



1

Enthärten oder entsalzen?

Behandlung von Heizungswasser ■ Kleine Innenvolumina der Kessel und große Wassermengen durch Pufferspeicher machen moderne Heizanlagen anfällig gegen Kalk und Korrosion. Ist beim Befüllen eine Wasserbehandlung erforderlich, sind Herstellerangaben zu berücksichtigen. In diesem Fachbeitrag erfahren Sie, welche Vor- und Nachteile verschiedene Methoden der Wasserbehandlung bieten.

→ Dr. Dietmar Ende

Für die moderne Heizungstechnik wird die Anlagenkomponente Heizungswasser immer wichtiger: Während die Metalloberflächen in den Anlagen immer kleiner werden, wachsen die Wasservolumina gleichzeitig an. Damit einher geht die Gesamtmenge an Härtebildnern oder gelöstem Sauerstoff, die sich bei nicht aufbereitetem Wasser auf die verbliebenen Stahl- oder Aluminiumflächen konzentrieren und dort zu Korrosion oder Steinbildung führen können.

Entsprechend DIN EN 12828 ist hier der Planer gefordert, in Abhängigkeit der gewählten Werkstoffe und Anlagenbedingungen die Qualität des Heizungswassers im Heizkreislauf vorzugeben. Als Richtlinie dient ihm hierzu die VDI 2035, die nach ihrer Novellierung im Dezember 2005 auch für Kesselleistungen unter 50 kW gilt. Während zum

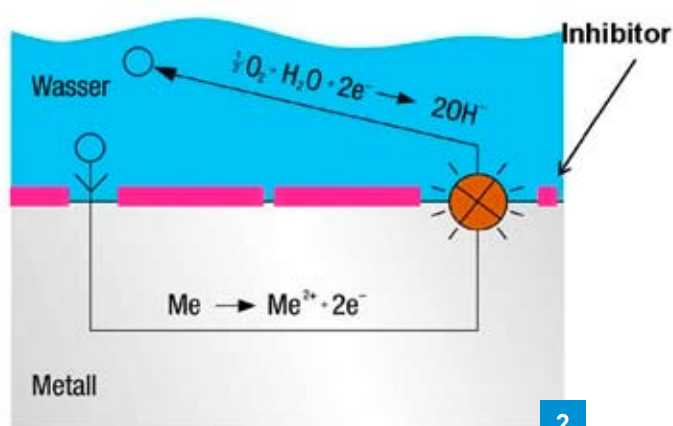
primären Schutz vor Steinbildung prinzipiell enthärtetes Wasser erwogen werden kann, so gilt für den – ohne Zusatz von Chemikalien – geforderten Korrosionsschutz das entsalzte Wasser als eindeutig sicherste Wahl.

Für die Praxis des Heizungsbauers bietet die „Fachinformation Steinbildung – Anforderungen an das Heizungswasser bei modernen Wärmeerzeugern“, Entscheidungskriterien, ob eine Wasserbehandlung erforderlich ist oder nicht. Bei spezifischen Anlagenvolumina über 20 l pro kW Heizleistung ist dies allerdings meist der Fall. Das betrifft in der Regel Anlagen mit Flächenheizung und Pufferspeicher. Die Broschüre wurde vom BDH und dem ZVSHK gemeinsam verfasst. Einen Überblick vermittelt der Beitrag „ZV-Merkblatt Steinbildung jetzt gültig“ aus der SBZ 18/2010.

Entsalzung verlangsamt die Sauerstoffkorrosion

Die Entsalzung bietet gegenüber der Enthärtung verschiedene Vorzüge im Bezug auf das Korrosionsverhalten der Werkstoffe. Fehlen die gelösten Salze im Wasser, so ist dessen Leitfähigkeit stark erniedrigt. Eine niedrige Wasserleitfähigkeit behindert nun, ähnlich einem Vorwiderstand im Korrosionsstromkreis (Bild 2), die mögliche Sauerstoffkorrosion am Werkstoff, da dieser Teilschritt über das Wasser läuft. Die Bildung von Schlämmen aus Korrosionsprodukten, wie z. B. Magnetit geht auf ein Minimum zurück.

