

# Wasserkonditionierung in Heizanlagen

## Schutz vor Schäden durch Steinbildung und Korrosion

Dipl.-Ing. Willibald Schodorf, Vertriebsleiter

Mit dem neu erschienenen Regelwerk VDI 2035 Blatt 1 (Ausgabe Dezember 2005) ändern sich einmal mehr die Vorgaben zur Vermeidung von Schäden durch Steinbildung in Heizungssystemen. Erstmals werden Vorgaben definiert für Umlauf-Wasserheizer und für Systeme mit elektrischen Heizelementen <50 kW Gesamtheizleistung. Vor allem die Forderung nach einer Wasserhärte <0,02 mol/m<sup>3</sup> (Summe Erdalkalien) bei großen Kesselleistungen ist beachtens- und diskutierenswert.

Wer Schäden in Heizungsanlagen aufgrund einer unsachgemäßen Zusammensetzung des im Gebäude im Kreislauf geführten Heizwassers vermeiden will, muss ein vertieftes Hintergrundwissen um die Ursachen von Steinbildung und die wasserseitige Korrosion vorweisen können. Dieser Beitrag versucht, das entsprechende Know-how zu vermitteln.

### STEINBILDUNG

Hauptparameter der Steinbildung (sprich: der Kalkablagerungen) sind die Menge an Calciumhydrogencarbonat [Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] im Füll- und Ergänzungswasser, das Volumen des ins System eingebrachten Wassers, die Wandtemperaturen der Wärmeübertragungsflächen und allgemein die Betriebsbedingungen für die Heizungsanlage. Zu

bewerten sind vor allen Dingen die Karbonathärte (sie lässt sich im nicht-enthärteten Wasser über die Säurekapazität K<sub>s</sub>4,3 bestimmen) des Füll- und Ergänzungswassers sowie das Gesamtvolumen des eingebrachten Wassers über die Lebensdauer des Kessels. Ursache einer Steinbildung, mögliche Schäden und deren Vermeidung zeigt Abb.3. Berücksichtigt man, dass je 1 °dH (Kar-

bonathärte = K<sub>s</sub>4,3 × 2,8) pro m<sup>3</sup> Wasser ca. 18 g Wasserstein in das Heizungssystem gelangen, wird der Sachverhalt verständlich. Eine 100 kW-Heizungsanlage weist in der Regel ein Wasservolumen von 1.000 bis 2.000 l auf. Bei einer Karbonathärte von 10 °dH ergäbe das eine Kalkmenge von ca.

$$18 \text{ g/}^\circ\text{dH} \times 10^\circ\text{dH} \times 1 \text{ m}^3 = 180 \text{ g CaCO}_3$$

$$18 \text{ g/}^\circ\text{dH} \times 10^\circ\text{dH} \times 2 \text{ m}^3 = 360 \text{ g CaCO}_3$$

### RELEVANTES STEINVOLUMEN

Das Volumen des Wassersteins (Dichte: 2,5 g/cm<sup>3</sup>) beträgt dann 72 beziehungsweise 144 cm<sup>3</sup> (bzw. ml). Dieses Volumen an Wasserstein könnte theoretisch als „mittlere Steindicke“ auf der gesamten Heizfläche ausfallen. Die durchschnittliche Heizfläche von 0,025 m<sup>2</sup> je kW Kesselleistung ergibt eine angenommene Heizfläche von 0,025 m<sup>2</sup>/kW × 100 kW = 2,5 m<sup>2</sup>.

