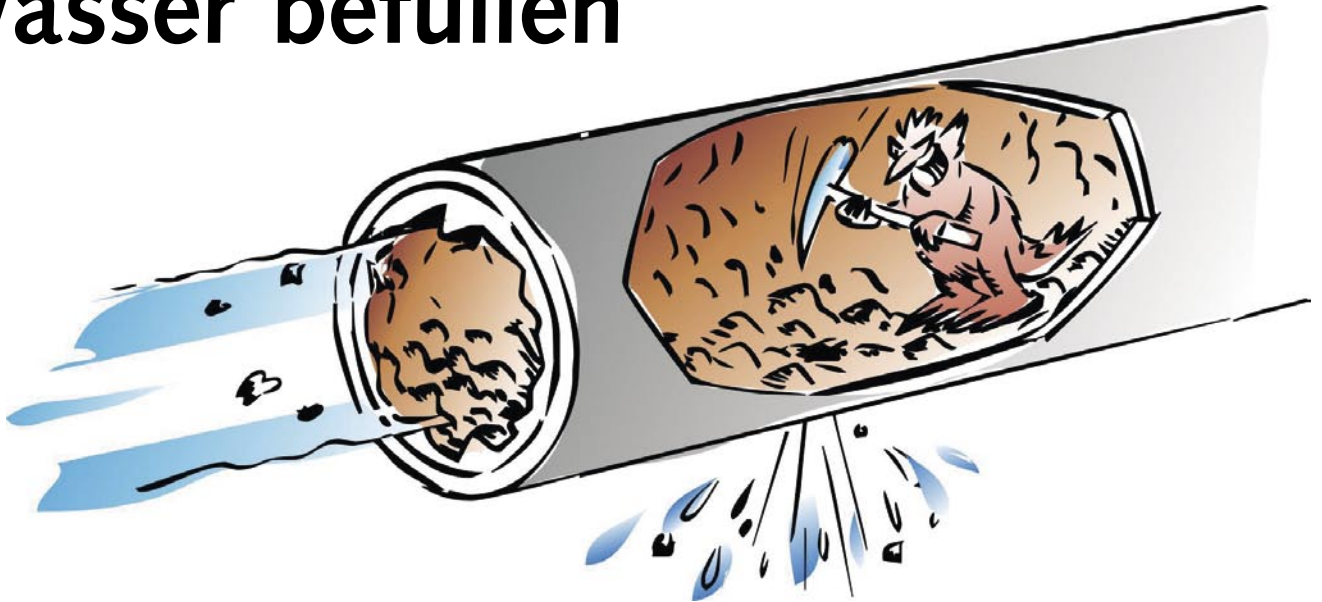


Kalk- und Korrosionsschutz nach VDI 2035

Mit salzarmem, alkalischen Wasser befüllen



Für Handwerker und Fachplaner werden die relevanten Aspekte beim Umgang mit Heizungswasser immer wichtiger, da sich im Garantiefall die Hersteller von Kesselanlagen auf die Richtlinien der VDI 2035 zurückziehen können. Einfach zu handhabende Produkte zur Heizungswasseraufbereitung sind dabei gefragt.

Um eine bessere Verbrennung und höhere Wirkungsgrade der Kessel zu erzielen, wurden in den letzten Jahren die Flammtemperaturen kontinuierlich angehoben. Die damit einhergehende Vergrößerung der Heizflächenbelastung (kW/m^2) sowie der zunehmende Materialmix verschiedener Werkstoffe fördern die Bildung von Belägen und Schlämmen aus Kalk und Korrosionsprodukten. Während für große Heizungsanlagen schon seit langem Richtlinien nach der VDI 2035 für das Füllwasser bestehen, wurden diese jetzt auch auf Klein- und Kleinanlagen ausgedehnt und gelten jetzt als Stand der Technik. Im Schadensfall kann die Richtlinie somit zur Beurteilung herangezogen werden.

