

## Korrosion durch Belüftungselemente

<b>Frage:</b> Was ist ein Belüftungselement?	<b>Antwort:</b> Ein Belüftungselement ist die Verlaufform einer übeln Art von Korrosion, die meistens in der Form von Lochfraß zu einer vollständigen Werkstoffzerstörung führt.
<b>Frage:</b> Wie entsteht es?	<b>Antwort:</b> Durch differentielle Sauerstoffreduktion.
<b>Frage:</b> Was ist das?	<b>Antwort:</b> Das ist ein besonderer chemischer Vorgang, der sich immer dann entwickelt, wenn Sauerstoff zur Oxidation nicht direkt auf das Metall einwirken kann, weil auf dem Metall eine Schicht liegt (z.B. ein Bakterienrasen) die zwar die Elektronen durchläßt, nicht aber die an dem Oxidationsprozeß beteiligten Stoffe. Ähnlich wirkt eine Schicht Wasser in tiefen Spalten, die mangels Strömung nicht ausgetauscht wird. Der Sauerstoff gelangt nicht schnell genug an die Metalloberfläche und reduziert im freien Wasser- raum. Es ist die häufigste Korrosionsart in Kreisläufen.
<b>Frage:</b> Und dann?	<b>Antwort:</b> Die Metallatome verlieren in dem Kristallgitter ihr Bindungselektronen und fließen deshalb ständig als positiv geladene Teilchen (Kationen) in das Wasser, um sich dort mit den bei der Sauerstoffreduktion entstandenen negativ geladenen Hydroxidionen (Anionen) zu verbinden. So entsteht (z.B. bei Eisen) braunes Wasser, aber keine Schutzschichten auf dem Metall. Das Metall 'blutet aus'.

### So funktioniert die Korrosion im Belüftungselement:

(leider geht die Erläuterung nicht ganz ohne Chemie)

#### Die galvanische Seite der Korrosion

Im Wasserrohr ist das Metall

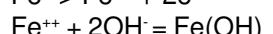
Im Wasserrohr ist der gelöste Sauerstoff

**die Anode** - der Elektronengeber - (Ort der **Oxidation**)  
**die Katode** - der Elektronennehmer - (Ort der **Reduktion**)

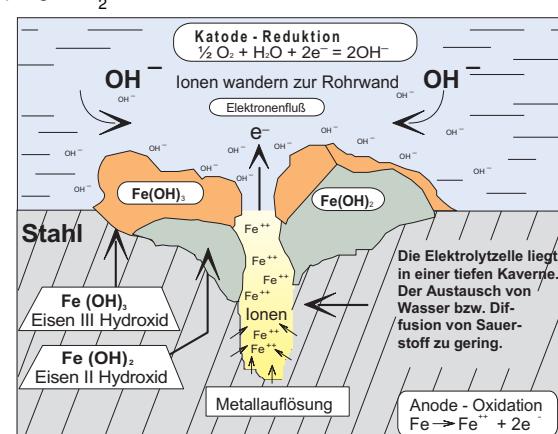
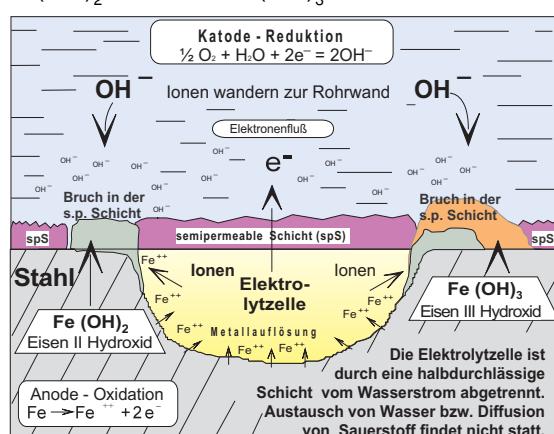
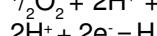
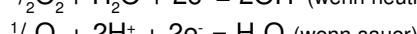
#### Die chemische Seite der Korrosion

Die in Lösung gegangenen Eisenionen ( $Fe^{++}$ ) verbinden sich mit den aus der Sauerstoffreduktion ( $1/2O_2 + H_2O = 2OH^-$ ) entstandenen Hydroxidionen zu hellem, weißem Eisen(II)-Hydroxid [ $Fe(OH)_2$ ]. Durch weitere Zufuhr von Sauerstoff geht das Eisen(II)-Hydroxid in schwarz-grünlichen Zwischenstufen über in rotbraunes Eisen(III)-Hydroxid [ $2Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$ ]. Letzteres ist eine lockere schmierige Substanz, die keine schützende Deckschichten bildet und das Wasser braun färbt (rostiges Wasser). Zusammengefaßt noch einmal die Formeln:

#### Anodische Reaktionen:



#### Katodische Reaktionen:



#### So wird Korrosion Belüftungselemente verhindern!

1. Oberflächen sauber halten; Schlamm entfernen; Biowachstum unterdrücken.
2. Wasser bewegen (möglichst turbulent und in regelmäßiger Frequenz von wenigen Sekunden Abständen, damit die Strömung bis an die Rohrwand durchgreift).
3. Wasser hochrein filtrieren (ELMAK-Nebenstrom-Rückspül-Tiefenfilter) und entgasen (ELMAK-Vakuumtengaser EG100. pH-Wert auf Sollwert halten. Genügend Wandalkalität herstellen. Eine Möglichkeit für Trinkwasser ist, die wassereigenen, (basischen) Ca- und Mg-Salze mit Hilfe von ELMAK-Ionentrennungsgeräten als Korrosionspuffer verwenden. Kreislaufwasser nur vollensalzt einsetzen.

Die nachstehenden Erläuterungen beziehen sich auf Wasserprobleme in hermetisch geschlossenen Heißwasserkreisläufen, wie sie in Temperierkreisen bestehen. Aber auch in anderen Heißwasserkreisläufen, wie Heizungen, Kühlung von Großmotoren etc. können sich die gleichen Schwierigkeiten einstellen und die bekannten Probleme auslösen.

In der Kälte- und Wärmetechnik gibt es kaum eine Anwendung, in der Wasser so extremen Bedingungen ausgesetzt ist, wie in Temperierkreisläufen TKL (auch in Heizungs-Kreisläufen bei unzureichender Druckregulierung). Es summiert sich die Zahl von Bedingungen, die für das Verhalten von Wasser nachteilig sind: in schneller Folge wechselnde Temperaturen, ständige Zufuhr von Sauerstoff und Kohlensäure, die nicht als  $\text{CO}_2$  ausgasen kann, eine Vielfalt von Materialien und Abbauprodukten mit starken elektrochemischen Potentialunterschieden, intensive mechanische Belastung durch Pumpen und Jeteffekte in engen Querschnitten, geringer oder kein Austrag von Schlamm. Hinzu kommen die üblichen chemischen Reinigungsspülungen, die bestehende Schutzschichten immer wieder abbeizen, so daß blankes Metall dem folgenden Korrosionsangriff entgegenseht. Das sind die eigentlichen Ursachen für Wasserprobleme in solchen Kreisläufen. Sie werden nachstehend beschrieben.

**1. Ursache:** Das Verhalten von Wasser gegenüber den Werkstoffen eines Kreislaufs wird ganz wesentlich durch seine Temperatur bestimmt, denn wenn sie steigt, produziert es zunehmend mehr Wasserstoffionen und wird so ständig aggressiver. (Die sog. Dissoziationskonstante  $K_w$  wird größer. pH-Wert des reinen Wassers bei  $20^\circ\text{C} = 7,0$  und bei  $150^\circ\text{C} = 5,8$  ).

Das in einem Temperiersystem kreisende Wasser unterliegt Temperaturwechseln von ca.  $20^\circ\text{C} - >150^\circ\text{C}$ . Dabei werden die gelösten Hydrogencarbonate, in der Hauptsache  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , unter Bildung von  $\text{CO}_2$  gespalten. Es bilden sich Härteablagerungen. Die ausgefallenen Erdalkaliscalze (Kalk-Calciumcarbonat) liefern, im Gegensatz zu den gelösten Erdalkaliscalzen (Calciumhydrogencarbonat), keinen Beitrag zur Pufferung (Stabilisierung) des Wassers, so daß das freigesetzte und unter Druck im System verbleibende  $\text{CO}_2$  zu Kohlensäure dissoziiert und die Korrosion antreibt.

Eine Behandlung des Zusatzwassers mit Polyphosphaten (z.B. Trinkwasser, aber auch viele Kühlwässer), wirkt hier wenig, oder vergrößert gar die Probleme, denn aus den Polyphosphaten entsteht letztendlich Calciumphosphat, das genauso stört, wie reiner Kalk. Wenn z.B. zum Schutz von besonders empfindlicher Aluminiumlegierungen ein phosphathaltiges Produkt einzusetzen ist, muß es ganz besondere Eigenschaften hinsichtlich Hydrolysebeständigkeit, Kalkstabilisierung, Dispergierung, pH-Stabilität und Korrosionsschutz aufweisen. (z.B. ELMAK Produkt EMC KS27).

