Funktion des Elektrodenpaketes werden diese Chloride in minima-

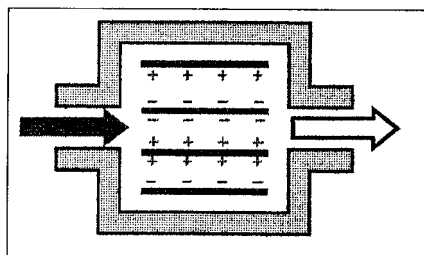
le Mengen unterchloriger Säure und Hypochlorid umgewandelt. Diese geringe, aber stetige Anwendung ist ausreichend, auch wenn anfangs die Wirkung durch schnellere Zehrung aufgehoben wird. Bei Wässern mit Chloridmangel erfolgt die Zuzuführung von Salzsole mittels Impulsator-Dosiergerät vor dem Einlauf zu Anodix und nach Einbindung der Zirkulationsleitung in die Kaltwasserzulaufleitung zum Warmwasserspeicher.

## Kombigerät mit vorgeschalteter Ultraschallanlage

Das Anodix-Kombigerät ist identisch mit dem Standardgerät, jedoch mit einer vorgeschalteten Ultraschallanlage versehen. Die Ultraschallanlage hat den Zweck, die mit dem Kreislaufwasser aus dem bei alten Anlagen vorhandenen Biofilm und dem Gerät zugeführte Amöben durch Ultraschallbehandlung aufzuschließen. Die dadurch freigesetzten Bakterien werden in der folgenden Oxidationskammer durch das Elektrodenpaket abgetötet. Die Installation der Anodix-Geräte unterliegt bestimmten Anforderungen für die einwandfreie Funktion. Als Kontrolle werden herstellerseitig die Ergebnisse der Beprobung durch das örtliche Gesundheitsamt, bei Kliniken beispielsweise durch das hauseigene Labor verlangt. Die Beprobung muss grundsätzlich vor jeder Installation und 14 Tage nach Inbetriebnahme erfolgen. Außerdem ist eine Übermittlung der örtlichen Wasseranalyse oder einer Wasserprobe erforderlich, um sicherzustellen, dass ausreichend Chlorid in Natriumhypochlorid umgewandelt werden kann. Vor der Montage sind vorhandene Warmwasserspeicher zu reinigen und die Kaltwasserzuleitungen im Speicherraum – falls nicht schon so angeordnet – durch einzubauende Bögen gegen den Boden zu richten, um Sedimentbildung zu vermeiden. Auch wenn das Anodix-Dekontaminierungsgerät mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet ist, ist der Elektroanschluss grundsätzlich über die Zirkulationspumpe zu führen.

## Aquades-Elektrolyse

Im Mittelpunkt aller desinfizierend wirkenden Stoffe steht das anodisch erzeugte Chlor, vorwiegend in der Form von unterchloriger Säure. Die Konzentration von Chlor/unterchloriger Säure korreliert mit der Desinfektionswirkung und muss daher ständig überwacht werden. Die wichtigsten Einflussparameter auf das Gesamtsystem sind dabei:



**Bild 3** Schematische Darstellung eines zur Wasserelektrolyse eingesetzten Desinfektors

- Die Spannung (U) bzw. die Stromstärke (I) an den Spezialelektroden der Elektrolysezelle.
- Der Chloridgehalt des zu behandelnden Wassers.
- Die im System herrschende Wassertemperatur.
- Die Verweildauer des Wassers in dem Elektrodenraum, d. h. der Durchfluss durch das System.

Mittels geeigneter Sensoren sowie einer Messwerterfassung und -verarbeitung ist es möglich, die Anlage in ihrem Betrieb so zu steuern, dass sie unter allen relevanten Betriebszuständen eine gute Desinfektionsleistung erbringt. Das System ist mit einer Mess- und Regeltechnik ausgestattet, die Daten ermittelt, auswertet, entsprechende Prozesse einleitet und zur Protokollierung und Überwachung über Modemfunktionen mit der Gebäudeleittechnik verbunden ist.

