

Informationsblatt Nr. 3

März 1989

2. Auflage November 1995

3. Auflage Juni 1998

4. Auflage August 2004

Korrosionsschäden durch Sauerstoff im Heizungswasser – Sauerstoffkorrosion –

Das bewährte System

Wesentliche Teile von Warmwasserheizanlagen bestehen in der Regel aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen, die in sauerstoffhaltigen Wässern nicht korrosionsbeständig sind.

Diese Werkstoffe bewähren sich seit Jahrzehnten in optimaler Weise in den geschlossenen Heizanlagen und erfüllen problemlos ihre Aufgaben und Funktionen bezüglich der Feuerraumgestaltung, der Wärmeübertragung mit hohen Wärmestromdichten, eines reibungslosen Dauerbetriebes u. a. m.

Die heizwasserseitige Korrosionsbeständigkeit der un- oder niedriglegierten Eisenwerkstoffe beruht dabei weniger auf einer Werkstoffeigenschaft, sondern im wesentlichen auf der Abwesenheit von Sauerstoff im Heizungswasser.

Seit den 70er Jahren werden in Wohngebäuden und Gewerbebetrieben, z.B. Gärtnereien, vermehrt Kunststoffrohre eingesetzt. Die Praxis zeigt, dass nicht sauerstoffdiffusionsdichte Kunststoffrohre zu einem erheblichen Eintrag von Sauerstoff führen können.

Die Sauerstoffkorrosion

Nur bei Anwesenheit von Sauerstoff im Heizungswasser kann Eisen aus den Eisenwerkstoffen in Lösung gehen und über verschiedene Zwischenstufen Rost ausbilden [1]. Bei ständigem Sauerstoffzutritt, z.B. durch nicht diffusionsdichte Kunststoffrohre, kann dies zu Durchrostungen führen. Eine weitere Möglichkeit des Sauerstoffzutritts sind offene Ausdehnungsgefäße.

Bei Mischinstallationen aus Kupferwerkstoffen und un- bzw. niedriglegierten oder verzinkten Eisenwerkstoffen wird bei Anwesenheit von Sauerstoff das Auftreten von Korrosion an Rohrleitungen und Wärmeerzeugern verstärkt und beschleunigt.

Zum Stand der Technik

Einschlägige technische Regeln, wie z.B. die VDI-Richtlinie 2035 Blatt 2 [2], schreiben daher unter der notwendigen Beachtung der vorgenannten Verhältnisse vor, dass eine Heizanlage so auszulegen und zu betreiben ist, dass ständiger Zutritt von Sauerstoff in das Heizungswasser nicht stattfinden kann. Dort heißt es u.a.:

„In sachgemäß ausgelegten, gebauten und in Betrieb genommenen Heizungsanlagen ist nach einer kurzen Einfahrzeit der Sauerstoff aus dem Füllwasser verbraucht. Korrosionsschutzmaßnahmen in Heizungsanlagen bestehen daher in erster Linie darin, den weiteren Zutritt von Sauerstoff zum Heizungswasser zu verhindern.“

Diese Forderung wird beim Einsatz von nicht diffusionsdichten Kunststoffen in Heizsystemen nicht erfüllt.

Wird der weitere Zutritt von Sauerstoff zum Heizungswasser verhindert, so stellen sich in Heizanlagen, auch bei offenen Anlagen nach DIN EN 12828 [3], in der Regel keine Probleme über Korrosionsschäden ein, wie die vorliegenden Erfahrungen eindeutig bestätigen. Unter diesen Voraussetzungen sind in geschlossenen Anlagen nur vereinzelt Korrosionsschäden bekannt geworden. Auf verschiedene Arten entstehender Unterdruck kann beispielsweise zu Schäden führen, die sich jedoch in geschlossenen Anlagen durch entsprechende Überprüfung, Wartung und Betriebsweise der Heizanlage in einfacher Art und Weise vermeiden und in der Folge beheben lassen. (Gegebenenfalls sollte z. B. ein unterdimensioniertes und/oder funktionsuntüchtiges Membranausdehnungsgerät instandgesetzt oder ersetzt werden.)

Diesen positiven Erfahrungen stehen leider Korrosionsschäden an Warmwasserheizanlagen gegenüber, wenn Rohrleitungen aus nicht sauerstoffdichten Kunststoffen bestehen.

Schadensbild

Ein typisches Schadensbild wird mit der nachfolgenden Aufnahme belegt.

Es handelt sich um einen Rücklaufstutzen aus „schwarzem“ Stahlrohr nach Entfernung der Korrosionsprodukte.

Deutlich sind ausgeprägte Mulden zu erkennen, die sich als signifikantes Kennzeichen einer Sauerstoffkorrosion unter Ablagerungen darstellen.

Diese Heizungsanlage mit einer Fußbodenheizung aus nicht sauerstoffdichten Kunststoffrohren ist infolge der Sauerstoffkorrosion bereits nach einer Betriebszeit von 1 ½ Jahren ausgefallen.



