



BTGA-Regel 3.003

Die unterschätzte Gefahr – Korrosion in Kühlkreisläufen

Mit der Veröffentlichung der BTGA-Regel 3.003 im April 2017 existiert erstmals eine umfassende Richtlinie, die sich mit dem Thema Korrosion in Kühlanlagen auseinandersetzt. Ausgangspunkt für die Erarbeitung der Richtlinie waren zunehmende Probleme in Kaltwassersystemen, in denen sich häufig nach ein oder zwei Jahren Anzeichen für Korrosion zeigten. Die Regel nennt Richtwerte für das Füll-, Ergänzungs- und Kreislaufwasser und listet darüber hinaus geeignete Abhilfemaßnahmen bei Störungen auf.



In Kühlsystemen ist Korrosion häufiger anzutreffen als in Heizsystemen. Diese möglicherweise überraschende Erkenntnis ergab eine Feldstudie, die 2017 von Wissenschaftlern der Universität Leuphana und des Braunschweiger Steinbeis-Innovationszentrums energie+ durchgeführt wurde. Die Entstehung von Korrosion in Kühlkreisläufen wurde offensichtlich lange Zeit unterschätzt.

Dabei können Schäden durch Korrosion hohe Folgekosten verursachen: etwa wenn Ventile blockieren, Pumpen ausfallen oder es bei Rohren durch abrasive Korrosion zu Wanddurchbrüchen kommt. Weitaus teurer kann es allerdings noch werden, wenn für die notwendigen Reparaturen der angeschlossene Produktionsprozess zum Beispiel in der Lebensmittelherstellung unterbrochen werden muss. Der finanzielle Schaden durch Stillstand und Wiederanfahren der Produktion kann beträchtlich sein.



Welche Normen sind relevant?

Planung und Betrieb von Warmwassernetzen für Heizung und Fernwärme sind durch zahlreiche Normen gut geregelt. Besonders wichtig dabei ist die Richtlinienreihe VDI 2035 und das Arbeitsblatt AGFW FW 510. Für Kühlsysteme hat es außer der etwas älteren DIN EN 14868 aus dem Jahr 2005 dagegen jahrelang nichts Vergleichbares gegeben. Diese Norm war zudem nur als Informationsdokument konzipiert, das keine verbindlichen Regeln enthält. Folglich haben sich viele TGA-Planer und Techniker auch bei Kühlkreisläufen häufig auf die VDI 2035 bezogen, was jedoch teilweise falsche Betriebsempfehlungen zur Folge hatte.

Diese Situation führte zur Entwicklung der BTGA-Regel 3.003 „Geschlossene wassergeführte Kalt- bzw. Kühlkreisläufe – Zuverlässiger Betrieb unter wassertechnischen Aspekten“, die im April 2017 vom Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung veröffentlicht wurde.

Geschlossene Kühlsysteme finden sich hauptsächlich

- in der Kühl- und Klimatechnik in der Gebäudeausrüstung
- in industriellen Kühlanlagen: zum Beispiel in der Lebensmittelindustrie oder für die Hallenkühlung
- für die Werkzeugkühlung oder für die Kühlung von Kühl-Schmierstoffen

Die BTGA-Regel 3.003 bezieht sich ausdrücklich auf geschlossene Kühl- oder Kältenetze mit einem Volumen von mehr als einem Kubikmeter Kreislaufwasser, die Wärme über Wärmetauscher an die Umgebungsluft abgeben – im Gegensatz zu Verdunstungskühlanlagen.

Wie entsteht Korrosion?

Die Entstehung von Korrosion ist komplex und in der Regel beeinflussen sich zahlreiche Prozessparameter gegenseitig. Wie auch in Wärmenetzen hängt die Entstehung von Korrosion maßgeblich von der Qualität des Kreislauf- und Nachfüllwassers und den darin enthaltenen Inhaltsstoffen ab. Darüber hinaus spielen die verwendeten Werkstoffe eine wichtige Rolle. Besonders kritisch: In Kältenetzen findet sich häufig ein weitaus größerer Materialmix als in Wärmesystemen. Ein Nebeneinander von Aluminium, verschiedenen Stahlsorten, Kupfer, Edelstahl bis hin zum Kunststoffschlauch ist keine Seltenheit. Planer:innen, die bereits von vorneherein die Gefährdung durch Korrosion minimieren wollen, sollten deshalb den Materialmix so gering wie möglich halten.

