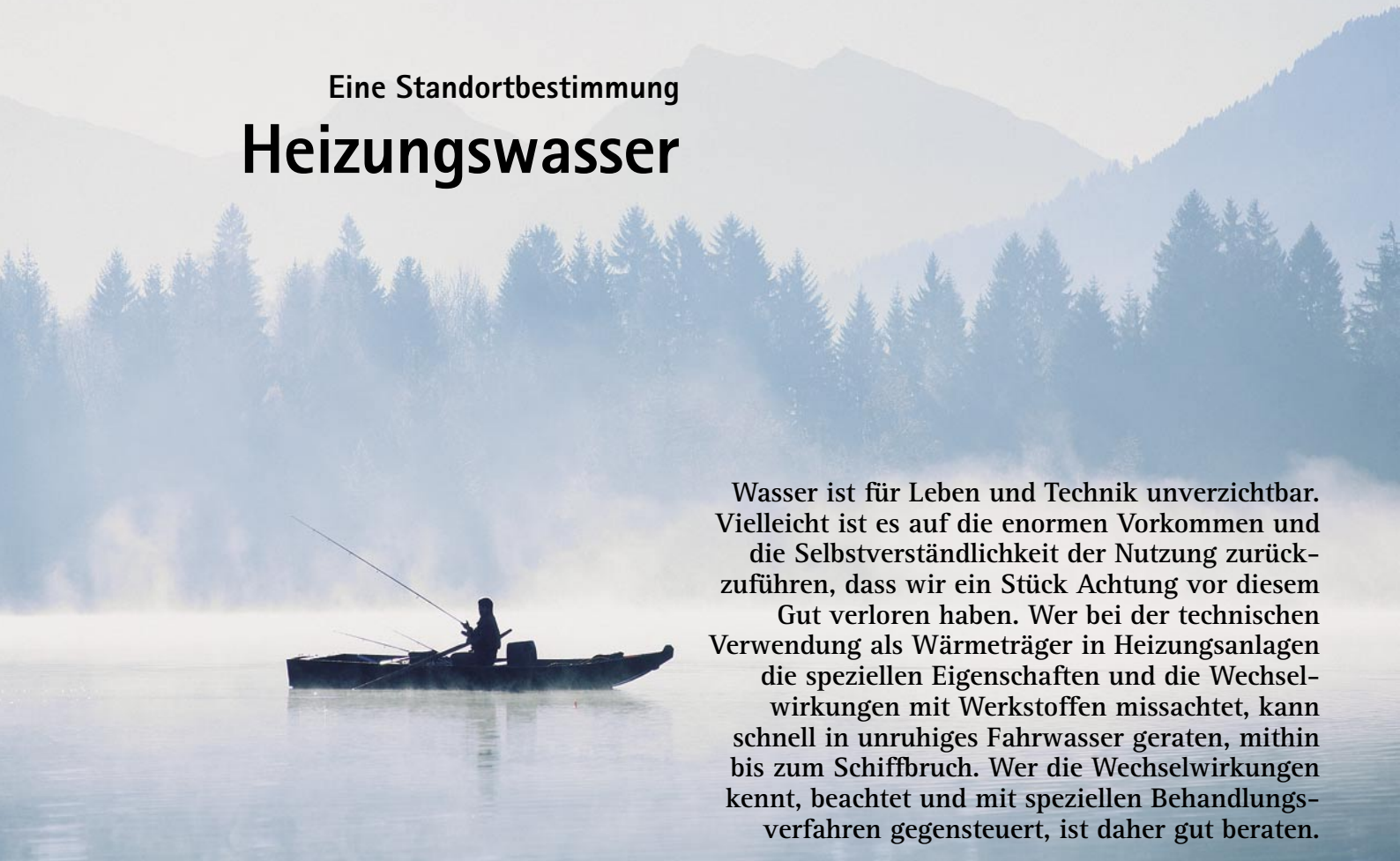


Eine Standortbestimmung Heizungswasser



Wasser ist für Leben und Technik unverzichtbar. Vielleicht ist es auf die enormen Vorkommen und die Selbstverständlichkeit der Nutzung zurückzuführen, dass wir ein Stück Achtung vor diesem Gut verloren haben. Wer bei der technischen Verwendung als Wärmeträger in Heizungsanlagen die speziellen Eigenschaften und die Wechselwirkungen mit Werkstoffen missachtet, kann schnell in unruhiges Fahrwasser geraten, mithin bis zum Schiffbruch. Wer die Wechselwirkungen kennt, beachtet und mit speziellen Behandlungsverfahren gegensteuert, ist daher gut beraten.

Wasser ist eine besondere Flüssigkeit. Allein die Tatsache, dass Wasser zwischen 0 und 100°C in flüssiger Form vorliegt ist bemerkenswert. Nach seinen verwandten Substanzen (Schwefelwasserstoff, Ammoniak...) dürfte es eigentlich erst bei weit unter -50°C flüssig werden. Darüber hinaus ist Wasser die einzige bekannte Verbindung, bei der der Feststoff leichter ist, als der flüssige Aggregatzustand. Wasser ist ein hervorragendes Lösungsmittel für viele Substanzen. Seine Verfügbarkeit, Ungiftigkeit, Kompaktheit, die hohe Wärmekapazität und die exorbitante Verdampfungsenergie haben Wasser zum am häufigsten eingesetzten Wärmeträger gemacht. Nur für extreme Anwendungen werden Öle oder flüssige Metalle sowie in speziellen Fällen verflüssigte Gase, benutzt. Aus diesem Grund ist es unbedingt erforderlich, die Eigenschaften als Wärmeträger, seine Wechselwirkungen mit den Heizungswerkstoffen und andere Besonderheiten zu kennen.