Bei korrosionstechnisch geschlossenen Heizungsanlagen, bei welchen kein Sauerstoff hinzutreten kann, wird der im Füllwasser gelöste Sauerstoff binnen kurzer Zeit durch Korrosionsreaktionen an Schwarzstahlkom-



- 1 Ist die Behandlung des Heizungswassers erforderlich, befindet sich der Installateur garantietechnisch auf dünnem Eis, wenn er sich auf die Enthärtung beschränkt.
- 2 Wenn Säurekorrosion vernachlässigbar ist ($\text{pH} > 8,2$), wird der Korrosionsstromkreis nur durch den im Wasser gelösten Sauerstoff geschlossen. Werden Inhibitoren zur Versiegelung der Metalloberfläche beigegeben, dürfen diese nicht unterdosiert werden.

! TIPPS

Messtechnik

pH-Messung: Bei vollentsalzten Wässern kann mit üblichen Teststreifen kein pH-Wert gemessen werden, da diese Streifen erst ab einem Leitwert von etwa $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ anzeigen. Der Teststreifen muss 10 min im Heizungswasser eingetaucht sein, um richtig anzuzeigen. Genauer ist eine Elektrode, jedoch ist diese immer wieder zu kalibrieren und ständig feucht zu halten.

Härtebestimmung im Trinkwasser: Für das Rohwasser kann die Härte aus der Leitwertmessung nach folgender Beziehung abgeschätzt werden: Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) : 30 = Gesamthärte ($^{\circ}\text{d}$). Das Ergebnis zeigt eigentlich den für die Entsalzung relevanten Grad des Gesamtsalzgehaltes ($^{\circ}\text{GSG}$) an.

Härtebestimmung im Heizungswasser: Bei aufbereiteten, vor allem enthärteten Wässern ist die Leitwertmessung zur Resthärtebestimmung ungeeignet, hier muss ein Härtemessbesteck (Titrierset) benutzt werden.

Wasserproben: Heizungswasserproben dürfen nicht in PET Flaschen, die vorher ein kohlenensäurehaltiges Getränk (z. B. Cola) enthalten haben, abgefüllt werden. Im Labor wird dann ein zu niedriger pH-Wert gemessen, da die in der Flaschenwand gespeicherte Kohlensäure an die Probe abgegeben wird. Am besten Probeflaschen aus PE oder ausgespülte Glasflaschen benutzen.

ponenten aufgezehrt. Übrigens bilden sich aus 1 m^3 sauerstoffgesättigtem Füllwasser nur etwa 36 g Magnetitschlamm (Fe_3O_4). Diese Zahlenwerte zeigen, dass der Sauerstoffeintrag über das Füllwasser zu vernachlässigen ist und vielmehr defekte Ausdehnungsgefäße, undichte Ventile, diffusionsoffene Fußbodenheizungsrohre und Saugkräfte (schlechter hydraulischer Abgleich) für größere Mengen an Schwarzschlamm verantwortlich sind.

Aus diesem Grund wird in der VDI 2035/2 (Bild 3) auch zwischen salzreicher und salzärmer Fahrweise unterschieden, wobei im salzarmen Betrieb der fünffache Sauerstoffgehalt mit $0,1 \text{ mg/l}$ toleriert werden kann, weil die Korrosionsgeschwindigkeit stark eingeschränkt ist. Dieser Aspekt ist besonders für ältere Anlagen interessant! Ebenfalls vermin-

das salzhaltige (enthärtete) Wasser den Sauerstoff schlecht lösen. Diese Behauptung ist überzogen und ein Beispiel kann den Sachverhalt verdeutlichen: Im Meerwasser lösen sich wegen des hohen Salzgehalts etwa 8 mg/l Sauerstoff, während wir im Süßwasser 10 mg/l vorfinden. Dabei zeigt aber Meerwasser Leitfähigkeiten von $45\,000$ bis $55\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$, Trinkwasser dagegen im Schnitt etwa $600 \mu\text{S}/\text{cm}$. Der Effekt ist also nicht nennenswert.

