

Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen

(Festschrift)

Franz Theiler, EMPA Dübendorf*

1. Einleitung

Seit der Einführung von Membranausdehnungsgefässen anstelle von offenen Expansionsgefässen galten grössere Korrosionsschäden in Heizungsanlagen als Ausnahmeerscheinung. In allen diesen Fällen wurde als Korrosionsursache ein übermässiger Sauerstoffeintrag in das Heizungswasser gefunden, beispielsweise durch automatische Entlüfter oder durch zu klein dimensionierte Membranausdehnungsgefässe.

Nun sind aber seit einigen Jahren wieder zahlreiche Korrosionsschäden beobachtet worden, und zwar in Heizungsanlagen, bei denen Kunststoffrohre eingebaut waren. Diese Schäden traten in Form von Perforationen auf oder zeigten sich als Verschlämmung. Im Jahre 1982 wurde anlässlich einer Fachtagung in Bern und Zürich ausführlich über derartige Korrosionsschäden berichtet [1]. Die vergangenen fünf Jahre brachten neue Erfahrungen. Der Moment erscheint daher günstig, die typischen Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen in Erinnerung zu rufen, ihre Ursachen zu ergründen sowie Wege zu ihrer Vermeidung aufzuzeigen. Insbesondere soll dabei geprüft werden, inwieweit sich die früher stark propagierten Inhibitorzusätze zum Heizungswasser auch tatsächlich bewährt haben.

Ausserdem wird zu Beginn eine Begriffsdefinition vorgestellt, um die in Schadenfällen wichtige Unterscheidung der Begriffe «Korrosion» und «Korrosionsschaden» zu erleichtern.

2. Begriffsdefinitionen

Der Begriff «Korrosion» wird im allgemeinen Sprachgebrauch für drei verschiedene Ereignisse gebraucht, nämlich für die Korrosionserscheinung (z. B. Rost oder Lochfrass), für den Korrosionsschaden (Sach- oder Personenschaden infolge Korrosion) und für den eigentlichen Korrosionsvorgang (Reaktion zwischen Werkstoff und Angriffsmittel). Diese unterschiedliche Interpretation führt in der Praxis häufig zu Missver-

ständnissen, vor allem dann, wenn mit dem Sichtbarwerden von Korrosionsprodukten automatisch ein Korrosionsschaden impliziert wird. Um daher diesen Begriffswirrwarr zu klären, und vor allem um fachlich ungerechtfertigte Auslegungen des Begriffes «Korrosionsschaden» zu vermeiden, wurden diese Begriffe in der DIN 50 900, Teil 1 [2] definiert.

Danach versteht man unter

Korrosion

Die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt und zu einem Korrosionsschaden führen kann.

Korrosionserscheinung

Die messbare Veränderung eines metallischen Werkstoffes.

Korrosionsschaden

Die Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder ganzen Systemes infolge Korrosion.

Korrosionsschutz

Massnahmen zur Verhinderung eines Korrosionsschadens.

Es wird also mit «Korrosion» nicht mehr eine «Zerstörung» des Werkstoffes angedeutet, wie das die lateinische Wurzel «corrosio» (Zernagung) vermuten liesse. Die Korrosion ist an sich weder gut noch böse. In Trinkwasserleitungen aus verzinktem Stahl oder Kupfer ist sie sogar erwünscht, wenn dabei festhaftende Schutzschichten aus Korrosionsprodukten gebildet werden. Der Begriff «Korrosionsschaden» ist daher neu mit der Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder ganzen Systems verknüpft. Das blosses Auftreten von Rost ist also noch kein Korrosionsschaden. Entscheidend für die Funktionsfähigkeit einer Installation ist also nicht die Feststellung, dass sie korrodiert, sondern wie sie korrodiert.

Zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit einer Installation müssen demnach folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie rasch läuft die Korrosion ab? Tritt sie gleichmässig oder örtlich begrenzt auf?
- Welche Reaktionsprodukte entstehen? Sind diese festhaftend und geeignet,

Schutzschichten zu bilden, oder lösen sie sich ab?

Soll eine Heizungsinstallation ihren Zweck erfüllen, dürfen folgende Korrosionsschäden nicht auftreten:

- Perforation oder Bruch von Anlageteilen infolge Korrosion;
- unzulässiger Anstieg des Druckverlustes infolge Ablagerung von Korrosionsprodukten;
- Blockieren von Pumpen und Ventilen oder Wärmezählern durch schlammartige Korrosionsprodukte;
- störende Gasentwicklung.

3. Theoretische Grundlagen der Korrosion

3.1 Korrosionsreaktionen

Die Korrosion eines Werkstoffes mit seiner Umgebung ist eine chemische bzw. elektrochemische Reaktion auf der Metalloberfläche, wobei Oxidation und Reduktion gleichzeitig ablaufen. An der Anode werden Metallionen oxidiert.

Oxidation der Metalle:



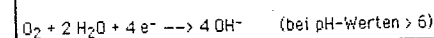
An der Kathode besteht die Wahl zwischen der Reduktion von Protonen (Korrosion nach dem Wasserstoffmechanismus)

Reduktion von Protonen:



und der Reduktion von Sauerstoff (Korrosion nach dem Sauerstoffmechanismus).

Reduktion des Sauerstoffes:



Wenn anodische und kathodische Bereiche unmittelbar nebeneinander liegen, erfolgt ein gleichmässiger, flächenhafter Abtrag, vgl. Abb. 1. Ein solches Korrosionsverhalten zeigen aktive (unedle) Metalle, wie beispielsweise Stahl oder

* Referat, gehalten an der Fachtagung des VSHL, Sektion Zürich und Umgebung, vom 6. März 1987 zum Thema «Korrosion und Verschlämmung».

