

## Grundlagen der Korrosion

# Warum korrodieren Metalle und warum sind sie für eine Vielzahl der Leitungswasserschäden in der verbundenen Wohngebäudeversicherung verantwortlich? Dr. Georg Scholzen gibt die Antwort

Wollen wir präventiv bei der Planung Fehler vermeiden, kommen wir an den Grundlagen der Korrosion nicht vorbei. Und da steht die folgende Frage im Raum: **Warum überdauern metallische Leitungen in einem Fall 50 Jahre ohne Schaden und andere Installationen zeigen bereits nach nur zwei Jahren erste Korrosionsschäden, die zu Durchbrüchen und Leckagen führen?** Dazu muss Korrosion als Zusammenspiel zwischen der Auswahl des Werkstoffes in Abhängigkeit der Inhaltsstoffe des Trinkwassers und der Betriebsweise verstanden werden.

**Werfen wir einen Blick auf die Grundlagen der Elektrochemie:** Grundsätzlich unterliegen auch andere Werkstoffe, wie Stahlbeton, Kunststoffe oder Holz einem Veränderungsvorgang, der sich als Korrosionsvorgang beschreiben lässt. Im Rahmen dieses Artikels wird sich auf die Korrosion von metallischen Werkstoffen in der Hausinstallation konzentriert. Dazu müssen einige Begriffe erläutert werden, die für das Verständnis notwendig sind: Korrosion, Erscheinungsformen der Korrosion, Korrosionsarten, Korrosionsschutz und Korrosionsschaden



### Korrosion

Unter Korrosion versteht man die Reaktion eines Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann. Diese Reaktion ist in den meisten Fällen elektrochemischer Natur.

### Korrosionserscheinung

Die Korrosionserscheinung ist die messbare Veränderung eines metallischen Werkstoffes durch Korrosion. Nicht jede Korrosionsreaktion führt notwendigerweise zu einem Korrosionsschaden. Für viele industrielle Produkte wird z. B. eine Metallocberfläche durch Säurebehandlung so hergerichtet, damit anschließend der notwendige Schutzüberzug überhaupt haften kann. Man denke nur an die Grundierung und Lackauftragung der Oberfläche für die Automobilindustrie.

### Korrosionsschutz

Ziel des Korrosionsschutzes ist nicht die Verhinderung der Korrosion, sondern die Verhinderung des Korrosionsschadens.

### Korrosionsschaden

Der Korrosionsschaden stellt sich ein, wenn es zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems durch Korrosion kommt.

**Dr. Georg Scholzen** ist Diplom-Chemiker mit über 20 Jahren Erfahrung in der Verhütung von Leitungswasserschäden. Er war u.a. Sprecher der Projektgruppe „Leitungswasser“ des GDV, Mitglied im Projektkreis „Betrieb und Wartung“ beim DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.), Autor des Fachbuches „Leitungswasserschäden: Vermeidung – Sanierung – Haftung“ und der Experten im FORUM LEITUNGSWASSER der AVW Unternehmensgruppe.  
Foto: Martin Zitzlaff

Danach ist der Korrosionsvorgang an und für sich erst einmal wertneutral. Für viele Bereiche ist die Korrosion erwünscht, da sich im Kontakt mit dem Wasser überhaupt erst Deckschichten aus der Reaktion der Wasserinhaltsstoffe (Anionen und Kationen) mit den Metallen auf der Innenseite der Rohre bilden können. Diese elektrochemischen Reaktionen führen aber nicht zwangsläufig zu einem Korrosionsschaden, sondern verhindern diesen sogar. Daher ist nur der Korrosionsschaden negativ zu bewerten in Bezug auf die mögliche Konsequenz. Dementsprechend ist das Ziel des Korrosionsschutzes, Korrosionsschäden zu vermeiden.

Ganz allgemein kann man eine Korrosionsreaktion folgendermaßen formulieren:

**Werkstoff + Medium → Korrosionsprodukte**

Besonders wichtig dabei ist, dass diese Reaktion in der Regel an der Oberfläche abläuft. Somit sind Korrosionsvorgänge auch Grenzflächenphänomene unter Berücksichtigung der energetischen Prozesse. Es handelt sich dabei um eine elektrochemische Reaktion unter Abgabe von Elektronen. Diese führt unweigerlich zur Auflösung des Metalls und damit zu einer Veränderung der Eigenschaften des Systems. Die Reaktionen an den Grenzflächen sind für das Verständnis von entscheidender Bedeutung, insbesondere, wenn man später die verschiedenen Sanierungsverfahren bewerten will.