Effektiver Schutz auch vor Lokalkorrosion

Einen weiteren wichtigen Vorteil bietet das salzarme Wasser bei der Verhütung von lokalen Korrosionserscheinungen. Sind die Neutralsalze entfernt, treten bestimmte Korrosionsarten erst gar nicht auf. Fehlt beispielsweise das Nitrat im Füllwasser, kann sich durch chemische Reaktion auch kein Ammoniak bilden, das die Spannungsrisskorrosion an Messingteilen begünstigt. Gleiches gilt für Chlorid, welches nach der Trinkwasserverordnung (TVO) mit bis zu 250 mg/l zugelassen ist und bereits ab 50 mg/l die schnell zum Korrosionsschaden führende Loch- und Spaltkorrosion an (Edel)stahl und Aluminium auslöst. In den Bildern 4 bis 6 sind Laborergebnisse dazu gezeigt. Nach DIN EN 14868 gilt daher: „Bezüglich

des Auftretens aller lokalen Korrosionsarten ist die Verwendung von voll entsalztem Wasser vorzuziehen.“ Auch die ÖNORM H 5195-1 sowie die Schweizer Richtlinie SWKI 97-1 weisen explizit auf diesen Sachverhalt hin.

Mit Hilfe von elektrochemischen Rauschmessungen kann der Einfluss von Chloridionen auf das Korrosionsverhalten von Metallen untersucht und gezeigt werden. Dabei werden zwei identische Blechstreifen in das zu untersuchende Wasser eingetaucht und mit einem Null-Ohm-Amperemeter kurzgeschlossen. Das Messgerät (Ecmnoise von IPS) zeichnet dann zeitgleich parallel für mehrere Proben die Stromfluktuationen in nA ($= 10^{-9} \text{ A}$) über die Versuchszeit auf, wobei noch Frequenzfilter gesetzt sind. Je stärker dieses Stromrauschen auftritt, desto höher ist die elektrochemische Korrosionsaktivität. Wie man sofort erkennt, bewirkt eine höhere Konzentration der Chloridionen eine deutliche Zunahme der Korrosionsaktivität bei beiden Werkstoffen. Bei Aluminium treten im Vergleich wesentlich höhere Stromamplituden auf.

Um die Wahrscheinlichkeit der Lochkorrosion bei nicht aufbereitetem oder enthärtetem Wasser abzumildern, sollte das Wasser alkalisch sein und etwas Karbonathärte ($> 3 \text{ }^{\circ}\text{d}$) besitzen. Bei enthärteten Wässern ist dies in der Regel erfüllt, da diese im Betrieb zur Selbstalkalisierung neigen und von sich aus ihren pH-Wert erhöhen. Wie korro-

Die Entsalzung bietet gegenüber der Enthärtung Vorzüge in Bezug auf das Korrosionsverhalten.

diert ein geringer Leitwert des Heizungswassers die galvanische Korrosion zweier unterschiedlich edler Metalle, die miteinander verbunden sind wie Messing und Aluminium.

Gelegentlich wird behauptet, dass voll entsalztes (VE) Wasser ein enormes Gaslösungsvermögen aufweist und deshalb auf Dauer nicht stabil sei. Im Gegenzug soll dafür

3

| | | salzarm | salzhaltig |
|-------------------|-------|-----------------------------------|------------|
| Leitwert bei 25°C | µS/cm | < 100 | 100 - 1500 |
| Aussehen | | frei von sedimentierenden Stoffen | |
| pH-Wert | | 8,2 - 10,0 | |
| Sauerstoff | mg/l | < 0,1 | < 0,02 |

3 Erlaubter Sauerstoffgehalt in Abhängigkeit des Salzgehaltes im Heizungswasser nach VDI 2035-2. Für Aluminiumwerkstoffe ist der pH-Bereich wegen möglicher Basenkorrosion auf 8,2 bis 8,5 eingeschränkt.

