

Data-Center-Cooling

Wirksamer Korrosionsschutz reduziert Ausfallrisiken

In der IT-Klimatisierung können schon minimale Störungen im Bereich der Kühlung teure Konsequenzen mit sich bringen. Um die Verfügbarkeit der Anlagen dauerhaft zu gewährleisten, ist u.a. auch eine nachhaltige Instandhaltungs- und Servicestrategie erforderlich. Um etwa Korrosionen in Kaltwassersystemen vorzubeugen und reibungslose Prozesse zu gewährleisten, sollten Betreiber regelmäßig die Wasserbedingungen kontrollieren. Die dabei zu realisierenden Maßnahmen betreffen unter anderem den pH-Wert, die Härte und die Leitfähigkeit des Wassers.

Für viele technische Anwendungen ist eine zuverlässige Kühlung heute unerlässlich. Dies gilt für die Prozess- und Industriekühlung, die Medizintechnik sowie insbesondere für Serverräume und Rechenzentren. Gerade in der IT-Klimatisierung können schon minimale Störungen im Bereich der Kühlung teure Konsequenzen mit sich bringen. Um Ausfallrisiken zu reduzieren, setzt man im IT-Bereich deshalb bereits seit vielen Jahren auf fest definierte Verfügbarkeitsklassen und Systeme mit Redundanzen. Neben planerischen und baulichen Maßnahmen sollte ein Verfügbarkeitskonzept aber auch eine nachhaltige Instandhaltungs-

und Servicestrategie beinhalten. Dichtigkeitskontrolle, regelmäßige Filterwechsel und die Reinigung von Wärmetauscherflächen sollten dabei selbstverständlich sein.

Kontinuierliche Überwachung der Wasserparameter

Als Teil des vorbeugenden Korrosionsschutzes ist darüber hinaus eine kontinuierliche Überwachung der Wasserparameter entscheidend. Denn Betreiber, die direkt ab der Erstbefüllung ihrer Anlage ständig auf die richtige Wasserqualität achten, verbessern die allgemeine Systemlebensdauer und profitieren von einer dauerhaft höheren Effizienz. Die BTGA-Regel 3.003 beschreibt in diesem Zusammenhang die Vorgehensweise zur Herstellung und Wahrung einer idealen Wasserqualität. Sie gibt klare Vorgaben zu den Inhaltsstoffen und darüber, wie die Wartung, das

Befüllen sowie die Kontrolle eines Systems zu realisieren sind.

Hierbei spielt auch die Art der Kältesysteme eine wichtige Rolle. In der Rechenzentrums Kühlung wird hauptsächlich zwischen zwei verschiedenen wassergekühlten Systemaufbauten unterschieden: Präzisionsklimageräte mit integriertem DX-Kältekreislauf (Bild 1) oder CW-Innengeräte, die über Wärmetauscher mit einem zentralen Kaltwassersatz verbunden sind (Bild 2). Für eine lange Betriebsdauer und uneingeschränkte Funktion ist bei beiden Varianten ein von Fremdpartikeln und sedimentierenden Stoffen freier und sauerstoffdichter Wasserkreislauf sicherzustellen.

Aktuelle Forschungsprojekte zeigen, dass bei geschlossenen Kreisläufen in Kalt- und Kühlwassersystemen schon innerhalb von ein bis zwei Jahren erste Korrosionsschäden auftreten können.

Autor

Tobias Wolf, Deputy Head of Product Management STULZ



(Abb.1) In Rechenzentren kommen entweder Präzisionsklimageräte mit integriertem DX-Kältekreislauf...



(Abb.2) ... oder CW-Innengeräte, die über Wärmetauscher mit einem zentralen Kaltwassersatz verbunden sind, zum Einsatz.



