

Fokus Trinkwasser und Wasserbehandlung, Teil 2

# Verfahrenstechnische Lösungen

Im ersten Teil seiner dreiteiligen Beitragsreihe (SBZ 18/2006) beschäftigte sich der Autor mit den Wasserinhaltsstoffen und einschlägigen Normen. Im folgenden geht er auf Verfahren zur Trinkwasserbehandlung ein, die der Einhaltung der Trinkwasser-Hygiene und Trinkwasser-Qualität dienen und den heutigen Stand der Technik darstellen.

Mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung hat der Gesetzgeber eindeutige Signale in Richtung einer beständigen, hohen Trinkwasserqualität gesetzt: Beim Neubau bzw. bei der Sanierung von Haustechnik-Installationen in Gebäuden stellt sich damit nicht mehr die Frage, ob hinsichtlich der Wasserqualität Vorsorge zu treffen ist. Für den Fachmann gilt es vielmehr zu definieren, welche Maßnahmen nach dem Stand der Technik erforderlich sind. Mit den Neuregelungen gewinnt die Wasserbehandlung in Gebäuden wesentlich an Bedeutung. Das SHK-Handwerk ist gefordert, negative Beeinflussungen der Trinkwasserqualität innerhalb der Hausinstallation durch fachgerechte Maßnahmen und Installationen auszuschließen. Doch was bedeutet das nun in der Praxis?

## Rückspülfilter als Systemschutz

Zwar zählen Filter nicht im engeren Sinn zur Trinkwasserbehandlung – aber sie sind unerlässlich für eine hohe Wasserqualität. Denn



Bild 1 Schmutz- und Rostpartikel sowie Hanfreste stellen ein Problem für Trinkwasserinstallationen dar

auf dem oft sehr langen Weg vom Wasserwerk zum Verbraucher kann das Trinkwasser aus unterschiedlichen Quellen Partikel aufnehmen: Beispielsweise stammen diese von Inkrustierungen und Ablagerungen auf Rohrwänden. Täglich werden auf Tausenden von Baustellen die Leitungsnetze aufgerissen, immer wieder sind Reparaturen und Neuanschlüsse im Leitungssystem erforderlich – auch dadurch können Sand und andere Feststoffe ins Wassernetz gelangen. Nicht zuletzt lösen Wasserdruckschwankungen und andere Erschütterungen Schmutz- und Rostpartikel (Bild 1), die sich in vielen Jahrzehnten im Ortsnetz festgesetzt haben. Folgen können sein:

- Feststoffpartikel, die in metallischen Rohrleitungen zu einer Punktkorrosion (Lochfraß) führen.
- Blockierende Ventile.
- Fremdpartikel, die Dichtungen beschädigen und zu einem permanenten Wasserverlust führen.

• Verstopfte Perlatoren und Duschköpfe.  
Zum Schutz von Hauswasserinstallationen wird der Einbau eines mechanischen Filters durch die einschlägigen Normen gefordert (DIN 1988 „Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen“, Teil 2). In der technischen Ausführung wird unterschieden zwischen Wechselfiltern, manuell bedienten Rückspülfiltern und automatischen Rückspülfiltern (Bild 2). Empfehlenswert sind rückspülbare Filter. Denn nur so ist sichergestellt, dass die Wasserversorgung während der Rückspülung nicht unterbrochen wird. Wichtig dabei: Um das Einschwemmen von Fremdteilchen in die Trinkwasserinstallation von Anfang an zu vermeiden, müssen die Filter bereits vor der Erstbefüllung installiert sein. Auch bei Anbauten wird man den neuen Gebäudeteil durch



Bild 2 Rückspülfilter dienen als Basis-Systemschutz (Schnittbild durch den BWT-Filter Infinity)

Filter vor Partikeln aus dem alten Netz schützen. In weitverzweigten Netzen für erwärmtes Trinkwasser sitzen bevorzugt sogenannte Heißwasserfilter, meist als Wechselfilter ausgeführt: Da man zur Legionellen-Prophylaxe diese Warmwassernetze häufig auf Temperaturen um 70 °C aufheizt, sollten die verwendeten Filtermaterialien bis zu einer Wassertemperatur von 80 °C einsetzbar sein.

## Minimierung von Kalkablagerungen

Nicht nur eine Temperaturerhöhung, auch Verwirbelungen oder umgekehrt eine Stagnation des Wassers verändern das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht des Wassers in ungünstiger Weise. In beiden Fällen kann es als nachteilige Konsequenz zu Kalkabscheidungen kommen: Die Rohrleitungen wachsen langsam zu, der erforderliche Versorgungsquerschnitt der Rohrleitungen ist nicht mehr gegeben, es kommt zunehmend zu einem Druckabfall. Hinzu kommen verkalkte Warmwasserbereiter, verstopfte Perlatoren und Verkalkung der Oberflächen im Badbereich. Bei den technischen Wässern kommt es darüber hinaus durch die Verdunstung des Wassers zu einer Aufsalzung. Steinbildung durch Kalkbeläge kann nicht vollständig vermieden werden – man kann sie jedoch gezielt minimieren. Hierzu bieten sich eine Reihe verfahrenstechnischer Lösungen an:

- Polyphosphatdosierung
- Ionenaustauscher
- Membranverfahren (Nanofiltration, Umkehrosmose)
- geprüfte alternative Kalkschutzverfahren.

