

Leseprobe zum Download



Liebe Besucherinnen und Besucher unserer Homepage,

tagtäglich müssen Sie wichtige Entscheidungen treffen, Mitarbeiter führen oder sich technischen Herausforderungen stellen. Dazu brauchen Sie verlässliche Informationen, direkt einsetzbare Arbeitshilfen und Tipps aus der Praxis.

Es ist unser Ziel, Ihnen genau das zu liefern. Dafür steht seit mehr als 25 Jahren die FORUM VERLAG HERKERT GMBH.

Zusammen mit Fachexperten und Praktikern entwickeln wir unser Portfolio ständig weiter, basierend auf Ihren speziellen Bedürfnissen.

Überzeugen Sie sich selbst von der Aktualität und vom hohen Praxisnutzen unseres Angebots.

Falls Sie noch nähere Informationen wünschen oder gleich über die Homepage bestellen möchten, klicken Sie einfach auf den Button „In den Warenkorb“ oder wenden sich bitte direkt an:

FORUM VERLAG HERKERT GMBH

Mandichostr. 18

86504 Merching

Telefon: 08233 / 381-123

Telefax: 08233 / 381-222

E-Mail: service@forum-verlag.com

www.forum-verlag.com



Bild: © Dr. Michael Hagen

(1) Lochkorrosion an einer Trinkwasser-Steigleitung aus Kupfer für Warmwasser

Lochfraß an Kupferrohren

Aktuelle Schadensfälle an Trinkwasserinstallationen und ihre Vermeidung

Seit einigen Jahren treten gehäuft neuartige Schäden durch Lochkorrosion an halbharten Kupferrohren in der Kalt- und Warmwasser-Trinkwasserinstallation auf. Anhand von zwei Beispielen soll hier gezeigt werden, wie sich das Schadensbild darstellt und welche Lösungsansätze es bisher dazu gibt.

■ Von Prof. Dr.-Ing. Michael Hagen

Die seit einigen Jahren auftretenden Korrosionsschäden [1 bis 4] weisen einige Besonderheiten auf. Hier ist zunächst die hohe Anzahl von Lochfraßstellen und Durchbrüchen zu nennen. So liegen z. B. in einer Justizvollzugsanstalt in Nordrhein-Westfalen ca. 7,5 km Kupferrohre, an denen es inzwischen zu rund 500 Lecks gekommen ist.

Dabei werden derartige Schäden unabhängig von der Einbauposition der Rohre beobachtet. Sie finden sich sowohl an waagrecht verlegten Leitungen wie auch an Steigleitungen (Bild 1). Zudem sind sowohl Kalt- als auch Warmwasserinstallatio-

nen betroffen. Der Schadenseintritt erfolgt in der Regel schon nach weniger als fünf Jahren Betrieb. Dabei muss eine Trinkwasserinstallation nach den Regeln der Technik jedoch so geplant und ausgeführt sein, dass sie 50 Jahre bestimmungsgemäßen Betrieb aushält.

Die Schadenskosten belaufen sich je nach Größe des Objekts schnell auf einen vier- bis sechststelligen Betrag. So leisteten die Versicherer bei Schäden in der verbundenen Wohngebäudeversicherung (Leitungswasserschäden) im Jahr 2015 insgesamt einen Betrag von 2,34 Mrd. € [5]. Diese Kosten beziehen sich auf alle Rohrwerk-

stoffe, also nicht nur auf Kupferrohr. Mehr als 50 % dieser Schäden sind auf korrosionsbedingte Ursachen zurückzuführen [6].

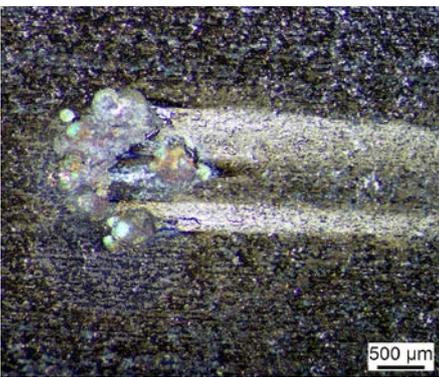
Beispiel: Lochkorrosion an Warmwasserleitung

In einem Altenwohnheim in der Eifel traten 2014 / 2015 in einem Zeitraum von vier Monaten an der Warmwasserinstallation sechs Rohrdurchbrüche in Form von Lochkorrosion auf. Die Betriebsdauer bis zum ersten Schadenseintritt betrug 4,5 Jahre. Es waren sowohl waagrecht wie auch senkrecht verlaufende Stränge betroffen.