Aus dem Volumen des Wassersteins kann mit diesem Wert direkt die

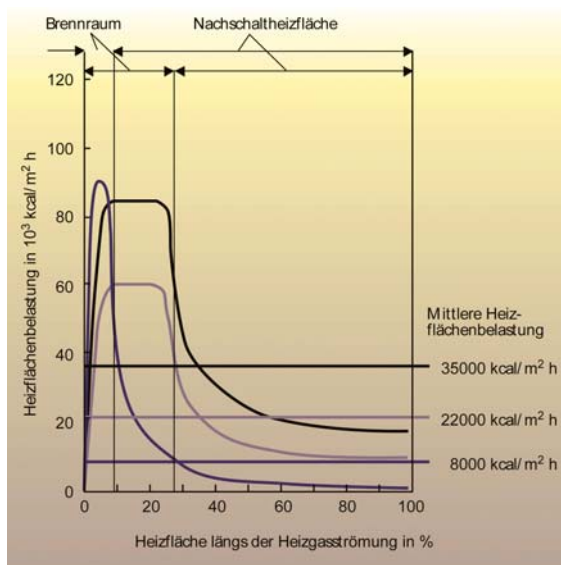


Abb.1 Heizflächenbelastung

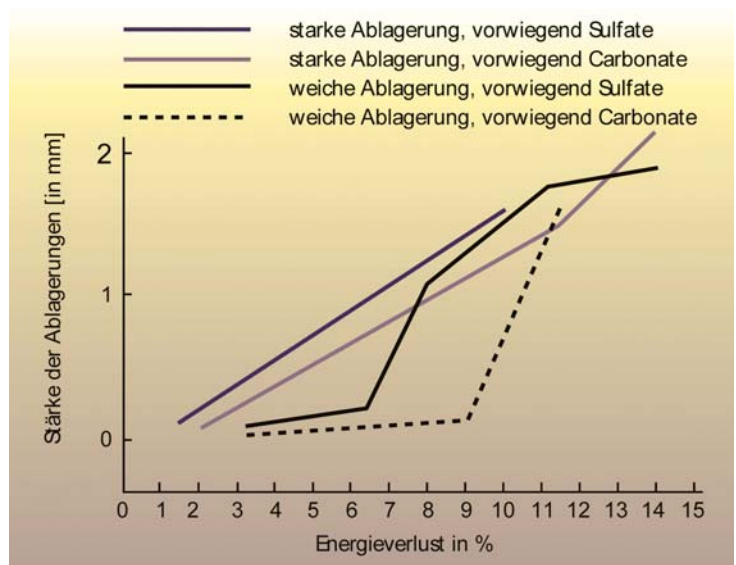


Abb.2 Mögliche Energieverluste



Bis zu **6%**  
Energieeinsparung



Circa **25%**  
kürzere Aufheizzeit



Circa **10%**  
höhere Strahlungsleistung



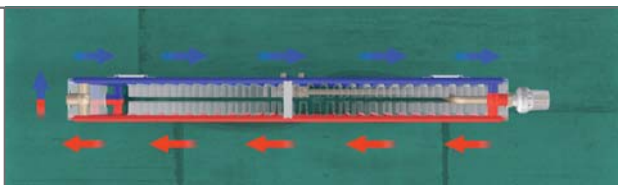
Bis zu **6%**  
Energieeinsparung

## THERM X2. DER NEUE STANDARD IN DER HEIZTECHNIK.

Mit dem einzigartigen X2-Prinzip der seriellen Durchströmung setzt der Therm X2 einen neuen Maßstab in der Heiztechnik. Als erster Flachheizkörper erfüllt er voll die Käuferwünsche nach maximaler Energieeinsparung bei gleichzeitig behaglicher Wärme, passt sich den aktuellen Normen und Verordnungen optimal an und trägt außerdem den verbesserten Dämmstandards Rechnung. Durch deutlich mehr Dynamik, optimale Behaglichkeit und hohe energetische Effizienz. Therm X2. Für volle Kundenzufriedenheit und höhere Wertschöpfung. Energie sparen und Behaglichkeit gewinnen. Eine beispielhaft gute Beziehung. Bei Kermi. Mehr Informationen unter [www.kermi.de](http://www.kermi.de), [info@kermi.de](mailto:info@kermi.de).

**Therm X2**  
▼ Energie sparen ▲ Behaglichkeit gewinnen

**X2**  
INSIDE



| Ursache  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandtemperaturen an Wärmeübertragungsflächen</li> <li>• Gehalt an Calciumhydrogencarbonat im Füll- und Ergänzungswasser</li> <li>• Betriebsbedingungen</li> </ul>             |
| Mögliche Schäden   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Wärmeleistung</li> <li>• örtliche Überhitzung und dadurch bedingte Rissbildung (Materialschäden)</li> <li>• Siedegeräusche</li> </ul>                        |
| Vermeidung   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle des Füll- und Ergänzungswassers (Menge – Wasserzähler, Betriebsbuch führen); Qualität (wenn notwendig enthärtet oder entsalzt)</li> <li>• Anlagenplanung</li> </ul> |

Abb.3 Steinbildung



Abb.4 Heizfüllblock zur Einhaltung der EN 1717

mittlere Steindicke errechnet werden zu 0,0288mm beziehungsweise 0,0576mm.

Es stellt sich nun die Frage: Ist ein ca. 0,03 bzw. 0,06mm dicker Steinbelag tatsächlich relevant?

Die Antwort lautet eindeutig: Ja, denn ca. 80% des Wärmeübergangs finden auf ca. 20% der Heizfläche statt, Abb.1.

Eine 0,1mm mittlere Steindicke entspricht somit in der Praxis einem Steinbelag von ca. 0,5mm.

**VERRINGERUNG DER WÄRMELEISTUNG**

Zudem ist zu berücksichtigen, dass Wasserstein zu den eher weichen Ablagerungen zählt. Wasserstein besteht vorwiegend aus Carbonaten. Abb.2 zeigt, dass sehr schnell eine Verringerung der Wärmeleistung von 9 bis 10% erreicht wird. Vor dem Hintergrund dieses Wissens sollten die neuen Anforderungen der VDI 2035 Blatt 1 gesehen werden, Abb.5.

Generell sind der Einbau eines Wasserzählers, Abb.4, und das Führen eines Betriebsbuches ratsam, um bei Unstimmigkeiten auf der sicheren Seite zu liegen. Die Einhaltung der EN 1717 /1/ beziehungsweise DIN 1988-7 /2/ muss für jeden Heizungsbauer zur Selbstverständlichkeit werden.

**Vorzugsweise zu enthärten oder zu entsalzen ist in Fällen, in denen**

- ▶ die Anforderungen hinsichtlich Calciumgehalt, Karbonathärte bzw. Gesamthärte nicht eingehalten sind (Wird der Calciumgehalt oder die Karbonathärte eingehalten, so gilt die Anforderung an die Gesamthärte nicht.),
- ▶ höhere Füll- und Ergänzungswassermengen als das dreifache Nennvolumen der Heizungsanlage vorliegen,
- ▶ das spezifische Anlagenvolumen >20l/kW Heizleistung beträgt (spezifisches Anlagenvolumen: Quotient aus dem wasserseitigen Volumen und der installierten Heizleistung – bei Mehrkesselanlagen ist die kleinste Einzelleistung einzusetzen).

Für Umlauf-Wasserheizer und Systeme mit elektrischen Heizelementen können auch für Anlagen <50kW Gesamtheizleistung Maßnahmen notwendig sein.

Hier ist wieder

- ▶ die Enthärtung des Füll- und Ergänzungswassers empfehlenswert, Abb. 6, oder
- ▶ die Integration eines Filters oder einer Abscheidevorrichtung im Wärmeerzeuger oder
- ▶ die Installation eines Filters oder einer Abscheidevorrichtung im Heizungsvorlauf.