## Messtechnik erfasst freie Chlor-Konzentration an zwei Punkten

Die Aquades-Elektrolyseanlage wird nach dem Installationsschema in Bild 2 in Fließrichtung nach dem Wassererwärmer, hier nach einer zentralen Warmwasser-Mischeinrichtung von 60 °C auf 45 °C, eingebaut. Die Installation wird generell im Bypass ausgeführt. Aus der Zirkulationsleitung wird ein Teil des zu desinfizierenden Wassers über eine Zirkulationspumpe in die Elektrolyseanlage übernommen. Während des Arbeitens der Elektrolysezelle wird ständig die Temperatur, die Durchflussmenge und die Leitfähigkeit des Wassers gemessen. Die in der Elektrolysezelle im Bypassstrom erzeugten Wirkstoffe werden in den Hauptstrom eingemischt. Über eine Chlormesstechnik wird die Konzentration an freiem Chlor an zwei Messpunkten erfasst, einmal nach dem Einmischen in den Hauptstrom und einmal am Ende der Zirkulationsleitung. Hierzu wird das jeweilige Messwasser über Magnetventile gesteuert an die Chlormesszelle geführt. Alle Messwerte werden in der Steuereinheit regi-

striert, über die integrierte Software ausgewertet und für die Steuerung der Anlage genutzt. Der im Hauptstrom anliegende Wert für die Konzentration an „freiem Chlor“ ist die wichtigste Kenngröße für die Steuerung der Elektrolysezelle. Durch Veränderung der Strömstärke bzw. über An- und Abschaltung wird freies Chlor im zulässigen Grenzwertbereich von 0,1 bis 0,3 mg/l produziert. Soweit objektspezifisch besondere Anforderungen bestehen, lässt sich dieses Bereichsintervall beliebig variieren. Die für die elektrolytische Desinfektion notwendige Erzeugung von unterchloriger Säure ist abhängig von der Chloridionen-Konzentration des Wassers.

## Hohe Vorlauftemperaturen zerstören Spezialelektroden

Eine effiziente Betriebsweise erfordert Chloridkonzentrationen von > 20 mg/l. Enthält das zu desinfizierende Wasser diesen Mindestgehalt an Chloridionen nicht, ist eine zusätzliche Zufuhr von Natriumchlorid (Kochsalz) in das der Elektrolyse zu unterziehende Bypasswasser erforderlich. Optimal lässt sich für eine derartige Zudosierung die Elektrolyseanlage mit einer Kochsalzsole-Dosiereinheit ausstatten. Zur Bestimmung der Chloridionen-Konzentration wird die Leitfähigkeit des Wassers im Bypass über einen Sensor ständig überwacht. Bei Unterschreitung eines die Chloridionen repräsentierenden Wertes der elektrischen Leitfähigkeit wird über die Steuereinheit eine Dosierpumpe zugeschaltet, die aus einem Vorratsbehälter Kochsalzsole bis zum stabilen Einstellen der vorgewählten Chloridionen-Konzentration in das Bypass-Wasser injiziert. Vorlauftemperaturen von über 70 °C, beispielsweise bei einer thermischen Desinfektion über einen Zeitraum von mehreren Minuten, würden beim Betrieb der Elektrolyseanlage die Spezialelektroden der Elektrolysezelle schädigen. Um dies auszuschließen, überwacht ein Sensor permanent die Reaktortemperatur und schaltet bei Überschreitung eines vorgegebenen Maximalwertes die Zirkulationspumpe und die anliegende Spannung an der Elektrolysezelle ab. Sämtliche Betriebszustände und Anlagenfunktionen der Elektrolyseeinheit werden überwacht und protokolliert. Alle Messwerte, Steuersignale und Regelvorgänge werden in der Automationsstation hinterlegt und können regelmäßig für Auswertungen und Protokollzwecke abgerufen werden. So sind beispielsweise Abfragen per Modem oder Aufschaltungen auf Systeme der Gebäudeautomation möglich. Mit Hilfe dieser Technologie werden eventuell