Anforderungen an Heizungswasser auf der rechtlichen Seite

Der Geltungsbereich der VDI 2035-1, die seit längerer Zeit für Heizanlagen > 100kW besteht, wurde in der neuen Fassung im Blatt 2 auf Klein- und Kleinst-

anlagen < 100kW erweitert und markiert seit Oktober 2000 den Stand der Technik. Was grundsätzlich bedeutet, dass diese Richtlinie im Schadenfall zur Beurteilung herangezogen werden kann. Damit haben DIN und VDI verschiedenen Entwicklungen Rechnung getragen, die sich im Bereich Kleinanlagen seit langem abzeichnen. Automatisch fallen damit auch Kleinanlagen unter den Geltungsbereich der TRD 602 bzw. 612 (Heizungswasser-Richtlinie) des VdTÜV und zukünftig wahrscheinlich zudem in den Bereich der neuen Druckgeräterichtlinie der EG, deren Geltungsbereich bereits ab 0,5 bar Innendruck beginnt.

Kleinfeuerungsanlagen fallen aufgrund der Gruppeneinteilung der TRD-Regelwerke jedoch streng genommen nicht unter die Richtlinie. So ist eine wiederkehrende Druckprüfung der Heizkessel nicht vorgesehen. Eine wiederkehrende Revision nach Druckbehälter- bzw. nach Dampfkesselverordnung ist erst bei Hochtemperaturanlagen mit Wassertemperaturen über 100°C und einem Wasserinhalt von mehr als 350 Liter notwendig. Bei diesen Anlagen ist eine regelmäßige Wasseranalyse zwingend vorgeschrieben. Nach den Erfahrungen der Autoren ist man jedoch gut beraten, wenn man die wich-

tigsten Regeln der TRD 602 und 612 sowohl für den Bau als auch für den Betrieb einer Heizungsanlage generell beachtet. Für das Wasser gelten die Richtwerte nach Tabelle 1.

Die Werte in Klammern sind nicht Teil der Richtlinie, sollten jedoch beachtet werden, da sie Aufschluss über die Korrosionsvorgänge geben. Bei Niedertemperaturanlagen ist eine Härtestabilisation im Kreislaufwasser mittels geeigneter Zusätze

Parameter	Gültigkeitsbereich
Geruch	geruchlos
Färbung	farblos
Trübung	klar
Bodensatz	ohne
pH-Wert	9,0 - 10,5
El. Leitfähigkeit	100 - 1500 µS/cm
Öl, Fett	< 1,0 mg/l
Eisen	(< 0,5 mg/l)
Kupfer	(< 0,1 mg/l)
Gesamthärte	< 0,112 °dH

Tabelle 1 Wasserwerte angelehnt an die TRD 602/612

möglich. Ab einer Vorlauftemperatur höher 70°C sollte die Heizanlage generell mit härtefreiem Wasser befüllt werden. Die Konditionierung des Kreislaufwassers (pH-Wert-Einstellung) wird grundsätzlich gefordert. Entsprechende Richtwerte bei salzhaltiger (kalkfreier) Fahrweise sind bei den Herstellern, SHK-Verbänden oder beim TÜV zu erfragen.

Entwicklung der Anlagentechnik und die Folgen

Als Konsequenz der Energieeffizienzsteigerung von Heizungsanlagen wurde die Heizflächenbelastung (kW/m^2) der Heizungsanlagen stark erhöht. Gleichzeitig kommen auch aus Gründen der leichteren und schnellen Verarbeitbarkeit immer neue Werkstoffe im Apparatebau und bei der Installation zum Einsatz. 1960 wurden noch fast ausschließlich verzinkte Eisenrohre, Messingventile und Schwarzeisen verarbeitet. Bald darauf hielt Kupfer breiten Einzug im Heizungsbau.

Als dann vermehrt Fußbodenheizungen installiert wurden, verbreitete sich der Einsatz von Kunststoffen für Heizungsrohrleitungen. Die zunächst verwendeten Kunststoffrohre waren jedoch nicht diffusionsdicht, so dass Sauerstoff leichter Zutritt zu diesen Kreisläufen erhielt. Als technische Lösung wurden diffusionsdichte Kunststoffrohre und Verbundrohre mit Aluminiumkernen im Kunststoffmantel entwickelt, welche Sauerstoffdiffusion deutlich reduzieren.

Mit der Brennwerttechnik und der per Gesetz verordneten Reduktion des Schwefelgehalts in Brennstoffen gelangen nun Leichtmetalllegierungen (aus Aluminium, Magnesium, Silicium) als neuer Werkstoff in den Heizungskreislauf, die aus Verbrennungsmotoren bekannt sind. Dazu werden hauptsächlich Aluminiumlegierungen wegen der guten Wärmeleitfähigkeit verarbeitet. Bis auf wenige Legierungen ist Aluminium jedoch weder bei saurem noch bei alkalischem Heizungswasser langzeitstabil, es wird spröde und zersetzt sich mit der Zeit.

So findet man heute in einem „modernen“ Heizungswasserkreislauf einen bunten Mix verschiedenster Werkstoffe mit unterschiedlichsten Erfordernissen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Wasserqualität regional äußerst unterschiedlich ausfällt. Sie reicht von extrem hart und salzhaltig im schwäbisch-fränkischen Stufenland, über zum Teil sehr salzhaltig auf den Inseln und in manchen Bereichen des Oberrheingrabens, bis zu nahezu härtefreiem Wasser in den alten Mittelgebir-

gen Harz und Schwarzwald. Daher sind einige wesentliche Orientierungspunkte wichtig, mit deren Hilfe die Eignung eines Wassers für eine Anlage eingeschätzt und entsprechend dem Stand der Technik aufbereitet werden kann.

