

Vermeidung von wasserbedingter Korrosion

Wasseranalytik bei Sulzer Innotec

Die gute Wärmekapazität, die Umweltfreundlichkeit sowie die leichte Verfügbarkeit machen Wasser zum idealen Medium für unterschiedliche Verwendungszwecke. Wird dabei die Wasserqualität außer Acht gelassen, können allerdings Schäden durch Korrosion, Ablagerungen oder Mikroorganismen auftreten. Jedes Jahr entstehen durch wasserbedingte Korrosion weltweit Schäden in Milliardenhöhe.

Aus diesem Grund beschäftigen sich die Spezialisten von Sulzer Innotec seit über 40 Jahren mit der Untersuchung der Wasserqualität und deren Einfluss auf Werkstoffe.

In langjähriger Praxiserfahrung eignete sich Sulzer Innotec wichtiges Know-how über wasserbedingte Korrosions- und Schadenfälle an und gab das Wissen

den Kunden und in Arbeitsgruppen für Spezifikationen von wasserbetriebenen Anlagen weiter.

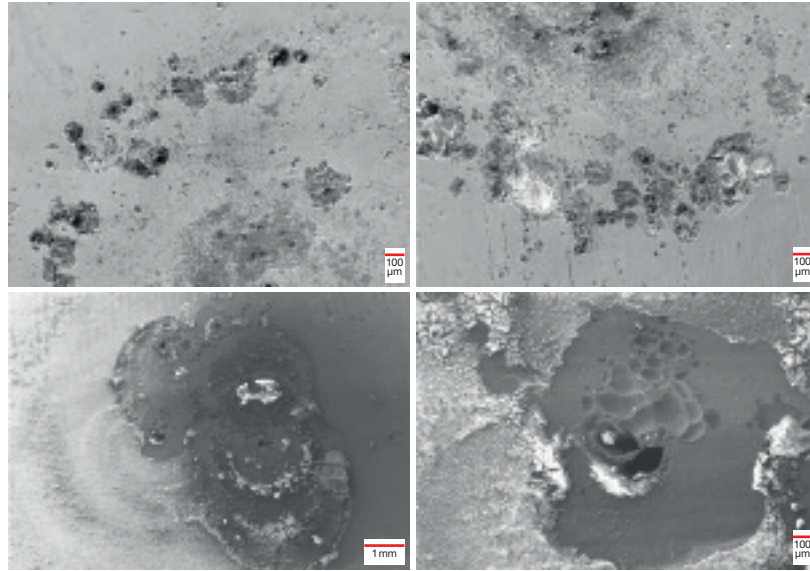
Heutzutage arbeitet das Wasserlabor von Sulzer Innotec als Auftragslabor für Industrie- und Privatkunden. Dabei werden jährlich hunderte von Wasser- und Glycol-Wasserproben aus verschiedenen Anwendungen analysiert. Dabei

handelt es sich unter anderem um Kehrichtverbrennungsanlagen, industrielle Betriebe mit Heiz- und Kühlkreisläufen, Kühltürme, Luftwäscher, Klimaanlage und auch Heizungen in Wohnhäusern.

Die große Produktkenntnis ist dabei eine der Stärken von Sulzer Innotec. Kunden werden individuell beraten und erhalten Unterstützung bei der Lösung

1 Abbildung eines in der Industrie eingesetzten Kühlkreislauftes.





2 Rohrleitung aus hochlegiertem nichtrostendem Stahl mit deutlich erkennbaren lokalen Angriffen von Lochfraßkorrosion.

ihrer Probleme. Die Dienstleistungen reichen dabei von normaler Standardanalytik über Messungen vor Ort bis hin zur kundenspezifischen Analytik mit der Entwicklung von spezifischen Analyseverfahren.

Durch präventive Wasseranalysen konnte Sulzer Innotec in den letzten Jahren in zahlreichen Fällen massive Schäden an unterschiedlichen Einrichtungen und Anlagen verhindern, wodurch Kosten in Millionenhöhe eingespart werden konnten 1.

Wasser als Ursache für Lochfraßkorrosionen

Bei tiefen Temperaturen ist für die Korrosion von Metallen die Anwesenheit von Wasser notwendig. Durch die speziellen Eigenschaften des Wassers (Dipolmoment, Sauerstofflöslichkeit) können gelöste Ionen (z.B. Chlorid und Sulfat) zusammen mit Sauerstoff an die Oberfläche eines Metalls gelangen und dadurch die Korrosion verursachen.