Diese Technologien sollen nun im einzelnen kurz vorgestellt werden. Grundsätzlich gilt, dass das Wasser seine Eigenschaft als Trinkwasser entsprechend der Trinkwasserverordnung behalten muss.

### Polyphosphatdosierung

Die älteste Methode, Kalkabscheidungen zu minimieren, ist die Polyphosphatdosierung. Mittels entsprechender Geräte werden dem Wasser geringste Mengen an Mineralstoffen zudosiert (Bild 3). Die Geräte müssen der Produktnorm DIN/DVGW 19635 bzw. EN 14812 entsprechen. Es handelt sich um mengenproportional arbeitende Dosierpumpen bzw. Dosiersysteme. Verwendung finden hierbei vor allem Phosphate und teilweise Silikate. Es dürfen nur solche Stoffe bzw. Verfahren verwendet werden, die in der „Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2001 aufgeführt sind“. Auch die maximale Zugabemenge ist in dieser Liste geregelt. Schon geringste Mengen (wenige Tausendstel Gramm je Liter Wasser) der verwendeten Mineralstoffe genügen, um die Härtebildner im Wasser zu stabilisieren. Der Zusatz der Polyphosphate, maximal 5 mg/l, ausgedrückt als  $P_2O_5$  (Bild 4), bewirkt die Komplexierung der im Wasser enthaltenen Calcium- und Magnesium-Ionen, d.h. die Neigung zur Bildung von Kalk wird aufgehoben. Es kommt zu keiner Kalkverkrustung, sondern die gebildeten Calcium- und Magnesiumpolyphosphate werden mit dem Wasser ausgeschwemmt. Deshalb kommt es zu keiner Kalkausfällung an Rohren usw. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die gleichen Phosphate in hundertfach größerer Menge zur Herstellung von z.B. Wurst und Käse Verwendung finden. Kalk- und Korrosionsschutz lassen sich bei der Dosierung der entsprechenden Mineralstoffe miteinander kombinieren: Polyphosphate schützen vor Kalk, Orthophosphate wirken als Korrosionsschutz. Nachteilig ist, dass dem Trinkwasser gezielt Chemikalien zugegeben werden. Auch gibt es den technischen Nachteil, dass ab einer Temperatur von 60 °C die Polyphos-

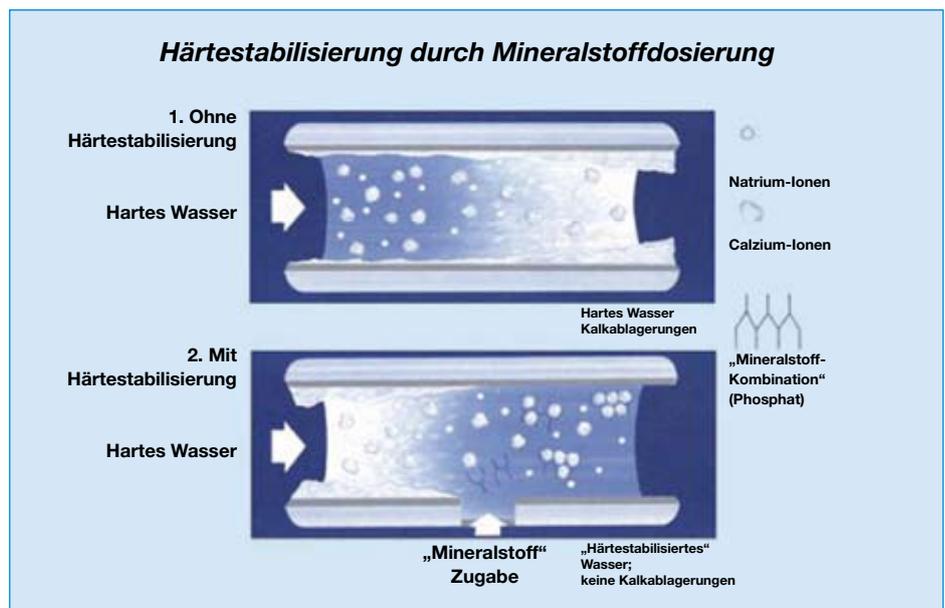


Bild 3 Härtestabilisierung durch Mineralstoff-Dosierung

phate hydrolysieren und dann nicht mehr komplexierend wirken, sondern es zu Calcium- und Magnesiumphosphatausfällungen kommt. Es resultiert eine Schlammbildung. Ist durch die Anforderungen der Hygiene am Austritt des Trinkwassererwärmers eine Warmwassertemperatur von 60 °C sicherzustellen, schränkt dies die Verwendbarkeit von Polyphosphaten ein. Analytische Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass Polyphosphate die Flächenkorrosion metallischer Werkstoffe begünstigen können. Im Trinkwasser darf die Härtestabilisierung aus-