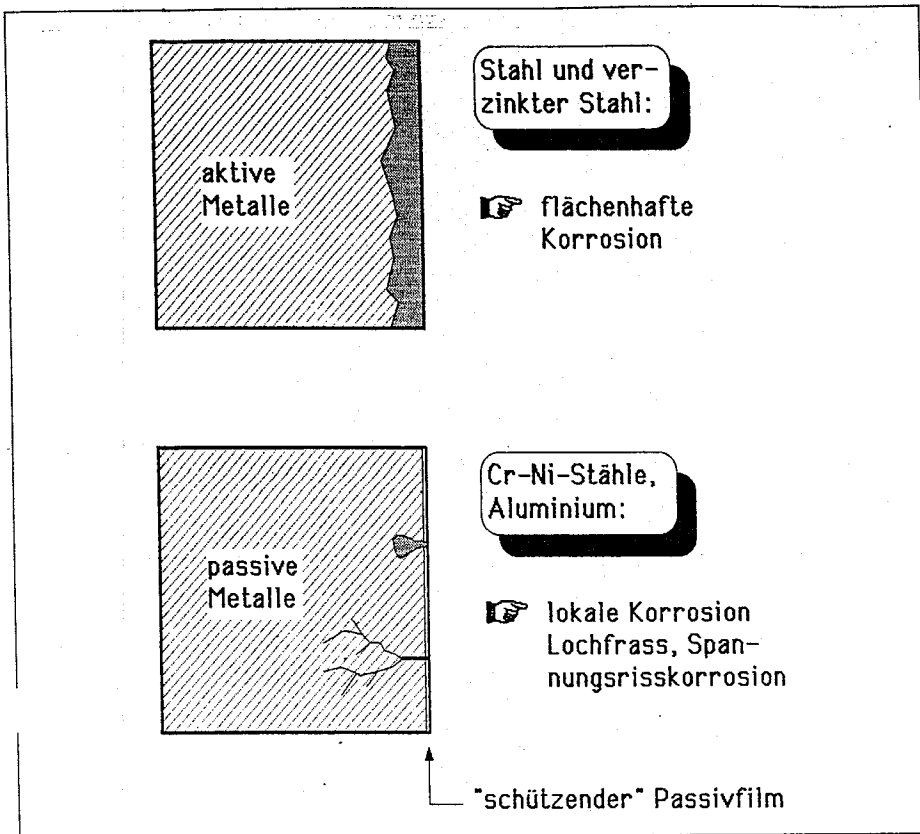
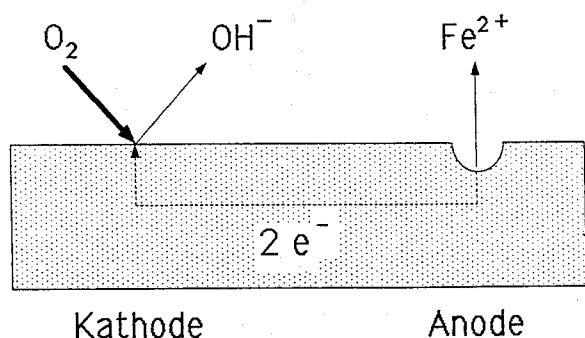


Abb. 1 *Korrosionsverhalten von Metallen:* Aktive und passive Metalle zeigen ein unterschiedliches Korrosionsverhalten. Während bei den aktiven (unedlen) Metallen der Abtrag eher gleichmässig und flächenhaft erfolgt, werden passive (edle) Metalle lokal angegriffen. Die dabei entstehenden Korrosionserscheinungen sind in der Regel gravierender als ein gleichmässiger Abtrag.

Massgebend ist der Zutritt von Sauerstoff an die Metalloberfläche:



Reduktion:

Sauerstoff (O_2) nimmt an der Kathode die bei der Anode frei werdenden Elektronen auf und bildet Hydroxylionen (OH^-).

Oxidation:

Eisenionen gehen an der Anode in Lösung und geben dabei Elektronen (e^-) ab.

Abb. 2 *Sauerstoffdiffusion und Sauerstoffgehalt:* Massgebend für die Korrosionsgeschwindigkeit ist die Diffusion des Sauerstoffes an die Metalloberfläche.

verzinkter Stahl in leicht sauren Angriffsmitteln. Bei passiven (edlen) Metallen sind die anodischen und kathodischen Bereiche dagegen deutlich getrennt. Dies ist charakteristisch für Chrom-Nickel-Stähle oder Aluminium in chloridhaltiger Umgebung.

In *sauerstoffreichen* Medien (Sauerstoffgehalt etwa 1...10 mg/l) dominiert in der Regel der *pH-Wert* das Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen. In sauren Medien, also bei pH-Werten < 6 , überwiegt die Korrosion nach dem Wasserstoffmechanismus. In neutralen bis alkalischen Medien, d.h. bei pH-Werten > 6 , wird dagegen Sauerstoff reduziert, und es entstehen Hydroxylionen.

In *sauerstoffarmen* Medien (Sauerstoffgehalt $< 0,1$ mg/l) ist zu wenig Sauerstoff vorhanden, um die Korrosion in neutralen oder alkalischen Medien in Gang zu halten. Für die Reduktion stehen daher nur die Protonen zur Verfügung. Aus diesem Grunde sind merkliche Angriffe erst bei pH-Werten < 6 zu erwarten. Derart tiefe pH-Werte sind zwar selten, aber nicht ungewöhnlich, vgl. Abschnitt 4.1.3.