Viele der auftretenden Korrosionsschäden könnten vermieden oder verzögert werden, wenn konditioniertes Wasser einer geeigneten Zusammensetzung und Behandlung eingesetzt und dessen Qualität regelmäßig überwacht würde. In den letzten Jahren wurden diverse Schadensfälle untersucht, welche auf den Einsatz von ungeeignetem Wasser zurückzuführen sind.

Bei einem durch Sulzer Innotec untersuchten Schadensfall wurde ein Rohrstück mit diversen kleinen Löchern angeliefert. Das Rohr gehörte zu einem Kühlsystem einer Raffinerie. Da der Betrieb der Raffinerie auf Grund des Schadens für längere Zeit eingestellt werden

musste, entstand ein Schaden von mehreren CHF 100 000.

Das Rohr war aus sogenanntem rostfreiem Stahl gefertigt. Hochlegierte nichtrostende Stähle weisen eine extrem dünne, aber schützende Passivschicht auf, welche hauptsächlich aus Chromoxiden besteht. Trotzdem war die Oberfläche des Rohres teilweise angerostet und mit diversen lokalen Korrosionsangriffen versehen (Lochfraß).

Die Materialprüfung ergab, dass der Werkstoff den korrekten Spezifikationen entsprach und einwandfrei verarbeitet wurde. Somit konnte ein Materialfehler als Schadensursache ausgeschlossen werden. Um der Herkunft der Korrosion auf den Grund zu gehen, wurde vom Kunden eine Wasserprobe vom defekten Kühlsystem verlangt. In der Wasserprobe wurde ein hoher Wert an Chlorid nachgewiesen. Nichtrostender Stahl ist sehr anfällig auf Chloridangriffe, da Chlorid die Passivschicht lokal zerstören und so Lochfraß auslösen kann.

Falls sich in der Folge noch mehr Chlorid an besagter Stelle anlagert, entsteht ein lokaler Bereich, der nicht mehr durch eine Passivschicht geschützt ist. Diese Stelle bietet nun die Angriffsfläche für einen Korrosionsangriff.

Konzentrationsunterschiede, Potenzialunterschiede oder auch der reduzierte pH-Wert in der Angriffstelle fördern die

Lochfraßkorrosion und führen zu einem schnelleren Lochwachstum. So können an einem Stahl kleine Löcher entstehen, obwohl es sich um einen passivierten nichtrostenden Stahl handelt 2. Hätte man schon im Voraus die vorhandene Wasserqualität überprüft, wäre bereits bei der Planung aufgefallen, dass der gewählte Stahl für die verwendete Wasserqualität ungeeignet sein würde 3.

Die Kosten für die Wasseranalysen und die Beratung für die geeignete Materialwahl bzw. zur Konditionierung des Kühlwassers hätten nur einen Bruchteil der Schadenskosten ausgemacht.



3 Eine Überprüfung der Wasserqualität kann zeigen, ob der verwendete Stahl geeignet ist.

Probleme durch hohe mikrobiologische Belastung im Wasser

Schäden an Anlagen können jedoch nicht nur durch anorganische Bestandteile des Wassers ausgelöst werden, sondern auch durch Mikroorganismen. Weist Wasser eine hohe mikrobiologische Belastung auf, kann Biofouling durch die Ausbildung von Biofilmen entstehen. Biofilme bestehen aus einer Schleimschicht (Film), in welcher Mikroorganismen eingebettet sind.

Der Film bietet den Mikroorganismen mechanische Verankerung und Schutz gegen äußere chemische und physikalische Einflüsse und erlaubt es ihnen, sich auf veränderte Umweltbedingungen einzustellen. Dadurch können die Mikroorganismen gegen extreme pH- und Temperaturschwankungen, Schadstoffen (z.B. Bakterizide), aber auch UV-Strahlen sowie Nahrungsmangel bestehen.

Diese Robustheit erschwert die Beseitigung von Biofilmen massiv. Die wirtschaftlichen Schäden, welche durch Biofouling entstehen, sind enorm. So kann

die Durchflussmenge von Wasser in Rohrleitungen deutlich verringert werden, in Extremfällen kann die Leitung sogar ganz verstopfen.

Bei Frachtschiffen kann ein Biofilm am Schiffsrumpf von nur einem Zehntel Millimeter durch den erhöhten Reibungswiderstand die Geschwindigkeit um mehrere Prozente verringern. Dies hat auch einen erhöhten Treibstoffverbrauch zur Folge.