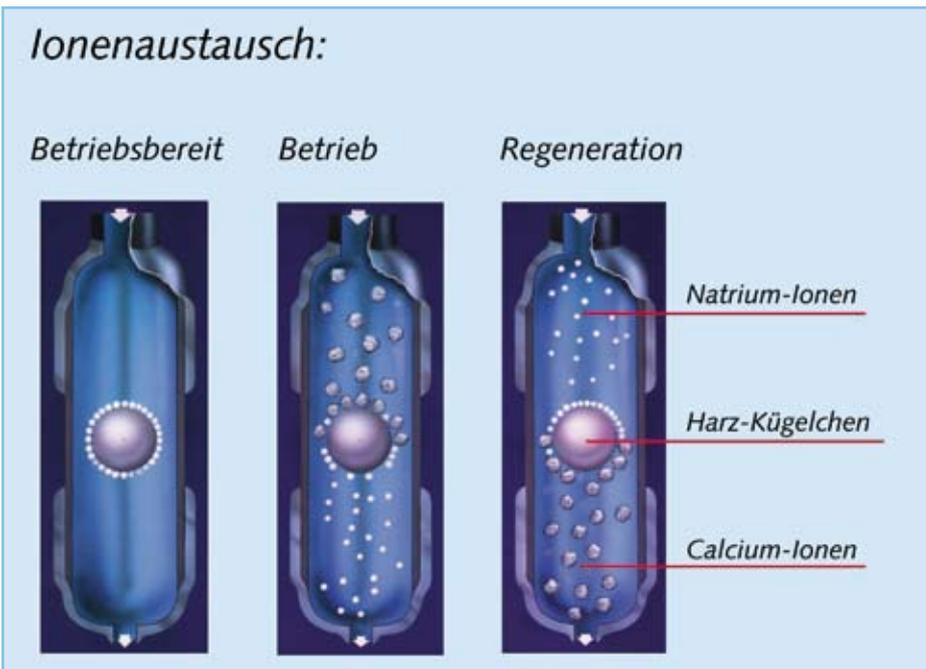
schließlich mit den nach der Trinkwasserverordnung zugelassenen Zusatzstoffen mit den maximal zulässigen Mengen erfolgen.

### Ionenaustausch

Beinahe ebenso alt und genauso bewährt ist die Ionenaustauschertechnik (Bild 5). Seit der Anpassung der Geräte auf häusliche Dimensionen und nach Erstellung eines technischen Standards durch DIN/DVGW in den 80er-Jahren wurde sie kommerziell ein Erfolg. Der relevante Geräte-Standard ist DIN/DVGW

Maximal zulässige Zugabe an Phosphat gemäß Trinkwasserverordnung		
5 mg/l ausgedrückt als $P_2O_5$	2,2 mg/l ausgedrückt als P	6,3 mg/l ausgedrückt als $PO_4^{3-}$
Minimal erforderliche Zugabe an Phosphat nach DIN 19635 bzw. EN 14812		
1 mg/l Ausgedrückt als $P_2O_5$	0,45 mg/l ausgedrückt als P	1,3 mg/l ausgedrückt als $PO_4^{3-}$

Bild 4 Zulässige Zugabemengen an Phosphat



**Bild 5** Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Ionenaustauschers zur Wasserenthärtung

19636 bzw. EN 14743. Prinzipiell enthält ein durch Kationenaustausch enthärtetes Wasser nahezu keine Calcium- und Magnesiumionen mehr, da diese gegen Natriumionen ausgetauscht wurden. (Anmerkung: Auch zur völligen Entsalzung eines Wassers werden Ionenaustauschverfahren mit Kationen- und Anionenaustauschern eingesetzt. Diese Verfahren sind jedoch verfahrenstechnisch aufwändig und werden nur großtechnisch eingesetzt). Geräte, die dem DIN/DVGW-Standard entsprechen, besitzen alle eine „Verschneideeinrichtung“. Diese dient dazu, dem Wasser, welchem alle Calcium- und Magnesiumionen entzogen wurden, wieder unbehandeltes Wasser beizumischen – zu verschneiden – und so eine Mindestkonzentration an Calcium und Magnesium sicherzustellen. Welche Resthärte eingestellt wird, das ist einerseits abhängig vom persönlichen Empfinden, aber auch von eventuellen technischen Anforderungen. Ionenaustauscher zeichnen sich gegenüber der Dosierung von Mineralstoffen oder der alternativen Wasserbehandlung dadurch aus, dass die Härtebildner aus dem Wasser entfernt werden und damit die Wasserhärte gezielt und exakt einstellbar ist. Um ständig weiches Wasser zur Verfügung zu haben, werden Enthärtungsanlagen als Doppelanlagen für Pendel- oder Parallelbetrieb eingesetzt. Gemäß DIN 1988 dürfen nur Enthärtungsanlagen mit dem DIN/DVGW-Prüfzeichen eingebaut werden. Gründe für den Einsatz eines Ionenaustauschers sind Komfortanforderungen. Komfort heißt in diesem Fall das Vorlie-

gen von enthärtetem, weichem Wasser, das unter der Dusche in der Tat körperlich als weich empfunden wird. Komfort heißt aber auch, dass es im Sanitärbereich nach dem Verdunsten des Wassers keine oder kaum noch unschöne Kalkränder gibt. Ansonsten sind Ionenaustauscher dort erforderlich, wo aus technischen Überlegungen ein vollständig enthärtetes Wasser benötigt wird.