Was die Flammentemperatur mit dem Wasser zu tun hat

In den letzten Jahren wurde aus Gründen der besseren Verbrennung und des höheren Wirkungsgrades die Flammentemperatur stark erhöht. Dies hatte unmittelbar zur Folge, dass auf eine gegebene Heizfläche im Kessel sehr hohe Temperaturunterschiede einwirken. Zum einen beträgt die Flammentemperatur weit über 1000°C, zum anderen hat das Wasser bei Niedertemperaturanlagen eine Temperatur von 40 bis 80°C. Da diese extreme Temperaturdifferenz bezahlbare Werkstoffe nicht ohne weiteres aushalten, werden verschiedene Techniken angewendet, damit das Metall des Heizkessels nicht der höchsten Temperatur der Flamme ausgesetzt ist. Trotzdem sind auch die Oberflächentemperaturen auf der Wasserseite und damit die Heizflächenbelastung über die Jahre gestiegen.

Daraus ergibt sich, dass eine Belagsbildung im Bereich der Flamm- und Rauchgasrohre bei moderneren Heizkesseln wesentlich stärkere Auswirkungen als bei älteren Anlagen hat. Fachleute beziffern den Wirkungsgradverlust je Millimeter Belagsstärke auf der Wasserseite mit 9 bis 15%. Baut sich ein stärkerer Belag auf, wird der Kessel nicht mehr ausreichend gekühlt und es besteht die Gefahr der

Gefügeveränderung im Kesselmaterial („Ausglühen des Werkstoffs“). Zudem weisen wandhängende Brennwertgeräte heute meistens nur noch 5 bis 10% des Wasserinhalts klassischer bodenstehender Kessel auf. Bei großen Anlagen wird daher seit jeher Wasser mit maximal 0,02 mmol Erdalkalien gefordert, da diese Härtebildner hauptsächlich verantwortlich für den gefürchteten Kesselstein sind (Bild 1).

Niedertemperatur-Großflächenheizungen

Seit einiger Zeit werden vermehrt große Heizflächen eingesetzt, die mit niedriger Temperatur arbeiten. Diese sind energetisch sehr günstig und ermöglichen ein angenehmes Raumklima. Bei der Verwendung von Kunststoffrohren kann ein nur wenig bekanntes Problem auftreten. Kunststoffmaterialien haben Poren im mikroskopischen Bereich. An diesen feinen Unebenheiten können sich Bakterien einnisten. Bei 35 bis 40°C haben diese Bakterien ihre optimale „Betriebstemperatur“ und vermehren sich sehr schnell, es kann zu einem ausgeprägten Biofouling kommen. Darunter versteht man die Bildung eines Biofilms, verschiedenster Zusammensetzung und Ausdehnung (Bild 2). Solche Biofilme können bis zum Verschluss der Rohrleitungen oder auch zu deren völliger Zerstörung (durch Verstoffwechslung) führen. Da es sich um ein extrem wandelbares Biosystem handelt, ist ein solcher Biofilm nur sehr schwer zu beseitigen. Am Markt existieren jedoch individuelle Behandlungsverfahren, mit denen schon eine starke Reduzierung oder gar



Bild 1
Teil eines
geplatzten
Kesselglieds
mit 4,5 mm
Kalk- und
Oxidbelag

Foto: Hannemann

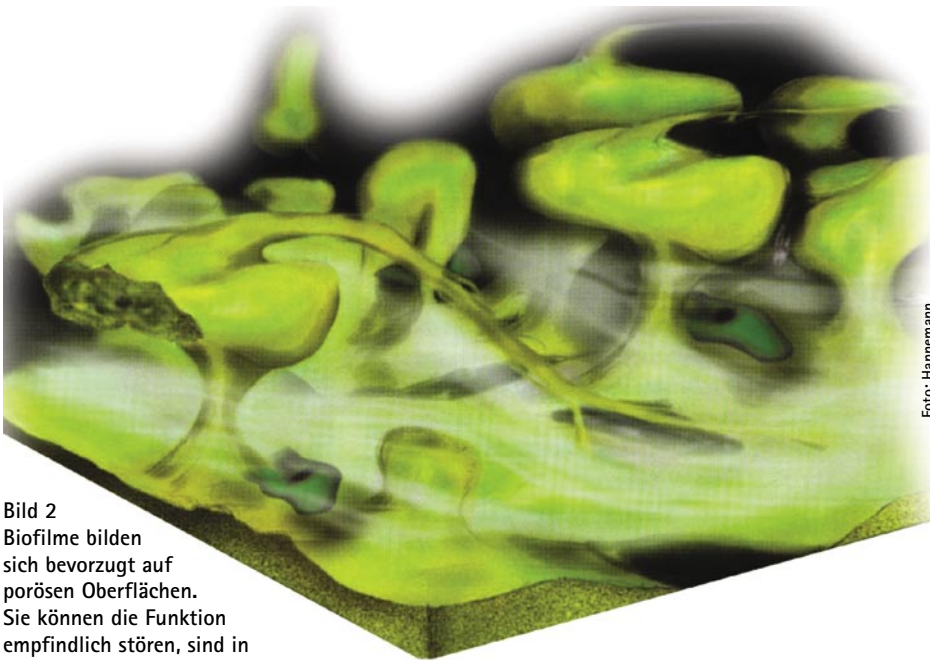


Foto: Hammemann

Bild 2
Biofilme bilden sich bevorzugt auf porösen Oberflächen. Sie können die Funktion empfindlich stören, sind in der Hälfte aller Installationen vorhanden und doch kaum bekannt

Beseitigung erreicht wurde. Als präventive Gegenmaßnahme kann durch einen Schutzfilm, der sich über die Poren legt, das Einnisten von Bakterien stark eingeschränkt oder sogar verhindert werden.

Wasser – etwas genauer unter die Lupe genommen

Einige zentrale Problempunkte, die unmittelbar aus den Eigenschaften des Wassers, seinen gelösten Salzen und den in Kontakt stehenden Materialien folgen, sind bei der Verwendung als Wärmeträger elementar wichtig.