Bild: Stulz

(Abb.3) Korrodiertes Druckschalter aus V4A aufgrund von Säurekorrosion in einem VE-Wasserkreislauf

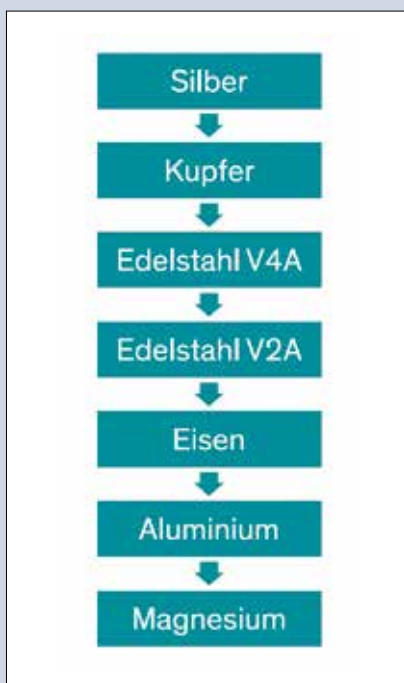


Bild: Stulz

(Abb.4) Elektrochemische Spannungsreihe (von edel nach unedel)



Bild: Stulz

(Abb.5) Ansatz eines Biofilms durch bakterielle Korrosion an einer Pumpe, aufgrund der Verwendung von VE-Wasser ohne Zusätze

Diese sind nicht nur wegen Rohrleitungsschäden und eventuellen Undichtigkeiten ein Problem, sondern auch, weil abgeplatzte Korrosionspartikel leicht Pumpen, Filter oder die Kapillaren von Wärmetauschern zusetzen.

Die vier wichtigsten Korrosionsarten – mit und ohne Sauerstoff

Die Sauerstoffkorrosion entsteht nur durch gelösten Sauerstoff im Wasser. Bei geschlossenen Systemen baut er sich mit der Zeit ab, allerdings ist generell ein Restsauerstoffgehalt anzunehmen. Reagieren Sauerstoff, Wasser und das Metall (meist Eisen) miteinander, kommt es zu einer Oxidation bzw. Korrosion des Metalls.

Bei der Wasserstoff- bzw. Säurekorrosion werden die Metalle durch einen zu niedrigen pH-Wert (<5 pH) von der Säure angegriffen und zersetzt bzw. in Ionen abgespalten, sodass sich schließlich elementarer Wasserstoff bildet. Die Reaktion kann ohne Sauerstoff stattfinden und verläuft aggressiver und schneller, je saurer das Milieu ist.

Die Elektrochemische Korrosion wird auch als galvanische Korrosion bezeichnet. Es müssen sich zwei Werkstoffe berühren, die in der elektrochemischen Spannungsreihe der Metalle einen großen Potenzialunterschied besitzen. Das unedlere Metall gibt Elektronen ab und wird oxidiert. In der Folge kommt es zu einer stetigen Zersetzung des Werkstoffes. Dabei verläuft die Korrosion aggressiver und schneller, je weiter die Metalle in der galvanischen Spannungsreihe auseinanderstehen. Als leitendes Umgebungsmedium fungiert das Wasser mit seinen darin enthaltenen Salzen.

Die bakterielle Korrosion kann ebenfalls ohne Sauerstoff vonstattengehen. Bakterien entziehen dem Metall Elektronen, woraufhin das Material oxidiert. Als Abfallprodukt der Bakterien entsteht Schwefeloxid, welches einen starken Geruch des umgebenden Mediums bewirkt und ein Indiz für eine bakteriologische Belastung sein kann.

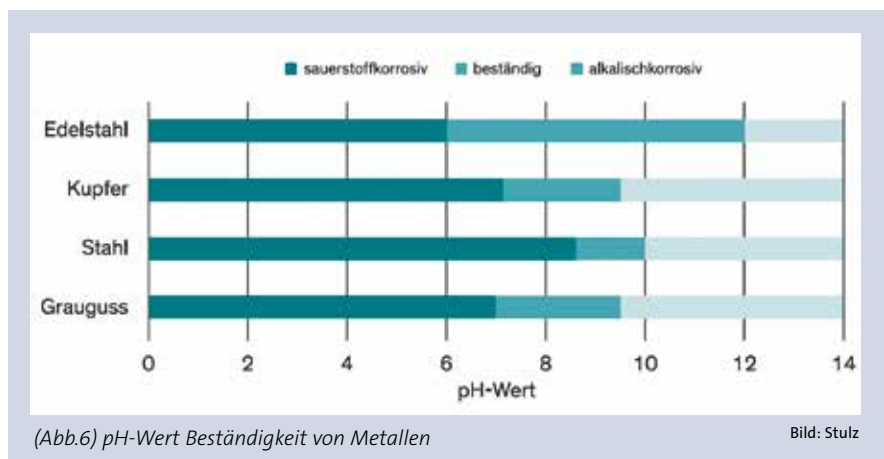
Wasserqualität im Kreislauf ist entscheidend