Massgebend für die Korrosionsgeschwindigkeit ist nun die *Diffusion des Sauerstoffes an die Metalloberfläche*, vgl. Abb. 2. Diese Diffusion hängt nicht nur vom Sauerstoffgehalt, sondern auch von der Viskosität und der Temperatur des Angriffsmediums sowie von den Strömungsverhältnissen an der Metalloberfläche ab. Für eine Beurteilung der Korrosionsgefahr in einer Anlage muss man daher nicht nur den Sauerstoffgehalt kennen, sondern auch Bescheid wissen über die Strömungsverhältnisse. (Beispielsweise richtet ein offenes Expansionsgefäss mit ruhendem Wasser, das über eine 5 m lange Steigleitung von geringem Querschnitt mit dem Kessel verbunden ist, weniger Schaden an als ein schlecht funktionierender Entlüfter, der in der Zirkulationsleitung eingebaut ist. Im ersten Fall beschränkt sich der Sauerstoffeintrag auf das Expansionsgefäss, im zweiten Fall wird die ganze Heizungsanlage stets von neuem mit Sauerstoff versorgt.)

3.2 Unterschied

Innen- und Aussenkorrosion

In Heizungsanlagen sind die wässrigen Angriffsmittel massgebend. In der Regel sind diese neutral bis leicht alkalisch. Demnach wird bei der kathodischen Reaktion Sauerstoff verbraucht. Damit Korrosionsreaktionen ablaufen können, braucht es jedoch beides, Wasser und Sauerstoff.

Bei der *Innenkorrosion* ist nun Wasser im Überfluss vorhanden. Massgebend für die Korrosionsgeschwindigkeit ist daher

der Zutritt von Sauerstoff an die Metalloberfläche.

Bei der *Aussenkorrosion* steht dagegen meistens wenig Wasser zur Verfügung. Dafür ist Sauerstoff im Überfluss vorhanden. Bei der Aussenkorrosion wird daher der Zutritt von Feuchtigkeit an die Metalloberfläche zum geschwindigkeitsbestimmenden Schritt.

4. Probleme in der Praxis

4.1 Innenkorrosion

4.1.1 Kunststoffrohre

Kunststoffrohre sind bis zu einem gewissen Grade durchlässig für Gase, u. a. auch für Sauerstoff [3]. Der Sauerstoff greift metallische Werkstoffe an. Dabei entstehen schlammartige Korrosionsprodukte, die Ventile, Pumpen und Wärmezähler blockieren und zu Betriebsstörungen führen. Ausserdem können Perforationen an Heizkesseln auftreten. Bei gemischten Systemen (Fussboden-/Radiatorheizung), in denen Radiatoren in Serie mit Kunststoffrohren verbunden waren, haben sich Perforationen an den Radiatoren oft schon nach kurzer Zeit eingestellt. Als Schadenursache wurde in allen diesen Fällen ein erhöhter Sauerstoffeintrag durch die Kunststoffrohre festgestellt.

Als Abhilfe wurden drei Arten von Massnahmen vorgeschlagen [1], wobei die ersten beiden nur für Neuanlagen, die letztgenannte Massnahme auch für bestehende Anlagen gelten:

- Verwendung von Kunststoffrohren mit einer diffusionshemmenden Sperrschicht;
- Trennung der Systemkreisläufe über Umformer/Wärmetauscher; Zugabe von Inhibitoren in das Heizungswasser.

Kunststoffrohre mit einer *diffusionshemmenden Sperrschicht* aus Aluminium oder einem speziellen Kunststoff sind bereits seit einiger Zeit auf dem Markt erhältlich und haben sich in der Praxis bewährt.

Die *Trennung* der Systemkreisläufe durch Wärmetauscher aus korrosionsbeständigen Werkstoffen ist eine sichere, aber kostspielige Vorkehrung zur Vermeidung von Korrosionsschäden. Bei Niedertemperaturheizungen kann sich allerdings der zusätzliche Wärmeverlust störend bemerkbar machen.

Durch Zugabe von *Inhibitoren* wird die Korrosion stark gehemmt. Weil sich die Inhibitorwirkung jedoch häufig nicht gleichmässig auf die gesamte Werkstoffoberfläche erstreckt, kann ein lokal begrenzter Angriff auftreten und zu Perforationen führen, vgl. Abschnitt 4.1.2.

Inhibitoren dürfen keine nachteiligen Auswirkungen auf Kunststoffrohre ausüben. Es muss vermieden werden, dass Heizungssysteme auf den Markt gelangen, bei denen die einzelnen Komponenten beliebig zusammengestellt werden. Dies gilt insbesondere für Heizwasser- und Estrichzusätze. Deshalb wird in Deutschland angestrebt, inskünftig die Rohrlieferanten zu verpflichten, für jeden Rohrbund auf einem speziellen Beipackzettel diejenigen Heizwasser- und Estrichzusätze aufzuführen, die mit dem betreffenden Kunststoffrohr gefahrlos verwendet werden können [4]. (Ein entsprechender Nachweis dürfte allerdings nicht immer leicht zu erbringen sein.)