Ursachen der Steinbildung

Die VDI-Richtlinie 2035 „Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen“ behandelt im Blatt 1 die Ursachen der Steinbildung und mögliche Maßnahmen. Entscheidend für das Ausmaß der Steinbildung sind die Wasserbeschaffenheit, die Füll- und

Ergänzungswassermenge, die Wandtemperaturen der Wärmeübertragungsflächen sowie die Betriebsbedingungen. Der Werkstoff selbst spielt nur eine untergeordnete Rolle. Zur Bildung des gefürchteten Kesselsteins (CaCO_3 = Kalziumkarbonat) kommt es, wenn hartes Wasser mit dem darin gelösten Kalk ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ = Kalziumhydrogencarbonat)

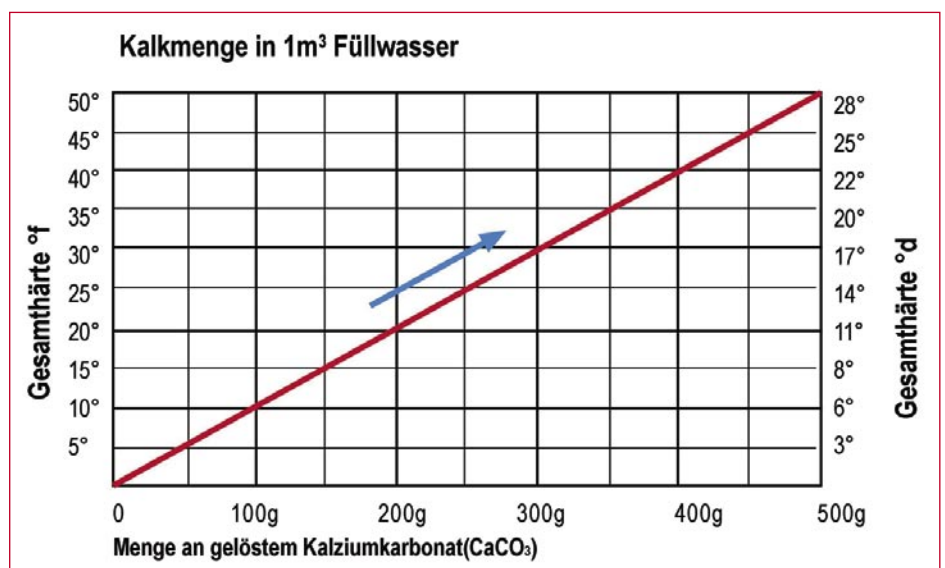


Bild 1 Maximal ausfallende Kalkmenge bei der einmaligen Befüllung eines Heizsystems mit 1 m³ Leitungswasser entsprechender Härte

Heizung

erwärmt wird und dabei Kohlensäure (CO₂) verliert. Die Ausfällungen schlagen sich an den heißesten Stellen nieder und es bildet sich mit der Zeit eine immer dicker werdende Schicht, die den Wärmeübergang massiv behindert. Eine vereinfachte Beurteilung – die maximal mögliche Steinbildung – geht dabei von der Gesamthärte und der Füllwassermenge aus. Im Bild 1 ist die in einem Kubikmeter Wasser enthaltene Kalkmenge in Abhängigkeit der Gesamthärte gezeigt. So enthält beispielsweise 1 m³ Leitungswasser mit einer Härte von 20°d eine Kalkmenge von 350 g. Generell kann die Steinbildung dazu führen, dass die gewünschte Austrittstemperatur und/oder der Auslegungsvolumenstrom nicht mehr erreicht werden. Bei elektrischen Heizelementen kommt es wegen der konstant bleibenden elektrischen Leistung zu Schäden durch Überhitzung.

Maßnahmen und Richtwerte

Für das Füll- und Ergänzungswasser sind zur Vermeidung von Schäden die in Tabelle 1 gezeigten Richtwerte einzuhalten. Vorausge-

setzt wird dabei, dass das gesamte Füll- und Ergänzungswasser während der Lebensdauer der Anlage das Dreifache des Nennvolumens nicht überschreitet, das spezifische Anlagenvolumen < 20 l/kW liegt und wasserseitige Korrosionsschutzmaßnahmen nach VDI 2035-2 getroffen wurden. In den Fällen, in denen die Härte und Menge des Füll- und Ergänzungswassers über dem Richtwert nach Tabelle 1 liegt oder/und das spezifische Anlagenvolumen > 20 l/kW Heizleistung beträgt,

müssen die Härtebildner zumindest teilweise entfernt werden. Dies kann vorzugsweise durch Ionenaustausch oder auch Umkehrosmose erfolgen. Beim gewöhnlichen Ionenaustauscherharz zur Enthärtung werden nur Kalzium und Magnesium durch Natrium ersetzt.

