

## Korrosion

### **0. Inhalt**

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>1</u>
<u>1.</u>	<u>Allgemeines</u>	<u>1</u>
<u>2.</u>	<u>Grundlagen</u>	<u>2</u>
<u>3.</u>	<u>Begriffe</u>	<u>2</u>
<u>4.</u>	<u>Korrosionserscheinungen</u>	<u>3</u>
4.1	Elektrochemische Korrosion am Lokalelement	3
4.2	Bimetallkorrosion	4
4.3	Spaltkorrosion	5
4.4	(Chlorinduzierte) Lochkorrosion / Lochfraß	6
4.5	Spannungsrissskorrosion	6
4.6	Heißgaskorrosion	7
4.7	Zusammenfassung	7
<u>5.</u>	<u>Quellen</u>	<u>7</u>
5.1	Normen und Regelwerke	7
5.2	Fachliteratur	7
5.3	Sonstige	8

### **1. Allgemeines**

#### Kurzbeschreibung

Darstellung der wichtigsten Korrosionsmechanismen bei Stählen;

#### Einordnung

Stahlbau – Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Korrosionserscheinungen

#### Lernziele

Kennenlernen der wichtigsten Korrosionsmechanismen bei Stählen;

#### Einschränkungen, Abgrenzung

– keine –

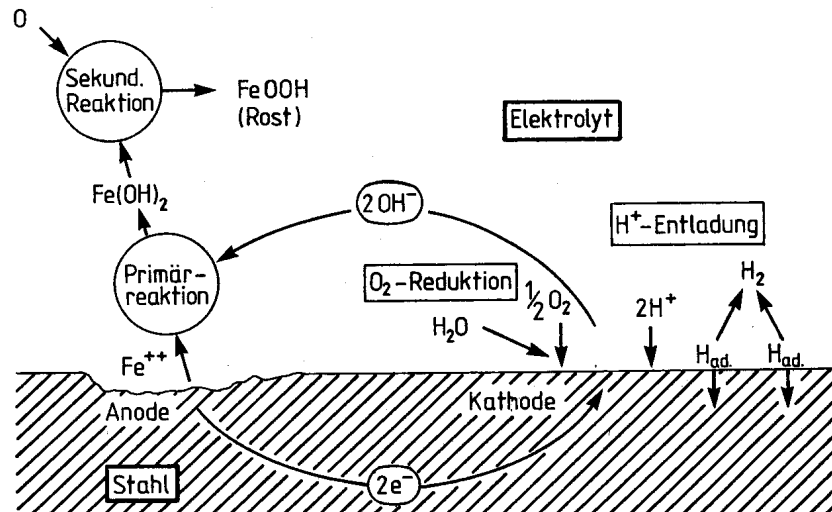


pH-Wert	negativer Logarithmus der H-Ionen Konzentration in einer Flüssigkeit. pH 7 ist neutral pH 1-7 ist sauer pH 7-15 ist basisch / alkalisch / „laugenartig“
Reduktion	Abgabe des Sauerstoffes aus einer Verbindung; allgemeiner: .....
Rost	volkstümlicher Begriff für die Korrosionsprodukte des Eisens
Sauerstoff	Oxigenium (das sauer Machende), chem. Element mit dem Zeichen O

## **4. Korrosionserscheinungen**

### **4.1 Elektrochemische Korrosion am Lokalelement**

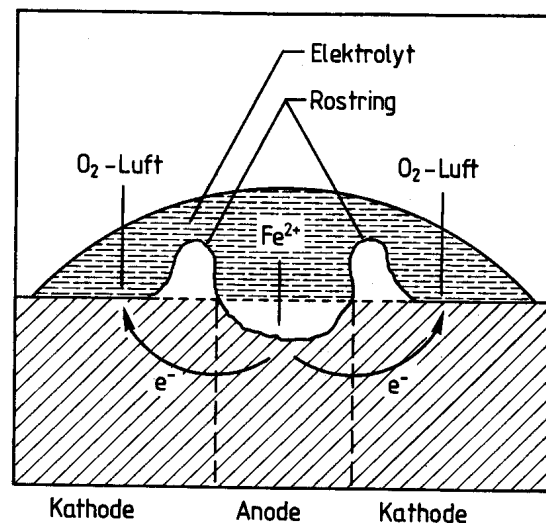
Wird eine freie (ungeschützte) Metalloberfläche von einem Elektrolyten benetzt, so bildet sich ein sogenanntes Lokalelement. Dieses ist gekennzeichnet durch einen anodischen und einen kathodischen Bereich. Metallteilchen gehen als positive Ionen an der Oberfläche des anodischen Bereiches in Lösung und werden in einer sekundären Reaktion zu einem Korrosionsprodukt oxidiert, welches, sofern es wasserlöslich ist, ausgeschwemmt werden kann (Stofftransport). Die zugehörigen Elektronen fließen von der Anode durch den Grundwerkstoff zur Kathode. Dies ist im untenstehenden Schema für die Sauerstoffreaktion in neutralen bis schwach alkalischen Elektrolyten dargestellt. Die Reaktionen in sauren Lösungen unterscheiden sich dabei lediglich in den Beiprodukten.