Eine weitere Gefahr von Wasser mit hoher biologischer Belastung ist die mikrobiell induzierte Korrosion (MIC). Bei der MIC führen aggressive Stoffwechselprodukte von Bakterien zu einem korrosiven Angriff des Metalls. Am häufigsten treten dabei die sulfatreduzierenden Bakterien (SRB) auf, die aggressive Sulfide bilden. Bei passiven Werkstoffen sind für einen MIC-Angriff zusätzlich Chloride notwendig, welche die Passivschichten lokal zerstören. MIC erfolgt ebenfalls häufig durch Biofilme. Neueste Schätzungen gehen davon aus, dass mindestens 20% der Korrosionsschäden durch MIC ausgelöst oder gefördert werden.

Da Biofilme nur schwer beseitigt werden können, sind vorbeugende Maßnahmen sehr zu empfehlen. Deshalb bietet Sulzer Innotec Keimzahlkontrollen an, um eine erhöhte mikrobiologische Belastung im Wasser rechtzeitig erkennen zu können [4]. Durch entsprechende Gegenmaßnahmen können dann Biofouling oder MIC verhindert werden.

Wasser als Ursache für mikrobiell induzierte Korrosionen

Zur Untersuchung eines Korrosionsschadens am Kondensator eines Kühlaggregates wurde ein perforiertes CuNi-Rohr an Sulzer Innotec geliefert. Der Kondensator wurde mit Flusswasser gekühlt. Bei den ersten Untersuchungen konnte

weder ein Material- noch ein Verarbeitungsfehler nachgewiesen werden. Um der Schadensursache auf den Grund zu gehen, wurde im Weiteren eine Wasserprobe untersucht.

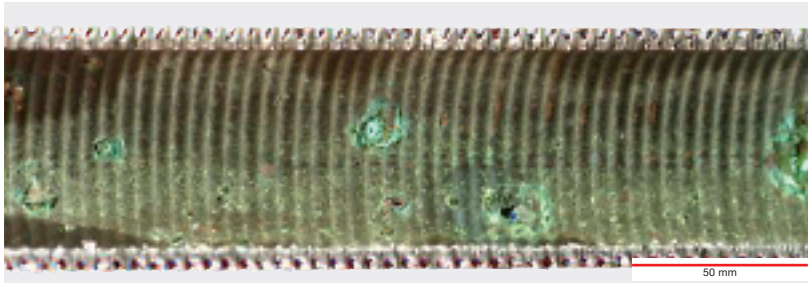
Die chemische Analyse der Wasserprobe brachte keine Besonderheiten zum Vorschein; weder der pH-Wert noch der Chloridgehalt konnten für die Korrosion verantwortlich gemacht werden. Durch die weitergehende Untersuchung konnte eine starke mikrobiologische Belastung des Flusswassers nachgewiesen werden. Da die Probe aber in unsterilen Gebinden angeliefert wurde, musste die Probenahme zur Verifikation mit sterilen Gebinden wiederholt werden.

Es wurde vom Flusswasser sowohl vor und nach dem Kondensator eine Probe entnommen. Zudem wurde eine mikrobiologische Untersuchung direkt auf dem korrodierten Rohr durchgeführt. Bei beiden Wasserproben wurde eine sehr hohe mikrobiologische Belastung nachgewiesen. Die Probe nach dem Wärmetauscher zeigte zudem Agglomerationen von Bakterien, was ein klarer Hinweis für die Bildung von Biofilmen ist. An den Korrosionsstellen konnten mittels direktem mikrobiologischem Nachweis ebenfalls eine erhebliche Menge an Mikroorganismen nachgewiesen werden.

Nach weiteren Abklärungen konnte mikrobiell induzierte Korrosion (MIC) als Mechanismus für den betreffenden Schadensfall definitiv bestätigt werden. Dem Kunden wurden Empfehlungen zur Verhinderung von Biofilmen und Korrosion abgegeben. Dadurch konnte eine erneute Korrosion des Systems erfolgreich vermieden werden. Ohne die analytische Arbeit von Sulzer Innotec hätte die Berohrung des Kondensators in regelmäßigen Abständen ausgewechselt werden müssen [5].

4 Kultivierte Mikroorganismen auf einer Agar-Platte.





5 CuNi-Rohr mit deutlich erkennbaren lokalen Angriffen durch mikrobiell induzierte Korrosion (MIC).

Gefahr von Legionellen in Kühltürmen und Wasserkreisläufen

Mikroorganismen können nebst der Gefahr von Korrosion und Fouling auch für die Gesundheit des Menschen zum Problem werden. Besonders kritisch sind hierbei die Legionellen 6, welche insbesondere in Klimaanlage, Lüftungen und Kühltürmen ein erhebliches Gefahrenpotential darstellen.