Als effizienteste Maßnahme zur Vermeidung von Korrosion empfiehlt die BTGA Richtlinie die regelmäßige Prüfung und Überwachung der wichtigsten Inhaltsstoffe des Kreislaufwassers, aber auch des Füll- und Ergänzungswassers. Wie auch in der VDI 2035 ist die Tabelle mit den Richtwerten für die Wasserqualität der maßgebliche Bestandteil der BTGA-Regel 3.003.

Richtwerte

Richtwerte des Füll- und Ergänzungs- bzw. Umlaufwassers

Parameter		Füll- und Ergänzungswasser		Umlaufwasser	
		Richtwert salzhaltig	Richtwert salzarm	Richtwert salzhaltig	Richtwert salzarm
Geruch	–	geruchlos		unauffällig	
Trübung	–	klar		klar, ohne Bodensatz	
Färbung	–	farblos		farblos	
pH-Wert (ohne Al)	–	7,5 – 9,5		8,5 – 9,5	
pH-Wert (mit Al)	–	7,5 – 8,5		8,2 – 8,5	
Elektrische Leitfähigkeit (25 °C)	µS/cm	< 800	< 250	> 250 – 800	10 ≤ 250
TOC	mg/l	< 10		< 25	
Gesamthärte	°dH	< 20		< 20	
Karbonathärte	°dH	< 20		< 20	
Chlorid	mg/l	< 60	< 15	< 260	< 15
Σ Sulfat + Nitrat	mg/l	< 60		< 60	
Eisen	mg/l	< 0,2		< 0,5	
Kupfer	mg/l	< 0,2		< 0,5	
Zink	mg/l	< 0,05		< 0,1	
Mangan	mg/l	< 0,05		< 0,1	
Aluminium	mg/l	< 0,05		< 0,1	
Kolonienzahl aerob	KBE/ml	< 100		< 10.000	
Kolonienzahl anaerob UT	KBE/ml			< 1.000	
Pseudomonaden	KBE/ml	< 1		< 1	

Was lässt sich aus diesen Richtwerten ableiten?

pH-Wert

Einer der wichtigsten Werte in Kaltwassernetzen ist der pH-Wert und zwar in zweierlei Hinsicht. Denn ein über die Zeit sinkender pH-Wert ist ein wichtiger Indikator für bereits ablaufende Korrosionsprozesse. Zudem steigt bei einem pH-Wert <8 die Gefährdung durch das in der Luft enthaltene CO_2 , das als in Wasser gelöster Kohlensäure Korrosion auslösen kann. Bei einem pH-Wert >8 ist die Kohlensäure abgebunden und somit unschädlich.

Darüber hinaus ist ein geringer pH-Wert ein Zeichen für vorhandene biologische Prozesse, verursacht durch im Wasser enthaltene Mikroorganismen. Die aufgeführten pH-Grenzwerte sollten also unbedingt eingehalten und regelmäßig kontrolliert werden.

Chlorid und Leitfähigkeit

Neben Sauerstoff gelten vor allem Chlorid, das mit allen Metallen reagiert, und die im Kreislaufwasser enthaltenen übrigen Salze als Hauptverursacher von Korrosion. Hier ist der Indikator die elektrische Leitfähigkeit, gemessen in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Es ist das Maß für die Summe der im Wasser gelösten Salze. Es gilt: Steigt die Leitfähigkeit, steigt auch die Wahrscheinlichkeit von Korrosion. Die Empfehlung der BTGA-Regel lautet deshalb: „Die salzarme Fahrweise ist aus korrosionstechnischer Sicht zu empfehlen.“ Sollten Herstellerempfehlungen für einzelne Baugruppen anders lauten, muss eine Risikoabwägung erfolgen.