Auch ein Gemisch von Öl und Wasser, oder andere Produkte auf organischer Basis sind kein guter Korrosionsverhinderer, weil sie den Nährstoffgehalt des Wassers für Mikroorganismen erhöhen können. Es wird lediglich das Biowachstum und das Entstehen von Belüftungselementen gefördert. Folge: Korrosion. Auch auf dem Lager! Und dort liegt ein Werkzeug gewöhnlich die meiste Zeit.

**2. Ursache:** Durch das Luftpolster in dem geräteseitigen Ausgleichstank gelangt ständig Sauerstoff ins Wasser, sodaß sich kein Zustand der Sauerstoffarmut und damit verminderter Korrosion einstellen kann. Die Sauerstoffreduktion --> Oxidation der Metalle wird in Gang gehalten. Dabei übernehmen die Metalle den Part der sich verzehrenden (aufopfernden) Anode.

**3. Ursache:** In einem Temperierkreislauf wechseln die Formwerkzeuge häufig. Die wasserführenden Kanäle solcher Werkzeuge sind in der Regel mit Korrosions- und Härteablagerungen belegt, so daß die Verschmutzungen sich als grobe Feststoffe ablösen und in den Kreislauf geschwemmt werden können, wo sie zu Verklemmung in Ventilen und Verschleiß bei Pumpen führen, sowie Kühlkanäle und Kühlkammern in den Werkzeugen blockieren.

**4. Ursache:** Doch nachteiliger als die mechanischen Effekte sind die elektrochemischen Eigenschaften von Schlamm und Ablagerungen. Sie haben immer ein anderes elektrochemisches Potential, als der Werkstoff, auf dem sie lagern. Dadurch entsteht ein dem Werkstoff entgegengesetztes elektrochemisches Potential (mal mehr, mal weniger), wobei das Wasser der Elektrolyt ist (Transportmedium für Elektronen und Stoffe = Prinzip Batterie). So fließt ein stetiger Elektronenstrom aus den Metallen heraus, mit der Folge, daß der Werkstoff sich auflöst und die Schlamm und Ablagerungen zunehmen. Unter den Verschmutzungen zerfallen die Metalle. Ergebnis: verstärkte Korrosion in der Form von Lochfraß und noch mehr Schlamm und/oder Ablagerungen.

In Temperierkreisläufen besteht solche Korrosionsgefahr in verstärktem Maße, weil hier üblicherweise Werkstoffe mit stark unterschiedlichen Normalpotentialen verwendet werden, wie Kupfer (in reiner Form, oder als Legierung in Messing zusammen mit Zink), Aluminium (mit Magnesium und Silicium) oder Stahl (mit Chrom, Nickel, Mangan). Wenn in diese Mischung über das Nachsatzwasser und das Luftpolster des Ausgleichtanks noch Sauerstoff und Kohlensäure gelangt (und beide gelangen hinein!!), ist das chemische Chaos komplett.

**Fazit:** Ohne eine sehr leistungsfähige Wasserbehandlung können in Temperierkreisläufen nur selten zufriedenstellende Verhältnisse hergestellt werden. Die Wasserbehandlung muß gewährleisten, daß sich die Oberflächen auch unter extremen Bedingungen mit einer passivierenden Schutzschicht überziehen, damit das Metall gegen das Wasser abgeschirmt und die Korrosionströme verhindert werden. Die Ablagerungen und Schlamm müssen dispergiert, und mit den Wasserverlusten, bzw. Spülung hinausbefördert werden.

Der System-pH-Wert wird durch die Behandlung in den leicht alkalischen Bereich gehoben. So kann das Korrosionsschutzmittel auf allen Flächen eine porenfreie Passivierungsschicht herstellen.

Wenn nicht, sollte ein anderer Werkstoff (z.B. eine höhere Legierung) verwendet werden.

ELMAK-Wasserbehandlungsprodukte erfüllen diese Anforderungen in allen Bereichen der Kühl- und Heizungstechnik. Das Produkt EMC KS20 wurde speziell für die besonderen Bedingungen in Temperierkreisläufen entwickelt.

Ob empfindlichen Legierungen z.B. bei Aluminium eine ausreichende Beständigkeit aufweisen, kann mit Hilfe eines Korrosionscoupons getestet werden. Solch eine Prüfung ist einfach durchzuführen und liefert sichere Aussagen.

Auf Wunsch werden diese Tests durch uns durchgeführt.