



# 3-Länder-Korrosionstagung

## Mikrobiell beeinflusste Korrosion - oft unerkant weil unbekannt

Dipl.-Ing. Karl-J. Heinemann

Auf der Veranstaltung\* am 21. und 22. April 2005 im Naturhistorischen Museum Wien informierten sich und diskutierten ca. 160 Fachleute und Experten über Erkenntnisse, Probleme und Problemlösungen zu diesem Thema. Sie kamen aus den Bereichen Werkstoff- und Bauteilherstellung, -verarbeitung und -einsatz, Schadensverhütung und Anlagenanierung oder waren Wissenschaftler.

**S**chadensuntersuchungen in den letzten Jahren ergaben, dass schätzungsweise 20% der Korrosionsschäden an technischen Anlagen durch Mikroben beeinflusst wurden. Über die Lebensgewohnheiten, Wachstumsbedingungen und das Wachstumsverhalten der Mikroben, Algen, Flechten, Pilze und He-

fen sowie über die Ursachen und Auswirkungen auf Materialien und über Schutzmaßnahmen wird dagegen erst in jüngster Zeit geforscht und berichtet.

### Einführung in die Mikrobiologie

Prof. Dr. Wolfgang Sand, Universität Duisburg-Essen, gab einen Überblick über die

mikrobiellen Schädigungsmechanismen und die daraus folgenden Konsequenzen der Materialverschlechterung, Korrosion oder Anlagenbeeinträchtigung. Nur ca. 10% der Mikroorganismen, die mikrobiell beeinflusste Korrosion auslösen, sind bisher bekannt. Sie vermögen anorganische und organische Säuren

zu produzieren und können so z.B. zementgebundene Baustoffe sowie Metalle schädigen. Abwasserleitungen aus Beton werden undicht, Metallrohre korrodieren.

Biofilme vermögen technische Prozesse zu stören (Biofouling). Erhöhte Reibung, Verstopfungen, Wärmeübergangsverminderung, verminderter Stoffdurchgang durch Filter oder Membranen sind die Folge. Sie bilden eine Schleimschicht, die sie vor z.B. Austrocknung oder gegen Biozide schützt.

Mikroben können auch Substanzen ausscheiden und Enzyme bilden, mit denen sie unlösliche, organische Makromoleküle „verdauungsgerecht“ zerlegen und somit sogar Kunststoffe schädigen. Die Wachstumsansprüche der

■ Innenansicht eines Gummibrauseschlauchs mit starkem Biofilmbewuchs, Brutstätte hygienebeeinflussender Organismen, die dann durch den Brausekopf fein zerstäubt (Aerosolbildung) verteilt werden.

Bild: Szewzyk



\*) Veranstalter: Technische Versuchs- und Forschungsanstalt der TU Wien, Austrian Society for Metallurgy and Materials der Montan-Universität Leoben, Kompetenzzentrum für angewandte Elektrochemie GmbH (Wien), Schweizerische Gesellschaft für Oberflächentechnik (Grenchen), Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V. (GfKORR, Frankfurt)

Mikroorganismen sind noch weitgehend unerforscht.

### Biofilme - Entwicklung, Bedeutung, Auswirkungen

Prof. Dr. Hans-Curt Flemming, Universität Duisburg-Essen, erläuterte die Begriffe „Biofilm“, „Biofouling“ und „Mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC)“. Biofilme können Trinkwasser kontaminieren, Oberflächen belegen („Biofouling“) oder ihre Unterlagen angreifen (MIC). Sie verstopfen nicht nur die Membranen von Umkehrosmosegeräten, sondern überleben dort auch Hunderte von Reinigungs- und Desinfektionsprozessen. Es gibt praktisch keine Flächen, die nicht besiedelt oder besiedelbar sind. Kein Werkstoff ist bisher bekannt, der einer Besiedlung auf Dauer widerstehen kann.

Erst in der Gemeinschaft entwickeln sie ihre einzigartigen Überlebenskünste. Hier können sie ihre Zellstruktur, ihre Stoffwechselaktivitäten und damit ihre physiologischen Eigenschaften in kurzer Zeit verändern. Dadurch finden sie Schutz vor chemischen und physikalischen Einwirkungen. Bei Desinfektionsmaßnahmen sei zu berücksichtigen, so Prof. Flemming, dass die getöteten Mikroorganismen ein gefundenes Fressen für die überlebenden „Kannibalen“ seien und deshalb eine rasche Wiederverkeimung erfolge. Wo möglich solle eine mechanische Reinigung angestrebt werden. Die optimale Vorbeugung einer Biofilmbildung in Wasser führenden Systemen sei die Entfernung von Nährstoffen aus dem Wasser und die Verwendung von Werkstoffen, die diesen Lebensgemeinschaften nicht als Nahrungsmittel dienen können. Prof. Flemming schloss seine Ausführungen mit den Wor-



■ Seife-Einfüllkammer einer Waschmaschine.

Bild: Flemming

ten: „Es ist möglich mit Biofilmen zu leben, wenn man versteht, wie sie funktionieren“.