Härte

Der Härtegrad des Wassers spielt in Kühlkreisläufen eine weitaus geringere Rolle als in Wärmenetzen. Denn Kalk fällt nur bei höheren Temperaturen aus und lagert sich ab. Eine Gefahr, die in Kaltwassernetzen weniger besteht. So sind die Richtwerte für die Gesamthärte mit < 20 °dH weitaus toleranter, als die der VDI 2035 für Wärmenetze, die je nach Heizleistung und Anlagenvolumen teilweise enge Werte zwischen 16,8 °dH bei kleineren und 0,3 °dH bei großen Anlagen zulässt. Ein Befüllen von Kühlkreisläufen mit enthärtetem Wasser ist deshalb nicht notwendig.

Mikrobiologie

Im Unterschied zu Wärmekreisläufen besteht für Kühlsysteme die zusätzliche Gefahr, dass sie durch Schmutzpartikel oder auch durch Bakterien verunreinigt werden können. Während Heizungssysteme atmosphärisch geschlossen sind und auch unter Druck stehen, sind Kühlkreisläufe in der Regel in weiten Teilen drucklos. So können zum Beispiel über offene Vorhaltetanks ungehindert Luft und auch Pollen, Pilze und sonstige Partikel in das System gelangen. Zudem besteht die Möglichkeit der Verschmutzung des Kühlwassers, wenn Schmierstoffe gekühlt werden oder aber bei einem Werkzeugtausch.

Geht man von durchschnittlichen Wassertemperaturen zwischen 20 und 50 Grad in Kaltwassernetzen aus, finden organische Stoffe und vor allem Bakterien ideale Wachstumsbedingungen vor. In Wärmenetzen, die stets mit höheren Temperaturen arbeiten, haben die wenigsten Bakterien dagegen eine Überlebenschance. Eine Gefährdung durch ungewollte Mikrobiologie ist da seltener gegeben.

Das unkontrollierte Wachstum von Mikroorganismen kann zu Störungen führen. Biofilme oder andere Ablagerungen vermindern den Wärmeübergang in Kältemaschinen, der Durchfluss in den Rohrleitungssystemen verschlechtert sich, Siebe und Filter können verstopfen. In der BTGA-Regel finden sich die entsprechenden Grenzwerte unter den Parametern TOC-Wert (Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff), der Koloniezahl für aerobe und anaerobe Keime und den Pseudomonaden.

Diese Parameter lassen sich exakt in der Regel nur durch eine Laboranalyse ermitteln. Einfacher festzustellende Indikatoren für mikrobiologisches Wachstum zeigen sich zum einen durch eine Verfärbung oder Eintrübung des Wassers und durch typische Geruchsbilder, die in der BTGA-Regel aufgeführt sind:

Geruchsbild	Ursache
Schwefelig („faule Eier“)	Sulfatreduktion
Stechend (Urin) oder fischig	Nitratreduktion
Modrig („feuchte Erde“)	Allgemein mikrobiologische Reduktionsvorgänge

Sauerstoff

Legt bereits die VDI 2035 einen Schwerpunkt auf die Vermeidung eines übermäßigen Sauerstoffeintrags in das Netzsystem, so gilt dies auch für die BTGA Richtlinie. Denn Sauerstoff ist Bestandteil von Kohlendioxid, das sich in Wasser zu aggressiver Kohlensäure löst. Ergänzend kommt hinzu, dass Sauerstoff als Nährstoff das Wachstum von Mikroorganismen fördert. Die BTGA-Regel verzichtet jedoch auf die Angabe eines Richtwerts für Sauerstoff, der nicht verlässlich messbar ist. Zum einen ist Sauerstoff im Netz ungleich verteilt. Zudem zehren ablaufende Korrosionsprozesse Sauerstoff, so dass auch bei geringen Sauerstoffkonzentrationen Korrosion bereits vorhanden sein kann. Dies ist zugleich auch einer der Gründe, warum die VDI 2035 auf die Angabe von verbindlichen Sauerstoffparametern verzichtet.