## Beispiel

Die Grundlagen werden an einem Beispiel verdeutlicht: Bei diesem Bild (Bild 1) wurde Rostwasser aus der Trinkwasserleitung gezapft. Hierbei wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von Eisen (Fe), der bei 0,2 mg/l liegt, wesentlich überschritten. Ursache hierfür ist die fehlende schützende Zinkschicht auf der Innenseite des Eisenrohres. Diese ist aufgezehrt und dann können bei längeren Stillstandszeiten Korrosionspartikel in Lösung gehen und das Wasser braun färben. Die Fe-Ionen sind nicht toxisch, aber optisch und sensorisch auffällig und entsprechen nicht der Trinkwasserverordnung (verunreinigte Wäsche, Geschirr mit Rostflecken).



**Bild 1:** Rostwasser aus einer verzinkten Stahlleitung der Trinkwasserinstallation in einem Waschbecken. Bild: Dr. Georg Scholzen, Münster

Da die Trinkwasserverordnung nicht eingehalten ist, haben Gerichtsurteile den betroffenen Mieter eine Mietkürzung zugebilligt, was für die Vermieter eine schmerzhafte Einnahmenminderung darstellen kann. Allerdings muss dazu keine Leckage aufgetreten. Sowohl die Beeinträchtigung der Funktion des Werkstoffes als auch die Beeinträchtigung der Trinkwasserbeschaffenheit kann ein Korrosionsschaden sein. Das Zapfen von Rostwasser kann durch Korrosionsvorgänge in der Hausinstallation verursacht sein, ist aber kein versicherter Leitungswasserschaden. Was ist aber auf den Innenseiten des wasserführenden Rohres passiert? Dazu wird der Korrosionsvorgang näher beleuchtet.

## Der Korrosionsvorgang

Der Korrosionsvorgang ist stets elektrochemischer Natur, daher sind zwei Voraussetzungen notwendig:

1. eine minimale Leitfähigkeit des Elektrolyten und
2. die Anwesenheit eines Oxidationsmittels

**Zu 1.** Die Leitfähigkeit ist durch die gelösten Ionen (Kationen und Anionen) im Trinkwasser immer vorhanden. Nur im de-ionisiertem Wasser sind die gelösten Ionen aus dem Trinkwasser technisch herausgefiltert, so dass es eine extrem geringe Leitfähigkeit besitzt. Dies gelingt zum Beispiel durch den Einsatz von Osmoseanlagen für Labore oder auch im medizinischen Bereich.

**Zu 2.** Der andere Faktor, das Oxidationsmittel, ist mit Sauerstoff reichlich im Trinkwasser vorhanden. Somit sind die Voraussetzungen für eine elektrochemische Reaktion in einem metallischen Werkstoff in der Trinkwasserinstallation praktisch immer erfüllt.

Auf der Metallinnoberfläche bilden sich dabei Bezirke aus, in denen entweder hauptsächlich Metall-Ionen in Lösung gehen (Anoden) oder hauptsächlich ein Oxidationsmittel reduziert wird (Kathoden). Dabei baut sich ein Stromkreis durch den Elektronenstrom im Metall und einem Ionenstrom im Medium (Elektrolytlösung) auf. Dieser Stromkreis entspricht einem galvanischen Element und wird mit Korrosionselement bezeichnet.

Die Korrosion als elektrochemische Reaktion besteht somit aus zwei zusammengehörigen Teilreaktionen, wobei diese am selben Ort ablaufen können oder örtlich voneinander getrennt sind.