Härte

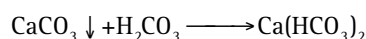
Als Härte bezeichnet man die gelösten Salze des Kalziums und des Magnesiums. Früher bezog man in Deutschland die Mengenangabe auf 10mg/l Kalziumoxid (CaO) und bezeichnete dies als deutsche Härtegrade °dH. Seit die SI-Einheiten gelten, sind diese Härteangaben veraltet, wenn auch noch sehr verbreitet. Stattdessen gibt man die Stoffmenge der gelösten Kalzium- und Magnesiumionen als Molmasse an. Bei Kalzium hat ein mol die Masse von 40,08g, bei Magnesium 24,312g. Solche Mengen sind im Wasser in der Regel jedoch nicht gelöst, so dass die gebräuchliche Angabe Millimol pro Liter (mmol/l) ist. Da Kalziumoxid eine Molmasse von 56,049g/mol bzw. 56,049mg/mmol hat und °dH eine Angabe in Schritten von 10mg/l CaO ist, ergibt sich der Proportionalitätsfaktor für die Umrechnung von 5,6049 °dH/mmol. In der Praxis reicht die Genauigkeit von einer Dezimalstelle aus.

Temporäre Härte (Kalkhärte)

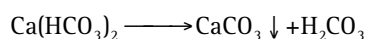
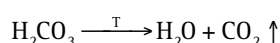
Die Gesamthärte wird auf die Ionen des Kalziums und des Magnesiums bezogen. Beide sind positiv geladen. Um die elektrische Neutralität der Lösung zu wahren, muss die gleiche Menge negativ geladener Ionen vorhanden sein. In Deutschland, mit seinen ausgesprochen mächtigen Kalklagerstätten, sind dies meist Karbonat bzw. Hydrogencarbonat. Man spricht dann von Karbonathärte (KH), Kalkhärte oder auch temporärer Härte.

Die Salze des Magnesiums oder des Calciums und der Kohlensäure (Karbonate) sind schwer löslich. Das sieht man schon an der Tatsache, dass es ausge dehnte Gebirge aus diesen Substanzen gibt. Die Kohlensäure ist jedoch eine schwache Säure und eine flüchtige dazu. So können folgende Eigenschaften angegeben werden.

- Bei Gegenwart von Säuren (z.B. Kohlensäure) wird Kalk gelöst. Es bilden sich Hydrogencarbonate, die leicht löslich sind:



Wird die Kohlensäure ausgetrieben, fällt der Kalk (die Härte) durch plötzliche Druckentlastung oder Hitzeeinwirkung aus. Es bildet sich Kesselstein und das Wasser wird weicher:



Dauerhafte Härte

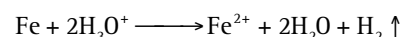
Alle anderen Ionen, zum Beispiel Chlorid, Sulfat usw. sind nicht flüchtig und bilden in so kurzer Zeit keine schwer löslichen Verbindungen. Man spricht daher von permanenter Härte, weil dieses durch Hitzeeinwirkung nicht entfernt werden kann. Im Fall der Heizung bereitet daher im Wesentlichen die Gegenwart von Kalkhärte Sorgen, weil diese zur Verkrustung (Kesselsteinbildung) an wärmeübertragenden Flächen führen kann und zum Bindemittel für Korrosionspartikel wird. Sulfate sind hierbei weniger kritisch, können nach einigen Jahren jedoch zur Bildung von Schlamm aus Gips führen.

Korrosion

Seit der Mensch baut, hat er auch mit dem Verfall der Werkstoffe zu tun, aus denen seine Konstruktionen erbaut sind. Diesen Vorgang nennt man Korrosion. Im Heizungsbau werden vorwiegend metallische Werkstoffe und mit steigendem Anteil Kunststoffe eingesetzt. Alle diese Werkstoffe unterliegen der Korrosion – sie gleichen in gewisser Weise einer gespannten Feder, die wieder in die energetisch günstigere Ausgangssituation gelangen möchte. In der Regel geschieht das nur sehr langsam. Diesen Vorgang, der „kalten – weil langsamen – Verbrennung“ nennt man auch Korrosion (andere Arten sind heizungstechnisch unerheblich). Immer wenn Substanzen mit Sauerstoff reagieren, werden Elektronen ausgetauscht. Das bedeutet, es fließt ein elektrischer Strom (Batterieprinzip) den man in diesem Zusammenhang als Korrosionsstrom bezeichnet. Wird der Stromfluss unterbrochen, bildet sich eine elektrische Spannung aus. Vergleicht man Materialien unter definierten Bedingungen mit einem definierten Nullpunkt, erhält man die elektrochemische Spannungsreihe (Tabelle 2).

Einfluss des pH-Wertes

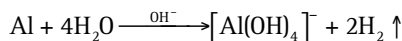
Die tatsächliche Korrosionsstätigkeit durch die so genannte Wasserstoffkorrosion an wasserberührten Bauteilen hängt vor allem von der Wasserstoffionen-Konzentration ab, also vom pH-Wert. Reaktionsgleichung zur Säurekorrosion:



Da es auch einen alkalischen Angriff auf das Eisen gibt, existiert ein optimaler pH-Wertbereich, bei dem die Korrosionsstätigkeit fast nicht mehr messbar ist. Dieser befindet sich in einem Bereich von ca. 8,5 bis 10,5. Diese Bereichsangabe ist für salzhaltiges Wasser (el. Leitfähigkeiten 100 bis 1500 µS/cm) und Temperaturen

unter 100°C anwendbar (in Abweichung zur Heizungswasserrichtlinie).