Warum eine Abscheidevorrichtung, ein Filter oder die Enthärtung in ihrer Wirkung gleichzustellen sind, wird in der VDI 2035 allerdings nicht beantwortet.

Schon der genaue Ort des Einsatzes einer Schutzvorrichtung im Heizungs- vorlauf wäre diskussionswürdig. Sicherlich schützt ein Filter im Vorlauf die Thermostatventile des Systems, wenn man davon ausgeht, dass der Kessel der „Schmutzerzeuger“ ist. Wird ein neuer Kessel in ein altes Heizungssystem eingebunden, empfiehlt sich der Einsatz der Abscheidevorrichtung oder des Filters in den Heizungsrücklauf, da so auch der Kessel mit geschützt wird (der Neue weist meistens ein geringes Wasservolumen und hochwertige Werkstoffe usw. auf).

| Wasser-Analysen mit neuen Einheiten  |                             |                   |                      |
|--|-----------------------------|-------------------|----------------------|
| Gesamtheizleistung in kW   | Summe Erdalkalien in mol/m³ | Calcium in mol/m³ | Ks 4.3 in mol/m³     |
| ≤ 50   | k.Anf.                      | k.Anf.            | k.Anf.               |
| Umlauf/Elektro*  | ≤ 3,0                       | ≤ 3,0             | ≤ 6,0                |
| > 50 bis ≤ 200   | ≤ 2,0                       | ≤ 2,0             | ≤ 4,0                |
| > 200 bis ≤ 600  | ≤ 1,5                       | ≤ 1,5             | ≤ 3,0                |
| > 600  | < 0,02                      | < 0,02            | ≤ 0,04               |
| Wasser-Analysen mit alten Einheiten  |                             |                   |                      |
| Gesamtheizleistung in kW   | Gesamthärte in °dH          | Calcium in mg/l   | Karbonathärte in °dH |
| ≤ 50   | k.Anf.                      | k.Anf.            | k.Anf.               |
| Umlauf/Elektro*  | ≤ 16,8                      | ≤ 120             | ≤ 16,8               |
| > 50 bis ≤ 200   | ≤ 11,2                      | ≤ 80              | ≤ 11,2               |
| > 200 bis ≤ 600  | ≤ 8,4                       | ≤ 60              | ≤ 8,4                |
| > 600  | < 0,11                      | < 0,8             | ≤ 0,11               |
| k.Anf....keine Anforderungen * Anlagen mit Umlaufwasser-Heizern und Systeme mit elektrischen Heizelementen |                             |                   |                      |

Abb.5 Anforderungen der VDI 2035-1

## PROBLEMBEREICH: ABDICHTUNGEN

Zum Thema Enthärtung muss geklärt werden, ob von einer Teilenthärtung oder Vollenthärtung gesprochen wird. Die Vorgabe für Anlagen mit einer Gesamtheizleistung >600kW von <0,11°dH (dies gilt in der Regel für Heißwasseranlagen mit Temperaturen >100°C) kann zu Problemen führen, denn ein wenig Kalk war in Heizungsanlagen gerne gesehen. Der Grund waren potenzielle Leckagen an Dichtstellen.

Nach VDI 2035 Blatt 2 (gilt weiterhin!) kann es bei Flachdichtungen beziehungsweise Gewindedichtungen mit Hanf (z.B. von Heizkörpern) zur Bildung von Salzkrusten kommen. Dichtungen sind meist nicht wasserdampfdicht, so dass bei nicht korrekter Ausführung der Abdichtung Wasser durch das Dichtmaterial diffundiert. Zunächst geschieht dies ganz langsam. Das austretende Wasser verdunstet und es bleiben die Salze übrig. Im enthärteten Wasser (beim Enthärtungsprozess werden Calcium-/Magnesium-Ionen gegen Natrium-Ionen getauscht) liegt die Karbonathärte in Form von Natriumhydrogencarbonat vor. Dieses wandelt sich beim Erwärmen, unter Abspaltung von Kohlensäure, in das stark alkalisch reagierende Natriumcarbonat (Soda) um. Beim Erwärmen bildet sich Soda unter Abspaltung von Kohlensäure nach der Gleichung:

$$2\text{NaHCO}_3 \Rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

Aus 100mg/l  $\text{NaHCO}_3$  entstehen bei Erwärmung auf 40/60/80/100 °C die Werte siehe Abb.7.

Das alkalische Milieu greift Komponenten des Dichtungsmaterials (z.B. Gummi, Hanf u.ä.) an und sorgt für eine langsame Zersetzung.

Enthält das Wasser noch Calcium (z.B. geringe Mengen Calciumphosphat), kommt es jedoch wie beim nicht-enthärteten Wasser, wo sich schwerlösliches Calciumcarbonat (Wasserstein) bildet, zur fortschreitenden Abdichtung. Da dieser Effekt nur bei nicht ordnungsgemäß montierten Dichtungen auftritt, kann beim Einfüllen von voll enthärtetem Wasser die gute/schlechte Montagequalität detektiert werden.