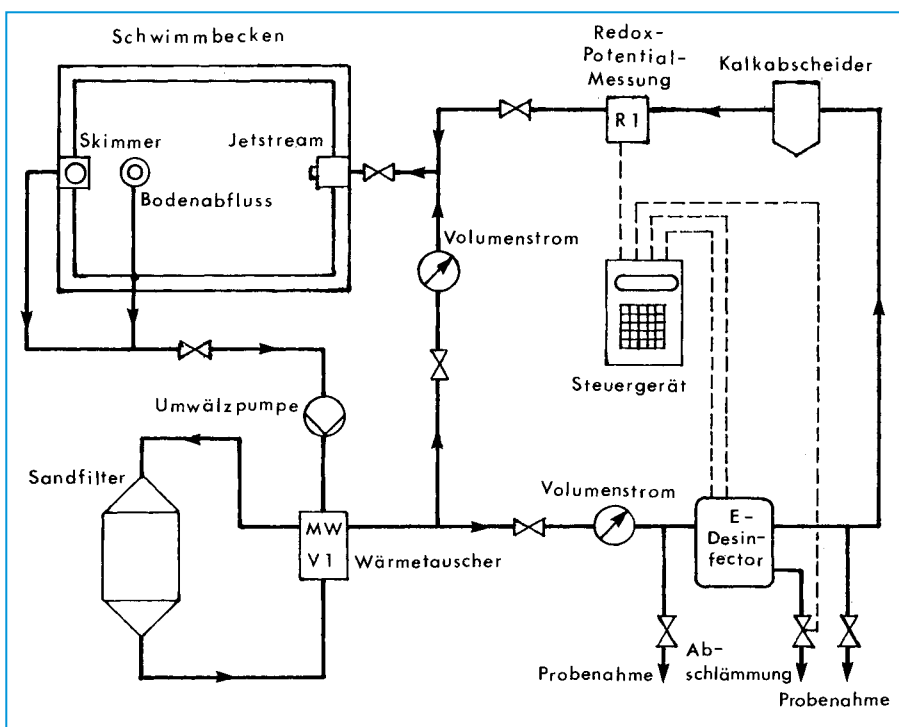


Bild 4 Verfahrensschema einer elektrochemischen Wasserdesinfektion im Schwimmbad

erforderliche Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten schnell erkannt und können effizient durchgeführt werden.

## Elektrochemische Wasserdesinfektion

Die elektrochemische Wasserdesinfektion nach dem eco-des-electrodes-Verfahren nutzt elektrischen Strom, um Desinfektionsmittel direkt aus dem Wasser zu erzeugen. In der Regel wird eine Wasserelektrolyse durchgeführt, in dem eine Gleichspannung im Niederspannungsbereich an Elektroden angelegt wird, zwischen denen das zu behandelnde Wasser hindurchfließt. Eine Wasserelektrolyse erfolgt in einer Elektrolysezelle, die aus mindestens einer Anode und einer Kathode besteht, die in Wasser (als Elektrolyt) eingetaucht sind. Die Anode wird mit dem positiven Pol und die Kathode mit dem negativen Pol einer Gleichspannungsquelle verbunden, so dass ein elektrischer Strom fließt (Bild 3). Unter Einwirkung des elektrischen Stroms laufen elektrochemische Vorgänge im Wasser ab, wodurch unter bestimmten Bedingungen Desinfektionsmittel entstehen. Die Prozessführung kann dabei auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

- Beim ex-situ-Betrieb werden Desinfektionsmittel in hohen Konzentrationen in einer separaten Elektrolysezelle erzeugt. Das auf diese Weise hergestellte Konzentrat wird anschließend dem zu behandelnden Wasser

zudosiert. Diese Betriebsart wird beispielsweise bei der Chlorelektrolyse verwendet.

- Beim in-situ-Betrieb wird das zu behandelnde Wasser direkt durch die Elektrolysezelle (hier allgemein Desinfektor genannt) geleitet. Die aus dem Wasser gebildeten Desinfektionsmittel mit niedriger Konzentration gehen unmittelbar in das zu behandelnde Wasser über. Hier kann auf eine Dosiertechnik verzichtet werden. Typische Anwendungen der elektrochemischen Wasserdesinfektion sind unter anderem:
  - Trinkwasseraufbereitung,
  - Desinfektion von Wassersystemen zur Vermeidung von Biofilmen und Mikroorganismen in Rohrnetzen und Behältern,
  - Schwimmbaddesinfektion,
  - Springbrunnendesinfektion,
  - Desinfektion von Warmwassersystemen, beispielsweise gegen Legionellen,
  - Desinfektion von Klimawässern aus Kühltürmen oder Luftbefeuchtern,
  - Desinfektion von Grau- und Betriebswässern in Haushalten und Hotels.