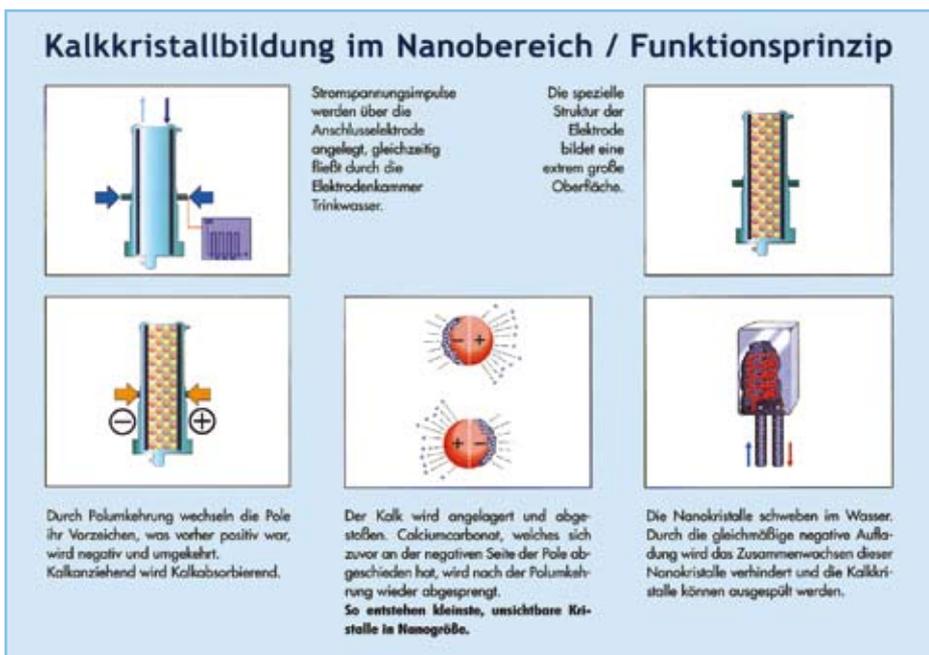
## Membranverfahren

Zur Enthärtung des Trinkwassers ist auch die Nanofiltration eine technische Alternative. Bei der Nanofiltration werden neben partikulären Wasserinhaltsstoffen gezielt zweiwertige Ionen (also u. a. die Härtebildner) aus dem Wasser entfernt. Die Nanofiltration zählt zu den Membranverfahren. Der wesentliche Nachteil der Membranverfahren ist die meist komplexere Anlagentechnik und die Tatsache, dass pro 1000 Liter enthärtetem bzw. teilentsalztem Wasser 150 bis 300 Liter Abwasser anfallen.

## Geprüfte alternative Kalkschutztechnologien

Neben technischen und Komfort-Aspekten spielen auch physiologische Fragestellungen der Wasserqualität eine Rolle. Die physiologisch wertvollen Ionen Calcium und Magnesium sollen im Wasser enthalten bleiben. Konsequenterweise darf die Wasserqualität nicht verändert werden, es werden keine Stoffe ak-

tiv zudosiert. Um dem Rechnung zu tragen, wurden Ende der 90er-Jahre neue Verfahren zur Kalkstabilisierung entwickelt. Nachdem die Funktion solcher Kalkschutzanlagen lange Zeit umstritten war, haben sich die Anbieter auf eine einheitliche Prüfnorm geeinigt. Damit ist nunmehr mit Blick auf das Vermindern von Kalkablagerungen in der Hausinstallation ein objektiver Funktionsnachweis verfügbar. Das unabhängige und allgemein anerkannte Prüfinstitut des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) prüft solche Geräte nach DVGW Arbeitsblatt W 512. In einem weiteren notwendigen Schritt folgt die DVGW-Hauptprüfung, u. a. bezüglich der Eignung der verwendeten Werkstoffe, Handhabung und Sicherheit sowie weitere Funktionstests – das DVGW-Prüfzeichen wird vergeben. Der Funktionsnachweis ist die Einstiegssicherheit, das DVGW-Prüfzeichen garantiert darüber hinaus die umfassende Leistungssicherheit des Gerätes. Alternative Kalkschutzanlagen schützen die Trinkwasserinstallation in Gebäuden dadurch, dass sie die Härte im Wasser durch eine gezielt herbeigeführte Kristallisation stabilisieren (Bild 6). Um die erwünschte Kristallisation der Kalkkristalle zu initiieren, sind aufwändige elektronische Steuerungen und Reaktionskammern erforderlich. Solche Anlagen unterscheiden sich erheblich von ungeprüften Geräten. Die vom DVGW geprüften Geräte arbeiten u. a. nach dem Prinzip der elektronischen Impulsabgabe über eine multiple Elektrode. An deren Oberfläche entstehen nachvollziehbar und reproduzierbar kleine Kalkkristalle, die den Kalk im Trinkwasser stabilisieren und somit die Hausinstallation schützen. Die Einflussfaktoren, die zur Kalkabscheidung im Wasser führen, werden durch den gezielten Einsatz von definierten Strom/Spannungs-Impulsen nachhaltig minimiert. Diese Technologie wirkt direkt auf das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht des Wassers. In das Wasser übertragen werden diese Strom/Spannungs-Impulse mit Hilfe einer speziellen Elektrodenstruktur, die in einer Kartusche untergebracht ist. Die Härtebildner Calcium und Magnesium bleiben vollständig in Lösung, das Trinkwasser bleibt Trinkwasser. Resultat: Die Verkalkung von wasserführenden Rohrleitungen, Boilern und Wärmetauschern ist signifikant geringer als bei einem unbehandelten Wasser. Im technischen Regelwerk werden Vorgaben zur Minimierung der Steinbildung innerhalb der DIN 1988 wie auch der VDI 2035, Blatt 1 gemacht. Bei der DIN 1988 ist insbesondere die DIN 1988-8 zu beachten. Die Norm enthält die technischen Regeln für den Betrieb und die Instandhaltung von Trinkwasserinstallationen einschließlich Trinkwassererwärmungsanlagen. Die VDI 2035 Blatt 1 beschreibt zusätzlich rein instal-