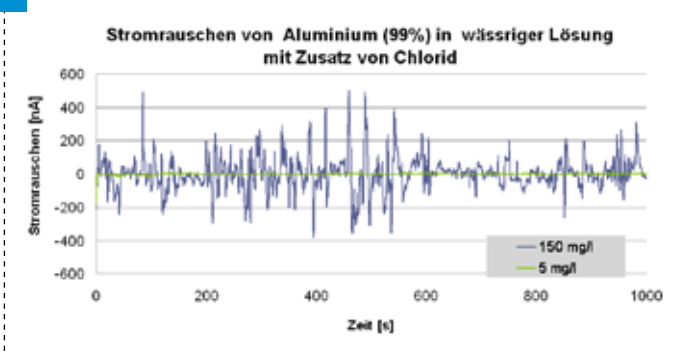
4 Stromrauschen von Schwarzstahl in entsalztem Wasser ($\kappa = 20 \mu\text{S/cm}$) und Leitungswasser mit Chlorid-Ionen ($\kappa = 440 \mu\text{S/cm}$).

5 Stromrauschen von Aluminium in Leitungswasser ($\kappa = 320 \mu\text{S/cm}$) ohne (5 mg/l) und mit (150 mg/l) Chloridzusatz ($\kappa = 755 \mu\text{S/cm}$).

4



5



LITERATUR

- BDH und ZVSHK, Fachinformation Steinbildung, Anforderungen an das Heizungswasser bei modernen Wärmeerzeugern (08/2010)
- VDI 2035-1, Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen durch Steinbildung (12/2005)
- VDI 2035-2, Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen durch wasserseitige Korrosion (08/2009)
- SWKI 97-1, Wasserbeschaffenheit für Heizungs-, Dampf-, Kälte- und Klimaanlage (10/1999)
- ÖNORM H 5195-1, Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung in geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen mit Betriebstemperaturen bis 100 °C
- EN 14868, Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Leitfaden für die Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit in geschlossenen Wasser-Zirkulationssystemen (08/2005)
- D. Ende, Aluminium in Warmwasser-Heizungsanlagen, SBZ 9/2008, Seite 50–53
- D. Ende, Mit salzarmem, alkalischen Wasser befüllen, SBZ 7/2006, Seite 30–35

siv das Wasser unter dem Strich aber reagiert, hängt natürlich von dessen Zusammensetzung hinsichtlich Neutralsalzkonzentrationen und Karbonathärte ab, und ist nicht ohne Weiteres abzuschätzen. Für Schwarzstahl ist in Bild 6 ein Beispiel gezeigt. Zweifellos bringt hier der alkalische pH-Wert eine deutlich verringerte Eisenauflösung, stellt aber doch nur eine Kompromisslösung dar. Zusätze von Konditionierungsmitteln (Inhibitoren) könnten die Auflösung des Eisens weiter verringern helfen, aber eine Wasserbehandlung durch Zugabe von Chemikalien soll auf Ausnahmen beschränkt sein, wie die VDI 2035-2 hierzu richtig bemerkt. Und so günstig dieser Selbstalkalisierungseffekt des enthärteten Füllwassers für Stahl auch sein mag, für Aluminiumbauteile ist er meist tödlich.

Bei VE-Wasser gibt es keine Gefahr durch Selbstalkalisierung

Wie schon erwähnt, neigen konventionell enthärtete Füllwässer zur Selbstalkalisierung,