In den meisten Wasserkreisläufen kommen diverse Materialien zum Einsatz, die sich vor allem in ihren chemischen Eigenschaften unterscheiden. Die wichtigsten sind Schwarzstahl, Kupfer, Edelstahl, Grauguss, Aluminium, Silberlot und Gummidichtungen. Eine konstruk-

tive Korrosionsvorbeugung, beispielsweise durch Vereinheitlichung der Werkstoffe, ist meist sehr aufwendig und nicht umsetzbar. Daher stellt sich die Frage, wie sich das System alternativ vor Korrosion schützen lässt. Als einzige sinnvolle und zudem einfachste Möglichkeit des Korrosionsschutzes in Kaltwassersystemen bleibt oft nur die Kontrolle und Anpassung der Wasserbedingungen.

Die Qualität des Wassers im Kreislauf ist elementar, da mit ihr das Risiko von Korrosionsschäden steigt und fällt. Die Wasserqualität an sich ist aber nicht nur anhand eines einzigen Parameters zu bewerten, vielmehr fällt die Interpretation der Zusammensetzung je nach Anwendungszweck und den gegebenen Bedingungen gegebenenfalls ganz unterschiedlich aus. Denn die Korrosivität eines bestimmten Wassergemisches wird nicht bei jedem Werkstoff und Kühlkreislauf identisch eingestuft. Grundsätzlich beeinflusst der Sauerstoffgehalt die Korrosion maßgeblich. Ist ein hoher Anteil vorhanden, kann entsprechend auch von einem hohen Grad an Korrosion ausgegangen werden. In geschlossenen Systemen baut sich dieser Anteil allerdings schnell ab. Um einer Sauerstoff-Korrosion vorzubeugen, besteht zudem die Möglichkeit, Sauerstoff chemisch zu binden. Doch auch andere Faktoren tragen entscheidend zur Korrosivität des Kreislaufwassers bei. Dazu zählen der pH-Wert, die Wasserhärte sowie die Leitfähigkeit des Wassers.

Der pH-Wert ist das Maß für die Stärke einer sauren oder basischen wässrigen Lösung. Der durchschnittliche pH-Wert von Leitungswasser liegt bei 7,5. Sowohl ein zu hoher als auch ein zu niedriger pH-Wert sollten vermieden werden. Verschiedene Materialien haben unterschiedliche pH-Wertebereiche, in denen sie eine schützende Oxidschicht ausbilden können. Wird dieser Bereich eines verbauten Materials unter- oder überschritten, steigt das Korrosionsrisiko deutlich. Es kann zur genannten Säurekorrosion kommen. Die Problematik beim pH-Wert ist, dass in der Praxis nach Befüllen einer Anlage noch ein großer Anteil gelöster Kohlensäure im Kreislaufwasser enthalten ist. Dieser Anteil entweicht nach und nach als Kohlenstoffdioxid – aufgrund der fehlenden Kohlensäure steigt dann der pH-Wert. Ein genaues Einstellen des pH-Wertes ist somit fast unmöglich.



Liegt im Rohrnetz ein Materialmix vor, so verkleinert sich der Wertebereich, in dem der pH-Wert nicht korrosiv auf jegliche Komponenten wirkt, stark. In der Abbildung 6 ist dies verdeutlicht.

pH-Wert Beständigkeit von Metallen als wichtiger Faktor

Die Härte des Wassers wird durch den Gehalt an Erdalkalimetall-Ionen im Wasser definiert. Zum einen existiert die Carbonat-Härte, die auch als temporäre Härte bezeichnet wird. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um die Kationen von Magnesium und Calcium. Andererseits gibt es einen Anteil von permanenter Härte, die nicht als unlöslicher Feststoff ausfallen kann. Die nicht permanenten Hydrogencarbonate, welche beim Befüllen eines Kreislaufes im Wasser gelöst sind, fallen an den warmen Abschnitten des Kreislaufes in Kohlenstoffdioxid und Carbonate aus. In der Umgangssprache ist diese Verbindung auch unter dem Namen „Kalk“ bekannt. Dieser setzt sich von innen an den Wärmetauscherflächen und Rohrleitungen fest und kann so erhebliche Effizienzverluste der gesamten Anlage zur Folge haben.