In jüngster Zeit ist eine altbekannte Schutzmethode wieder zu neuen Ehren gelangt, nämlich der Einsatz von *Schutzanoden*. Durch solche Schutzanoden kann der Sauerstoff vollständig aus dem Heizungswasser entfernt werden. Man kennt Schutzanoden sowohl in Form einfacher Opferanoden aus den Werkstoffen Zink, Aluminium oder Magnesium, die ohne Fremdstrom funktionieren, als auch Schutzanoden, die mit Fremdstrom betrieben werden. Wichtig sind dabei drei Dinge:

- Die Schutzanode muss möglichst in unmittelbarer Nähe des Rücklaufes montiert werden, damit der eindiffundierte Sauerstoff abgefangen wird, bevor er grösseren Schaden anrichtet.
- Die Schutzanodenanlage muss mit einem ausreichend grossen Schlamm-sammler versehen sein, der leicht zu reinigen ist.
- Der unter Sauerstoffmangel allfällig an der Schutzanode gebildete Wasserstoff (Gleichung 6) muss entweichen können.

4.1.2 Inhibitoren

Inhibitoren sind Stoffe, die dem Wasser in geringer Menge zugesetzt werden und dadurch den Korrosionsangriff wirksam hemmen. Entsprechend ihrem Wirkungsmechanismus werden sie eingeteilt in

- alkalisierende Inhibitoren
- Passivatoren
- Adsorptionsinhibitoren (Grenzflächeninhibitoren).

Alkalisierende Inhibitoren erhöhen den pH-Wert des Wassers und verringern dadurch die Korrosion von unlegiertem Stahl, verzinktem Stahl und Kupfer. Alkalisierende Inhibitoren benötigen für ihre Schutzwirkung geringe Mengen Sauerstoff. Typische Vertreter sind Natronlauge, Borax, Orthophosphate und Benzozate. Die notwendige Konzentration beträgt etwa 10^{-2} mol/l.

Passivatoren wirken als Oxidationsmittel und ermöglichen so den Übergang vom

aktiven in den passiven Zustand. Typische Beispiele für Passivatoren sind Chromate, Nitrite und Molybdate. Die notwendige Konzentration beträgt etwa 10^{-4} bis 10^{-5} mol/l. Passivatoren gelten als «gefährliche» Inhibitoren, die in einer Mindestkonzentration vorliegen müssen, damit keine örtlich verstärkte Korrosion ausgelöst wird. Wenn nämlich die Inhibitormenge nicht mehr ausreicht, um alle metallischen Oberflächen zu schützen, schlägt der Korrosionsschutz in Lochkorrosion um. Infolge des sehr ungünstigen Verhältnisses von grosser Kathodenfläche zu kleiner Anodenfläche führt dieser Angriff in kürzester Zeit zu Perforationen.

Adsorptionsinhibitoren bilden auf der Metalloberfläche eine Adsorptionsschicht, bestehend aus wenigen Molekülen einer stark polaren Schwefel- oder Stickstoffverbindung. Typische Beispiele sind Amine, Chinoline und Sulfide. Adsorptionsinhibitoren sind am wirkungsvollsten, wenn sie sich an bindungsmässig ungesättigte Metallatome anlagern können (oxidfreie Metalloberfläche). Sie werden daher bevorzugt in sauren Medien eingesetzt, z. B. beim Entrosten oder Entkalken. Da Amine Kupferwerkstoffe angreifen, ist hier besondere Vorsicht geboten.

Für alle Inhibitoren gilt, dass diese im Verlauf der Zeit verbraucht werden und deren Konzentration daher periodisch kontrolliert werden muss.

In den geschlossenen Rückkühl- oder Kältesystemen haben sich Inhibitoren seit langem bewährt. Sie müssen allerdings in genügender Konzentration vorliegen. Ausserdem bleibt ihre Schutzwirkung auf bestimmte Werkstoffe beschränkt. Bei anderen Werkstoffen kann unter Umständen ein verstärkter Angriff auftreten.

In Heizungsanlagen, bei denen Sauerstoff durch Kunststoffrohre in merklichem Umfang eindringen kann, haben sich einzelne Inhibitoren fallweise als ausgesprochen schädlich erwiesen [5]. Dies gilt insbesondere für die als Passivatoren bekannten *Molybdate*. So häufen sich die Meldungen, wonach in Heizungsanlagen, die mehrere Jahre störungsfrei funktionierten, schon bald nach dem Zusatz von molybdathaltigen Inhibitoren Perforationen an Radiatoren beobachtet wurden, während andere Heizungsanlagen in der gleichen Überbauung, jedoch ohne Inhibitorzusatz, schadenfrei blieben.

Die Erklärung für dieses unerwartete Verhalten liegt einmal sicher in der oben geschilderten «gefährlichen» Natur von Passivatoren, deren Korrosionsschutz bei Unterdosierung in Lochkorrosion

umschlagen kann. Hinzu kommt, dass das Volumen des Heizwassers oft nur ungenau bekannt ist und die Dosierung von Inhibitoren daher nicht immer vorschriftsgemäss erfolgte. Im weiteren ist das vorgeschriebene Reinigen und Spülen einer Heizungsanlage in der Praxis kaum einwandfrei durchzuführen. Eine ungenügende Inhibitorkonzentration in Spalten sowie unter Schmutz- oder Rostablagerungen führt aber unweigerlich zu Lochfrass. Ausserdem reichert sich durch die Inhibitorwirkung der Sauerstoff im Heizungswasser an. In der Praxis sind Gehalte bis zu 4 mg Sauerstoff pro Liter gemessen worden [6]. Es ist also stets genügend Sauerstoff vorhanden für einen lokalen Korrosionsangriff. Aus den eben erwähnten Gründen scheint der Zusatz von Inhibitoren als Korrosionsschutz von Heizungsanlagen mit eingebauten Kunststoffrohren mit etlichen Fragezeichen behaftet zu sein. Hinzu kommt, dass selbst bei einwandfreier Spülung und korrekter Dosierung eine periodische Kontrolle der Inhibitionswirkung unerlässlich ist. Die Ausführung derartiger Kontrollen stellt jedoch hohe Anforderungen an den Ausbildungsstand und die Laboreinrichtungen einer Kontrollstelle. Solange nicht geklärt ist, wie und durch wen diese Kontrollen in der Praxis durchgeführt werden, kann aus korrosionschemischen Überlegungen der Zusatz von Inhibitoren nicht empfohlen werden.