## Kurze Reaktionszeit bei Abtötung von Legionellen

Das elektrochemische eco-des-electrodes-Verfahren erzielt gute Ergebnisse bei der Bekämpfung von Legionellen. Beispielsweise wurde bei einem mit Legionellen behandelten Wasser nach einer Reaktionszeit von 15 Minuten eine Reduktion von 104

KBE/ml, nach 30 Minuten eine Abtötung von über 7 Zehnerpotenzen festgestellt. Dies bedeutet eine nachhaltige Legionellenabtötung mit einer in der Trinkwasserverordnung zugelassenen Konzentration von Chlor. Beim Einsatz des eco-des-electrodes-Verfahrens für Schwimmbäder wird der in der DIN 19643 vorgeschriebene Grenzwert für gebundenes Chlor am Ablauf des Badewassers von 0,2 mg/l mit unter 0,1 mg/l unterschritten. Dabei bleibt die gesamte Keimzahl im Becken dank der hohen Depotwirkung auch unter hoher Belastung immer Null. Bild 4 zeigt das Verfahrensschema einer elektrochemischen Wasserdesinfektion für Schwimmbäder. Der im Bypass angeordnete Desinfektor (E-Desinfektor) erhält einen Teilstrom des umgewälzten Beckenwassers über eine Abzweigung in Fließrichtung hinter dem Wärmetauscher. Die gewünschte Desinfektionswirkung wird einfach über die Stromstärke eingestellt oder mit Sensoren geregelt.

## Chemische Desinfektion

Die chemische Desinfektion wird als Grunddesinfektion kontaminierter Installationen mittels chemischer Desinfizienten, wie Chlor, Chlorbleichlaugung, Chlordioxid oder Wasserstoffperoxid, durchgeführt. Sie muss im Einklang mit den Bestimmungen der Trinkwasserverordnung vorgenommen werden. Die für eine kontinuierliche Desinfektion zugelassenen Konzentrationen reichen für die Desinfektion eines mit Mikroorganismen kontaminierten Systems jedoch nicht aus. Erforderlich ist eine Zugabe von desinfizierenden Chemikalien in hoher Konzentration, beispielsweise Chlorbleichlaugung bei mindestens 10 mg/l freies Chlor an den Entnahmestellen. Dabei muß die Mindestkonzentration über eine Zeit von wenigstens einer Stunde aufrecht erhalten werden. Es handelt sich danach um eine „zeitbegrenzte Grunddesinfektion“, die nach den Bestimmungen des DVGW-Arbeitsblattes W 291 [23] durchzuführen ist. Während der Desinfektionsmaßnahme muß sichergestellt sein, dass aus der behandelten Leitungsanlage kein Wasser als Trinkwasser entnommen wird. Nach der Desinfektion ist die gesamte Anlage gründlich zu spülen.

## Schlussbetrachtung

Das Gesundheitsrisiko durch pathogene Mikroorganismen betrifft insbesondere Infektionen durch direkten Kontakt von Mensch zu Mensch oder indirekt über infizierte Gebrauchsgegenstände und durch feuchte Aerosole über den Luftweg. Krank-



heitskeime im Sanitärbereich bestehen vor allem bei drei Gattungen von Wasserbakterien. Es sind dies die Legionellen, die Pseudomonaden und atypische Mikobakterien. Staphylokokken und Streptokokken werden vorwiegend durch gemeinsame Benutzung eines Handtuchs oder Waschzeugs übertragen. Hepatitis oder Gelbsucht wird über Harn und Stuhl ausgeschieden und kann durch Schmierinfektion beispielsweise auf der Toilette übertragen werden. Maßnahmen zur Verminderung des Infektionsrisikos im Sanitärbereich bestehen in einer hygienischen Nutzung und Ausstattung der Sanitäreinrichtung, in installationstechnischen und verfahrenstechnischen Maßnahmen. Das betrifft die Handhabung des Waschens unter fließendem Wasser und des Abtrocknens mit dem Einmalhandtuch, die Desinfektion von WC-Sitz und Badewanne nach einer Benutzung. Verfahrenstechnische Maßnahmen sind in jedem Fall nach vorliegenden Richtlinien bei der zentralen Warmwasserversorgung zur Verminderung des Wachstums von wassergängigen pathogenen Mikroorganismen, insbesondere der Legionellen, zu treffen. Zur Anwendung gelangen die thermische Desinfektion, Desinfektion mit ultraviolettem Licht, Kombination von Ultraschallbehandlung mit UV-Desinfektion, Dekontamination durch Schwachstrom-Elektrolyse und die elektrochemische Wasserdesinfektion.