Mit einem so genannten Vollentsalzungs-Harz, welches aus zwei Harzkomponenten besteht, können dagegen nicht nur die Härte, sondern gleichzeitig auch korrosiv wirkende

Gesamtheizleistung in kW	Summe Erdalkalien in mol / m ³	Gesamthärte in °d
≤ 50	≤ 3,0*	≤ 16,8*
> 50 bis ≤ 200	≤ 2,0	≤ 11,2
> 200 bis ≤ 600	≤ 1,5	≤ 8,4
> 600	< 0,02	< 0,11

*Nur bei Anlagen mit Umlaufwasserheizern und für Systeme mit elektrischen Heizelementen

Tabelle 1 Richtwerte für das Füll und Ergänzungswasser nach VDI 2035-1

Salze mit entfernt werden. Man erhält ein salzarmes Wasser mit geringer Leitfähigkeit, welches korrosionschemische Vorteile bietet (siehe VDI 2035-2).

Korrosion der Metalle

Wenn Durchrostungen an Bauteilen aus Stahl auftreten, sind sie auf die Ausbildung von Korrosionselementen zurückzuführen. Ein Korrosionselement, wie es Bild 2 als Modell zeigt, ist dadurch gekennzeichnet, dass die anodische Metallauflösung und die kathodische Reduktion eines Oxidationsmittels (normalerweise Sauerstoff) räumlich getrennt ablaufen. Dabei fließt ein Strom von Elektronen durch das Metall und ein Strom von Ionen über das Wasser. Voraussetzung für die Ausbildung eines Korrosionselements ist das Vorhandensein von unterschiedlichen Oberflächenpotenzialen. Diese werden beispielsweise durch Ablagerungen, Gasblasen, unterschiedliche Spannungszustände des Werkstoffes oder Legierungsbestandteile gebildet. Ob es tatsächlich durch das Korrosionselement zu einem fortschreitenden lokalen

Angriff kommt, hängt davon ab, ob das Korrosionselement aktiv bleibt. Notwendig hierfür sind:

- die Anwesenheit von Sauerstoff
- eine hinreichende elektrische Leitfähigkeit des Wassers
- eine hinreichende Konzentration von Chlorid-, Sulfat- und Nitrationen, die an der Metalloberfläche Säuren bilden
- eine nicht zu hohe Karbonathärte, welche die aktivierenden Säuren neutralisiert

Richtwerte zur Konditionierung von Heizungswasser

In der VDI 2035-2 werden unter dem Titel „Wasserseitige Korrosion“ Richtwerte zur Konditionierung von Heizungswasser vorgegeben. Als Korrosionsschutz wird hier generell empfohlen, das Heizungswasser auf einen pH-Wert zwischen 8,2 und 9,5 zu alkalisieren. Bei Stahl kann der pH-Wert sogar bis 10,5 erhöht werden (TRD 612). In Bild 3 ist der Zusammenhang zwischen dem pH-Wert und der Korrosionsrate von Stahl gezeigt. Sind Aluminiumwerkstoffe im Heizkreis eingebaut, soll-

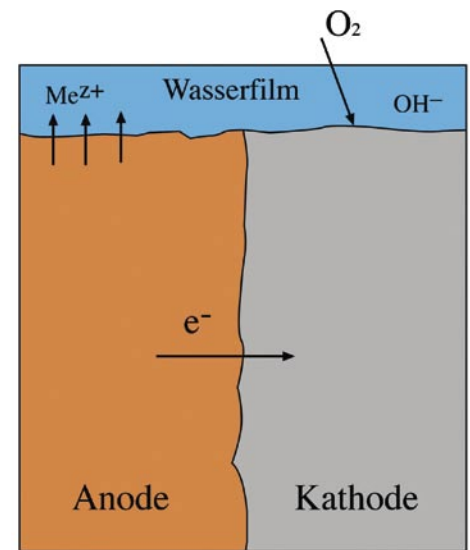


Bild 2 Bei der Korrosionsreaktion geht an der Anode das Metall als Metallion ins Wasser über und lässt dabei seine Elektronen zurück. Diese werden im kathodischen Bereich vom im Wasser gelösten Sauerstoff aufgenommen. Der Stromkreis wird über die Wasserleitfähigkeit geschlossen