**Bild 6** Beispiel für die Funktionsweise einer geprüften alternativen Kalkschutztechnologie

lationstechnische Maßnahmen (niedrige wasserseitige Wandtemperaturen, groß dimensionierte Wärmeübertragungsflächen, gleichmäßige und ausreichende wasserseitige Strömungsverhältnisse, wasserseitige Oberflächen mit geringer Rauigkeit). Übrigens: Gleichgültig, welche Materialien verwendet werden: Rohrleitungen verkalken unabhängig vom Rohrleitungswerkstoff, selbstverständlich auch Kunststoffrohre! Zwar trägt die Rauigkeit einer Rohrleitung dazu bei, dass sich Kalkablagerungen leichter festsetzen. Aber das gilt auch für jede Kunststoffrohrleitung spätestens dann, wenn Muffenübergänge vorliegen, die gepresst, geklebt oder geschweißt sind.

## Schutz vor Korrosion

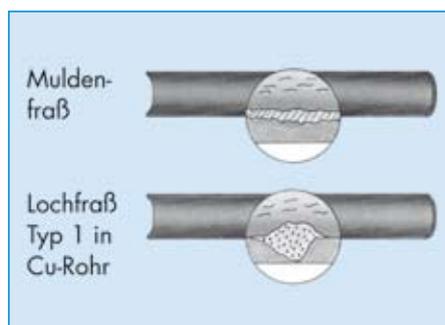
Korrosion ist ein Oberbegriff, der die schädigende Veränderung von Werkstoffen durch chemische, mikrobiologische oder physikalische Einflüsse beschreibt. In Hausinstallationen steht hierbei vor allem die Korrosion der metallischen wasserberührten Werkstoffe im Fokus (Bild 7). Einflüsse, die zu Korrosionsschäden an Werkstoffen führen können, sind:

- Abtrag von Rohrmaterial oder Korrosionsprodukten durch fließendes Wasser oder Wasserwirbel (Erosion, Kavitation).
- Chemische Reaktionen von bestimmten Wasserinhaltsstoffen mit dem Rohrmaterial.
- Kontaktkorrosion (Bildung eines galvanischen Elements): Diese entsteht beim Kontakt von Metallen mit unterschiedlichen che-

mischen Zusammensetzungen (z.B. an Lötstellen oder durch eingeschwemmte metallische Fremdstoffe).

Wasserbehandlungsverfahren zur Minimierung der Korrosion können logischerweise nur die Wasserqualität beeinflussen. Eine korrosionsschutzgerechte Auslegung und Gestaltung der Anlage ist Aufgabe des Planers und des Installateurs. Die gängigsten Wasserbehandlungsverfahren zur Minimierung der wasserseitigen chemischen Korrosion sind:

- Orthophosphat-Dosierung: Orthophosphat bildet schwerlösliche und dichte Deck- bzw. Schutzschichten. Bei sehr calciumreichem Wasser und höheren pH-Werten besteht jedoch die Gefahr der Ausfällung von Calciumphosphat (Apatit).
- Silikat-Dosierung: Silikate bilden schwerlösliche und dichte Deck- bzw. Schutzschichten. Bei sehr calciumreichem Wasser und höheren pH-Werten besteht jedoch die Gefahr von Ausfällungen.