Ausgeprägte Mulden infolge Sauerstoffkorrosion in einem Rohr aus St 37 nach Entfernung der Korrosionsprodukte.

Schadensursache: Nicht diffusionsdichte Kunststoffrohre

Die meisten Kunststoffe sind bekanntlich wegen ihres molekularen Aufbaus und ihrer niedrigen Dichte für Gase durchlässig. Und zwar tritt z. B. bei Kunststoffrohren für Fußbodenheizungen eine Diffusion sowohl von außen nach innen (Sauerstoff) als auch von innen nach außen (Wasserdampf) auf. Triebkraft für die Diffusion von Stoffen bei durchlässigen (permeablen) Wänden ist eine Potentialdifferenz, z. B. ein Sauerstoffpartialdruck- oder Konzentrationsunterschied (des gelösten Sauerstoffs) zwischen beiden Seiten der Trennwand.

Geht man davon aus, dass im Heizungswasser der erstmals mit dem Füllwasser eingebrachte Sauerstoff durch die in der Literatur (z.B. [1]) beschriebenen Reaktionen verbraucht worden ist, sein Partialdruck innerhalb des Rohres also gegen 0 bar geht, so findet man außerhalb des Rohres bei einer Sauerstoffkonzentration von etwa 21 Volumen-% in der Luft einen Sauerstoffpartialdruck von ca. 0,21 bar. Es liegt somit bezüglich der Sauerstoffpartialdrücke eine Druckdifferenz zwischen beiden Seiten der Rohrwand vor; bei nicht diffusionsdichten Kunststoffrohren erfolgt die Eintragung (Permeation) von Sauerstoff in das Heizungswasser als zwingende physikalische Konsequenz.

Andererseits permeiert das Wasser aus dem Rohr nach außen, da außen eine geringere Feuchtigkeitskonzentration (Wasser-

dampfpartialdruck) vorliegt. Diese Tatsache ist für die Entstehung eines Unterdrucks bei Kunststoffrohren zusätzlich zu beachten.

Auch nachdem im Jahr 1982 die Anmeldung für eine europäische Patentschrift eines „sauerstoffdichten“ Kunststoffrohres veröffentlicht wurde und 1988 die DIN 4726 dieses „sauerstoffdichte“ Kunststoffrohr definierte, wird – in erster Linie aus Kostengründen – auch weiterhin für Fußbodenheizungen mit Kunststoffrohren Rohrmaterial verwendet, das nicht „sauerstoffdicht“ ist, so dass das Heizungsumlaufwasser ständig durch Diffusion Sauerstoff aufnimmt. Dadurch können (wie bereits ausgeführt) Eisenteile in den Anlagen angegriffen und Korrosionsprobleme ausgelöst werden, die in Heizsystemen ohne Sauerstoffzutritt normalerweise nicht auftreten.

Der durch die Sauerstoffkorrosion entstehende Rostschlamm verursacht Funktionsstörungen z. B. an Wärmemengenzählern, Thermostatventilen, Umwälzpumpen und Heizkesseln sowie Zirkulationsblockaden ganzer Heizkreise.

Besonders bei Anlagen mit verhältnismäßig kleinen Anteilen wasserbenetzter Flächen aus Eisenwerkstoffen kann es bei diesen Bedingungen auch zu Durchrostungen an Heizkesseln und Verteilern etc. kommen. Der Kessel ist hier besonders gefährdet, da sich die Korrosionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C verdoppelt.

Dies ist besonders bei der Modernisierung von alten Anlagen zu beachten, bei denen häufig nur der oder die Wärmeerzeuger ausgetauscht werden und die übrige Anlage weitestgehend unverändert bleibt. Der bzw. die Wärmeerzeuger sind dann als einzige „metallisch blanke“ Anlagenkomponente besonders intensiv der Sauerstoffkorrosion ausgesetzt.

Abgelagerter Rostschlamm kann bei Abwesenheit von Sauerstoff zu Belüftungskorrosion auch an korrosionsbeständigen Werkstoffen führen.

Eine weitere sekundäre Schadensursache resultiert aus Schlammablagerungen im Heizkessel. Damit kann die Wärmeübertragung empfindlich gestört werden mit erheblichen zusätzlichen thermomechanischen Spannungen im Material, die zu Rissen in den Eisenwerkstoffen führen, oder es kommt zu partiellen Überhitzungen im Kessel, wodurch Siede- und Spannungsgeräusche auftreten können.

Der durch die Sauerstoffkonzentration entstehende Rostschlamm kann Funktionsstörungen z.B. an Wärmemengenzählern, Thermostatventilen, Umwälzpumpen sowie Zirkulationsblockaden ganzer Heizkreise verursachen.