### Desinfektionsmaßnahmen in Trinkwasserleitungen

Dr. Franziska Zibuschka, Universität für Bodenkultur Wien, zeigte, dass Biofilme in Rohren und Behältern der Trinkwasserversorgung unter stabilen Bedingungen nur zu einem geringen Keimeintrag in das verteilte Wasser führen. Erst erhöhter Nährstoffeintrag bzw. schwankende Desinfektionsmittelrestkonzentrationen störten diese stabilen Verhältnisse und verursachten erhöhte Keimbelastungen im Trinkwasser. Die hygienisch-mikrobiologische Trinkwasserbeschaffenheit im Netz werde durch die Wechselwirkungen zwischen Mikroflora und Wasserinhaltsstoffen sowie die Werk- und Baustoffe der Rohrleitungen und Behälter bestimmt. Temperatur und Aufenthaltsdauer des Wassers sowie die Dimensionierung des Rohrnetzes seien dafür ebenfalls von

Bedeutung. Auch das Eindringen von Keimen, z. B. bei Reparaturen oder Erweiterungen des Rohrnetzes (Rekontamination) oder die Wiederverkeimung durch das Einspeisen von biologisch verwertbaren Substanzen im Wasser an der Einspeisestelle des Verteilungsnetzes, könnten zu Koloniezahlerhöhungen führen.

Desinfektionsmaßnahmen sollten wohlüberlegt sein, denn sie könnten auch zu einer wesentlichen Verschlechterung der Trinkwasserqualität beitragen, das gelte auch und besonders für Haushaltsgeräte. Sie zeigte ein Beispiel, bei dem Wiener Wasser einwandfreier Qualität durch einen zwischengeschalteten Aktivkohlefilter mit UV-Desinfektion von 2 auf 900 KBE (Kolonie bildende Einheiten) angereichert wurde.

### Biokorrosion von Kunststoffen - Ein Randthema?

Dr. Christa Hametner, Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik in Wien, befasste sich mit

der Verschlechterung der Gebrauchseigenschaften von Kunststoffen durch biologische Einflüsse. Die Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen, besonders die durch Bakterien oder Pilze erzeugten Enzyme, die Kunststoffe selbst oder deren Zusatzstoffe chemisch angreifen können. Die Referentin befasste sich mit den Arten und Eigenschaften von Enzymen und ihrer Wirkung auf Kunststoffe sowie mit anderen Stoffwechselprodukten wie organischen Säuren, Farbstoffen und Gasen, die das Polymer oder seine Zusatzstoffe schädigen könnten. Polymere, besonders deren Additive (Weichmacher, Füllstoffe, Verarbeitungshilfsmittel usw.), könnten den Mikroben als Nährstoffquelle dienen. Da Mikroorganismen aufgrund ihrer Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit allgegenwärtig seien, empfahl sie als Gegenmaßnahme die Werkstoffflächen oder das umgebende

Milieu lebensfeindlich zu gestalten. Die dafür häufig eingesetzten Biozide wirkten allerdings meist auch auf Menschen und Umwelt toxisch. Auch seien sie, soweit dem Kunststoff zugesetzt, nur temporär (zeitweise) wirksam.

Die Anteile der Biokorrosion an Kunststoffen seien unbekannt, da für Anwender und Fachleute schwer erkennbar; der Nachweis gestaltete sich schwierig. Eigenschaftsveränderungen an Kunststoffen würden häufig erst nach längeren Zeiträumen erkannt und als materialbedingte Alterung hingenommen.

#### Mikroelektrochemische Prozesse auf Metallen

Prof. Dr. Paul Linhardt, Technische Versuchsanstalt (TVFA) der Technischen Universität in Wien, hat festgestellt, dass mikrobiologische Laien immer noch das zerstörerische Potenzial unterschätzten, das in diesen mikroskopisch kleinen Bioreaktoren stecke. Auch Werkstoffhersteller leugneten deren Auswirkung auf die Gebrauchstauglichkeit der von ihnen produzierten Bauteile. Er berichtete von der Erforschung korrosionsverhütender Mikroorganismen, die ggf. anstelle der bisherigen Biozide und Inhibitoren in Kreislaufwässern eingesetzt werden könnten.

#### Mikrobiologisch induzierte Korrosion von Kupferrohren

Dr.-Ing. Anton Klassert, Deutsches Kupferinstitut e.V. (DKI), Düsseldorf, beschrieb eine selten vorkommende Form der Flächenkorrosion in Trinkwasserinstallationen aus Kupfer, die durch ein auffallend milchig-grünes Leitungswasser, z.T. mit schwarzen Feststoffpartikeln durchsetzt, gekennzeichnet ist. Nur neu installierte Be-

reiche waren betroffen. Das verteilte Trinkwasser war ein weiches, alkalisches Oberflächenwasser mit geringer Pufferkapazität. Die Anlagen waren mehrere Monate vor der regulären Nutzung mit Wasser gefüllt worden. Aufgrund der Untersuchungen konnte von mikrobiell beeinflusster Korrosion (MIC) ausgegangen werden. Dr. Klassert empfahl, zur Vermeidung von MIC an Kupferrohren die Installation nach der Erstbefüllung zu spülen, damit sich eine Schutzschicht aufbauen könne, oder sie bis zur regulären Nutzung – nach einer Gasdruck-Dichtheitsprüfung – trocken stehen zu lassen.