Legionellen sind stäbchenförmige, gramnegative Bakterien, welche zur Gattung der *Legionellaceae* gehören. Sie

besitzen eine oder mehrere Flagellen (Geißeln), um sich fortzubewegen. Sie kommen sowohl in Süßwasser als auch in Salzwasser vor, Voraussetzung ist jedoch eine Temperatur von 25–50 °C. Zudem begünstigen lange Wasserverweilzeiten (stagnierende Bedingungen) das Wachstum.

Zurzeit sind 48 Arten und 70 Serogruppen von Legionellen bekannt, wobei alle als gesundheitsschädlich eingestuft werden. Die für Erkrankungen des Menschen bedeutsamste Art ist der

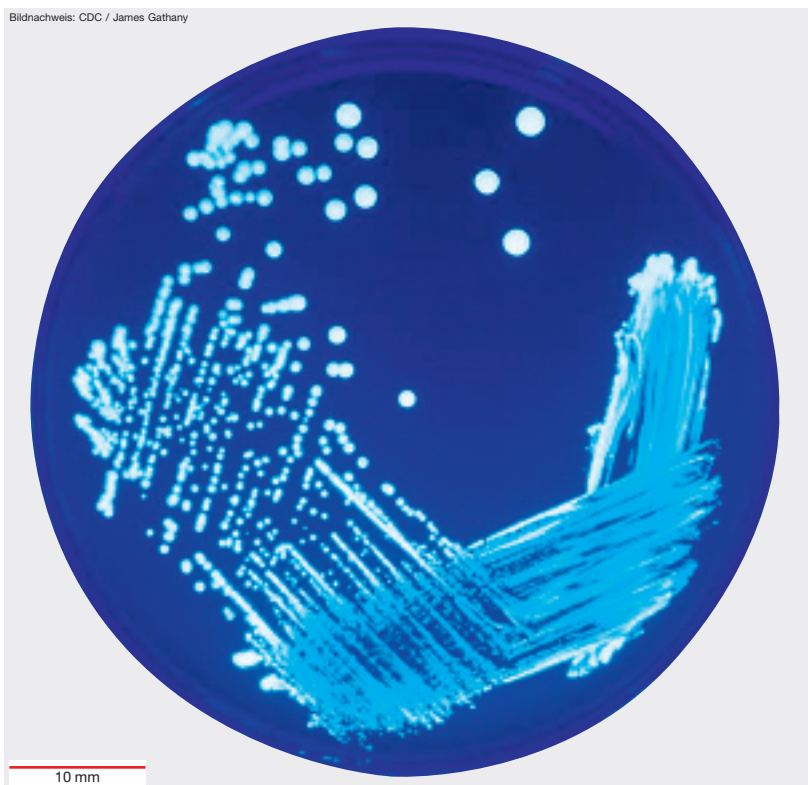
Erreger *Legionella pneumophila*, da dieser die Legionärskrankheit oder das sogenannte «Pontiac-Fieber» auslösen kann. Bei gesunden Menschen endet die Legionärskrankheit in ca. 15% der Fälle tödlich, bei Personen mit geschwächtem Immunsystem kann die Letalität bis 70% betragen.

Die Legionärskrankheit wurde erstmals im Jahre 1976 bei einem Treffen der US-Kriegsveteranenvereinigung «American Legion state convention» beschrieben, wodurch sie auch ihren Namen erhielt. Bei besagter Veranstaltung erkrankten 181 Menschen an einer schweren Lungenentzündung. Alle Erkrankten waren Teilnehmer der Kriegsveteranenvereinigung oder Gäste im selben Hotel gewesen.

Aufgrund der Epidemie begann die amerikanische Gesundheitsbehörde mit der Ursachenforschung und konnte im Jahr 1978 *Legionella pneumophila* als den verantwortlichen Erreger identifizieren; er hatte sich in der Klimaanlage des Hotels angesiedelt. Nachträglich konnten noch andere Epidemien auf denselben Erreger zurückgeführt werden, sowie das Pontiac-Fieber, welches zum ersten Mal 1968 in Pontiac beschrieben wurde.

Durch die routinemäßige Wasseruntersuchung auf Legionellen konnte Sulzer Innotec in den letzten Jahren mehrere Fälle von Legionellenbefall nachweisen und damit Erkrankungen verhindern. Bei frühzeitiger Entdeckung von Legionellen kann die betroffene Anlage gereinigt und mit neuem Wasser befüllt werden, um so einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen.

6 Wachsende Legionellen Kolonien auf einer Agarplatte, beleuchtet mit ultraviolettem Licht.



Roger Häusermann
Sulzer Markets and Technology AG
Sulzer Innotec
Sulzer-Allee 25
8404 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 52 262 21 44
roger.hausermann@sulzer.com