|                               | Minuten |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               | 5       | 15   | 25   | 35   | 45   | 55   | 65   | 120  |
| <b>40°C</b>                   |         |      |      |      |      |      |      |      |
| mg/l $\text{NaHCO}_3$         | 93,4    | 86,9 | 82,8 | 79,8 | 75,9 | 73,3 | 72,0 | 69,2 |
| mg/l $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | 4,2     | 8,3  | 10,9 | 12,7 | 15,2 | 16,8 | 17,7 | 19,4 |
| mg/l $\text{CO}_2$            | 1,7     | 3,4  | 4,5  | 5,3  | 6,3  | 7,0  | 7,3  | 8,1  |
| mg/l $\text{H}_2\text{O}$     | 0,7     | 1,4  | 1,8  | 2,2  | 2,6  | 2,9  | 3,0  | 3,3  |
| <b>60°C</b>                   |         |      |      |      |      |      |      |      |
| mg/l $\text{NaHCO}_3$         | 84,0    | 87,6 | 74,6 | 71,3 | 68,0 | 66,0 | 64,0 | 61,4 |
| mg/l $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | 10,1    | 13,5 | 16,0 | 18,1 | 20,2 | 21,5 | 22,7 | 24,4 |
| mg/l $\text{CO}_2$            | 4,2     | 5,6  | 6,7  | 7,5  | 8,4  | 8,9  | 9,4  | 10,1 |
| mg/l $\text{H}_2\text{O}$     | 1,7     | 2,3  | 2,7  | 3,1  | 3,4  | 3,6  | 3,9  | 4,1  |
| <b>80°C</b>                   |         |      |      |      |      |      |      |      |
| mg/l $\text{NaHCO}_3$         | 77,4    | 69,4 | 63,4 | 58,6 | 54,5 | 52,0 | 52,0 | 52,0 |
| mg/l $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | 14,3    | 19,3 | 23,1 | 26,1 | 28,7 | 30,3 | 30,3 | 30,3 |
| mg/l $\text{CO}_2$            | 5,9     | 8,0  | 9,6  | 10,9 | 11,9 | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| mg/l $\text{H}_2\text{O}$     | 2,4     | 3,3  | 3,9  | 4,4  | 4,9  | 5,1  | 5,1  | 5,1  |
| <b>100°C</b>                  |         |      |      |      |      |      |      |      |
| mg/l $\text{NaHCO}_3$         | 64,0    | 38,6 | 24,0 | 16,0 | 10,6 | 6,6  | 3,9  | 0,0  |
| mg/l $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | 22,7    | 38,7 | 48,0 | 53,0 | 56,4 | 58,9 | 60,6 | 63,1 |
| mg/l $\text{CO}_2$            | 9,4     | 16,1 | 19,9 | 22,0 | 23,4 | 24,5 | 25,2 | 26,2 |
| mg/l $\text{H}_2\text{O}$     | 3,9     | 6,6  | 8,1  | 9,0  | 9,6  | 10,0 | 10,3 | 10,7 |

Abb.7 Entstehung von Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) und Kohlensäure [ $\text{CO}_2$ ] bei Erwärmung von Natriumhydrogencarbonat

## VERSCHÄRFTE BEDINGUNGEN

Die natürliche Alkalisierung eines Heizungswassers in Abhängigkeit der Karbonathärte und der eingesetzten Aluminiumwerkstoffe muss besonders beim Korrosionsschutz beachtet werden. Werden die Vorgaben der letzten drei Ausgaben der VDI 2035 miteinander verglichen, so fällt auf, dass die Anforderungen mit jeder Ausgabe erhöht wurden. War 1989 noch für eine Gesamtkesselleistung ab 1.750kW eine Gesamthärte <1,68°dH gefordert, bringt es die neue VDI 2035 schon bei Gesamtkesselleistungen >600kW auf <0,11°dH. Fragt sich nun der eine oder andere Leser bei genauerem Studium der Abb.5, warum bei einer Leistung von z.B. 590kW (Systeminhalt: 5,9m<sup>3</sup> = 10l/kW) noch eine Härte von  $\leq 8,4^\circ\text{dH}$  erlaubt ist (was einem Gesamtkalkeintrag von bis zu 885g entspricht) und bei einer Leistung von 604kW (Systeminhalt: 6,0m<sup>3</sup>) nur eine Härte von <0,11°dH (was einem Gesamtkalkeintrag von max. 12g entspricht), so kann die Antwort nur lauten: Eine Vereinfachung im Sinne der Praxistauglichkeit ist wieder einmal nicht gelungen. Ob die für Chemiker interessanten Um-



Abb.6 Mobile Heizungsbefüllanlage (Enthärtung)

formungen nun aus Heizungsbauern Chemiefachleute machen, das werden die kommenden Jahre zeigen. Pragmatisch wäre eine einfache Vorgabe wie für unbehandeltes Trinkwasser in Form der Karbonathärte bzw. die  $K_s 4,3$  nach neuen Einheiten. Da der Gehalt an Calciumhydrogencarbonat der Hauptverursacher der Steinbildung ist, muss jeder Verantwortliche im Heizungsbau lernen,

diesen Wert aus einer Wasseranalyse anzufragen und zu bewerten. Eindeutige Vorgaben (Voll- bzw. Teilenthärtung) wären sehr hilfreich.

## KORROSION

Bekanntlich zählen der pH-Wert, der Sauerstoffgehalt und der Salzgehalt (Leitfähigkeit des Heizungswassers) zu den Hauptverursachern von Korrosion. Um ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zu erhalten, hier ein kurzer Ausflug in die Korrosionslehre:

Eine Heizungsanlage muss so geplant sein, dass der Nutzer einen Betrieb über mehrere Jahrzehnte erwarten

der dünnen Schutzschichten aus Metalloxiden auf deren Oberfläche ab. Betrachtet man ein handelsübliches Kupferrohr, so besteht die Oberfläche aus Kupferoxid. Nur bei einem gerade abgesägten Rohr sieht man an der Schnittstelle die Originalfarbe des Kupfers. Die Schutzschichtbildung in einem mit Wasser gefüllten System ist zu Beginn ein Korrosionsvorgang. Bei guter Ausbildung der Schutzschicht kommt dieser quasi zum Stillstand. Die Schutzschichten der diversen Werkstoffe weisen ihre optimale Beständigkeit bei unterschiedlichen chemischen Bedingungen auf, weshalb artähnliche