#### Mikrobielle Beeinflussung nichtrostender Stähle

Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel, Fachhochschule Konstanz, gab unter besonderer Berücksichtigung der Biofilmbildung auf nichtrostenden Stählen einen Überblick über die Faktoren, die die Wechselwirkung zwischen Materialoberfläche und umgebendem Medium hinsichtlich Korrosion beeinflussen. Charakteristisch für das Auftreten von MIC an diesen Stählen im Frischwasser sei ein markanter Anstieg des freien Korrosionspotenzials (Ennoblement). Gleichzeitig fänden sich auf der Oberfläche bräunliche, schleimige Beläge mit teilweiser Anhäufung. An den korrosionschemisch schwächsten Stellen, z. B. Baustellenschweißnähten mit mehr oder weniger vorhandenen Anlauffarben, erfolge der Korrosionsangriff.

Da das Repassivierungspotenzial ausreichend hoch sein müsse, um Korrosionsschäden zu verhindern, sei es wichtig, besonders in natürlichen Gewässern höherlegierte, nichtrostende Stähle einzusetzen, auch wenn dies aufgrund der Chloridgehalte nicht nötig erscheine. Weiterhin sei eine anlauffarbenfreie

optimale schweißtechnische Verarbeitung zu beachten.

#### Schweißnahtkorrosion an nichtrostendem Stahl

Prof. Dr. Gregor Mori, Montanuniversität Leoben, berichtete über die Schädigung nichtrostender Stähle durch manganoxidierende Mikroorganismen und den zweistufigen mikrobiell induzierten Prozess, der trotz geringer Chloridkonzentrationen zu Loch- und Spaltkorrosionen führte. Er schilderte Leckagen an Rohrleitungen und Tanks einer Papierfabrik nach nur 18 Monaten Einsatzdauer durch den Angriff von manganoxidierenden Mikroorganismen in Kombination mit Verarbeitungsfehlern an den Schweißnähten (massive Anlauffarben) und auf den dort

intakten Oberfläche hätte es trotz der Potenzialveredelung durch Braunstein bei einer Chloridkonzentration von 100 ppm (parts per million) keine Korrosion gegeben. Andererseits wäre es ohne Braunstein, trotz der bei Schweißnähten nie zu verhindernden kleinsten aktiven Korrosionsstellen, die aber ohne Braunsteineinfluss repassivieren, zu keinen Korrosionsschäden gekommen.

#### Fazit

Mikrobiell beeinflusste Korrosion bleibt bis heute meist unerkannt, weil sie für den mit der Schadensbeurteilung befassten Sachverständigen i.d.R. nicht oder schwer erkennbar ist. Nur wenige Experten verfügen über die Kenntnisse und das Instrumentarium der Entnahme, Aufbewahrung, Präparation und Untersuchung der Schadensmuster. Schon die kurzzeitige Veränderung der Umgebungsbedingungen der Mikroorganismen oder auch Fremdkontaminationen bis zum Untersuchungszeitpunkt können zu Fehlinterpretationen des Schadensgeschehens führen. Zur Bewertung der Schadens- oder Störursachen sowie der Angabe von Sanierungs- oder Vorbeugemaßnahmen ist eine Zusammenarbeit von Mikrobiologen, Biotechnologen, Materialkundlern, Korrosionschemikern, Verfahrenstechnikern, Planern, Erstellern und Betreibern von Anlagen nötig. Sollten bei diesen Maßnahmen Gesundheitsgefahren für evtl. Konsumenten bestehen, müssten Hygieniker hinzugezogen werden.

Die nächste 3-Länder-Korrosionstagung ist für den 27. und 28. 4. 2006 in Zürich mit dem Generalthema „Korrosion im Bauwesen – Haustechnik und Fassadenbereich“ geplant. ■

#### Tagungsband



Ein 130-seitiger, bebilderteter Tagungsband zum Preis von 35,- Euro ist bei der GfKORR erhältlich; Fax: 0 69 / 7 56 43 91, [www.gfkorrr.de](http://www.gfkorrr.de), [gfkorr@dechema.de](mailto:gfkorr@dechema.de).

verwendeten Werkstoff 1.4571 mit 18 % Cr, 12 % Ni und 2 % Mo. In Versuchen zeigte sich, dass bereits die Anwesenheit leichter Anlauffarben (hellgelb) die Schutzwirkung der Passivschicht empfindlich beeinträchtigte. Das Grundmaterial, das direkt an die Oxidschicht anschließe, sei an Chrom verarmt und damit korrosionsanfälliger. Bei einer