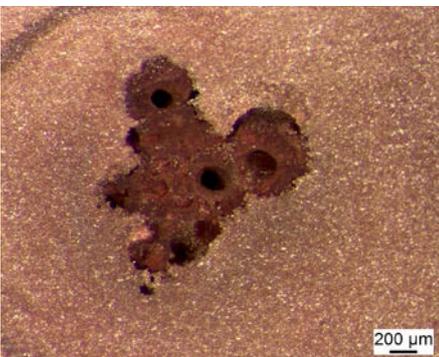
Innerhalb des aufgeschnittenen Rohrs DN 18 x 1 mm (Bilder 2, 3) lagen mehrere Korrosionsstellen annähernd auf einer Linie. Auf der Rohrlänge von 25 cm befanden sich vier Korrosionsstellen, von denen eine zum Wanddurchbruch geführt hat.



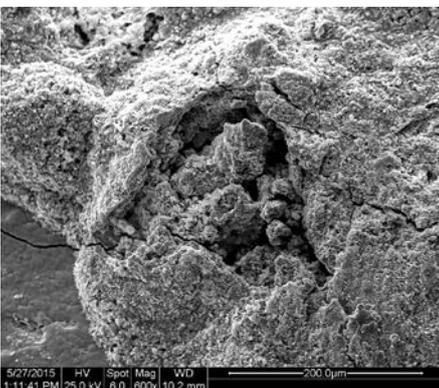
(2) Kupferrohr mit mehreren Korrosionsstellen



(3) Kupferrohr mit Korrosionspustel, Detail aus (2)



(4) Lochkorrosionsnester, Oberfläche gereinigt



(5) Lochkorrosionsstelle im Rasterelektronenmikroskop

Die Korrosionsstellen zeigten sich als Korrosionspusteln, das heißt lokal pustelförmig aufgewachsene Korrosionsprodukte, unter denen sich eine Korrosionsstelle gegebenenfalls mit einem Hohlraum (z. B. Loch- oder Muldenkorrosion) befindet. Unter den Korrosionspusteln fanden sich tatsächlich mehrere nestartige Lochfraßstellen, von denen eine schließlich das Rohr vollständig perforierte (Bild 4). Die Analysen von Korrosionspusteln im Rasterelektronenmikroskop (Bild 5) zeigten die typischen Korrosionsprodukte, wie sie bei der Lochkorrosion Typ 2 in Warmwasser [6] zu finden sind.

Die Typen der Lochkorrosion sind nach DIN EN 12502-2 [7] bei Kupferrohren je nach Trinkwasserbeschaffenheit (Kalt- oder Warmwasser) zu unterscheiden. In Kaltwasser tritt Lochkorrosion Typ 1 auf. Sie ist charakterisiert durch halbkugelförmige Mulden im Material und die Bildung von grünen Pusteln oberhalb des lokalen Korrosionsangriffs. In Warmwasser auftretende Lochkorrosion wird als Lochkorrosion Typ 2 bezeichnet. Typisch für diese Korrosionsform sind ein lokal eng begrenzter Lochfraß und eine unregelmäßige innere Geometrie im Material. Die Korrosionsstelle ist ebenfalls mit Korrosionsprodukten überdeckt.

Die grün- und bläulichen Korrosionsprodukte bestanden im vorliegenden Beispiel aus basischen Kupfersalzen mit Sulfat, Carbonat und Phosphat. Die rotbraunen Produkte sind Kupferoxid als Korrosionsprodukte des Kupfers. Die Korrosionsstellen wiesen sonst keine weiteren Besonderheiten auf.