Heizung

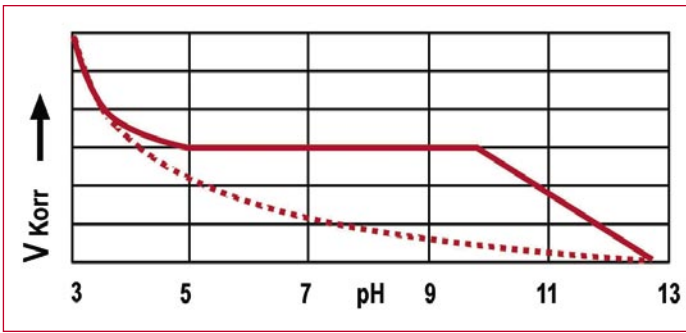


Bild 3 pH-Abhängigkeit der Korrosionsgeschwindigkeit von unlegiertem Stahl in lufthaltiger wässriger Lösung sowie bei Ausschluss von Sauerstoff (gestrichelte Kurve)

te der pH-Wert nicht über 8,5 liegen, da sich sonst der Werkstoff unter Wasserstoffentwicklung auflöst. Man erkennt deutlich, dass bei niedrigen pH-Werten unter 5 die Korrosionsgeschwindigkeit infolge der Säurekorrosion dramatisch ansteigt. Die Säurekorrosion findet übrigens auch bei Sauerstoffausschluss statt. Oberhalb von pH 9 bilden sich dann Passivschichten auf dem Eisen. Ist Sauerstoff ausgeschlossen nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit generell mit steigendem pH-Wert ab, wie die gestrichelte Kurve zeigt. In den Bildern 4 und 5 ist die Korrosionsgeschwindigkeit schematisch in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration und der Leitfähigkeit des Wassers gezeigt. Man sieht eindeutig, wie sowohl ein zunehmender Sauerstoffgehalt, als auch eine hohe Leitfähigkeit des Wassers die Korrosionsgeschwindigkeit erhöhen. Ein Heizungssystem, in welches kein Sauerstoff eingetragen wird, hat in der Regel auch keine Korrosionsprobleme, sofern

der pH-Wert im Alkalischen liegt. Bei Sauerstoffeintrag durch Nachfüllwasser oder diffusionsoffene Kunststoffrohre sollten zumindest keine salzartigen Sauerstoffbindemittel eingesetzt werden, da diese die Leitfähigkeit des Wassers erhöhen und so die Korrosion wieder begünstigen. Wässer geringer Leitfähigkeit ($\kappa < 100 \mu\text{S/cm}$) behindern nicht nur den Korrosionsstrom über die Wasserphase, vielmehr enthalten diese Wässer auch wesentlich weniger korrosiv wirkende Ionen wie Sulfat und Chlorid. Wie weiter oben bereits erwähnt, bilden diese Ionen nach dem sie mit dem Metall reagiert haben in wässriger Umgebung Salz- bzw. Schwefelsäure. Die Korrosionselemente werden dadurch aktiv gehalten. Nach der VDI 2035-2 stellt daher die Verwendung von entsalztem Wasser eine Korrosionsschutzmaßnahme dar, die auch erlaubt, dass mit abnehmendem Salzgehalt des Wassers zunehmende Mengen an Sauerstoff

toleriert werden können. Bei Anwesenheit von Sauerstoff ist dann lediglich die Bildung von Metalloxiden bzw. -hydroxiden möglich, die korrosionshemmende Deckschichten ausbilden. In der Zusammenfassung fordert die VDI 2035 ein alkalisches (pH 8,2 bis 9,5), salzarmes Wasser zur Befüllung von Heizsystemen, wobei die maximal zulässige Resthärte gemäß Tabelle 1 im wesentlichen von der Heizleistung und dem Wasservolumen abhängt.

Kompakte Lösung liefert salzarmes, alkalisches Wasser

Für Heizkesselanlagen existieren bisher keine kompakten Lösungen, die salzarmes, alkalisches Wasser liefern. Die üblichen Enthärtungsanlagen liefern zwar enthärtetes Wasser, lassen aber die Salzfracht konstant. Das heißt, es werden nur die Härtebildner Calcium und Magnesium gegen Natrium ausgetauscht, die Leitfähigkeit sowie die korrosiv wirkenden Ionen Chlorid und Sulfat bleiben in vollem Umfang im Wasser und können Korrosionselemente bilden. Mit dem neuen Permasoft 5000/5000 Alu von der Permatrade Wassertechnik steht jetzt eine kompakte Füllleinheit für die Erst- und Nachbefüllung von Heizungsanlagen zur Verfügung. Durch eine Mischung ausgewählter Anionen- und Kationenaustauscher-Harze sowie einem pH-Stabilisator, liefert die Behandlungseinheit direkt salzarmes, alkalisches Wasser für kleinere und mittlere Heizungsanlagen, Pufferspei-