**Deckschutzschichten**, die sich auf den Metallen in Kontakt mit Wasser bilden, stellen eine gewünschte Korrosionserscheinung dar, ohne zu einem Korrosionsschaden zu führen. Diese Deckschichten sind für die Vermeidung von Schäden unerlässlich. Sie entstehen in den meisten Fällen ganz automatisch und sind in der Regel erwünscht. Es handelt sich dabei um Produkte aus der elektrochemischen Reaktion mit anderen Eigenschaften als denen der Ausgangsstoffe. Läuft die elektrochemische Reaktion am selben Ort ab, findet eine gleichmäßige Flächenkorrosion statt mit der Folge, dass die darunterliegende Metallschicht vor einem weiteren Angriff geschützt wird. Bei karbonathaltigen Wässern bildet sich beispielsweise eine Zinkkarbonat-Deckschicht aus. Diese Karbonatschicht ist im Gegensatz zum metallischen Zink oder auch zum Zinkoxid elektrisch nichtleitend. Durch die Hemmung des Stromkreislaufes an der Karbonatschicht kann ein weiterer elektrochemischer Angriff auf die darunterliegende Metallschicht nicht mehr stattfinden. Somit ist der Stromfluss unterbrochen und damit auch der weitere Korrosionsangriff.

Laufen die beiden Teilreaktionen jedoch örtlich getrennt voneinander ab, findet eine ungleichmäßige Korrosion statt. Dies ist z.B. bei heterogenen Oberflächen der Fall und bedeutet, dass eine ausgeprägte örtliche Korrosion nur auftreten kann, wenn eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit an der Phasengrenze des Metalls und des Elektrolyten (Wasser) vorliegt. Nur dann kann es zu den negativen Erscheinungen des Korrosionsschadens kommen.

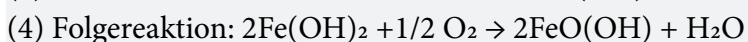
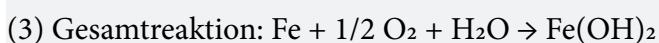
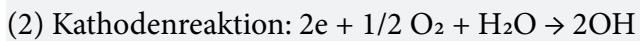
## Merke:

- Eine Flächenkorrosion ist erwünscht, da sich schützende Deckschichten ausbilden, die den weiteren Angriff verhindern.
- Negativ ist die Korrosion, wenn die Reaktion örtlich getrennt abläuft (Bildung von Lokalelementen). Dies kann zu Durchbrüchen führen.

Jedes Metall unterliegt im Wasser einem materialspezifischen Lösungsdruck. Daher werden Metalle durch das Wasser elektrochemisch angegriffen. Bei diesem Prozess bilden sich dabei die bereits beschriebenen Bezirke auf der Metalloberfläche aus, in denen entweder Metall-Ionen in Lösung gehen (Anode) oder hauptsächlich ein Oxidationsmittel reduziert wird (Kathode). Der weitaus größte Teil der Korrosionsreaktionen von Metallen lässt sich auf zwei Typen zurückführen: die Sauerstoffkorrosion und die Säurekorrosion. Der Unterschied besteht letztlich mehr in der Art des Oxidationsmittels.

Für die **Sauerstoffkorrosion** werden die chemischen Reaktionen einmal näher beleuchtet. An der Kathode wird Sauerstoff zu Hydroxid-Ionen reduziert (Gl. 2). Gleichzeitig gehen Metall-Ionen (z.B. in Form von Eisen-Ionen) an der Anode in Lösung (Gl. 1). Dabei gibt das Eisen zwei Elektronen ab und wird zweifach positiv geladen. Die beiden Reaktionen laufen an verschiedenen Orten ab. Durch die Leitfähigkeit des Metalls können die Elektronen von der Anode zur Kathode wandern. Die Ionleitfähigkeit des Wassers schließt den Stromkreis. Damit bildet sich an der Anode im ersten Schritt zweiwertiges Eisenhydroxid ( $\text{Fe(OH)}_2$ ) (Gl. 3), das in einer weiteren Reaktion zu Eisenoxidhydrat  $\text{FeO(OH)}$  (brauner Eisenrost) oxidiert wird (Gl. 4). Die Reaktionsgleichungen spiegeln die Teilreaktionen wider.