ACHTUNG: Nachspeisung

Oft genug findet die Qualität des Nachfüllwassers leider wenig Beachtung. Aus Gründen der Einfachheit sind Kaltwassersysteme oft an das Stadtwassernetz angeschlossen, aus dem bei Bedarf automatisch nachgespeist wird. Unklar bleibt dabei häufig, welche Mengen im Laufe der Zeit nachgefüllt werden und ob das Trinkwasser überhaupt die Richtwerte der BTGA-Regel 3.003 annähernd erfüllt. Empfehlenswert ist deshalb der Einbau eines Wasserzählers an einem festen Füll- und Nachspeisepunkt. Denn sind die Nachspeisemengen vergleichsweise hoch, kann dies ein Indiz für ein undichtes System sein. Bei atmosphärisch offenen Systemen kann es außerdem zu größeren Verdunstungsverlusten kommen. Wird dann unaufbereitetes Stadtwasser nachgeführt, besteht die Gefahr, dass sich Chloride aufkonzentrieren. Das vorhandene Wasser dickt ein, eine größere Menge an Salzen als vorgeschrieben bleibt zurück: die Korrosionsgefahr steigt. Über das Ergänzungswasser gelangt zudem unerwünschter Sauerstoff als gelöstes Gas in den Wasserkreislauf, so dass die Nachspeisemengen unbedingt kontrolliert und auch das Ergänzungswasser aufbereitet werden sollte.

Generell sollte bei nicht vermeidbarem Sauerstoffeintrag ein Korrosionsschutzmittel verwendet werden. Ebenso ist eine bedarfsgerechte Bioziddosierung zulässig. Hier verweisen wir auf unsere Chemikalien zur Wasseraufbereitung, speziell die Hydrex™-Produkte der Serien 1000, 2000 und 7000. Der Einsatz von Korrosionsinhibitoren in Bestandsanlagen kann eine sehr wirksame Lösung sein, um bestehende Korrosionsprobleme zu minimieren und die Betriebssicherheit und Lebenserwartung der Anlage zu verbessern.

Salzarme Fahrweise

Die BTGA-Regel 3.003 spricht sich ganz klar für eine salzarme Fahrweise von Kaltwassernetzen aus. Sie empfiehlt zudem den Einbau eines Bypasses, über den das Kreislaufwasser sicher aufbereitet, nachgespeist und auch kontrolliert werden kann.

Bei kleineren Netzen ist dafür der Einsatz von fest installierten Mischbettpatronen geeignet, die das Wasser entsalzen und zugleich filtern. Je nach Anlagenvolumen bietet Veolia Water Technologies Edelstahlpatronen in unterschiedlichen Größen an, die mit Mischbettionenaustauscherharz gefüllt sind. Auch das Nachspeisewasser sollte per Mischbettharz auf die richtige Qualität gebracht werden.

Wasser designen

Bei größeren Netzen mit einem Volumen von über zehn Kubikmetern ist zunächst für die normgerechte Befüllung des Kaltwassersystems eine mobile Umkehrosmose-Anlage empfehlenswert. Im Anschluss sollte dann eine kontinuierliche Aufbereitung im Teilstrom stattfinden. Dies gilt bereits für große (Fern-)Wärmenetze, aber auch bei Kühlanlagen als Standard. Moderne Anlagen wie zum Beispiel eine BerkeSELECT IQ von Veolia Water Technologies kontrollieren und steuern dann vollautomatisch die Wasserqualität und übernehmen das Design des Wassers nach zuvor eingestellten Richtwerten. Die Geräte entsalzen nicht nur, sondern können auch bei Bedarf alkalisieren, filtrieren und entgasen, um den Sauerstoffgehalt gering zu halten. Zugleich bereiten sie das Nachfüllwasser auf.