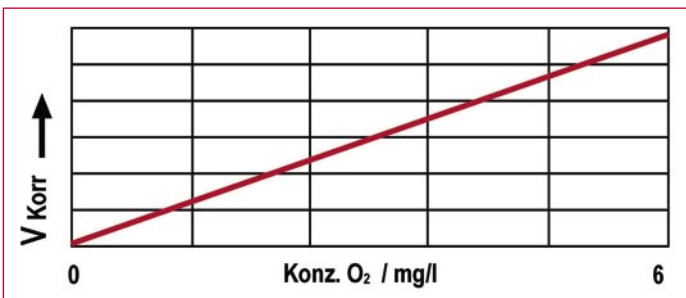


Bild 4 Abhängigkeit der Korrosionsgeschwindigkeit vom Sauerstoffgehalt des Wassers

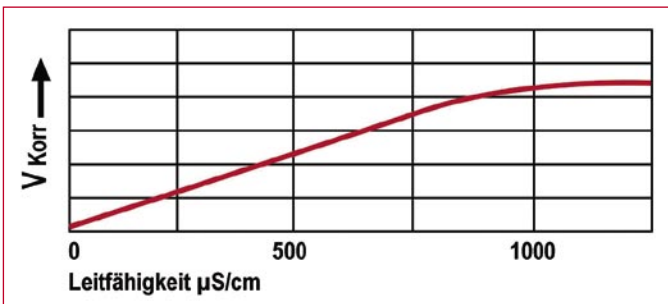


Bild 5 Abhängigkeit der Korrosionsgeschwindigkeit von der Leitfähigkeit des Wassers



Bild 6 Der Permasoft 5000 entsalzt und alkalisiert Heizungsfüllwasser in einem Schritt



Bild 7 Die Wasserhärte (Gesamthärte) kann mittels einer Leitfähigkeitsmessung zwar grob geschätzt werden, es empfiehlt sich aber der Einsatz von derartigen Tests

cher oder Erdwärmeanlagen. Die Behandlungseinheit wird einfach in die Füllleitung zwischengeschraubt und nach Erreichen der Kapazitätsgrenze von 5000°d x Liter im Hausmüll entsorgt. Zur Berechnung der maximalen Wassermenge, die aufbereitet werden kann, teilt man die Kapazität von 5000°d x Liter durch die Rohwasserhärte vor Ort. Bei einer Härte von 20°d können somit 250 Liter salzarmes, alkalisches Füllwasser gewonnen werden.

Die Wasserhärte (Gesamthärte) kann mittels einer Leitfähigkeitsmessung nach folgender Beziehung grob abgeschätzt werden:

Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$): 30 \approx Wasserhärte ($^{\circ}\text{d}$)

Bei einem unauffälligen Trinkwasser mit einer Leitfähigkeit von ca. 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kann die Härte somit auf $600 : 30 = 20^{\circ}\text{d}$ abgeschätzt werden. Mit einem einfachen Leitfähigkeitsmessgerät und pH-Messstäbchen für den Bereich zwischen pH 6,5 und 10,0 ist man somit ausreichend gerüstet.

Mit der Novellierung der VDI 2035-1 wird der Qualität des Wärmeträgers und damit dem Schutz des gesamten Heizsystems ein höherer Stellenwert eingeräumt. Die Hersteller von Kesselanlagen können sich im Garantiefall auf die Richtlinien der VDI 2035 zurückziehen. Dadurch wird es für den Fachhandwerker bzw. Fachplaner zunehmend wichtig, die relevanten Aspekte beim Umgang mit Heizungswasser zu kennen und auch zu berücksichtigen. Einfach zu handhabende Produkte, die sowohl einen

Kalk- als auch einen Korrosionsschutz entsprechend der VDI 2035 garantieren, werden zunehmend gefragt sein.

Literatur

H. Kaesche, Die Korrosion der Metalle, Springer (1990).

VDI 2035-1 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen, Blatt 1 Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen, (12/2005) VDI.

VDI 2035-2 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen, Blatt 2, Wasserseitige Korrosion (09/1998) VDI.

TRD 612, Wasser für Heißwassererzeuger der Gruppen II bis IV (Vers. 04/2003).



Unser Autor **Dr. Dietmar Ende** ist wissenschaftlicher Leiter der Permatrade Wassertechnik GmbH in Leonberg, Telefon (0 71 52) 9 39 19 44, E-Mail: ende@permatrade.de, Internet: www.permatrade.de