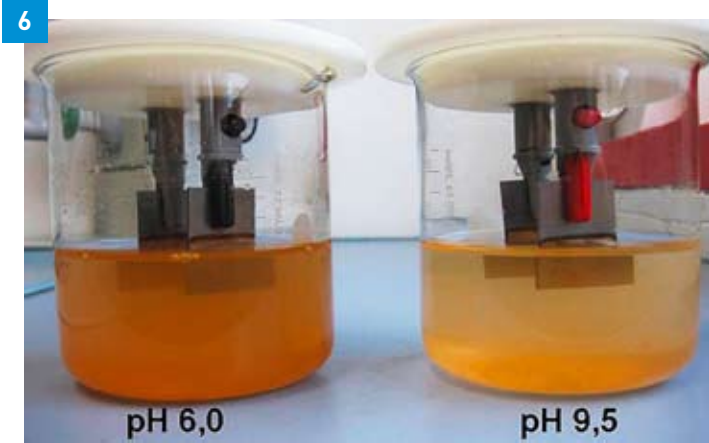
d. h. im Betrieb wird sich ihr pH-Wert mit der Zeit mehr und mehr erhöhen. Der maximale entstehende pH-Wert ist vom Karbonathärtegrad des Rohwassers abhängig. Was passiert? Beim Aufbereitungsprozess mit dem Trinkwasserenthärter wird der gelöste Kalk (Kalziumhydrogenkarbonat) durch Natriumionenaustausch in Natron (Natriumhydrogenkarbonat) umgewandelt. Dieses Produkt zersetzt sich nun beim Erwärmen in Soda (Natriumkarbonat) und Kohlendioxid. Letzteres verlässt das Heizsystem im Laufe der Zeit als Gas. Dabei steigt der pH-Wert leicht auf 9 bis 9,5 auf (Bild 7). Aluminiumwerkstoffe werden durch Basenkorrosion zerstört, ohne dass ein Sauerstoffzutritt hierfür notwendig wäre. Für das Aluminiumbauteil besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit des Versagens: Der Basenangriff zerstört die (keramische) Passivschicht und das Metall geht unter Wasserstoffentwicklung in Lösung. Parallel dazu besteht am ungeschützten, weichen Metall die Gefahr der Erosionskorrosion an strömungsexponierten Stellen. Derartige

Schäden werden schon nach 1 bis 2 Jahren beobachtet.

Dieses Phänomen kann nicht auftreten, wenn durch eine Entsalzung die Karbonathärte vorher entfernt wird. Aus diesen Gründen fordern die Hersteller von Wärmeerzeugern, die Aluminiumlegierungen enthalten, zwingend eine Entsalzung des Füllwassers in ihren Garantieunterlagen.

Ein einfaches Experiment zur Selbstalkalisierung

Mit Hilfe eines Mikrowellenherds und hartem Wasser lässt sich ein anschauliches Experiment zur Selbstalkalisierung durchführen. Wasser mit einer Karbonathärte von 18 °d (25 °d GH) wird einmal entsalzt, enthärtet und unaufbereitet in temperaturbeständige Bechergläser gefüllt (je 100 ml) und in einem Mikrowellenherd 200 Sekunden bei 800 W erhitzt. Das Versuchsergebnis ist in Bild 8 gezeigt. Die schon erwähnte Tabelle in Bild 7 zeigt die pH- und Leitwerte vor und nach dem Erhitzen bei diesem Experiment.