4.1.3 Frostschutzmittel

Frostschutzmittel werden dem Heizungswasser zugegeben, um bei nicht durchgehendem Heizbetrieb das Einfrieren von Leitungen und Heizkörpern zu verhindern. Meist handelt es sich um Glykole, wobei aus ökologischen Überlegungen das Propylenglykol dem Ethylenglykol vorgezogen wird. Im Autogewerbe sind eine Reihe von Kühlerfrostschutzmitteln auf Glykolbasis im Handel, die bereits Inhibitorergemische enthalten.

In grösseren Heizungsanlagen, die während längerer Bauetappen mit solchen Kühlerfrostschutzmitteln gefüllt waren, sind nun häufig Schäden in Form von *Lochfrass* bekanntgeworden. Als Schadenursache wurde in der Regel Unterdosierung an Inhibitoren festgestellt. Diese Unterdosierung kam durch Nachspeisen von frischem Wasser zustande, wobei sich die Inhibitorkonzentration allmählich so weit verringerte, bis die korrosionsschützende Wirkung nicht mehr für die gesamte Metalloberfläche ausreichte. Um solche Schäden zu vermeiden, muss daher bei jedem Nachfüllen die Frostschutzmittelkonzentration nach den Empfehlungen des Lieferanten eingehalten werden. Da sich Inhibitoren im Ver-

lauf der Zeit verbrauchen, muss ihre Schutzwirkung periodisch überprüft werden. Wenn die Heizungsanlage zu einem späteren Zeitpunkt anstelle des Frostschutzmittels mit unbehandeltem Wasser gefüllt wird, so sind die Frostschutzmittelreste restlos zu entfernen und die Anlage ist mit frischem Wasser zu spülen. Die gleiche Schadenursache haben auch jene Lochfrasserscheinungen an Heizkörpern, die nach dem Befüllen mit Frostschutzmittel abgedrückt und anschliessend *nicht vollständig entleert* wurden. Inhibitorhaltige Frostschutzmittelreste blieben dabei im Heizkörper zurück. Während die mit Inhibitor bedeckte Metalloberfläche vor Korrosion geschützt blieb, korrodierte die Metalloberfläche an der Dreiphasengrenze Metall/Wasser/Luft dafür um so stärker. Abhilfe erbringen hier nur vollständiges Entleeren, Spülen und Trocknen der betreffenden Heizkörper.

Vereinzelte sind auch Schäden in Form von flächenhafter Korrosion an Anlagen beobachtet worden, die mit Glykol ohne Inhibitoren gefüllt waren. Die betreffenden Anlagen hatten alle ein offenes Expansionsgefäss. Als Schadenursache wurde ein starker Sauerstoffeintrag gefunden, der zur Oxidation des Glykols bis zur Oxalsäure führte. Der pH-Wert des betreffenden Heizungswassers fiel auf Werte zwischen 4 und 5. Unter den Korrosionsprodukten wurden auch Eisenoxalate nachgewiesen. An inhibierten Frostschutzmitteln ist eine derartige pH-Wert-Absenkung unseres Wissens noch nie beobachtet worden.

4.1.4 Verschlämmung

Mit dem Einbau von nicht diffusionsdichten Kunststoffrohren ist die Verschlämmung in Heizungsanlagen aktuell geworden. Unter «Verschlämmung» versteht man eine störende Bildung von Korrosionsprodukten, die beispielsweise zum Verstopfen von Ventilen oder zum Blockieren von Wärmezählern führen kann. Die Korrosionsprodukte in Heizungsanlagen bestehen im Regelfall, d.h. bei Sauerstoffmangel, aus dem schwarzen Magnetit (Fe_3O_4). Bei erhöhtem Sauerstoffangebot entstehen ockerfarbenedes Goethit ($\alpha\text{-FeOOH}$) und in Ausnahmefällen orangefarbenes Lepidocrocit ($\gamma\text{-FeOOH}$). Korrosionsprodukte, die nicht schwarz oder zumindest dunkelbraun gefärbt sind, deuten daher auf einen erhöhten Sauerstoffgehalt im Heizungswasser hin.

Störungen durch Verschlämmung lassen sich auf zweierlei Arten verhindern:

- Durch Vermeidung bzw. Verminderung des Sauerstoffeintrages in das System;

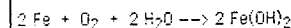
- durch konstruktive Massnahmen (Systeme hydraulisch so auslegen, dass der Wasserfluss nirgends stark gedrosselt werden muss; ferner Absetzmöglichkeiten für den Schlamm vorsehen).

Die Verwendung von Inhibitoren kann bei dauerndem Sauerstoffeintrag riskant sein, vgl. Abschnitt 4.1.2.