Vergleichbare Reaktionsgleichungen und optimale Bereiche gibt es auch für alle anderen Werkstoffe. Im Fall des Aluminiums kommt eine Besonderheit hinzu. Die alkalische Korrosion tritt beim Aluminium in bedeutend größerem Umfang auf. So dass der „optimale“ pH-Wertbereich für Aluminium wesentlich schmaler ist und wesentlich tiefer als der von Eisen liegt. Alkalische Korrosion bei Aluminium:



Der optimale pH-Bereich des Aluminiums liegt bei etwa 6,5 bis 7,5, kann jedoch mit geeigneten Maßnahmen bis auf etwa 8,5 gesteigert werden. Die meisten Aluminiumlegierungen sind jedoch sowohl bei saurem, als auch bei alkalischem, der Heizungswasserrichtlinie entsprechendem Wasser, nicht stabil. Lediglich ein paar wenige Legierungen zwischen Silizium und Aluminium scheinen eine erhöhte Stabilität im alkalischen Bereich aufzuweisen. Da diese Materialien relativ neu sind, liegen außer den Labormessungen noch keine langjährigen Erfahrungen vor.

Einfluss von Sauerstoff

Durch die Reaktion mit Sauerstoff kann Lochkorrosion entstehen. Für diese Art der Korrosion ist Eisen besonders anfällig, weil im Gegensatz zum Kupfer und Aluminium fest haftenden Oxide nur bei hohen Temperaturen entstehen, die in der Heizung praktisch nicht vorkommen. Oxidschichten bei Kupfer und Aluminium sind zwar dicht und schützen das darunter liegende Material, sind aber bei ständigem Wasserkontakt empfindlich, weil sie durch Schwankungen des pH-Wertes und andere Faktoren stärker angegriffen werden können. Saures und alkalisches Milieu beschleunigen diese Reaktionen, weil die Reaktionsprodukte entfernt werden, bzw. der Oxidationsprozess beschleunigt wird.

Mischinstallation

Bei Mischinstallationen kommt es neben dem Kontakt von verschiedenen Metallen miteinander auch verstärkt zum Sauerstoffzutritt (Kunststoffrohre, Verschraubungen, Muffen, Verpressungen...). Dadurch kommt es zu einem Spannungsfälle in der Installation (siehe Spannungsreihe), dem häufig das Aluminium zum Opfer fällt. In manchen Bereichen ist dies sogar ein beabsichtigter Vorgang (Opferanode). Bestehen Wärmeübertrager oder Heizkörper aus Aluminium, kann von Absicht aber nicht die Rede sein. Eine Möglichkeit des Schutzes besteht darin,

diese Bauteile elektrisch zu isolieren. Das ist jedoch nur die halbe Miete, weil Wasser auch immer eine gewisse elektrische Leitfähigkeit aufweist.

Darüber hinaus kommt es bei Mischinstallationen oft zur Lokalelementbildung. Das bedeutet, dass sich beispielsweise ein gelöstes Kupferion mit Eisen verbindet. Kommen weitere Kupferionen hinzu, entsteht ein Lokalelement, bei dem Eisen gelöst wird. Es entsteht ein Loch, ohne dass das Wasser irgendwelche Auffälligkeiten gezeigt hat. Da dieser Vorgang lokal und die beteiligte Stoffmenge sehr klein ist, kann dieser Vorgang durch Wasseranalyse nicht nachgewiesen werden. Anfällig für diese Art der Korrosion sind bestimmte Edelstähle, Aluminium, besonders wenn es einmal zur Beschädigung der Schutzschicht gekommen ist, und Eisen ab einer bestimmten Kupferkonzentration im Wasser.

Biologische Prozesse im Heizungswasser

Wenig beachtet ist die Tatsache, dass Bakterien durchaus in der Lage sind, in Heizungskreisläufen zu existieren. Generell gilt, wo Wasser ist, ist auch Leben möglich. Diese banale Feststellung hat wichtige Auswirkungen.

Bakterien und andere Organismen haben bestimmte Bedürfnisse, die für ihre Entwicklung erforderlich sind. Der Einfachheit halber bezeichnen wir alles, was biologisch in der Heizung ist, als Bakterium, es können aber auch Pilze und Algen vorkommen.

- Bakterien benötigen eine Energiequelle. Das kann ein Wärmeunterschied, aber auch eine chemische Reaktion sein. Bakterien bevorzugen in der Regel die Reaktion, weil die besser zu steuern ist.
- Bakterien benötigen bestimmte Unebenheiten oder Poren in die sie sich zwecks Koloniebildung einnisten. Hier sind vor allem ölige Oberflächen, Kunststoffe und Härtebeläge ein bevorzugter Unterschlupf.
- Bakterien benötigen eine gewisse Konstanz der Lebensbedingungen vor allem zu Beginn der Ansiedelung. Dabei sind sie später durchaus in der Lage, die Lebensbedingungen nach ihren Bedürfnissen zu verändern.
- Bakterien benötigen Zeit, um sich an neue Umgebungen zu gewöhnen.

Stellvertretend sind zwei häufiger auftretende Fälle:



Bild 3 Ein bunter Materialmix stellt besondere Anforderungen an die Wasserqualität in Heizungsanlagen. Heizungswasser unbehandelt (links) und behandelt



Sulfatreduzierende Bakterien

Früher und auch heute noch wird in der Heizungswasserbehandlung oftmals Natriumsulfit zur Sauerstoffbindung eingesetzt. Aus Natriumsulfit und Sauerstoff entsteht Natriumsulfat. Da ständig mit einem gewissen Eintrag an Sauerstoff zu rechnen ist, muss das Sauerstoffbindemittel ständig zugesetzt werden. Das hat drei Konsequenzen:

1. Die elektrische Leitfähigkeit des Heizungswassers steigt immer mehr an, was den Fluss des Korrosionsstroms erleichtert.
2. Die Sulfatkonzentration steigt, was zur Bildung von Gipskristallen führen kann, wenn Härte im Wasser ist.
3. Unter Umständen kann das Wasser „umkippen“.