Zur Bewertung der lochkorrosionsfördernden Bedingungen wurde die DIN EN 12502-2 [7] herangezogen. Lochkorrosion

von Kupfer in erwärmtem Trinkwasser wird hauptsächlich von der Wasserzusammensetzung und der Wassertemperatur verursacht. Sie tritt bevorzugt in sauren Wässern mit einem pH-Wert < 7,0 sowie mit einem relativ geringen Gehalt an Hydrogencarbonat (< 1,5 mmol/l) und einem hohen Sulfatgehalt auf. In derartigen Wässern ist die Korrosionswahrscheinlichkeit erhöht, bei einem Konzentrationsverhältnis (Verhältnis Hydrogencarbonat zu Sulfat) Index S:

$$S = \frac{\text{Konz. (HCO}_3^-)}{\text{Konz. (SO}_4^{2-})} < 1,5$$

Der Hydrogencarbonatgehalt und der Sulfatgehalt werden durch eine Wasseranalyse ermittelt.

Alle im Labor durchgeführten eigenen Wasseranalysen sowie die Auswertungen der Wasseranalysen des örtlichen Wasserversorgers waren in Bezug auf lochkorrosionsfördernde Parameter als absolut unkritisch einzustufen. In dem vorgefundenen Trinkwasser bestand keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Lochkorrosion in Warmwasser. Trotzdem kam es zu Schäden durch Lochkorrosion.

Beispiel: Lochkorrosion nach vier Jahren Betriebszeit

In diesem Fallbeispiel wurden Lochkorrosionsschäden in einem Krankenhaus der Region Rhein-Ruhr bei Trinkwasserleitungen der Nennweiten DN 15 und DN 28 beobachtet. Im Jahr 2006 ist die Anlage in Betrieb genommen worden. Die ersten Schäden traten in diesem Objekt nach 4 Jahren Betriebszeit auf und setzten sich kontinuierlich bis 2016 fort. Es waren sowohl Kalt- als auch Warmwasserleitungen betroffen. An 10 exemplarisch ausgewählten Rohrabschnitten von je ca. 1 m Länge wurden 58 Korrosionspusteln gefunden, wobei die Rohre Nr. 2 und 6 besonders stark von Lochkorrosion betroffen waren, wie Tabelle 6 zeigt.

Die Austrittsstellen der Lochkorrosion sind nadelstichtartig ausgebildet. An Rohr Nr. 5 waren gleich zwei Undichtigkeiten zu erkennen (Bild 7). An dem längs aufgetrennten Rohr fanden sich ähnlich dem vorherigen

Bilder © Dr. Michael Hagen

Rohr	DN	Korrosionsstellen
1	28	4
2	28	15
3	15	5
4	28	2
5	15	3
6	28	16
7	15	1
8	28	4
9	28	4
10	28	4

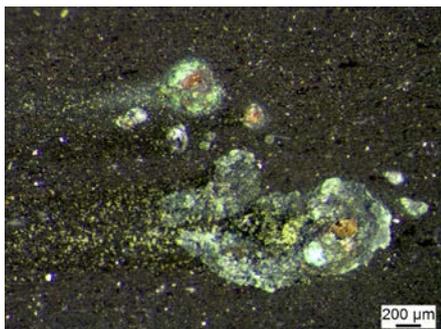
(6) Ergebnisse einer Untersuchung der Korrosionsstellen an 10 exemplarisch ausgewählten Rohrabschnitten

Beispiel wieder grünliche Pusteln (Bild 8) sowie auf einer kleinen Fläche nestartig angeordnete Korrosionsstellen. Im Querschnitt erscheint der Lochfraß ebenfalls in verästelter Form mit mehreren Kanälen (Bild 9).