Die Leitfähigkeit des Wassers wird durch die Menge der im Wasser gelösten Anionen und Kationen bestimmt. Dazu zählen Härtebildner wie Magnesium, Calcium und Hydrogencarbonat, aber auch Salze und gelöste Metall-Ionen. Je mehr Teilchen vorhanden sind, desto höher ist die Leitfähigkeit und somit auch die Anfälligkeit gegenüber elektrolytischer Korrosion. Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit für Ausfällungen im Wasser. Der bekannteste Vertreter ist hier der Kalk, welcher in Kaltwassersystemen stets am wärmsten Punkt mit der geringsten Fließge-

schwindigkeit ausfällt, was in den meisten Fällen der Wärmetauscher ist. Hierbei besteht die akute Gefahr, dass sich der Wärmetauscher zusetzt, was oftmals mit enormen Effizienzeinbußen einhergeht. Grund hierfür ist die verringerte Kontaktfläche und der weit geringere Wärmeleitkoeffizient von Kalk im Vergleich zu Kupfer. Ein partielles Festsetzen von Kalk kann auch zu Spannungsrissen im Wärmetauscher führen, weil die Wärmeausdehnung unterschiedlich ist. Allerdings bedeutet eine hohe Leitfähigkeit nicht zwingend ein größeres Risiko. Zum Beispiel erhöhen Korrosionsinhibitoren die Leitfähigkeit ebenfalls, was in diesem Fall aber kein Problem darstellt.

Besonderes Augenmerk sollte auf den Salzen liegen

Bei der Überprüfung der Wasserbedingungen sollte ein besonderes Augenmerk auf den Salzen liegen. Vor allem gelöste Salze sind kritisch für den Kältekreislauf, da sie sehr reaktionsfreudig sind und Ausfällungen sowie Korrosionen bewirken. Chlorid ist das Salz der Salzsäure und der stabilste Parameter im Kreislaufsystem. In erster Linie dient es als chemischer Katalysator, der auch

Korrosionsvorgänge verstärkt. Im Rahmen dieser Beschleunigung bleibt das Chlorid erhalten und wird nicht verbraucht. Zudem greift Chlorid die Passivschichten von Metallen an und bietet der normalen Sauerstoffkorrosion somit mehr Angriffsfläche. Unter Umständen kann Chlorid durch punktuelle Verletzungen zu Lochkorrosion führen. Sulfat ist das Salz der Schwefelsäure und dient einer vorhandenen Bakteriologie im Kreislaufsystem als Nahrungsgrundlage. Es handelt sich dann um sulfatreduzierende Bakterien. Ein weiteres Indiz für eine Sulfatreduzierung kann auch eine Verbindung von Calcium und Sulfat zu Calciumsulfat sein. Diese sehr harten Beläge sorgen in der Regel für schlechte Temperaturübergänge und für eine ineffiziente Betriebsweise.

Der Nitratwert gewinnt immer mehr an Relevanz

Durch bakterielle Prozesse wandelt sich Nitrat zu Ammonium und reagiert bei Leitungen aus Kupfer zum sogenannten Kupfer-Ammonium-Komplex, der in der Lage ist, ohne Sauerstoffzufuhr Eisen zu oxidieren und dabei wieder in Ammonium und Kupfer zu zerfallen. Mittels Komplexbildung oxidiert das Ammonium also fortlaufend die Eisenbauteile in einem Kreislauf. Der Nitratwert von Leitungswasser ist meist relativ gering und im technischen Bereich ab ca. 5 mg/l als kritisch zu betrachten. Wegen steigender Nitratkonzentration im Grundwasser, insbesondere in landwirtschaftlichen Bereichen, gewinnt der Nitratwert bei der Bewertung von Korrosionsrisiken immer mehr an Relevanz.

Verstärktes Korrosionsrisiko durch Glykollzusatz

Die Wasserkreisläufe werden abhängig vom Aufstellungsort mit einem Wasser-



(Abb.7) Ein Verfügbarkeitskonzept für Präzisionsklimaanlagen in Rechenzentren sollte auch eine nachhaltige Instandhaltungs- und Servicestrategie beinhalten.