Unter Umkippen des Wassers versteht man in diesem Zusammenhang die Bildung von Schwefelwasserstoff. Dadurch versäuert das Wasser, stinkt und wird giftig. Durch die gleichzeitige Absenkung des pH-Werts werden starke Korrosionsvorgänge an den Rohren initiiert. Verursacher sind sulfatreduzierende Bakterien. Sie reduzieren das Sulfat zum Sulfid und verwenden den daraus gewonnenen Sauerstoff zur Oxidation des Eisens. Aus diesem Prozess gewinnen sie ihre Lebensenergie. Temperatur und Druck spielen fast keine Rolle, da es die verschiedensten Stämme gibt. Heute verwendet man aus diesem Grunde nur noch dann Sulfit, wenn es unter ständiger Beobachtung ist, ansonsten ist der Einsatz von Sulfit zur Sauerstoffbindung in Heizungskreisläufen rückläufig. Es sind andere Verfahren entwickelt worden, die weiter unten skizziert werden.

Biofouling in Heizungen

Eine andere Art des biologischen Problems in Heizungsanlagen ist die Schleimfilmbildung. Diese tritt vorwiegend bei Niedertemperaturheizungen mit Kunststoffrohren auf. Dabei nisten sich zunächst Pionierorganismen in den Poren der Oberfläche ein und vermehren sich. Dadurch wird der Boden für andere Organismen bereitet, die sich dann in diesen bestehenden „Rasen“ einnisten. Dieser Prozess geht so weit, dass Teile des Rasens abgestoßen werden und an anderer Stelle aufwachsen. Dabei sind die Bakteriengesellschaften in der Lage, ihr chemisches Milieu weitgehend selbst zu bestimmen. Selbst wenn der pH-Wert des Wassers 9 ist, kann an der Oberfläche des Metalls oder Kunststoffs ein pH-Wert von 4,5 (Essigsäure) vorliegen.

Die biologischen Prozesse in diesen gallertartigen Schichten sind äußerst vielfältig und praktisch nicht zu beherrschen. Die Dosierung von giftigen Chemikalien und anderen Bioziden ist in der Regel nicht erfolgreich, weil sie nur an der Oberfläche wirken. Die Bakterien in der darunter liegenden Schicht haben dann genügend Zeit Resistenzen zu bilden und können die ursprünglich giftige Substanz sogar verstoffwechseln.

Auf Dauer kann hier nur durch eine spezielle und ggf. wiederkehrende Wasserbehandlung, die zur langsamen „Verbrennung“ des Biofilmes führt, eine Lösung oder Verminderung des Problems erreicht werden. Allerdings muss bei dieser Methode die Materialspezifikation der Heizungsanlage genau geprüft werden, um unerwünschte Nebenwirkungen auszuschließen. Meist ist es erforderlich, Magnesiumbauteile zum Korrosionsschutz für die Dauer der Behandlung zu entfernen. Auch darf der pH-Wert wegen der anderen Metalle nicht zu sauer sein. Falls möglich, sollte der besonders betroffene

Teil getrennt behandelt werden, um ein „Kalben“ des Films zu vermeiden.

Prinzipielle Methoden des Korrosionsschutzes

Aufbauend auf den bisher aufgezeigten, phänomenologischen und prinzipiellen Beziehungen bei Korrosionsvorgängen, lassen sich die wichtigsten Korrosionsschutzverfahren beschreiben.

Elektrolytischer Korrosionsschutz

Korrosionsvorgänge sind immer mit Stromflüssen verbunden. Man kann daher versuchen, dem freiwillig fließenden Strom eine größere Spannung entgegenzustellen. Bekanntes Verfahren ist die Opferelektrode, die unedles Material in den Kreislauf freisetzt. Hier kommt vorwiegend sehr reines Magnesium zum Einsatz.

Wird das Magnesium elektrisch leitend mit allen Metallen verbunden, kommt es zur Aufladung der Werkstoffe gemäß der Spannungsreihe (Tabelle 2). Diese

Eingebauter Aluminiumschutz

Mit Snello und Wasseroptimator-Liquid bietet Hannemann Wassertechnik ein Korrosionsschutz-Konzept basierend auf einer Filmbildung auf allen Metallen und Kunststoffoberflächen, pH-Wert-Einstellung des Heizungswassers im Bereich von 8,5 bis 9,5 mit Pufferfunktion und einer Härtestabilisierung für Nachfüllwasser an. Da es nicht möglich ist, einen für alle Werkstoffe einer Mischinstallation idealen pH-Wert einzustellen, harmonisiert die Filmbildung die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften. Nach Herstellerspezifikation werden so alle Heizungswasserkreisläufe geschützt. Durch einen speziell eingebauten „Alu-Protector“ gilt der Schutz auch für Aluminium, das in den letzten Jahren über Wärmeübertrager in Heizgeräten und Heizkörpern Einzug in die Heizungsanlagen gehalten hat. Wasseroptimator-Liquid stabilisiert die sich natürlich bildende Aluminiumoxidschicht auf der Werkstoffoberfläche und reduziert damit signifikant den Korrosionsablauf. Zusätzlich werden kleinste Undichtigkeiten z. B. an Verschraubungen geschlossen.

Der patentierte Snello ist ein auf beiden Seiten mit einem Kugelhahn und einem Rückschlagventil versehener Füllschlauch zum Einspülen des hochkonzentrierten Korrosionsschutzmittels. Er wird vorgefüllt und plombiert geliefert. Durch die blaue Färbung der Flüssigkeit kann der Einschleusungsvorgang leicht überwacht werden. Die Berechnung der richtigen Menge Wasseroptimator-Liquid erfolgt über wohnflächenbezogene Tabellenwerte für die unterschiedlichen Wärmeabgabesysteme. Außerdem ist auch ein sehr einfach zu bedienender Mengenrechner im Internet verfügbar. Bedarfsgröße ist dann der Snello-Typ (unterschiedliche Schlauchdimension) abgestimmt auf den Heizungswasserinhalt.