Ein weiterer Vorteil: Die Geräte der BerkeSELECT IQ Reihe sind an die Online-Service-Plattform HUBGRADE von Veolia Water Technologies angebunden. Über dieses Webportal können alle wichtigen Prozessdaten kontinuierlich in Echtzeit abgerufen und auf allen gängigen Endgeräten dargestellt werden. Die Daten werden zudem in einer sicheren Cloud gespeichert.

Die Geräte können kostensparend über das pay-per-use Bezahlmodell eingerichtet werden. Das spart die Investition, die Anlage wird dann monatlich über die Betriebskosten abgerechnet.

Reicht die normale Filtration mit einer BerkeSELECT-Anlage nicht aus, um die Verunreinigungen aus dem Kühlwasserkreislauf zu entfernen, empfiehlt sich der Einsatz eines Berkal™ Scheibenfiltersystems.

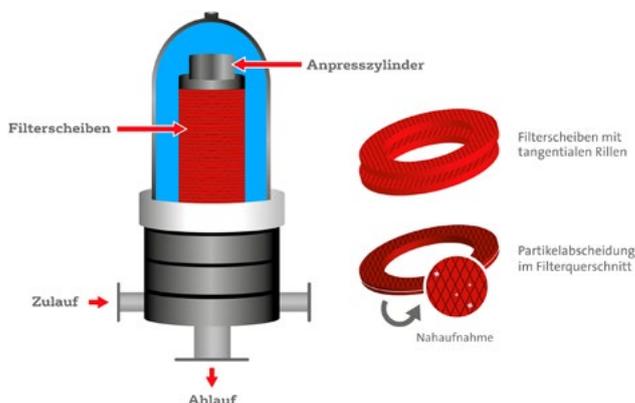


Sensibel für Korrosion

Die aktuelle BTGA-Regel 3.003 ist eine geeignete Norm, die für das Thema Korrosion in Kältenetzen sensibilisiert. Nach dem Motto: „Mache messbar, was du lenken willst“ gibt die Regel praxiserprobte Richtwerte vor, erläutert die wichtigsten chemischen und physikalischen Zusammenhänge, leistet Hilfestellung bei der Suche nach Fehlern und wie diese sich beseitigen lassen. Dabei zeigt sich: Bereits durch die regelmäßige Messung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit des Kühlwassers können mit geringem Aufwand Tendenzen erkannt werden, wenn sich die Qualität des Wassers ändert und so Anzeichen für Korrosion sichtbar werden.

Diese Messungen lassen sich kostengünstig mit einfachen Handgeräten bewerkstelligen. Werden dann noch die Farbe und der Geruch des Wassers hinsichtlich mikrobiologischer Prozesse überprüft, ergibt sich ein erstes Gesamtbild, dem bei Bedarf genauere Untersuchungen folgen können. Wer allerdings von vornherein auf eine kontinuierliche Aufbereitung im Teilstrom durch eine BerkeSELECT Anlage setzt, ist rund um die Uhr auf der sicheren Seite. Denn in diesen Geräten ist die Überwachungs- und Alarmfunktion gleich mit eingebaut.

Funktionsprinzip Berkal™ Scheibenfiltersystem



Die Filterscheiben sind beidseitig mit tangentialen Rillen versehen. Aufeinandergeschichtet bilden sie das Filtrationsmedium. Die Rillen kreuzen sich mehrmals und bilden somit kleiner werdende Filterquerschnitte, sodass auch sehr kleine Partikel zurückgehalten werden.

Generell empfehlen wir Planer:innen und Betreiber:innen, die jeweils aktuellen Ausgaben der entsprechenden Normen zu berücksichtigen. Für Fragen oder unterstützende Hilfe steht unser kompetentes Team zur Verfügung.

Ressourcing the world

Veolia Water Technologies Deutschland GmbH
Lückenweg 5, 29227 Celle

Tel: +49 (0)5141 803-0
Fax: +49 (0)5141 803-100
E-Mail: veoliawatertech.DE@veolia.com

www.veoliawatertechnologies.de