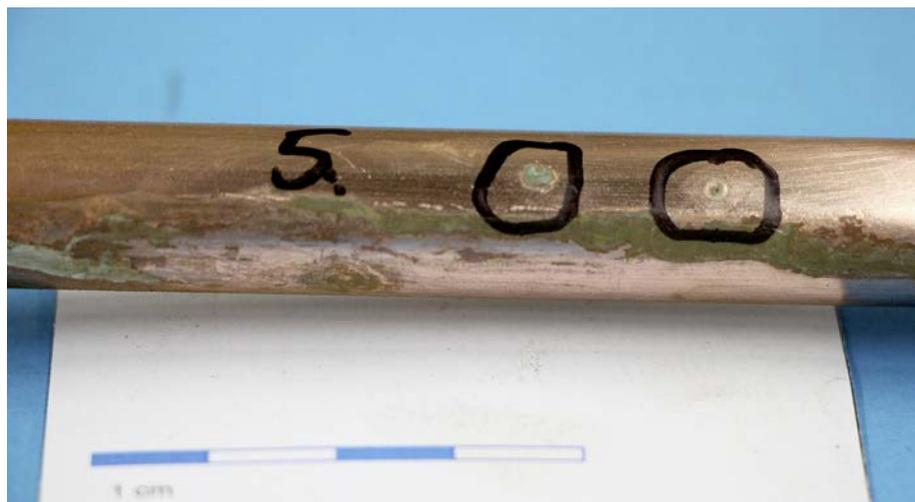
Die Beurteilung der Wasserqualität anhand eigener Wasserproben sowie anhand von Analysedaten des lokalen Wasserversorgers ergab kein erhöhtes Risiko für Lochkorrosion in Warmwasser Typ II. Der Index S lag bei einem Versorgungsbrunnen zwar mit dem Wert von 1,15 unterhalb des in der Norm vorgegebenen Werts von 1,5. Jedoch waren die weiteren Parameter Hydrogencarbonat und pH-Wert unkritisch. Somit gab es auch für diesen Schadensfall keine schlüssige Erklärung für das Auftreten von Lochkorrosion an Kupferrohren.

Schadensursache

Zurzeit wird in verschiedenen Arbeitsgremien wie z. B. im Arbeitskreis Schadensuntersuchung der Gesellschaft für Korrosionsschutz e. V. (GfKORR), VDI Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik und dem Deutschen Kupferinstitut DKI das



(8) Korrosionspusteln im Rohrinernen



(7) Kupferrohr mit zwei Durchbrüchen an einer Trinkwasserleitung für Warmwasser

Schadensphänomen mit Korrosionsfachleuten, Betreibern und Herstellern intensiv diskutiert. Dabei haben einige der Beteiligten bereits mögliche Schadensursachen ausfindig gemacht:

- Wasserqualität, da regional begrenzte Schäden
- Lagerung des Werkstoffs und Zutritt von Feuchtigkeit auf der Baustelle
- Verarbeitungsfehler
- Produktionsrückstände auf der Rohrinenseite

Alle Korrosionsfachleute sind sich darüber einig, dass die Schadensursache bisher nicht geklärt ist und deshalb ein dringender Forschungsbedarf besteht. Als erster Schritt ist eine Bestandsaufnahme der bisherigen Schäden unter Federführung des IWW Mühlheim in die Wege geleitet worden [8]. Zum jetzigen Zeitpunkt ist jedoch von einem zurzeit ungeklärten Korrosionsphänomen auszugehen. Daraus ergibt sich gerade für den Betreiber die Frage, ob es Abhilfemaßnahmen gibt.

Lösungsansätze zur Vermeidung

Ein übliches Verfahren zur Vermeidung von Korrosionsschäden – auch der Lochkorrosion – ist der Einsatz von **Inhibitoren**, die im Idealfall eine weitere Schädigung durch Korrosion stoppen. Inhibitoren sind chemische Substanzen, welche die Korrosionsrate senken, wenn sie in geeigneten, im Allgemeinen sehr gerin-

gen Konzentrationen im Korrosionsmedium anwesend sind. Dabei soll jedoch die Konzentration jeglicher korrosiver Angriffsmittel nicht wesentlich verändert werden. Zudem ist Trinkwasser ein Lebensmittel. Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen sind in der Trinkwasserverordnung nur anorganische Phosphate und Silikate als Inhibitoren in geringer Konzentration zulässig.

Da die Schadensursache zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt ist, ist der Einsatz von Inhibitoren nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ nicht sinnvoll.