**Abb. 1.6:**  
Korrosion von Stahl in wässrigen Lösungen (schematisch)

aus Nürnberger 1995 Band 1

Das Eisen-Ion kann sich nach der weiteren Oxidation aber auch an der Kathode ablagern (siehe nachfolgendes Bild).



**Abb. 1.21:**  
Korrosion von Eisen unter einem  
Wassertropfen (nach Evans)

aus Nürnberger 1995 Band 1

## 4.2 Bimetallkorrosion

Sind zwei unterschiedliche Metalle beteiligt, die gemeinsam von einem Elektrolyten benetzt werden, so richtet sich die Entstehung von Kathode (edlerer Partner) und Anode

(unedlerer Partner) nach der elektrochemischen Spannungsreihe. Diese quantifiziert das Potential (in Volt) gegenüber einer als „neutral“ definierten Wasserstoff-Elektrode.

*unbeständig* *Beständig /  
passive Nirop*

**Tafel 1: Spannungsreihe der Metalle und Normalpotentiale**

Element	Na	Mg	Al	Zn	Cr	Fe	Sn	Pb	H	Cu	Ag	Au
Potential in V	-2,7	-2,4	-1,7	-0,76	-0,56	-0,44	-0,14	-0,12	0	+0,34	+0,8	+1,36

unedle Metalle
  edle

aus Möll 1994

Zink ist demnach unedler als Eisen, passivierte „Nichtrostende Stähle“ entsprechen in ihrem elektrochemischen Verhalten den Elementen Silber und Gold.

Aufgrund dieser Einteilung müssten bei der Befestigung von feuerverzinkten Stahlbauteilen mit nichtrostenden Schrauben („Edelstahl“ – siehe mein Skript „Selbstpassivierende Werkstoffe“) unter natürlicher Bewitterung Korrosionsschäden entstehen. Erfahrungsgemäß ist dies jedoch nicht der Fall. Ursache dafür ist das Verhältnis einer großen Oberfläche des unedlen Materials gegenüber einer sehr kleinen Oberfläche des edlen Materials. Dadurch entsteht eine „große“ Stromdichte in der kleinen Oberfläche des nichtrostenden Stahls gegenüber einer sehr kleinen Stromdichte auf der Oberfläche der Zinkschicht. Ein nennenswerter Abtrag der Zinkschicht findet dadurch nicht statt.

### 4.3 Spaltkorrosion

Ist bei nichtrostenden Stählen der freie Sauerstoffzutritt gestört, z.B. in Spalten, so beginnt dort ein Korrosionsprozess, der grundsätzlich identisch mit dem bei unlegierten Stählen abläuft. Hierbei kann jedoch ein ungünstiges Flächenverhältnis einer großen Oberfläche von passiviertem, d.h. „edlem“ Werkstoff auftreten gegenüber einer kleinen Oberfläche an aktiviertem, d.h. „unedlem“ Werkstoff. Dies bewirkt während der Korrosion an der unedlen Stelle eine relativ hohe Stromdichte, so dass der Korrosionsvorgang dort mit relativ hohen Geschwindigkeiten abläuft.

Als kritische Spaltbreite wird von Nürnberger (1995) 1 mm angegeben.

In DIN EN 12502 Abs. 5.3.4 ist angegeben: „Spaltweiten über 0,5 mm sind im Allgemeinen unkritisch, jedoch ist außer der Spaltweite auch die Spalttiefe von Bedeutung.“

#### **4.4 (Chlorinduzierte) Lochkorrosion / Lochfraß**

Bei nichtrostenden Stählen kann in Gegenwart von Chlor-Ionen Lochkorrosion auftreten. Wie bereits unter „Spaltkorrosion“ beschrieben, tritt dabei aufgrund der örtlichen Begrenztheit des Korrosionsvorganges eine relativ hohe Stromdichte mit einer relativ hohen Korrosionsgeschwindigkeit auf.