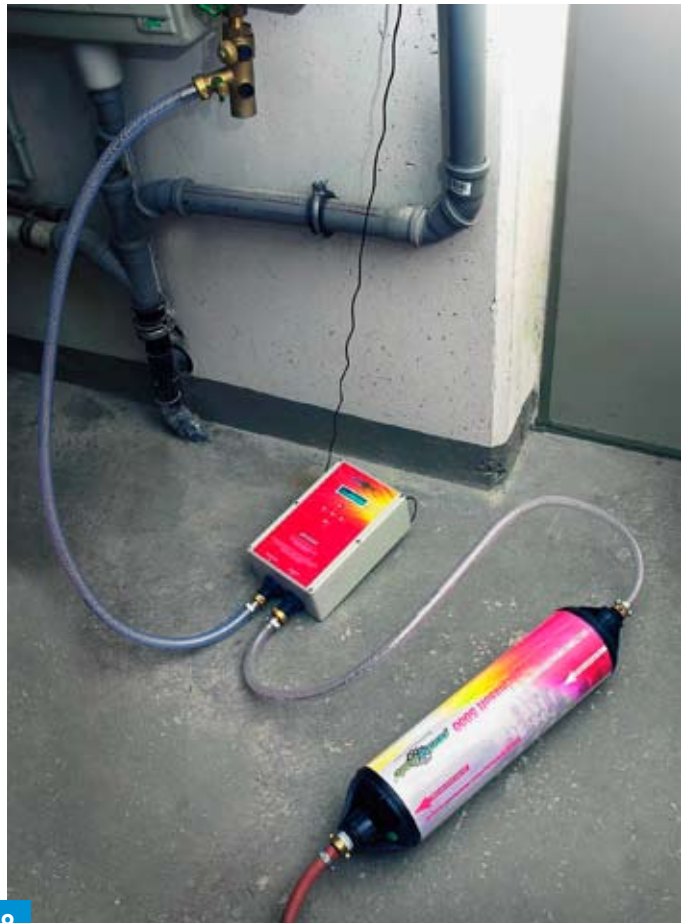
6 Schwarzstahl nach 18 h in Leitungswasser mit Chloridzugabe (200 mg/l) bei leicht saurem (pH = 6,0) und alkalischem (pH = 9,5) pH-Wert.

7 pH-Wert und Leitfähigkeit dreier Versuchswässer vor und nach dem Erhitzen im Mikrowellenherd (200s/800W). RW = Rohwasser, EH = enthärtetes Wasser und VE = voll entsalzt.

8 Die drei Versuchswässer mit pH-Messstreifen nach dem Erhitzen im Mikrowellenherd. VE = vollentsalzt, RW = Rohwasser und EH = enthärtetes Wasser.

9 Aufbereitungspatrone Permasoft (hier in Verbindung mit dem Füllautomaten Permamat) entsalzt und alkalisiert das Heizungsfüllwasser in einem Arbeitsschritt.

| | Vorher | | Nachher | |
|----|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] |
| RW | 7,2 | 783 | 8,0 | 685 |
| EH | 7,2 | 820 | 9,1 | 1010 |
| VE | 8,0 | 1 | 8,1 | 3 |



9

Wie erwartet, bleiben das enthärtete und das entsalzte Wasser klar, im Rohwasser dagegen zeigt sich eine deutliche Trübung durch ausfallendes Kalziumkarbonat (Kalk). Dieser Kalkausfall reduziert die Leitfähigkeit um etwa 13 %, der pH-Wert steigt dabei auf einen korrosionschemisch günstigen Wert von 8,0. Das enthärtete Wasser erhöht infolge der Sodabildung sogar seinen Leitwert um knapp 20 %, gleichzeitig steigt der pH-Wert auf 9,1! Vollentsalztes Wasser zeigt keine nennenswerte Veränderung. Nebenbei sei bemerkt, dass die gebräuchlichen pH-Messstreifen bei entsalztem Wasser nicht funktionieren, da diese eine Mindestleitfähigkeit von etwa 150 µS/cm benöti-

gen. Bei geringeren Leitwerten zeigen sie keine Farbveränderung und damit den Farbcode von saurem Wasser. Eine exakte Messung gelingt nur mit speziellen pH-Elektroden.

Pufferung und Alkalisierung erhöhen die Sicherheit

Die Ergebnisse belegen die Erfahrung, dass sich der pH-Wert im Heizungswasser mit der Zeit von selbst erhöht. Das entsalzte Wasser erreicht hier nur knapp die Untergrenze des geforderten alkalischen pH-Bereichs, auch besitzt es keine nennenswerte Pufferwirkung, um Veränderungen im pH-Wert durch chemische Reaktionen abzufangen. Eine optimale Wasser-

qualität entspräche daher einem alkalisierten, schwach gepufferten, salzarmen Wasser. Hierzu offeriert Perma-Trade eine leicht zu handhabende Lösung mit den patentierten Aufbereitungspatronen Permasoft. In Verbindung mit dem neuen Füllautomaten Permamat braucht der Installateur zur Befüllung nur noch die Patronenkapazität eingeben, die Kenntnis der Wasserhärte vor Ort ist nicht notwendig.