Ältere Quellen über die Lochkorrosion bei Kupfer in der Trinkwasserinstallation Typ 2 in Warmwasser empfehlen eine Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit oder eine Herabsetzung der Temperatur.

Für das Objekt in der Eifel wurde geprüft, ob eine Absenkung der Warmwassertemperatur infrage kommt. Nach Rücksprache mit dem Eigentümer und der Gesundheitsbehörde wurde die Temperatur im Speicher auf 55 °C reduziert. Dabei ist zunächst zu betrachten, dass zwecks Einhaltung der Trinkwasserhygiene gemäß DVGW-Richtlinie 551 [9] zur Vermeidung von Legionellenwachstum die Warmwassertemperatur in der Zirkulationsleitung > 55 °C betragen soll.

In der bestehenden Anlage wurde mit einer Austrittstemperatur am Warmwasserspeicher von 61 °C gefahren. Vor einer Temperaturabsenkung im Warmwasserspeicher wurde direkt hinter dem Austritt eine

Literatur

[1] Becker, A.: Neuartige Schäden durch Lochkorrosion in Warmwasser-Zirkulationsleitungen aus Kupfer, in: GWA Wasser-Abwasser Band 202, Aachen 2006, 23 / 1-23 / 9

[2] Feser, R.; Rausch, H.: Einsatz von Kupfer in der Trinkwasserinstallation, 8. Korrosionum: Werkstoffe für die Trinkwasserinstallation – Korrosion und Korrosionsschutz, 03.09.2014, HAW Hamburg

[3] Feser, R.; u. a.: Sanitär- und Heizungstechnik, 10 / 2014, S. 40 – 43 (2014)

[4] Genath, B.: Wer oder was hat Schuld?, in: HLH 07 / 2015, Springer-VDI-Verlag

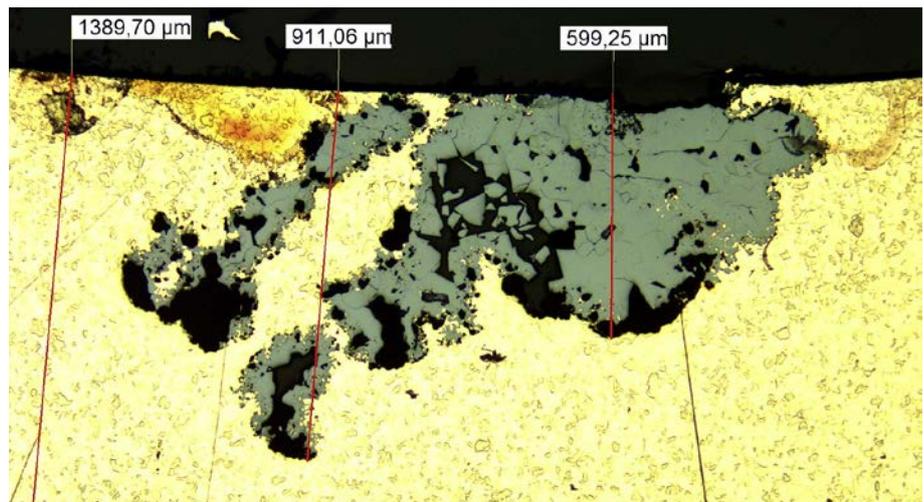
[5] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV), <http://www.gdv.de/zahlen-fakten/schaden-und-unfallversicherung/wohnebaueversicherung>

[6] Scholzen, D.: Leitungswasserschäden – Probleme ohne Ende?, in: Schadenprisma 03 / 2010

[7] DIN EN 12502-2:2005-03 Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und Speichersystemen – Teil 2: Einflussfaktoren für Kupfer und Kupferlegierungen

[8] IWW Zentrum Wasser, <https://iww-online.de/schaeden-durch-kupferlochkorrosion-in-trinkwasserinstallationen-start-eines-durch-den-dvgw-gefoerderten-forschungsprojektes>

[9] DVGW: Technische Regel Arbeitsblatt W 551 Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminde- rung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installatio- nen. Stand 04.2004



(9) Nestartige Lochkorrosionsstelle

UV-Anlage zur physikalischen Desinfektion installiert. Die Temperatur wurde dann auf 55 °C reduziert. Gleichzeitig wurden zunächst monatlich Wasserproben für eine hygienische Untersuchung auf Legionellen entnommen. Der Befund war negativ, sodass die Prüfintervalle auf zunächst drei und dann sechs Monate erhöht wurden.