#### Literatur:

- [1] L. Grün u. Neuss: Das Toilettenhandtuch als Keimträger in Gaststätten und Cafés; Gesundheitswesen Heft 55/1963.
- [2] K. Seidel, E. Seeber u. U. Hässelbarth: Legionellen – Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems, 1987. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York.
- [3] R. Schulze-Röbbcke: Legionellen – Einführung in die Problematik; 4. Symposium über Krankenhaushygiene der Universitätskliniken Bonn, 1988.
- [4] Kranz, Matthias: Der Stoff aus dem die Legionellen kommen; Installateur Heft 10/1990. ATV Zeitschriftenverlag, CH-5001 Aarau.
- [5] Mühlenberg, Wilhelm: Legionellen in raumlufttechnischen Anlagen und Whirlpools; SBZ Heft 23 u. 24, 1990. Gentner Verlag, Stuttgart.
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 551, 03.1993, Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums. Wirtschaft- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- [7] DVGW-Arbeitsblatt W 552, 04.1996, Sanierung und Betrieb.
- [8] DVGW-Arbeitsblatt W 553, 02.1998, Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen.

[9] Koch u. Riesner: Infektionsquellen der meist tödlich verlaufenden Pseudomonas-Sepsis und des Pseudomonas-Hospitalismus; Medizinische Welt Nr.8 vom 24.02.1968.

[10] Reploh, H. u. Otte, H.J.: Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie und Infektionskrankheiten; 1961. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York,

[11] R. Schulze-Röbbcke: Sanitärtechnik und Hygiene; VDI-Bericht BW 42-3901, Seminar Düsseldorf 1988. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.

[12] Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung – Trinkw-V) vom 12. Dezember 1990, BGBl 1990 I; Berichtigung vom 23. Januar 1991, BGBl 1991 I; Änderung vom 1. April 1998, BGBl 1998 I Nr. 21.

[13] Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, 1992; herausgegeben vom Bundesgesundheitsamt Berlin. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena.

[14] Merkblatt 64.01, 05.1997, Legionellenprobleme in Warmwassersystemen von Bädern. Bundesverband öffentlicher Bäder e.V., Essen.

[15] Verordnung über Arbeitsstätten vom 20. März 1975; Ergänzungen 1976/77. Bek. des BMA vom 30. Juni 1977.

[16] Arbeitsstätten-Richtlinien, 05.1976. Normenheft 100 und 101. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.

[17] Richtlinien für den Bäderbau, 3. Auflage 1996. Druckerei Wehlmann GmbH, Essen.

[18] DIN 1988-3, 12.1988, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen; Ermittlung der Rohrdurchmesser.

[19] Feurich, Hugo: Fehler bei der Bemessung von Warmwasser-Zirkulationsleitungen und Umwälzpumpen nach DIN 1988, Teil 3; SHT, Heft 7 u. 8/1989. Krammer Verlag, Düsseldorf.

[20] Feurich, Hugo: Sanitärtechnik, 8. Auflage 1999, Krammer Verlag, Düsseldorf.

[21] Strele, Wolfgang: Legionellenbekämpfung mit Schwachstrom, Anodische Oxidation; SBZ Heft 19/1997. Gentner Verlag, Stuttgart.

[22] Grohmann, Andreas; Naujoks, Friedhelm; Reichert, Johannes K.: Neue Wege der Sanierung legionellenbelasteter Warmwasseranlagen mit Schwachstrom-Elektrolyse; gi Gesundheits-Ingenieur Heft 3/1997. Oldenbourg Industrieverlag, München.

[23] DVGW-Arbeitsblatt W 291, 04.1996, Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen.



**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.