Kesselwasser im Dampfbereich genau dieser Wert gefordert wird. Im Warmwasserkreislauf finden sich jedoch sehr oft Armaturen aus Kupferlegierungen oder Komponenten aus Kupferwerkstoffen. Abb.9 zeigt, dass der Kupferabtrag in sauerstoffarmem Wasser ab pH-Werten >9,5 stark zunimmt. Aus diesem Grund empfehlen Korrosionsfachleute im Heizungsumwälzwasser einen pH-Wert von 8,3 bis 9,5. Die Untergrenze von pH 8,3 resultiert aus der Erkenntnis, dass ab pH-Werten >8,2 kein Kohlendioxid mehr im Wasser gelöst sein kann. Kohlendioxid (gelöst in Wasser als Kohlensäure vorliegend)

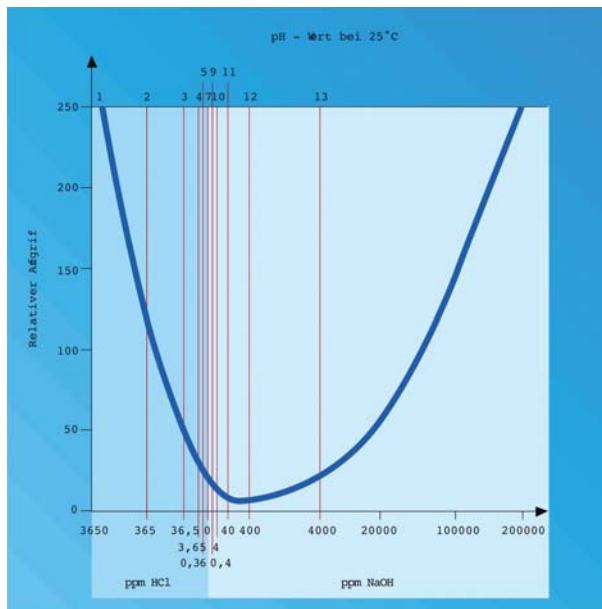


Abb.8 Löslichkeit von „schwarzem“ Stahl in Abhängigkeit des pH-Werts

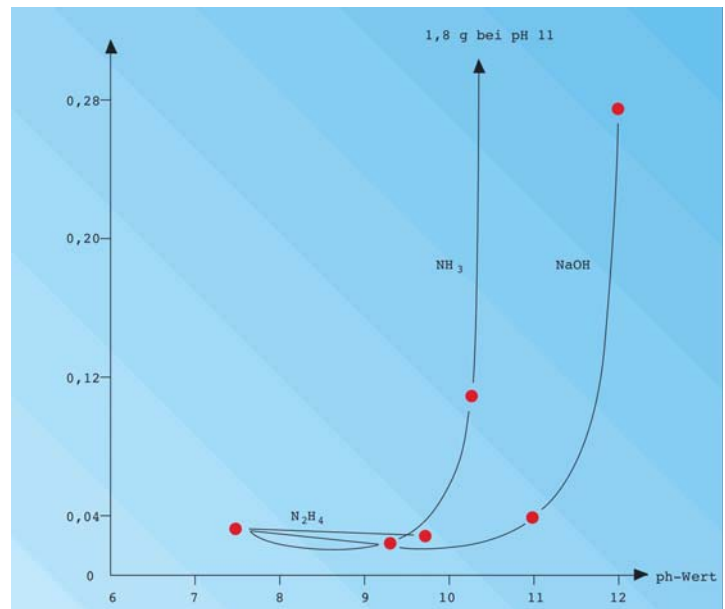


Abb.9 Löslichkeit von Kupfer in Abhängigkeit vom pH-Wert

kann. Insofern werden an alle Werkstoffe vielfältige Anforderungen hinsichtlich Alterungsbeständigkeit, Festigkeit, Temperaturbeständigkeit sowie Diffusions- und Gasdichtigkeit gestellt. Die Kombination verschiedener Werkstoffe, bei der zum Beispiel Stahl, Gusseisen, Kupfer und Kupferlegierungen eingesetzt werden, hat sich seit Jahrzehnten bewährt. Vorgaben zum Einsatz bestimmter Werkstoffe durch technische Regelwerke bestehen eigentlich nur hinsichtlich ausreichender Temperatur- und dauerhafter Druckbeständigkeit.

## OXYDSCHICHTEN ALS SCHUTZ

Bei Metallen hängt die Nutzungsdauer entscheidend vom Aufbau und Erhalt

Werkstoffe (z. B. Eisenwerkstoffe) den Korrosionsschutz erleichtern. Kupferwerkstoffe sind unter normalen Bedingungen problemlos zu integrieren. Aluminiumbauteile erfordern besondere Berücksichtigung. Aber Achtung! Schutzschichten können durch chemische und physikalische Vorgänge geschädigt werden.

## AUFLÖSUNG DER SCHUTZSCHICHT

Betrachten wir die Auflösung der Schutzschicht durch zu niedrigen oder zu hohen pH-Wert: Abb.8 zeigt, dass die geringste Auflösung für schwarzen Stahl im pH-Bereich 10,5 bis 12 stattfindet. Das ist der Grund, warum für

kann an Wärmeübertragungsflächen zur Bildung von Belägen aus schwerlöslichem Eisencarbonat führen (FeCO<sub>3</sub>, auch „Eisenspat“ genannt). Als Folge dieser Ablagerungen kann es zu Rissbildungen durch thermische Überbelastung kommen. Kohlendioxid wirkt hier als Katalysator. Korrosionsprodukte aus dem gesamten Heizkreislauf werden durch die Kohlensäure aufgelöst und in gelöster Form an die Heizfläche transportiert. Bei einem Temperaturanstieg kommt es zum Ausfall von Eisencarbonat (ähnlich der Steinbildung) wobei die Wandtemperatur derart ansteigen kann, dass sich das Eisencarbonat – unter Bildung von Eisenoxiden und Kohlendioxid – zersetzt. Das frei-

gesetzte Kohlendioxid kann dann erneut Eisenkorrosionsprodukte an die Heizfläche transportieren. Die mögliche Folge ist besagte Rissbildung in den Kesselgliedern.