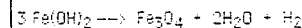
4.1.5 Gasbildung

Die Bildung von brennbaren Gasen in neu mit sauerstoffhaltigem Wasser gefüllten Heizungsanlagen ist auf die sogenannte Schikorr-Reaktion zurückzuführen.

Korrosionsreaktion zu Beginn:

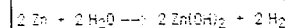


Schikorr-Reaktion (Bildung von Wasserstoff):



Dabei entsteht in einer ersten Korrosionsreaktion Eisenhydroxid, das dann weiter in Magnetit und Wasserstoff umgewandelt wird. Der entweichende Wasserstoff setzt sich in den oberen Partien der Heizkörper fest und verursacht, angeregt durch das vorbeiströmende Heizungswasser, das bekannte störende Gluckern. Sobald alles Eisenhydroxid in Magnetit umgesetzt ist, hört die Wasserstoffentwicklung von selber auf. Sind in einem Heizungskreislauf Werkstoffe aus verzinktem Stahl vorhanden, so reagieren diese bei erhöhter Temperatur ausnahmsweise nach dem Wasserstoffmechanismus. Dabei entsteht ebenfalls Wasserstoff.

Korrosion von Zink unter Wasserstoffentwicklung:



Diese Reaktion läuft aus thermodynamischen Gründen nur in Abwesenheit von Sauerstoff ab.

4.2 Aussenkorrosion

Die Aussenkorrosion an Rohrleitungen in Gebäuden ist ein Sonderfall der atmosphärischen Korrosion. Für die Korrosion an der Rohraussenfläche müssen Sauerstoff und Wasser vorhanden sein, vgl. *Gleichungen 1 und 3*.

Im Unterschied zu der Korrosion in Wässern ist jedoch nicht mehr der Transport von Sauerstoff an die Metalloberfläche der geschwindigkeitsbestimmende Schritt, sondern der Zutritt von Wasser an die Rohroberfläche.

Schäden infolge Aussenkorrosion lassen sich also vermeiden, wenn der Zutritt von

Wasser an die Rohroberfläche verhindert wird. Diese Forderung kann z. B. durch Wahl geeigneter Rohrumhüllungen, vor allem aber durch planerische und konstruktive Massnahmen erfüllt werden.

Weitaus die meisten Schäden infolge Aussenkorrosion sind auf die Ausbildung von Korrosionselementen zurückzuführen. Dazu ist Wasser notwendig, das auf die Aussenseite der Installation gelangt. Die DIN 50 929, Teil 2 [7] nennt folgende Möglichkeiten für das Auftreten von Wasser in Gebäuden:

- eingedrungene Niederschläge,
- Feuchtigkeit im Mauerwerk,
- schadhafte, wasserführende Rohrleitung,
- Kondenswasser,
- Leck- und Spritzwasser (Feuchträume),
- wässrige Chemikalienlösungen, Reinigungs- und Desinfektionsmittel, Löschwasser.

4.2.1 Korrosionselemente durch unterschiedliche Umgebung

Abhängig von den chemischen Eigenschaften dieser Substanzen und der Mitwirkung von Stoffen aus der Umgebung unterscheidet die erwähnte Norm folgende Korrosionsmedien:

- alkalische Medien (Kalk- und Zementmörtel, Beton),
- neutrale und schwache saure Medien (Gips, Holz, Dämmstoffe),
- passivitätszerstörende Medien (Frostschutzzusätze, Chloride).

In alkalischen Korrosionsmedien, beispielsweise in Wasser, das mit frischem Beton oder Zementmörtel in Kontakt war, wird der unlegierte Stahl nicht und der verzinkte Stahl nur unwesentlich angegriffen. Auf der Stahloberfläche bilden sich Passivschichten aus. Dadurch nimmt der Stahl ein positiveres (edleres) Potential an. Von neutral reagierenden Stoffen umgebener Stahl, beispielsweise Stahl in einer Backsteinwand, hat dagegen ein negativeres (unedleres) Potential. Hier findet ein Korrosionsangriff statt, vgl. Abb. 3.

4.2.2 Korrosionselemente durch Kontakt mit der Betonbewehrung

Wenn die Kathodenfläche wesentlich grösser ist als die Anodenfläche, verstärkt sich der Korrosionsangriff an der Anode dementsprechend. Dies ist in der Praxis immer dann der Fall, wenn die Betonbewehrung als Kathode wirkt. Eine elektrische Verbindung kann z. B. über die Erdung des elektrischen Netzes

Aussenkorrosion: Elementbildung durch unterschiedliche Bettung

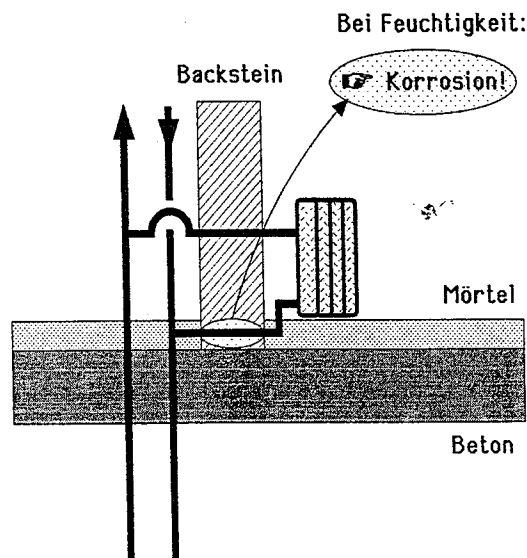


Abb. 3 Aussenkorrosion: Elementbildung durch unterschiedliche Bettung: Je nach der Art der Rohrgebung stellt sich ein unterschiedliches Potential an der Rohroberfläche ein. Rohrabschnitte, die durch eine neutrale Backsteinwand führen, werden zur Anode, während die im alkalischen Mörtel liegenden Rohrabschnitte kathodisch bleiben.