Seit dem Zeitpunkt der Temperaturabsenkung im Warmwasserspeicher Anfang 2015 sind bis heute keine Lochkorrosionsschäden mehr aufgetreten. Somit kann dies eine mögliche Abhilfemaßnahme bei Objekten sein, in denen Temperaturabsenkung des Warmwassers im Anlagenbetrieb möglich ist.

Im zweiten Schadensfall bleibt nur die kostenintensive Komplettanierung der gesamten Installation.

Fazit

Die Lochkorrosionsschäden an halbharten Kupferrohren stellen kein regionales Phänomen dar. Fälle mit Kupferkorrosion sind bundesweit in vielen Regionen bekannt geworden. So sind Schäden im Weserbergland, im Sauerland, im Siegerland, auf Sylt, in Oberfranken, am Ober- und Niederrhein, im Frankfurter Raum, in der Oberrheinischen Tiefebene und in den Niederlanden aufgetreten.

Die Schadensursache für die Lochkorrosion ist bis heute ungeklärt. Auch die Regelwerke zur Korrosionswahrscheinlichkeit [7] geben dem Anwender keine Planungssicherheit.

Bei Lochkorrosion in Warmwasserinstallati- onen kann die Korrosion durch eine Tem- peraturabsenkung gestoppt werden. Dabei sind die hygienischen Anforderungen an das Trinkwasser zu beachten. Es ist zu empfeh- len, eng mit den jeweils zuständigen Ge- sundheitsbehörden zusammenzuarbeiten. ■

Zur Person



**Prof. Dr.-Ing.
Michael Hagen**

Professor an der TH Köln, Institut für Werkstoffanwendung, Lehrgebiete Werkstofftechnik und Korrosionsschutz

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Werkstofftech- nik, Schadensanalyse, Korrosion und Korrosionsschutz bei metallischen Werkstoffen (IHK Köln)

Sachverständigenbüro mit Standorten in Köln und in Jade bei Oldenburg

Kontakt

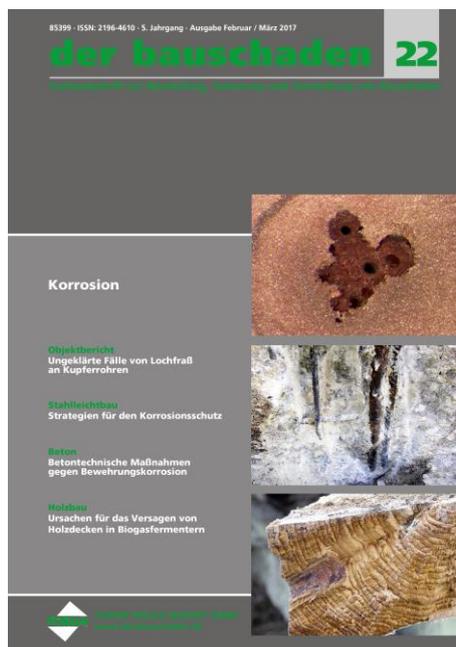
Internet: www.th-koeln.de

E-Mail: michael.hagen@th-koeln.de



WISSEN,
DAS ANKOMMT.

Bestellmöglichkeiten



der bauschaden

Für weitere Produktinformationen oder zum Bestellen hilft Ihnen unser Kundenservice gerne weiter:

Kundenservice

☎ **Telefon: 08233 / 381-123**

✉ **E-Mail: service@forum-verlag.com**

Oder nutzen Sie bequem die Informations- und Bestellmöglichkeiten zu diesem Produkt in unserem Online-Shop:

Internet

 <http://www.forum-verlag.com/details/index/id/5894>

FORUM VERLAG HERKERT GMBH, Mandichostraße 18, 86504 Merching,
Tel.: (08233) 381 123, E-Mail: service@forum-verlag.com, Internet: www.forum-verlag.com