**Bild 7** Typische Erscheinungsformen von Korrosion in der Hausinstallation

- Elektrolytischer Korrosionsschutz: Durch Elektrolyse von Reinaluminium-Elektroden entsteht kolloidales Aluminiumoxidhydrat. Es bildet auf den Installationswerkstoffen schwerlösliche und dichte Deck- bzw. Schutzschichten. Bei der Elektrolyse entstehen außerdem nichtkolloidale Verbindungen (die aus dem System entfernt werden müssen (Abschlämmen). Der Einsatz ist gesetzlich auf Altanlagen beschränkt. Zur Zeit ist eine Installation nur bis zum 1. Januar 2007 zugelassen.
- Entsäuerung: Die Korrosionswahrscheinlichkeit für gleichmäßige Flächenkorrosion kann durch Entsäuerung des Wassers vermindert werden: Alkalisierung mit z. B. Natriumhydroxid und/oder Natriumcarbonat, Calciumhydroxid; Filtration über alkalisierende Filtermaterialien (Calciumcarbonat, halbbebrannter Dolomit).
- Ionenaustausch: Durch selektiven Austausch korrosionsrelevanter Anionen kann die Korrosionswahrscheinlichkeit vermindert werden.

• Membranverfahren: Mit Membranverfahren (z. B. Nanofiltration) kann bevorzugt die Konzentration zweiwertiger Ionen im Wasser verringert werden. Durch Entfernung korrosionsfördernder Anionen kann die Korrosionswahrscheinlichkeit vermindert werden.

• Sonstige Verfahren: Sonstige Verfahren zum Korrosionsschutz müssen ihre Wirksamkeit nach DIN 50934-2 nachweisen.

Die Ursachen von Korrosionsschäden an Trinkwasserleitungen sind häufig jedoch nicht alleine in der chemischen Zusammensetzung des Wassers zu suchen; auch die Qualität des Rohrwerkstoffes, die Betriebsbedingungen (wie hohe Temperaturen im Warmwasserbereich, Fließgeschwindigkeit), das Einschleppen von Fremdpartikeln in die Verbraucherleitungen (Sand, Rost, Hanf, u. ä.), unsachgemäße Installation (Schrägschneiden von Gewinden, nicht ordnungsgemäßes Verhanfen, erhöhte Verarbeitungstemperaturen u. a.) und auch eine Stagnation des Wassers führen in wasserführenden, metallischen Rohrleitungen zur Korrosion.

## Flächenkorrosion / Lochkorrosion

Korrosion ist sogar durchaus erwünscht, wenn die entstehenden oxidischen Schutzschichten eine weitergehende Korrosion erfolgreich verhindern. Man spricht dann von einer Passivierung. Selbst wenn keine Schutzschicht gebildet werden kann und die Korrosion kontinuierlich fortschreitet, ist dies nicht in jedem Falle kritisch zu sehen: ein gleichmäßiger Flächenabtrag verläuft im Allgemeinen sehr langsam; gefährlich wird Korrosion im Falle einer Metalleitung erst beim punktförmigen Angriff, der sogenannten Lochkorro-

sion. Wann und wie kommt es zu der gefürchteten Lochkorrosion im Wasser? Zwar kennt der Fachmann einzelne Kriterien, die Lochfraß begünstigen bzw. hemmen. Doch ist das Zusammenspiel dieses Beeinflussungskollektivs komplex und sehr von individuellen Gegebenheiten abhängig. Dies macht eine allgemeingültige Prophylaxe schwierig. Die Lochkorrosion kann nur auftreten, wenn mehrere Faktoren gleichzeitig zusammentreffen: eine ungünstige Wasserbeschaffenheit (z. B. hoher Neutralsalzgehalt an Chlorid und Sulfat, niedriger Hydrogencarbonatgehalt bzw. hoher Kohlensäuregehalt), ungünstige Betriebsbedingungen, unsaubere Innenoberflächen, nicht angepasste Rohrgeometrien sowie generell eine unsachgemäße Verarbeitung/Installation der Rohre. Ist ein Schadensrisiko erkennbar, sollte zur Risikominimierung eine Dosierung von alkalisierenden Stoffen bzw. von Ortho-/Polyphosphaten erwogen werden. Die gewählte Korrosionsschutzmaßnahme muss entsprechend einer Beurteilung Werkstoff zur vorhandenen Wasserqualität ausgewählt werden. Ist der korrosionschemisch kritische Wert der Kohlensäuregehalt bzw. ein zu tiefer pH-Wert, so muss natürlich eine wesentliche Reduzierung der Kohlensäure (Alkalisierung)

vorgenommen werden. Nur Verfahren, die nachweislich dazu in der Lage sind, können hier Abhilfe schaffen: Geräte und Verfahren, die das Wasser in keiner Weise verändern, würden auch den Kohlensäuregehalt (in diesem Fall der Korrosionsverursacher) nicht verändern. Die DIN 1988 Teil 7 bestätigt, dass die Dosierung von alkalisierenden Stoffen eine Verringerung der Konzentration an freier Kohlensäure und eine Anhebung des pH-Werts bewirkt. Hierdurch wird:

- die Korrosionsgeschwindigkeit bei feuerverzinktem Stahl verringert
- der Lochkorrosion in warmem Wasser bei Kupferrohren entgegengewirkt
- die Kupferlöslichkeit nachweislich verringert.