## Reaktionsgleichungen bei der Korrosion von Eisen (Sauerstoffkorrosion)





**Bild 2:** Die beiden Halbschalen des aufgetrennten Eisenrohres zeigen links die Halbschale mit starken braunen Korrosionsprodukten als Eisenhydroxide auf der Innenseite und daneben (rechts) die abgebeizte Rohrinnenseite mit dem Durchbruch und dem starken Angriff auf den Grundwerkstoff des Metalls. Es sind keine weißen Deckschichtbildner, z.B. Zinkkarbone, zu erkennen. Bild: Christoph Gies, Dinslaken

Das Bild (Bild 2) mit den beiden Halbschalen von einer korrodierten, ursprünglich verzinkten Eisenleitung zeigt das Ergebnis der oben beschriebenen Reaktion als Folge des Korrosionsvorgangs. **Welche Auswirkungen eine fehlerhafte Installation haben kann, verdeutlicht ein spektakulärer Leitungswasserschaden aus dem Jahr 2015**

Der Leitungswasserschaden in einem EFH verursacht **einen Sachschaden in Höhe von ca. 20.000 Euro**. Der Keller des EFH wird durch eine Leckage an einer Trinkwasserleitung geflutet. Die Installation wurde vor ca. 30 Jahren durch einen Fachbetrieb errichtet. Damals wurde die alte Kupferleitung für die Eigenwasserversorgung gekappt und die Trinkwasserversorgung an die öffentliche Versorgung angeschlossen. **Infolge dessen wurde die gekappte Leitung mit einem Eisenstopfen durch den Fachbetrieb unsachgemäß verschlossen**. Auch die Kappung der Stichleitung erst nach ca. 1 Meter ist und war auch aus hygienischen Gründen nicht sachgerecht.

Durch den Verschluss der kupfernen Leitung im Keller mit einem eisenhaltigen Stopfen wurde, wie es in einem Lehrbuch für falsche Installationen stehen könnte, **die sogenannte Kontaktkorrosion zwischen dem Kupfer und Eisen begünstigt**. Die lokale Korrosion kann an der Kontaktstelle zweier ungleichartiger Metalle auftreten. **Der typische Fehler besteht in der Praxis häufig in einer Kupferinstallation vor verzinktem Stahl (Fließregel nicht beachtet)**.

Über 30 Jahre lang hat es gedauert, bis durch Korrosion zwischen dem Eisenstopfen und der Kupferleitung der Stopfen dem Druck nicht mehr standhielt und das **Wasser aus der Trinkwasserleitung mit 4 bar austströmte** und den Keller in kürzester Zeit flutete. Zum Glück war im Keller ein Abfluss vorhanden, sonst wäre das Wasser im Keller noch stärker gestiegen.



**Bild 3:** Werkzeuge im Keller „geflutet“



**Bild 4:** Schimmelbildung auf Lederstiefeln



**Bild 5:** Endständiges Kupferrohr



**Bild 6:** der „verrostete“ Eisenstopfen

Bild 3-6: Franz Seeberger,  
Münster

Hierbei wanderten die Elektronen des Eisens verstärkt zum Kupfer und mit der Zeit löste sich dann der Eisenstopfen auf. Durch die Materialstärke des Eisens hat es „etwas“ länger gedauert, bis der Stopfen soweit korrosionschemisch angegriffen war, dass er durch den Wasserdruck abgesprengt wurde und sich das Wasser den freien Auslauf in den Kellerraum suchte.

Das Beispiel zeigt sehr eindrucksvoll, welche Auswirkung die lokale Korrosion an der Kontaktstelle zweier ungleichartiger Metalle haben kann. Bemerkenswert dabei ist, dass diese falsche Installation von einem Fachbetrieb ausgeführt wurde. Die Fließregel war auch schon damals bekannt und jeder Auszubildende im 1. Ausbildungsjahr hätte das wissen müssen.

**Im nächsten Beitrag** wird Dr. Georg Scholzen das elektrochemische Potential erläutern. Es wird der Frage nachgegangen, warum die installierten Metalle nicht in der Natur so vorliegen, wie wir sie benötigen und was das mit Korrosion zu tun hat. Dabei interessieren uns natürlich die Folgen in der Praxis.

## Dr. Georg Scholzen

<b>Deutsche Entwicklungshilfe für soziales Wohnungs- und Siedlungswesen e. V.</b> Innere Kanalstraße 69 50823 Köln Tel. 0221 5 79 89-0 info@deswos.de www.deswos.de		<b>DZI Spenden-Siegel</b> <i>Geprüft + Empfohlen</i> Ihre Spende kommt an!		<b>Deutsches Zentralinstitut für soziale Fragen (DZ)</b> Ihr Spende kommt an!	