Zur Menge des entstehenden Rostes

Um eine anschauliche Vorstellung zu geben, enthält die DIN 4726 einen unter Berücksichtigung der Rohrabmessungen normierten Wert für die maximal zulässige Sauerstoffdurchlässigkeit von $< 0,1 \text{ mg/l}\cdot\text{d}$ bei einer Wassertemperatur von $40 \text{ }^\circ\text{C}$ [4].

Unter diesen Verhältnissen sind kaum mehr Korrosionsschäden zu erwarten.

Bei den nicht sauerstoffdichten Rohren liegt der entsprechende Wert der Sauerstoffdurchlässigkeit demgegenüber bei

Menge Sauerstoff $5 \text{ mg/l}\cdot\text{d}$.

Zieht man einen Sauerstoffgehalt des Leitungswassers von 10 g/m^3 zum Vergleich heran, so entspricht dies praktisch einer Wasserneubefüllung nach jeweils zwei Tagen!

Da eine einmalige Wasserneubefüllung eine Magnetitmenge von 36 g/m^3 erzeugt, entstehen hier also pro Heizperiode mindestens

3.600 g/m^3 Rostschlamm im Heizungswasser.

Diese Verhältnisse bedürfen keiner weiteren Interpretation, vgl. auch [5], [6]. Dabei wurden die zusätzlichen Umsetzungen in der heizfreien Zeit noch nicht einmal berücksichtigt.

Vermeidung der Korrosionsschäden – Empfohlene Maßnahmen

- Verwendung von gasundurchlässigen Werkstoffen
Hierzu werden nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnis auch sauerstoffdichte Kunststoffrohre nach DIN 4726 gerechnet.
- Werden gasdurchlässige Werkstoffe eingesetzt, ist eine **Systemtrennung** dahingehend vorzusehen, dass der Heizkreis, der mit dem durch die Kunststoffrohre fließenden Heizwasser beaufschlagt wird, durch einen Wärmetauscher aus korrosionsbeständigen Materialien von den anderen Heizkreisen bzw. vom Wärmeerzeuger getrennt wird.
- Auch bei der Sanierung von Altanlagen ist eine Systemtrennung als notwendig anzusehen, da der noch vorhandene und umfließende Rostschlamm ansonsten einen Korrosionsschaden nicht ausschließen lässt.
- Beim Einsatz von Inhibitoren sind die produktspezifischen Herstellerangaben zu beachten [2], [6]. Insbesondere ist eine regelmäßige Überprüfung erforderlich. Die Wirksamkeit auch im Modernisierungsfall sowie die Aussagen zu

Materialverträglichkeiten mit den Anlagenwerkstoffen liegen in der Verantwortung der Inhibitorenhersteller.

- Elektrochemische Verfahren zur Sauerstoffentfernung und Verfahren, die aufgrund einer Ausgasung durch Druckentlastung (sog. Sprudelflascheneffekt) eine Sauerstoffentfernung versprechen, sind als Abhilfemaßnahme in der DIN 4726 [4] nicht genannt und stellen demnach **keine** anerkannte Regel der Technik dar.

In diesem Zusammenhang wird auf die Merkblätter folgender Verbände hingewiesen:

- Verband Schweizerischer Heizungs- und Lüftungsfirmen (VSHL) „Empfehlung zur Vermeidung von Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen“, 2. Vorabinformation Juli 1990;
- Bundesverband Flächenheizungen e.V. (BvF) „Merkblatt Nr. 4 – Korrosionsverhütung bei Fußbodenheizungsanlagen mit Rohrleitungen aus Kunststoffen –“, September 1986;
- Bundesverband Heizung Klima Sanitär e.V. (BHKS) „Therm Report – Aktuelle Informationen zum Thema: Sauerstoffdiffusion, Nr. 16“ (erschienen 1983).

Der BDH hat sich zu dieser Information, die auf seit Jahren vorliegenden Erfahrungen aufbaut und wissenschaftlich begründet ist, entschlossen, nachdem die Probleme der Sauerstoffkorrosion im Zusammenhang mit Kunststoffrohren entgegen dem Stand der Technik und trotz des damit verbundenen Risikos noch häufig negiert werden.

Literatur

- [1] Theiler, F.: Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen. Heizung und Lüftung Nr. 3/87, Seite 6–11
- [2] VDI-Richtlinie 2035 – Blatt 2: Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizungsanlagen – Wasserseitige Korrosion; September 1998
- [3] DIN EN 12828, Heizungssysteme in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
- [4] DIN 4726, Ausgabe: 2000-01, Warmwasser-Fußbodenheizungen und Heizkörperanbindungen – Rohrleitungen aus Kunststoffen
- [5] Kruse, C.-L.: Korrosion in Warmwasserheizungsanlagen als Folge von Sauerstoffdiffusion durch Kunststoffrohre; Schadensprisma (1982) Nr. 2, S. 17/21
- [6] Kruse, C.-L.: Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik, Krammer Verlag, Düsseldorf 1991