Für feuerverzinkten Stahl haben sich als Korrosions-Inhibitoren die verschiedenen Salze der Phosphorsäure auch in Gemischen bewährt. Die Inhibierung ist die spontanste Art des Korrosionsschutzes, die sich aus dem angreifenden Medium heraus ergibt und zu einer raschen Selbstheilung der korrodierten Stellen führt. Inhibitoren sind dementsprechend Stoffe, die in der Lage sind, einen Korrosionsschaden zu verhindern. Als ausgesprochene Schutzschichtbildner gehören die Orthophosphate zur Gruppe der che-



**Bild 8** Gerät für den alternativen Kalk- und Korrosionsschutz: AQA total Energy mit der 3-Phasen-Technologie

	Barriereverfahren	Depotwirkung	Beeinflussung der Wasserqualität / Korrosionswahrscheinlichkeit	Wirkung auf vorhandenen Biofilm
UV-Desinfektion	+	-	- / -	-
Chlordioxid	-	+	sehr gering / sehr gering	+
Chlor	-	+	sehr gering / sehr gering*	-
Membranfilter	+	-	- / -	-

\*Je nach Verfahren der Chlorherstellung bzw. Chlorbereitstellung kann die Beeinflussung zunehmen.

**Bild 9 Bewertung unterschiedlicher Desinfektionsverfahren**

mischen Inhibitoren. Sie sind in der Lage, gleichmäßige, porenarme, makroskopische Schichten schwerlöslicher, komplexer Verbindungen mit den Wasserinhaltsstoffen und Korrosionsprodukten durch Fällungsreaktionen zu bilden. Auch Polyphosphate gehören zur Gruppe der chemischen Inhibitoren und nehmen in dieser als Passivatoren eine besondere Stellung ein. Durch Absorptionsvorgänge an der Phasengrenze bilden sie in sehr kurzer Zeit mit den Metalloxiden zusammenhängende, dichte, für das Auge unsichtbare Filme. Diese Produkte bewirken die Verstärkung der Kathodenpolarisation; das bedeutet: sie blockieren die Kathode und verhindern damit einen Stromfluss, wodurch

gleichzeitig der Schutz der Anode erleichtert wird. Aus diesem Grund werden heute sehr oft Orthophosphate und Polyphosphate gemischt. Der Polyphosphatanteil polarisiert die Kathode (blockiert diese also), während der Orthophosphatanteil mit der Anode reagiert und diese mit einer Phosphatschutzschicht überzieht. Oft lassen sich Kalk- und Korrosionsschutz sogar miteinander kombinieren (Bild 8): Polyphosphate schützen vor Kalk, Orthophosphate wirken als Korrosionsschutz.

## Hygiene-Schutz/Desinfektion

Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) fordert in § 5 Abs. 1, dass „Krankheitserreger im Sinne des Infektionsschutzgesetzes (§ 2 Nr. 1) nicht in Konzentrationen enthalten sein dürfen, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen“. Zusätzlich fordert die TrinkwV in § 5 Abs. 4, dass – sollten mikrobielle Belastungen feststellbar sein, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit führen können – eine Aufbereitung des Trinkwassers erfolgen muss, erforderlichenfalls unter Einschluss einer Desinfektion. Liegt nachweislich eine mikrobiologische Kontamination vor, so müssen alle Maßnahmen sorgfältig abgestimmt werden, um nachhaltig Abhilfe zu schaffen. Alleine der Einbau einer Desinfektionsanlage ist oft nicht ausreichend. Oft ist ein ganzes Maßnahmenpaket erforderlich, um an allen Zapfstellen einer komplexen Installation mikrobiologisch einwandfreies Wasser zu liefern. Hier sollen ausschließlich die Verfahren der kontinuierlichen Desinfektion beschrieben werden. Trotz mikrobiologisch einwandfreier Wasserqualität am Hauseingang sorgen in größeren Rohrleitungs-Installationen in den Kaltwassersystemen häufig *Pseudomonas Aeruginosa* für Kontaminationen und in den Warmwassersystemen *Legionella*-Kontaminationen für

Probleme. Eine Desinfektion gemäß den anerkannten Regeln der Technik bewirkt, dass unerwünschte Mikroorganismen entfernt und/oder inaktiviert werden. Das kann durch physikalische oder chemische Verfahren erfolgen. Physikalisch wirken z.B. die UV-Strahlung und eine Erniedrigung bzw. Erhöhung der Temperatur. Chemische Desinfektionsmittel sind z.B. Chlordioxid und Chlor. Desinfektionsmittel müssen laut § 11, Abs. 1 auf der vom Bundesministerium für Gesundheit geführten Liste aufgeführt sein. Speziell mit der Legionellen-Thematik beschäftigt sich DVGW-Arbeitsblatt W 551. Maßnahmen können sein:

- Bestandsaufnahme und Bewertung der Installation und deren Betriebsbedingungen
  - Stilllegung von wenig benutzten Leitungssträngen
  - Reinigung und Basisdesinfektion
  - Kontinuierliche Desinfektion
  - Installation von Membranfiltern
- Zugelassen und bewährt haben sich für Trinkwasserinstallationssysteme:
- UV-Desinfektionsgeräte
  - Chlordioxiddosieranlagen
  - Chlordosieranlagen
  - Membranfilter.