Für Aluminiumbauteile gilt, dass der pH-Wert ohne Kohlendioxid im System >8,2 und ansonsten nicht >8,5 (max. 9,0) sein darf. Eigentlich ist für Aluminium ein pH-Wert von 6,0 bis 8,0 zu bevorzugen.

### STÖRUNG DER SCHUTZSCHICHTBILDUNG

Durch zu viel Sauerstoff im System kann die Schutzschichtbildung gestört werden. Der Korrosionsvorgang ist hier eine Reaktion des Sauerstoffs mit dem Werkstoff. Eisen, Sauerstoff und Wasser reagieren zu diversen Korrosionsprodukten. Deshalb gilt als oberstes Gebot die Vermeidung des Zutritts von Luft in das Heizungswasser, denn Luft enthält Sauerstoff und auch Kohlendioxid.

Das Heizungssystem sollte korrosionstechnisch geschlossen ausgeführt werden. Bei bestimmungsgemäßem Betrieb darf also kein nennenswerter Luftzutritt möglich sein. Dies wird in der Regel durch Einsatz von Druckausdehnungsgefäßen (die korrekt eingestellt sein müssen) mit Inertgas-Befüllung, durch den hydraulischen Abgleich des Systems und durch Systemtrennung bei Einsatz von gasdurchlässigen Werkstoffen erreicht.

Bei der Systemtrennung wird das Heizungswasser, das durch die Kunststoffrohre fließt, durch einen korrosionsbeständigen Wärmetauscher vom restlichen Heizkreis beziehungsweise Kessel getrennt.

### O<sub>2</sub>-EINTRAG DURCH LUFTKONTAKT

Wasser enthält bei Luftsättigung an der Atmosphäre etwa 10 g Sauerstoff pro m<sup>3</sup> Wasser. Damit können ca. 36 g Eisenkorrosionsprodukte pro m<sup>3</sup> entstehen. Der durch das Füll- und Ergänzungswasser eingetragene Sauerstoff spielt dabei eine untergeordnete Rolle, Abb.10. Weitaus größere Mengen können durch Undichtigkeit an Ventilen, Armaturen und Verbindungsstellen, nicht richtig

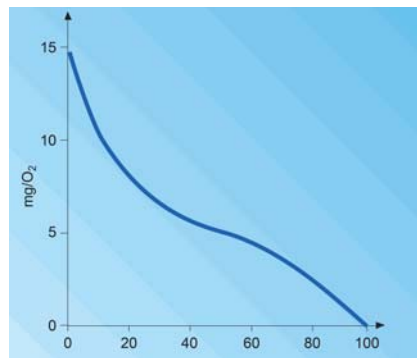


Abb. 10 Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur

funktionierende Ausdehnungsgefäße, einen unzureichenden hydraulischen Abgleich (erhöhte Fließgeschwindigkeiten sorgen für „Sogwirkung“), unzureichende Anzugsmomente und schrumpfende Dichtungen permanent in das Heizungswasser gelangen. „Wasserdicht“ ist wohlbemerkt nicht gleichbedeutend mit „gasdicht“.

### KORROSION UND SALZGEHALT

Die Korrosionsgeschwindigkeit wird auch durch die elektrische Leitfähigkeit des Heizmediums beeinflusst. Die Leitfähigkeit des Wassers wird durch den Salzgehalt geprägt.

Eine niedrige Leitfähigkeit behindert den Fluss des Korrosionsstroms, eine hohe Leitfähigkeit erleichtert Korrosionsvorgänge, Abb.11.

Die VDI 2035-2 sagt in Punkt 6.2 dazu: „Vor allem bei Aluminiumwerkstoffen kann bei Sauerstoffzutritt mit dem Auftreten von Loch- und Spaltkorrosion gerechnet werden, da die hierfür erforderlichen Gehalte an Chlorid-Ionen in praktisch allen Füll- und Ergänzungs-

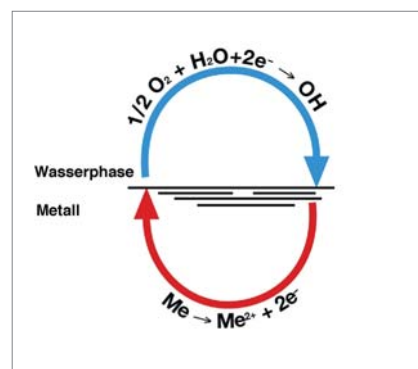


Abb. 11 Stromkreislauf des Korrosionsvorgangs

wässern vorhanden sind. In salzarmem Wasser mit einer Leitfähigkeit <30 µS/cm ist diese Gefahr deutlich geringer.“

### MECHANISCHE ABTRAGUNG

Mit „Abtragung der Schutzschichten durch physikalische Vorgänge“ sind insbesondere gemeint:

- Vibrationen und Schwingungen
- zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten (Erosionsgefahr)
- thermische (Wechsel-)Beanspruchungen.

Neben den Hauptverursachern wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Salzgehalt und mechanischer Beanspruchung darf nicht vergessen werden, dass die meisten Metalle in der Natur als chemische Verbindungen (z.B. Oxide) in einer beständigen Form vorkommen; sie reagieren nicht mit ihrer Umgebung. Durch hohen Energieeinsatz werden sie in den Elementzustand reduziert und damit auf eine höhere Energiestufe angehoben. Das Problem ist dann, dass diese reduzierten Stoffe versuchen, durch Energieabgabe den ursprünglichen energieärmeren Zustand zurückzugewinnen.