Die Beständigkeit gegen Lochkorrosion wird durch eine Wirksumme angegeben, die aus  $W = \% Cr + 3,3 * \% Mo$

gebildet wird. Für eine Wirksumme  $W > 30-35$  tritt keine Lochkorrosion mehr auf. Nach den Legierungsbestandteilen in EN 10088-2 sind folgende Wirksummen vorhanden:

1.4301 (Untergrenze):  $W = 17,0 \% Cr + 3,3 * 0,0 \% Mo = 17$

1.4571 (Untergrenze):  $W = 16,5 \% Cr + 3,3 * 2,0 \% Mo = 23$

1.4571 (Obergrenze):  $W = 18,5 \% Cr + 3,3 * 2,5 \% Mo = 27$

1.4539 (Untergrenze):  $W = 19,0 \% Cr + 3,3 * 4,0 \% Mo = 32$

#### **4.5 Spannungsrisskorrosion**

Spannungsrisskorrosion (SRK) äußert sich bei hochfesten Stählen als wasserstoffinduzierte SRK, bei „nichtrostenden“ austenitischen Chrom-Nickel-Stählen wirken Chloride als Angriffsmittel.

In beiden Fällen liegen im Gefüge hohe Zugspannungen vor, dies kann durch äußere Belastung entstehen (hochfeste Spanndrähte) oder durch hohe Eigenspannungen aus der Wirkung von Schweißwärme oder aus Kaltverformung.

Die SRK kündigt sich in der Regel nicht durch das Auftreten von Korrosionsprodukten an.

Hierzu ist ein spektakulärer Unfall aus einem schweizer Hallenbad in Uster bekannt, bei dem am 09.05.1985 eine abgehängte, 8 cm dicke Betondecke auf die Badegäste stürzte (12 Tote, 19 Verletzte). Die Decke war mit 10 mm dicken Drähten aus 1.4301 an die Dachkonstruktion gehängt. Als Folge wurde in der deutschen Zulassung die Anwendung

der Werkstoffe 1.4301 und 1.4571 in Schwimmbadatmosphäre ausdrücklich ausgeschlossen. Erst durch diesen Unfall drang in's Bewusstsein der Fachöffentlichkeit, dass austenitische Chrom-Nickel-Stähle sehr empfindlich gegen den Angriff von Chlor-Ionen sind.

Siehe hierzu auch Seminararbeit Maier, FH-Deggendorf.

Außerdem herrschte vorher unter namhaften Werkstoffkundlern die Überzeugung, SRK könne bei Temperaturen unter 60°C nicht auftreten.

#### **4.6 Heißgaskorrosion**

Heißgaskorrosion kann z.B. bei Stahlschornsteinen auftreten. Eine Oberfläche aus „nicht-rostendem“ Stahl wird durch ein Rauchgas mit ca. 400°C und Anteilen an SO<sub>2</sub> beströmt. Der Schwefel reagiert mit dem Eisen zu Eisensulfid FeS, welches keine metallischen Festigkeitseigenschaften hat und daher abgetragen wird.

#### **4.7 Zusammenfassung**

Im „normalen“ Stahlbau sind nur die Korrosionsformen von Bedeutung, die als elektrochemische Reaktion im Zusammenhang mit einem Elektrolyten ablaufen.

Das bedeutet im Umkehrschluss, dass wenn kein Elektrolyt vorhanden ist, keine Korrosion stattfinden kann. Solange die Taupunkttemperatur an der Oberfläche nicht unterschritten wird, braucht man keine Schutzmaßnahmen ergreifen.

### **5. Quellen**

#### **5.1 Normen und Regelwerke**

- [1] DIN EN ISO 8044:1999-11 Korrosion von Metallen und Legierungen – Grundbegriffe und Definitionen. Dreisprachige Fassung EN ISO 8044:1999.
- [2] DIN EN 12502: Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und -speichersystemen.  
Teil 4: Einflussfaktoren für nichtrostende Stähle. 2005-05. Deutsche Fassung EN 12502-4:2004.

#### **5.2 Fachliteratur**

- [3] Nürnberger, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen.  
Band 1: Grundlagen, Betonbau.

Band 2: Metallbau, Korrosionsprüfung.  
Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1995.

- [4] Steidl, F., Stibbe, R., Knödel, P.: Anlauffarben im Bauwesen – immer wieder strittig. Große Schweißtechnische Tagung, Nürnberg 2010. DVS-Berichte Band 267, S. 288-296, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2010.

### **5.3 Sonstige**

- [5] Knödel, P.: Lehrunterlagen Stahlbau an der Fachhochschule Augsburg, herunterladbar über <http://www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm>, laufend aktualisiert.  
Skriptum zu  
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Beschichtung  
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Selbstpassivierende Werkstoffe  
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Korrosion
- [6] Seminararbeit Maier, FH-Deggendorf.  
<http://www.biw.fh-deggendorf.de/alumni/2000/maier/korrosion/index.htm>
- [7] Möll, R.: Lehrunterlagen Schweißfachmann. Institut für Schweißtechnik, Darmstadt 1994.
- [8] Korrosionsverhalten von feuerverzinktem Stahl. Merkblatt 400, 6. Auflage 2001. Stahl-Informations-Zentrum, Sohnstr. 65, D-40237 Düsseldorf. [www.stahl-info.de](http://www.stahl-info.de).