Glykol-Gemisch befüllt, um ein Einfrieren des Rohrsystems zu verhindern. Glykol kann unter bestimmten Voraussetzungen allerdings die korrosiven Eigenschaften des Wassers verstärken. Bei neutralem pH-Wert und sauerstoffarmer Umgebung unterscheidet sich die Korrosivität im Vergleich zu reinem Wasser kaum. Ist jedoch Sauerstoff im Wasser gelöst, kann sich Glykol zersetzen. Dabei entstehen Säuren, die das Wasser-/Glykol-Gemisch ansäuern, das heißt, sie senken den pH-Wert. Die Ansäuerung des Gemisches kann pH-Werte von unter 4 erreichen. Aufgrund dieser Tatsache enthalten die Frostschutzkonzentrate neben normalen Korrosionsinhibitoren auch Säureneutralisierer, welche die Versäuerung bis zu einem gewissen Grad puffern können. Allerdings sind diese Säurepuffer im Gemisch lediglich begrenzt vorhanden, weshalb sowohl der pH-Wert als auch der Glykolgehalt im Kreislauf kontrolliert werden sollten. Sinkt die

Die Qualität des Wassers im Kreislauf ist elementar, da mit ihr das Risiko von Korrosionsschäden steigt und fällt

Glykolkonzentration unter den Minimalwert der Herstellerangabe, ist außerdem ein erhöhtes Wachstum von Bakterien zu erwarten. Organische Ablagerungen und bakterielle Korrosion

sind die Folge. Übliche Minimalwerte sind 20 Volumen-% für Ethylenglykol und 25 Volumen-% für Propylenglykol. Hier sind im Einzelfall die Hersteller von Glykolen zu kontaktieren bzw. die technischen Datenblätter der Hersteller zu beachten.

Fazit: BTGA-Regel 3.003 hat enorme Aussagekraft und Relevanz

Insgesamt sollte der Sauerstoffgehalt möglichst gering sein und das System dicht gehalten werden. Gemäß der BTGA-Regel 3.003 sind Chloride und Sulfate zu mindern, außerdem empfiehlt sich die Verwendung von salz-

armem Wasser. Darüber hinaus ist es wichtig, abhängig von der Werkstoffbeständigkeit den pH-Wert auf einem mittleren Level zu halten und regelmäßig zu kontrollieren. Auch eine Enthärtung sowie Resthärtestabilisierung sind empfehlenswert. Die Verwendung von entmineralisiertem Wasser ist aufgrund seiner sauren und reaktionsfreudigen Wirkung nachteilig. Bei reinem Wasser sollte eine möglichst geringe Leitfähigkeit angestrebt werden, der Nitratgehalt sollte unter 5 mg/l liegen. Ratsam ist überdies die Verwendung von Korrosionsinhibitoren oder Glykol-Gemischen in richtiger Konzentration und bei steter Kontrolle. Folglich besitzt die BTGA-Regel 3.003 eine enorme Aussagekraft und Relevanz trotz der Tatsache, dass es sich um eine technische Regel und keine Norm handelt. Wenn Betreiber demnach von Anfang an auf eine salzarme Fahrweise setzen und sich mit den Wasserbedingungen beschäftigen, erhöhen sie die Effizienz und Lebensdauer ihrer Kaltwassersysteme. ■

www.stulz.de

STULZ
CLIMATE. CUSTOMIZED.

DCIM HUMIDIFIERS SHELTER COOLING AIR HANDLING UNITS CHILLER UNITS SERVICE ROOM COOLING HIGH DENSITY COOLING DIRECT CHIP COOLING MICRO DATA CENTERS SYSTEM INTEGRATION HEAT PUMPS COMFORT COOLING

ONE STULZ. ONE SOURCE.

STULZ steht für Klimatechnologien auf höchstem Niveau.
Ob maßgeschneidert oder standardisiert, ob Rechenzentrum oder Industrieenanwendung, ob Kaltwassersatz oder Software; vertrauen Sie auf STULZ für Ihr betriebssicheres Klima.
STULZ – alles aus einer Hand.

www.stulz.de