

Merkblatt betreffend Korrosionsschäden durch Sauerstoff im Heizungswasser – Sauerstoffkorrosion –

Dieses Merkblatt baut auf seit Jahren vorliegenden Erfahrungen auf und ist wissenschaftlich begründet. Es soll bewirken, dass keine Heizungsanlagen mehr erstellt werden, welche Probleme mit Sauerstoffkorrosion im Zusammenhang mit Kunststoffrohren aufweisen.

1. Das bewährte System

Wesentliche Teile von Warmwasserheizanlagen bestehen in der Regel aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen.

Diese Werkstoffe bewähren sich seit Jahrzehnten in optimaler Weise in den geschlossenen Heizanlagen und erfüllen problemlos ihre Aufgaben und Funktionen bezüglich der Feuer-raumgestaltung, 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.

2. Die Sauerstoffkorrosion

Nur bei Anwesenheit von Sauerstoff im Heizungswasser kann Eisen aus den Eisenwerkstoffen in Lösung gehen und über verschiedene Zwischenstufen Rost ausbilden. [1].

3. Zum Stand der Technik

Einschlägige technische Regeln, wie z. B. VDI-Richtlinien, 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.

Schon in der VDI-Richtlinie 2035, Ausgabe 1979, hiess 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.“ [2]

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 4751, in der Regel keine Probleme über Korrosionsschäden ein, wie die vorliegenden Erfahrungen eindeutig bestätigen. Unter diesen Voraussetzungen sind in geschlossenen Anlagen nur vereinzelt Korrosionsschäden bekanntgeworden. 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.

4. 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 $\frac{1}{4}$ Jahren ausgefallen.



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

5. Schadensursache: Nicht diffusionsdichte Kunststoffrohre

Die meisten Kunststoffe sind bekannterweise 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 Vol.-% 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 (Wasserdampfpartialdruck) 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.

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 Kochgeräusche und Spannungsgeräusche auftreten können.

6. 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 mg/l·d bei einer Wassertemperatur von 40 °C. [3]

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 mg/l·d.

Zieht man einen Sauerstoffgehalt des Leitungswassers von 10 g/m³ zum Vergleich heran, so entspricht dies praktisch einer Wasserneubefüllung nach jeweils zwei Tagen!

Da eine einmalige Wasserneubefüllung eine Magnetitmenge von 36 g/m³ erzeugt, entstehen hier also pro Heizperiode mindestens

3'600 g/m³ Rostschlamm im Heizungswasser.

Diese Verhältnisse bedürfen keiner weiteren Interpretation, vgl. auch [4], [5]. Dabei wurden die zusätzlichen Umsetzungen in der heizfreien Zeit noch nicht einmal berücksichtigt.

7. Vermeidung der Korrosionsschäden – Empfohlene Massnahmen

- Verwendung von **gasundurchlässigen** Werkstoffen
Hierzu werden auch sauerstoffdichte Kunststoffrohre nach DIN 4726 gerechnet (Sauerstoffdurchlässigkeit < 0,1 mg/l d).

- Werden trotzdem 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], [5]. 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.

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 Rohrleitungen für Fussbodenheizungs-Anlagen“, 1996;
- Bundesverband Heizung Klima Sanitär e.V. (BHKS) „Therm Report - Aktuelle Informationen zum Thema: Sauerstoffdiffusion, Nr. 16“ (erschieden 1983).

Literatur

[1] Theiler, F.: Korrosionsschäden in Warmwasser-Heizungsanlagen. Heizung und Lüftung Nr. 3/87, Seite 6-11

[2] VDI-Richtlinie 2035: Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizanlagen - Wasserseitige Korrosion; April 1997

[3] DIN 4726 (Norm-Entwurf), Ausgabe: 1998-02, Warmwasser-Fussbodenheizungen und Radiatorenverbindungen - Rohrleitungen aus Kunststoffen

[4] Kruse, C.-L.: Korrosion in Warmwasserheizungsanlagen als Folge von Sauerstoffdiffusion durch Kunststoffrohre; Schadensprisma (1982) Nr. 2, S. 17/21

[5] Kruse, C.-L.: Korrosion in der Sanitär- und Heizungstechnik, Krammer Verlag, Düsseldorf 1991

Quellennachweis:

Informationsblatt Nr. 3, Juni 1998, des Bundesverbandes der Deutschen Heizungsindustrie BDH