Aussenkorrosion: Elementbildung durch Fundamenterder

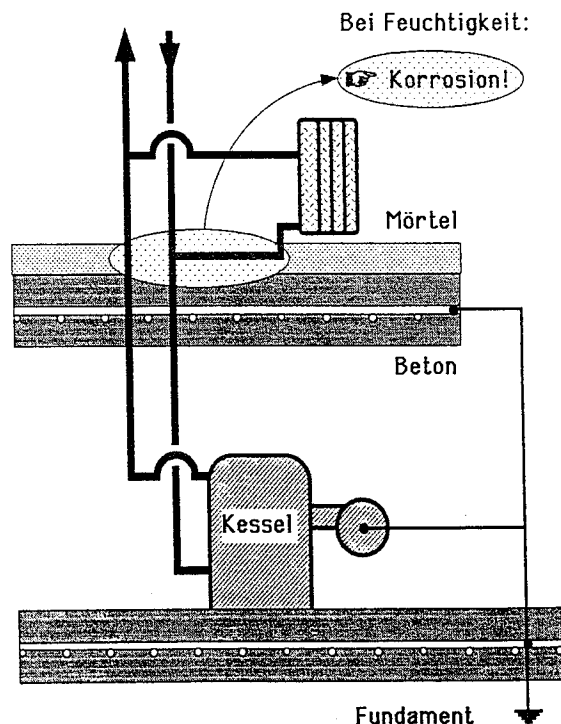


Abb. 4 Aussenkorrosion: Elementbildung durch Fundamenterder: Rohre, die in Kontakt mit der Betonbewehrung stehen, sind gefährdet. Bei grösseren Gebäuden kann ein elektrischer Kontakt auch über Fundamenterdung erfolgen.

vorliegen, und zwar dann, wenn das Gebäudefundament geerdet ist und auch der Ölbrenner an die elektrische Netz-erde angeschlossen ist, vgl. Abb. 4. In einem solchen Fall sind die Heizungsrohre auch ohne direkten Kontakt elektrisch leitend mit der Betonbewehrung verbunden.

Für das Schadenbild aus derartigen Korrosionselementen sind tiefe, örtliche Anfrassungen oder Mulden typisch. Besonders charakteristisch ist, dass im frischen Zustand Korrosionsprodukte auf der Metalloberfläche fehlen, und die Metalloberfläche wie «versilbert» erscheint.

Bei der Sanierung derartiger Schäden muss zuerst die Stelle gefunden und abgedichtet werden, bei der Wasser in die Konstruktion eindringen kann. Erst dann ist gewährleistet, dass keine weiteren Schäden auftreten.


5. Zusammenfassung

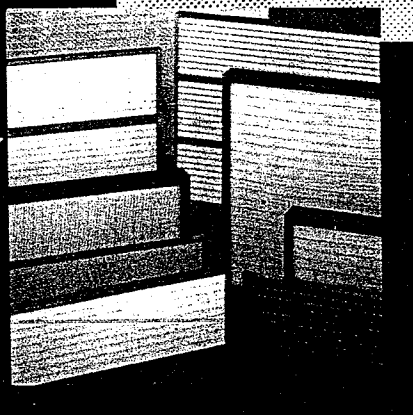
Mit dem Einbau von Kunststoffrohren in Heizungsanlagen sind Korrosionsschäden in Form von Perforationen und Verschlammung wieder aktuell geworden. Die in der Praxis üblichen Formen der Innen- und Aussenkorrosion werden ausführlich beschrieben, ihre Ursachen erläutert und Abhilfemassnahmen angegeben. Die Problemkreise Kunststoffrohre, Inhibitoren, Frostschutzmittel, Verschlammung, Gasbildung, Elementbildung durch unterschiedliche Umgebung und durch Kontakt mit der Betonbewehrung werden dabei besonders behandelt. Als Gedächtnisstütze werden zu Beginn die Begriffe Korrosion und Korrosionsschaden definiert.

Literaturverzeichnis

- [1] C.-L. Kruse: Korrosion in Warmwasser-Heizungsanlagen als Folge von Sauerstoff-Diffusion durch Kunststoffrohre; Vortrag, gehalten an einer gemeinsamen Technischen Tagung, veranstaltet von der Vereinigung Schweiz. Sanitärfachleute (VSS) und vom Schweiz. Verband für die Materialprüfung der Technik (SVMT) in Bern und Zürich (5./6. Oktober 1982), vgl. auch Schadenprisma, 11 (1982), 17...21.
- [2] DIN 50 900: Korrosion der Metalle; Teil 1: Allgemeine Begriffe; April 1982.
- [3] P. Flüeler: Erfahrungen (Schäden) mit Fussbodenheizungsrohren aus Kunststoff; Vortrag, gehalten an der VSHL-Tagung vom 30. Oktober 1981 in Olten; vgl. auch Heizung, Klima 12 (1981), 47...50.
- [4] DIN 4726 (Entwurf): Rohrleitungen aus Kunststoffen für Warmwasser-Fussbodenheizungen, Anforderungen; Januar 1987.
- [5] C.-L. Kruse: Vermeidung von Korrosionsschäden bei Fussbodenheizungen; Sanitär- und Heizungstechnik 5 (1985), 360...363.
- [6] Dehnen: Die Gefahr der Lokalkorrosion kann sich erhöhen, Untersuchungen an Inhibitoren für Fussbodenheizungsanlagen; Sanitär- und Heizungstechnik, 5 (1985), 270...273.
- [7] DIN 50 929: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äusserer Korrosionsbelastung; Teil 2: Installationsteile innerhalb von Gebäuden; September 1985.