Hannemann Wassertechnik
85570 Markt Schwaben
Telefon (0 81 21) 47 83 60
Telefax (0 81 21) 47 83 89
www.wasseroptimator.de



Snello mit Wasseroptimator-Liquid

Foto: Hannemann

Metall	Ion	Spannung (V)
Aluminium	Aluminium (III)	-1,662
Zink	Zink (II)	-0,7627
Kupfer	Kupfer (II)	+0,337
Metall	Ion	Spannung (V)
Magnesium	Magnesium (II)	-2,363
Eisen	Eisen(II)	-0,4002
Gold	Gold (III)	+1,498
Gemessen gegen normal Wasserstoffelektrode		

Tabelle 2
Spannungsreihe

Aufladung verhindert die Korrosion der Werkstoffe und konzentriert die Korrosion an der Opferanode. Der Endpunkt der Wirksamkeit ist dann erreicht, wenn kein Strom mehr in den Leitungen fließt. Nachteil: Im Einzelfall kann die Opferanode sehr schnell verbraucht werden, was einen starken Anstieg des pH-Werts zur Folge hat.

Wird Magnesium elektrisch isoliert in den Kreislauf gebracht, reagiert es mit dem Wasser, bildet Wasserstoff und Magnesiumhydroxid. Der Wasserstoff reagiert zum Zeitpunkt seines Entstehens mit dem im Wasser gelösten Sauerstoff. Das Magnesiumhydroxid ist eine Lauge und hebt damit den pH-Wert des Heizungswassers an. Dadurch kommt es zur Selbststeuerung der Zersetzung des Magnesiumstabes. Nachteil dieser Methode ist, dass die Härte erhöht wird und durch den alkalischen pH-Wert können ungeschützte Aluminiumflächen angegriffen werden.

Wird der Korrosionsspannung eine äußere elektrische Spannung entgegengesetzt, wird der Stromfluss verhindert. Dieses Verfahren ist in Heizungsanlagen jedoch eher ungebräuchlich, weil nur selten alle Bauteile erreicht werden und lokale Ströme zwischen zwei benachbarten Bauteilen nicht wirksam unterbunden werden.

Sauerstoffbindung

Da bei Korrosionsvorgängen von Eisenmetallen in Heizungen Sauerstoff eine große Rolle spielt, liegt es nahe den Sauerstoff des Heizungswassers zu binden. Bei Systemen, die gänzlich aus Metall bestehen und geschlossen gebaut sind, ist dieses Verfahren aber eher unsinnig, weil der bei der Inbetriebnahme im System vorhandene Sauerstoff nur einen kleinen Teil des Korrosionsprozesses verursacht. Besteht eine Anlage jedoch aus viel Kunststoff, vor allem älterer Bauart und wird die Anlage zudem noch über längere Zeit ausgeschaltet (kaltes Wasser löst Sau-

erstoff vergleichsweise gut), kann Sauerstoffkorrosion zum Problem werden.

Früher wurde Natriumsulfit eingesetzt, weil es der schnellste Sauerstoffbinder ist. Die erheblichen Nachteile wurden bei den biologischen Prozessen bereits beschrieben. Bei größeren Anlagen wurde und wird zum Teil Hydrazin eingesetzt. Dies ist für kleine Anlagen nicht möglich, obwohl Hydrazin hervorragende Eigenschaften im Heizungswasser hat. Hydrazin gilt aber

als krebserregend. Im Wesentlichen wird eine Sauerstoffbindung nur in begründeten Ausnahmefällen unter Beobachtung angewendet, weil man regelmäßig nachdosieren muss und eine regelmäßige Überwachung erforderlich ist.

Der optimale pH-Wert

Bei fast allen Korrosionsprozessen ist der pH-Wert eine entscheidende Größe. Es ist jedoch sehr schwer, einen optimalen pH-Wert einzustellen, wenn ein Mix verschiedenster Materialien im Kreislauf verbaut wurde. Insbesondere das Vorhandensein von Aluminium ist hier als „Problemkind“ zu nennen. Wenn ein pH-Wert eingestellt ist, der für das Aluminium einigermaßen passt, liegt bereits nennenswerte Korrosion am Eisen vor.

Somit wird eine Schutzdosierung für das Eisen notwendig. Der gleiche Fall gilt natürlich auch anders herum. Stellt man einen optimalen pH-Wert für das Eisen ein, muss man speziell das Aluminium vor Korrosion schützen. Ein stabiler Schutz auf dem Aluminium durch einen

Mobile Heizungswasserfüllanlage

Nach einer Kurzumfrage des ZVSHK gab es im Jahr 2003 ca. 2000 Schadenfälle durch Kalkablagerungen in Heizungsanlagen, wobei es sich aufgrund der Art der Umfrage nur um die Spitze des Eisbergs handeln dürfte. Die Vermeidung von Steinbildung in Warmwasserheizanlagen und die Umsetzung der gültigen Richtlinien VDI 2035-1, TRD 612, ÖNORM H5195 wird offensichtlich in der Praxis von Planern und Fachbetrieben vielfach stiefmütterlich behandelt. Mit der mobilen Heizungswasserfüllanlage Hardy 100 bietet Hannemann Wassertechnik jetzt eine praxisgerechte Lösung zum Spülen und Befüllen von Heizungsanlagen gemäß TRD 612 (Heizungswasserrichtlinie) und VDI 2035-1 an. Hardy produziert 4 bis 5 m³ Weichwasser (bei Rohwasser mit 18 bis 20 °dH) zur Befüllung von Heizungsanlagen. Mit Schnellanschlusstechnik ist die Anlage schnell betriebsbereit. Ein Einhandtrailer sorgt für hohe Mobilität, auch beim Treppensteigen. Angedockt an eine Regenerierstation in der Werkstatt, ist die mobile Heizungswasserfüllanlage nach 70 bis 90 Minuten wieder einsatzbereit.