Die Aufbereitungspatronen gibt es in drei Ausführungen. Grundsätzlich richtig liegt der Installateur mit den Patronen Permasoft 5000 Alu oder 18000 Alu. Diese alkalisieren das Heizungswasser schwach und sorgen somit für Korrosionsschutz bei Heizanlagen, die

10

| | Entsorgung | Enthärtung |
|---------------------------------------|------------|-------------|
| Leitwert des Füllwassers | gering | unverändert |
| Gefahr von Selbstalkalisierung | nein | ja |
| Gefahr von Loch-/Spaltkorrosion | nein | ja |
| Gefahr von Kontaktkorrosion | gering | ja |
| Einsatz von Inhibitoren | kaum | öfters |
| Aufsalzung durch O ₂ -Bdm. | - | möglich |
| Biofilmbildung durch org. Bdm. | - | möglich |
| Pufferwirkung | nein | ja |
| Eignung für Aluminiumwerkstoffe | ja | nein |
| Max. zul. Sauerstoffkonzentration | 0,1 mg/l | 0,02 mg/l |
| Preis | 0 | ++ |

Entsorgung im Vergleich zur Enthärtung.

Aluminium-Teile enthalten. Mit dieser Behandlung erfüllt der Installateur die VDI 2035 in einem Verfahrensschritt. Besteht Sicherheit, dass es in der Heizungsanlage keine aluminiumhaltigen Teile gibt, ist eine stärkere Alkalisierung die optimale Behandlung. Hierfür lassen sich die Patronen Permasoft 5000 und 18000 verwenden. Als dritte Lösung hat Perma-Trade noch eine Patrone mit reinem VE-Harz im Angebot, die optimal für das Nachfüllen von bereits richtig eingestelltem Heizungswasser geeignet ist.

Weitere Konditionierungsmittel werden überflüssig

Ein salzarmes Füllwasser kommt aus den genannten Gründen ohne Zusätze wie Korrosionsinhibitoren oder Sauerstoffbindemittel aus und stellt somit einen sehr umweltfreundlichen Korrosionsschutz für Heizkreisläufe dar. Die Aufbereitungskosten je Kubikmeter sind hier zwar wesentlich höher als bei enthärtetem Wasser, jedoch vergüten moderne hocheffiziente Heizsysteme dies langfristig mit einem störungsfreien Betrieb und mindertem Brennstoffverbrauch.

Mit der Wahl des Füll- oder Ergänzungswassers liegt es in der Hand des Planers oder Installateurs, welche Sauerstoffgrenzwerte gelten. Mit dem Einfüllen von enthärtetem Wasser begibt man sich eher auf dünnes da dessen Eignung – in Abhängigkeit Rohwasserzusammensetzung – individuell entschieden werden müsste. Salzarmes oder entsprechend alkalisiertes Wasser bietet die größtmögliche Sicherheit. Sind Aluminiumlegierungen im Heizkreis verbaut, kommt man nicht daran vorbei.

Roth ClimaComfort® Panelsystem

... einfach rundum wohlfühlen



Energieeffiziente und schnellreagierende Flächentemperierung

- Heizen und Kühlen über Boden, Wand und Decke für Alt- und Neubau mit nur einem Plattentyp
- DIE Lösung für Außenwände in Kombination mit Innendämmung
- freie Rohr- und Flächenbelegung – passt immer!
- kurze Montagezeiten durch Trockenbauweise
- **NEU:** In der Boden Anwendung direkt mit Fliesen oder Parkett belegbar
- ideale Kombination mit Roth Wärmepumpen



AUTOR

Dr. Dietmar Ende ist Entwicklungsleiter

der Perma-Trade Wassertechnik GmbH in 71229 Leonberg, Telefon (0 71 52) 9 39 19-0, ende@perma-trade.de, www.perma-trade.de