Die verschiedenen Desinfektionsverfahren unterscheiden sich zum Teil erheblich, wie Bild 9 zeigt. Ein Barriereverfahren wirkt nur an dem Ort, wo es installiert ist, und sorgt dafür, dass in Fließrichtung hinter dem „Gerät“ keine weiteren Bakterien „dazukommen“. Liegt in Fließrichtung hinter dem Gerät schon eine Kontamination vor, so muss diese zuerst entfernt werden. Die Wirkung von Desinfektionsmitteln, die eine Depotwirkung aufweisen, ist eine andere – diese wirken im ganzen System, benötigen allerdings entsprechende Einwirkzeit und entsprechende Konzentrationen. Als Desinfektionsmittel in der Hausinstallation gewinnt Chlordioxid zunehmend an Bedeutung (Bild 10):



**Bild 10 Zur hygienischen Desinfektion der Hausinstallation sind Chlordioxid-Anlagen im Kalt- wie auch im Warmwassersystem erfolgreich (hier: das System Reaxan)**

- Chlordioxid ist im Kalt- wie auch im Warmwassersystem einsetzbar
- es hat als Desinfektionsmittel eine hohe Leistungskraft; diese wird auch nicht durch den pH-Wert des Trinkwassers beeinflusst
- Chlordioxid entfernt effektiv Biofilme und wirkt auch prophylaktisch
- es zeigt eine hohe Wirksamkeit gegen alle wassergängigen Mikroorganismen
- es bildet vergleichsweise sehr geringe Mengen an Desinfektionsnebenprodukten
- durch Reaktionsprodukte mit Chlordioxid sind weder Geruchs- noch Geschmacksirritationen zu befürchten
- es kommt zu einer deutlich geringeren Zehrung als bei freiem Chlor – das bedeutet lange Standzeiten im System und somit ein wirksamer Langzeitschutz gegen Reinfektionen
- die Chlordioxid-Konzentration ist mit der DPD-Methode oder einer Elektrode messbar (somit ist gegenüber den Behörden eine optimale Dokumentationsmöglichkeit gegeben!).

Die Chlordioxid-Dosierung hat sich schon mehrfach insbesondere bei alten, weitverzweigten Systemen im Kalt- und im Warmwasser bewährt. Durch die „biofilmauflösende“ Wirkung von Chlordioxid kann es allerdings nach Inbetriebnahme einer Chlordioxidanlage zu einem Anstieg der Keimzahlen kommen.

## Desinfektion mit UV-Anlagen

Nach einer thermischen bzw. chemischen Basisdesinfektion kann eine permanente UV-Bestrahlung zur Legionellenreduktion bzw. zur Verlängerung notwendiger Desinfektionsintervalle eingesetzt werden. UV-Anlagen wirken als sichere Keimbarriere im fließenden Wasser ohne Depotwirkung. Es kommt zu keiner Geruchs- bzw. Geschmacksänderung des Wassers.

## Endstrang-Filter

Bei einer massiven Legionellenkontamination können/müssen gefährdete Entnahmestellen mit Endstrang-Filtern (Bild 11) abgesichert werden. Solche Filter trennen aufgrund der geringen Porenweite Legionellen und andere Bakterien zuverlässig ab – eine effiziente Schutzbarriere gegen Infektionen. Bei einem Befall mit Legionellen werden durch den Einsatz von Endstrang-Filtern die hygienischen Anforderungen gemäß Trinkwasserverordnung wieder sichergestellt. So kann der Betreiber z. B. das Schließen von Einrichtungen vermeiden und seine Sanierungsmaßnahmen des Trinkwassersystems durchführen. Wichtig ist: Bei kontaminierten Warmwasser-Zirkulationssystemen darf solch ein Filter jedoch



**Bild 11** Bei einer massiven Legionellen-Kontamination können gefährdete Entnahmestellen mit Endstrang-Filter abgesichert werden

nicht als einzige Wasserbehandlungsmaßnahme eingesetzt werden. In diesen Systemen muss zur Reduzierung der Legionellenkonzentration ergänzend eine Desinfektion des Systems erfolgen. Endstrang-Filter können aber so lange allein eingesetzt werden, bis die Desinfektionsmaßnahme greift. Der Vorteil: ein Duschverbot ist vermeidbar.

Der vorliegende zweite Teil unserer dreiteiligen Beitragsreihe über die Trinkwasser- und Wasserbehandlung beinhaltet verfahrenstechnische Lösungen, die der Einhaltung der Trinkwasser-Hygiene und Trinkwasser-Qualität dienen und den heutigen Stand der Technik darstellen. In der folgenden SBZ-Ausgabe bespricht und erläutert der Autor den letzten Teil, der Sonderfälle der Trinkwasseraufbereitung zum Inhalt hat.



Unser Autor **Dr. Ralph W. Bergmann** ist Entwicklungsleiter der BWT Wassertechnik GmbH, 69198 Schriesheim, Telefon (0 62 03) 73-2 28, Telefax (0 62 03) 73-2 91, [www.bwt.de](http://www.bwt.de)