Hannemann
Wassertechnik
85570 Markt Schwaben
Telefon (0 81 21) 47 83 60
Telefax (0 81 21) 47 83 89
www.wasseroptimator.de



Hardy 100, Heizungswasserfüllanlage auf Einhandtrailer

Foto: Hannemann

geeigneten Filmbildner ist zu empfehlen (siehe Info-Kasten, Bild 3). Durch Zugabe von Trinatriumphosphat lässt sich der pH-Wert anheben, es hat jedoch keine, bzw. nur mäßige korrosionsinhibierende Eigenschaften. Auch kann es zu Problemen bei Anwesenheit von Aluminium kommen.

Filmbildung

Die einfachste Methode ist es, das Wasser vom Material zu trennen. Das kann man mit anorganischen oder organischen chemischen Verfahren erreichen. Die letzteren haben jedoch den Nachteil, dass Kupfer angegriffen werden kann, wenn mit filmbildenden Aminen oder Amiden gearbeitet wird. Es gibt zwar Ausnahmen, aber die Gefahr bleibt unter bestimmten Umständen prinzipiell bestehen.

Die Filmbildung hat den Vorteil, dass der Sauerstoffgehalt praktisch nicht relevant ist und die Oberflächen auch dann gut geschützt werden, wenn der pH-Wert nicht ganz im optimalen Bereich liegt. Bei der Auswahl der geeigneten Rohstoffe gilt dies auch und gerade für Aluminium. Filme auf der Oberfläche von Metallen sind sehr dicht und fest haftend und müssen nur wenig oder gar nicht nachdosiert werden, bieten biologischem Befall wenig Angriffsfläche und behindern wegen der geringen Stärke auch die Wärmeübertragung nicht.

Bei Anwendung von Filmbildnern auf Molybdätbasis ist darauf zu achten, dass die Konzentration des Produktes lt. Herstellerangaben nicht unterschritten wird. Bei verringerter Konzentration durch Frischwassernachspeisung kann der Film porös werden. Dann besteht die Gefahr der Lochkorrosion. Da Molybdät keinen ausreichenden Schutz für Kupfer bietet, enthalten Produkte nach diesem Verfahren häufig spezielle Kupferinhibitoren, die meistens nicht unbedenklich für Trink- und Abwasser sind.

Was man besonders beachten sollte

- Beim Bau einer Heizungsanlage sollten so wenig verschiedene Materialien wie möglich verbaut werden, um die Bildung elektrochemischer Reaktionen zu vermeiden.

Nachgefragt: Inhibitor

Ein Inhibitor ist ein Hemmstoff, der chemische Vorgänge verhindert. Korrosion ist ein Vorgang, den es zu inhibieren (verhindern) gilt.



Fotos: Hannemann



Bild 4 Der optimale pH-Wert bei Kleinanlagen liegt bei 8,5 bis 9,5. Neue Verfahren stabilisieren AISiMg-Legierungen langfristig gegen Korrosion

- Ein Niedertemperaturheizungssystem sollte vor Inbetriebnahme gründlich mit weichem Wasser gespült werden.
- Ein Heizungssystem sollte grundsätzlich mit weichem Wasser (0 °dH) gefüllt werden, (Kein Kalk – kein Kalkstein, siehe Info-Kasten). Bei salzfreier Fahrweise sollte das Wasser regelmäßig kontrolliert und behandelt werden, um Probleme durch Spannungsrisskorrosion, erhöhtes Gaslösungsvermögen... mit entsprechenden Maßnahmen zu vermeiden.
- Bei Anlagen > 150kW ist eine stationäre Weichwassernachspeisung gemäß den gültigen Richtlinien vorzusehen (ca. 1200,-Euro). Es empfiehlt sich grundsätzlich, nach Inbetriebnahme mittels geeignetem Schnelltest, die Einhaltung der Richtlinien als Ausführungsnachweis zu dokumentieren. Ausschreibende sollten dies bereits im LV berücksichtigen.
- Es sind Maßnahmen zum Schutz gegen Korrosion zu treffen:
 - Bei geschlossenen, weitgehend gasdichten Anlagen ohne Aluminium haben sich filmbildende Verfahren und/oder der Einbau einer Opfer-elektrode aus hochreinem Magnesium bewährt.
 - Bei Mischinstallationen mit oder ohne Aluminium und diffusionsoffenen Kunststoffen ist die Einspülung eines geeigneten Filmbildners zu empfehlen (siehe Info-Kasten).
 - pH-Wert auf 8,5 bis 9,5 einstellen (Bild 4).
- Nachdem eine Anlage mit aufbereitetem und behandeltem Wasser auf Betriebstemperatur gefahren wurde, ist zur Kontrolle des wirksamen Korrosionsschutzes und zur ggf. erforderlichen Feineinstellung eine Wasseranalyse der Produktkonzentration und des Schutzfaktors zu empfehlen (ca. 120,- Euro). Ausschreibende sollte dieses ebenfalls bereits im LV berücksichtigen.
- Durch die richtige Wasseraufbereitung und Behandlung kann in den meisten Fällen auf den Aufwand einer Systemtrennung verzichtet werden.
- Bei Altanlagen muss nach Einzelfall entschieden werden. Klarheit schafft eine Heizungswasseranalyse. Insbesondere bei Schadenfällen sind Spekulationen um die Schadenursache und Experimente nicht zielführend. Wird der Heizkessel modernisiert, sind vorhandene Beläge schonend zu lösen und der vorhandene Schlamm durch Weichwasserspülung aus dem System zu entfernen. In beiden Fällen ist eine gezielte, individuelle Heizungswasser-sanierung die sicherste Lösung.
- Bei Zusätzen ist auf Trink- und Abwasserunbedenklichkeit sowie die Verträglichkeit mit allen Materialien (Sicherheitsdatenblatt, VdTÜV-Richtlinien) zu achten. ←



Mike Hannemann,
Hanneman
Wassertechnik
Telefon
(0 81 21) 47 83 60,
Telefax
(0 81 21) 47 83 89,
E-Mail:
news@hannemann-
wassertechnik.de,
www.wasseroptimizer.de