### EMPFEHLUNGEN

Die Anforderungen für den Korrosionsschutz leiten sich aus der Kenntnis der Korrosionsverursacher ab.

#### 1. Vermeidung von falschen pH-Werten

Durch die im Trinkwasser enthaltene „verborgene Alkalität“ stellt sich in der Regel beim Erhitzen nach kurzer Betriebszeit ein schwach alkalischer pH-Wert >8,3 von selbst ein. Bei größeren Anlagen und in Systemen, die nach 1 bis 2 Wochen Betriebszeit den pH-Wert >8,3 nicht erreichen, kann durch Zugabe von Trinatriumphosphat (ca. 10 g/m<sup>3</sup>) der pH-Wert korrigiert werden. Finden sich in der Heizungsanlage Aluminiumwerkstoffe, muss darauf geachtet werden, dass der Gehalt an alkalisierenden Stoffen nicht höher als 0,1 mmol/l wird (K<sub>s</sub> 8,2 bzw. p-Wert) – was bei einem Trinkwasser mit hoher Karbonathärte sicherlich nicht einfach ist.

#### 2. Vermeidung von Luft-Zutritt

Bei bestimmungsgemäßem Betrieb und

## Salzhaltige Fahrweise

## Heizungswasser:

- pH-Wert 8,3 bis 9,5 (bei Einsatz von Al-Werkstoffen max. pH 9,0)
- Sauerstoffbindemittel (z. B. Natriumsulfit: Überschuss 5 bis 20 mg/l; monatliche Kontrolle)
- Leitfähigkeit: max. 1.000 bis 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$

## Bei der Durchführung sind folgende Punkte zu beachten:

- Installation einer Dosieranlage für die Zugabe von Trinatriumphosphat und Sauerstoffbindemittel
- Bei Überschreitung der Richtwerte für Karbonathärte im Füll- und Ergänzungswasser wird die Installation einer Einsäulen-Enthärtungsanlage empfohlen
- monatliche Kontrolle der chemischen Wasserwerte
- keine besonderen Anforderungen an das Handling beim Befüllen und Ergänzen der Heizanlage
- niedrige Betriebskosten durch geringe Verbrauchsmittel wie Salz, Trinatriumphosphat und Sauerstoffbindemittel.

## Salzarme Fahrweise

## Heizungswasser:

- pH-Wert 8,3 bis 9,0
- Leitfähigkeit  $<100 \mu\text{S}/\text{cm}$
- In salzarmen Wässern können geringe Sauerstoffmengen toleriert werden. Kontrolle: zweimal pro Jahr

## Bei der Durchführung sind folgende Punkte zu beachten

- Installation einer Entsalzungspatrone für das Ergänzungswasser
- Installation einer Dosieranlage für die Zugabe von Trinatriumphosphat
- halbjährliche Kontrolle der chemischen Wasserwerte
- Erzeugung von entsalztem Wasser zum Befüllen der Heizanlage, durch
  - a) Zukauf von VE-Wasser aus Industrieanlagen,
  - b) Leih-Mischbett-Patronenentsalzer,
  - c) Leih-Umkehrosmoseanlage
- hohe Betriebskosten für externe Regenerationen der Entsalzungspatrone (üblicherweise keine hohen Kapazitäten, da sonst Gewichtsprobleme beim Handling des Austauschens)

Abb.12

richtiger Wartung kann in einem korrosionstechnisch geschlossenen System der Luft- und damit Sauerstoff- und Kohlendioxid-Eintrag weitgehend ausgeschlossen werden. Der Heizungsbauer muss bei der Wartung die einwandfreie Funktion des Membran-Ausdehnungsgefäßes beziehungsweise der Druckhaltung prüfen und bestätigen. Ein außergewöhnlicher Zutritt von Luft in Warmwasser-Heizanlagen macht sich primär durch verstärktes Auftreten von Gaspolstern bemerkbar, da der ca. 21%ige Sauerstoffanteil der Luft durch Korrosion an schwarzem Stahl verbraucht wird und die restlichen 79% Inertgas (Stickstoff) am höchsten Punkt der Heizungsanlage ausgasen. Übrigens geht diese wichtige Information bei automatischer Systementlüftung ohne Kontrolle oft verloren!

### 3. Schutz durch Wasserbehandlung

Der Korrosionsprozess kann verhindert werden durch

- ▶ Zugabe von Inhibitoren zum Heizungswasser (Inhibitoren bauen in der Regel auf dem Werkstoff einen Schutzfilm auf),

- ▶ Sauerstoffentfernung durch Sauerstoffbindemittel (Bei elektrochemischen Verfahren wie z.B. mit magnesiumumantenen bestückten Behältern ist zu beachten, dass Schlamm entsteht, der unbedingt aus dem System entfernt werden muss. Zudem kann bei falscher Platzierung die Hauptmenge des eingedungenen Sauerstoffs bereits an den Stahlflächen des Systems verbraucht werden.),

- ▶ Einsatz von entsalztem Wasser (Mit abnehmendem Salzgehalt des Wassers können zunehmende Mengen an Sauerstoff toleriert werden.).

### 4. Vermeidung hoher Salzgehalte

Der Salzgehalt des Heizungswassers ergibt sich primär aus dem Salzgehalt des Füll- und Ergänzungswassers. Durch Zugabe von Korrosions-Inhibitoren und Sauerstoffbindemittel (z. B. Natriumsulfit) wird der Salzgehalt erhöht.