**Brauchen Sie
reine Luft?
Wir sorgen dafür,
dass Sie sie
bekommen!**

 Unser **Reinraum-Filter-Sortiment** deckt alle Bedürfnisse ab. Die breite Produktpalette erleichtert Ihre Planung. Rufen Sie uns einfach an, wir beraten Sie gerne: Telefon 01/ 8101010



Luwa AG  **Filter- und Schutztechnik**
Kanalstrasse 5, CH-8152 Glattpbrugg, Telefon 01/8101010
Case postale 10, CH-1896 Vouvry, Téléphone 025/81 37 22

Luwa

vorliegen, und zwar dann, wenn das Gebäudefundament geerdet ist und auch der Ölbrenner an die elektrische Netz-erde angeschlossen ist, vgl. Abb. 4. In einem solchen Fall sind die Heizungsrohre auch ohne direkten Kontakt elektrisch leitend mit der Betonbewehrung verbunden.

Für das Schadenbild aus derartigen Korrosionselementen sind tiefe, örtliche Anfrassungen oder Mulden typisch. Besonders charakteristisch ist, dass im frischen Zustand Korrosionsprodukte auf der Metalloberfläche fehlen, und die Metalloberfläche wie «versilbert» erscheint.

Bei der Sanierung derartiger Schäden muss zuerst die Stelle gefunden und abgedichtet werden, bei der Wasser in die Konstruktion eindringen kann. Erst dann ist gewährleistet, dass keine weiteren Schäden auftreten.

5. Zusammenfassung

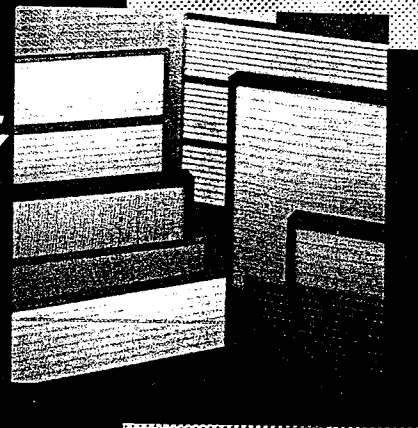
Mit dem Einbau von Kunststoffrohren in Heizungsanlagen sind Korrosionsschäden in Form von Perforationen und Verschlammung wieder aktuell geworden. Die in der Praxis üblichen Formen der Innen- und Aussenkorrosion werden ausführlich beschrieben, ihre Ursachen erläutert und Abhilfemassnahmen angegeben. Die Problemkreise Kunststoffrohre, Inhibitoren, Frostschutzmittel, Verschlammung, Gasbildung, Elementbildung durch unterschiedliche Umgebung und durch Kontakt mit der Betonbewehrung werden dabei besonders behandelt. Als Gedächtnisstütze werden zu Beginn die Begriffe Korrosion und Korrosionsschaden definiert.

Literaturverzeichnis

- [1] C.-L. Kruse: Korrosion in Warmwasser-Heizungsanlagen als Folge von Sauerstoff-Diffusion durch Kunststoffrohre; Vortrag, gehalten an einer gemeinsamen Technischen Tagung, veranstaltet von der Vereinigung Schweiz. Sanitärfachleute (VSS) und vom Schweiz. Verband für die Materialprüfung der Technik (SVMT) in Bern und Zürich (5./6. Oktober 1982), vgl. auch Schadenprisma, 11 (1982), 17...21.
- [2] DIN 50 900: Korrosion der Metalle; Teil 1: Allgemeine Begriffe; April 1982.
- [3] P. Flüeler: Erfahrungen (Schäden) mit Fussbodenheizungsrohren aus Kunststoff; Vortrag, gehalten an der VSHL-Tagung vom 30. Oktober 1981 in Olten; vgl. auch Heizung, Klima 12 (1981), 47...50.
- [4] DIN 4726 (Entwurf): Rohrleitungen aus Kunststoffen für Warmwasser-Fussbodenheizungen, Anforderungen; Januar 1987.
- [5] C.-L. Kruse: Vermeidung von Korrosionsschäden bei Fussbodenheizungen; Sanitär- und Heizungstechnik 5 (1985), 360...363.
- [6] Dehnen: Die Gefahr der Lokalkorrosion kann sich erhöhen, Untersuchungen an Inhibitoren für Fussbodenheizungsanlagen; Sanitär- und Heizungstechnik, 5 (1985), 270...273.
- [7] DIN 50 929: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äusserer Korrosionsbelastung; Teil 2: Installationsteile innerhalb von Gebäuden; September 1985.

**Brauchen Sie
reine Luft?
Wir sorgen dafür,
dass Sie sie
bekommen!**

Unser **Reinraum-Filter-Sortiment** deckt alle Bedürfnisse ab. Die breite Produktpalette erleichtert Ihre Planung. Rufen Sie uns einfach an, wir beraten Sie gerne: **Telefon 01/ 810 10 10**



Luwa AG  **Filter- und Schutztechnik**

Kanalstrasse 5, CH-8152 Glattbrugg, Telefon 01/810 10 10
Case postale 10, CH-1896 Vouvry, Téléphone 025/81 37 22

Luwa