Gemäß VDI 2035-2, Punkt 8.4.2 ergibt sich aus dem steigenden Gesamtsalzgehalt des Heizungswassers bei Einsatz von Natriumsulfit kein erhöhtes Korrosionsrisiko, solange ein ausreichender

Überschuss im Heizungswasser vorhanden ist. Die Leitfähigkeit sollte 1.000 bis 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nicht überschreiten.

Aus den aufgezeigten Anforderungen lassen sich praktisch zwei wasserchemische Fahrweisen ableiten, Abb.12.

Die salzarme Fahrweise bietet sich besonders dort an, wo in der Gebäudetechnik bereits salzarmes Wasser zur Verfügung steht (z. B. für die Küche, die Produktion usw.). Sind Komponenten aus Aluminium-Werkstoffen im Heizungssystem enthalten, empfiehlt sich diese Fahrweise besonders. Da die Wärmeleitfähigkeit von Aluminium sehr hoch ist, bietet dieser Werkstoff einige Vorteile. Der Einsatz bedingt aber auch besondere Beachtung.

## SÄMTLICHE KOMponentEN BETRACHTEN

Korrosionsschutz geht einher mit einer genauen Betrachtung der Werkstoffe sämtlicher Komponenten. Hierbei spielt der so genannte Potentialunterschied nicht die wesentliche Rolle, denn eine Betrachtung der in den üblichen Tabellen enthaltenen Normalpotenziale (gemessen: blankes Metall gegen Salzlösung) ergibt keine realistische Aussage zu den „praktischen Potenzialen“ (gemessen: Metall/Metalloxide gegen Heizungswasser). Die optimale Beständigkeit der Schutzschichten im Heizungswasser ist ausschlaggebend.

Metalle besitzen Oxidschichten beim Einbau oder bauen sie auf. Daher ist es wichtig, ein System nach Befüllen mit Wasser (z.B. bei der Druckprobe) möglichst schnell in den Zustand zu bringen, in dem es später betrieben wird. Die beste Inbetriebnahmezeit ist kurz vor der Heizperiode. Das verhindert zum einen die Ausbildung von Korrosionselementen. Wird nach der Wasserdruckprobe wieder entleert (wobei Wasserreste zurückbleiben), kann nämlich bei Luftzutritt Korrosion entstehen.

Zum anderen werden schnell gute gleichmäßige Schutzschichten aufgebaut. Der Schutzschichtaufbau geschieht unterschiedlich schnell in Abhängigkeit der Temperatur. Eine Temperaturerhöhung um 10 °C ent-

spricht ungefähr einer Verdopplung der chemischen Schutzschichtbildung. Durch Beachtung der Vorgaben der VDI 2035 Blatt 1-3 wird die Betriebsdauer einer Heizungsanlage wesentlich verlängert. Eine regelmäßige Wartung stellt sicher, dass eventuelle Anomalitäten rechtzeitig von den Fachleuten erkannt und abgestellt werden können.

#### FAZIT

Schäden durch Steinbildung bedeuten in erster Linie Energieverluste. Korrosionsbedingte Schäden zeigen sich bei Heizungsanlagen in der Praxis in vielfältiger Weise, z.B. durch

#### ► Schlamm- und Gasbildung

Im Kreislauf mitgeführte, feste Korrosionsprodukte führen zu Verstopfungen und Funktionsstörungen an

Pumpen, Mischern und Ventilen. Bei kleineren Heizungsanlagen verringert der Schlamm den zur Verfügung stehenden Wasserraum im Heizkessel und es kommt zu geräuschvollen Siedeverzügen (Kesselgeräusche).

#### ► Gasbildung

Diese führt zu Funktionsstörungen in Form von störenden Fließgeräuschen, Erosion an Umwälzpumpen und Ventilen (Luft wirkt hier wie Schmirgelpapier) und mangelnder Heizleistung an höchstgelegenen Heizkörpern. Durch Entlüften der Anlage können diese Störungen nur kurzfristig beseitigt werden.

#### ► Wanddurchbrüche oder Rissbildung

Damit die Heizungsanlage den Nutzer vollautomatisch und zuverlässig mit Wärme versorgt, müssen für die

Planung, Ausführung und den Betrieb die hier beschriebenen Erkenntnisse über die Steinbildung und Korrosion im Warmwasser berücksichtigt werden.

*Autor*

*Dipl.-Ing. Willibald Schodorf,*

*Vertriebsleiter*

*BWT Wassertechnik, Schriesheim*

*www.bwt.de*

[1] DIN EN 1717 „Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen“, Ausgabe: 2001-05, Deutsche Fassung EN 1717: 2000

[2] DIN 1988-7 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI) – Teil 7: Vermeidung von Korrosionsschäden und Steinbildung; Technische Regel des DVGW“, Ausgabe: 2004-12

www.kessel.de

 **KESSEL**

## Klar doch!

### KESSEL-Kleinkläranlagen INNO-CLEAN®

**Jetzt mit  
DIBt-Zulassung**



Die KESSEL-INNO-CLEAN®-Anlagen sind in den Größen von EW 4 bis EW 18 serienmäßig bestellbar.



**Vollbiologische Anlagen mit höchster Reinigungsleistung und geringstem Energieaufwand**

- 20 Jahre Gewährleistung auf Werkstoff PE
- kostengünstiger Transport, Einbau ohne Kran möglich
- geringe Wartungskosten
- absolut dicht und bruchstark
- Abdeckungen für die Belastungsklassen A/B/D



# Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



**innovatools**

*Werkzeuge für den Erfolg*

Fach.**Journal**

*Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung*

[Hier mehr erfahren](#)



**innovapress**

*Innovationen publik machen  
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne