

Technische Information

Richtwerte für das Kreislaufwasser direkt oder indirekt beheizter Industrie- und Fernwärmeheizanlagen (TÜV-Verband-Merkblatt Technische Chemie MB TECH 1466:2022-08-10)

Richtwerte	Einheit	salzarm		salzhaltig
Elektrische Leitfähigkeit (25 °C) ¹	µS/cm	10 - 30	> 30 - 100	≥ 100 - 1.500
Aussehen ²	-	klar, frei von suspendierten Stoffen		
pH-Wert (25 °C) ^{3, 4}	-	9,0 - 10,0	9,0 - 10,5	
Sauerstoff (O ₂) ⁵	mg/l	< 0,1	< 0,05	< 0,02
Summe Erdalkalien (Härte)	mmol/l (° dH)	< 0,02 (< 0,1)		

Bemerkungen:

¹ Bei geringen elektrischen Leitfähigkeiten besteht die Möglichkeit von Fehlmessungen bei Durchflussmessungen nach dem MID-Prinzip. Ferner ist bei elektrischen Leitfähigkeiten < 20 µS/cm die Funktion von Wasserstandselektroden nicht sichergestellt.

² Treten unmittelbar bei der Probenahme des Kreislaufwassers Trübungen durch Gasblasen auf, ist dies ein Hinweis auf mögliche Störungen im Betrieb.

³ Das Anheben des pH-Wertes wird durchgeführt, um die Eisenauflösung im Wasser, die unter Bildung von Eisen(2)-hydroxid abläuft, zurückzudrängen und eine Schutzschichtbildung aus Eisenoxiden (Magnetit) (bei Vorlauftemperatur >> 100 °C) zu erreichen. Als Optimum gilt hier ein pH-Wert von 9,3 - 9,5.

Um eine ausreichende Schutzalkalität zu erzielen, kann grundsätzlich sowohl Natronlauge (NaOH) als auch Trinatriumphosphat (Na₃PO₄) verwendet werden.

In den Fällen, in denen die Aufkonzentration des Alkalisierungsmittels in konstruktiv bedingten Spalten (Partialverdampfung) alkaliinduzierte Spannungsrisskorrosion auslösen kann, sollte vorzugsweise Na₃PO₄ angewendet werden.

Bei Messingwerkstoffen besteht die Gefahr von Erosionskorrosion bei pH-Werten > 9 und örtlich erhöhter Strömungsgeschwindigkeit.

Wird Ammoniak als Alkalisierungsmittel eingesetzt, besteht ab pH-Werten > 9,3 verstärkte Korrosionsgefahr für Kupferwerkstoffe.

Das Anheben des pH-Wertes bei salzarmer Betriebsweise erfordert nur relativ geringe Mengen an Alkalisierungsmitteln. Bei Anwendung von Natronlauge (NaOH) in der handelsüblichen 50 %-igen Konzentration sind 4 bis 8 g/m³ erforderlich. Zur Alkalisierung mit Trinatriumphosphat (Na₃PO₄) wird ungefähr die drei- bis fünffache Menge benötigt. Gegenüber Natronlauge werden durch die Zugabe von Na₃PO₄ der Salzgehalt und damit die elektrische Leitfähigkeit stärker erhöht.

Wegen der durch Ausgasung von CO₂ bewirkten Eigenalkalisierung des Kreislaufwassers, als Folge der Hydrolyse der Hydrogencarbonat-Ionen, sollte bei salzhaltiger Betriebsweise die Anhebung des pH-Wertes im Füll- und Ergänzungswasser zunächst nur bis in einen pH-Wert-Bereich zwischen 8,2 und 9,0 erfolgen. Bevor die weitere Zugabe von alkalisierenden Chemikalien zur Einstellung des pH-Wertes erfolgt, sollte zunächst die Aufnahme eines mindestens dreitägigen Heizbetriebes abgewartet werden.

⁴ Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen dürfen nicht im direkten Kontakt mit dem Kreislaufwasser eingesetzt werden, da es sonst zu alkaliinduzierter Korrosion kommt. Für Kesselanlagen und BHKW sind Aluminiumlegierungen im direkten Kontakt mit Fernwärmenetzen, die mit pH-Werten nach diesem Arbeitsblatt betrieben werden, ungeeignet.

Die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften von Aluminium und Eisen schließen den dauerhaften, gemeinsamen Einsatz in wassergefüllten Systemen aus Korrosionsschutzgründen praktisch aus. Aluminium als amphoterer Metall hat seine größte Beständigkeit in wassergefüllten Systemen bei einem pH-Wert von 7. Bei pH-Werten < oder > 7 löst es sich unter Bildung entsprechender Salze auf und zwar umso schneller, je größer die Abweichung vom pH-Wert 7 ist. Die Korrosionsneigung von Eisen nimmt mit steigendem pH-Wert ab. Bei pH-Werten > 9 ist das Eisen gegenüber Korrosion weitgehend geschützt.

⁵ Das Eindringen von Sauerstoff in das Kreislaufwasser ist zu vermeiden, da es zu Korrosion und korrosionsbedingten Schäden führt. Aus diesem Grund wurde der Richtwert für Sauerstoff eingeführt. Die gemessene Sauerstoffkonzentration ist kein hinreichend guter Indikator für die Menge des Sauerstoffeintrags, da der Sauerstoff im Kreislaufwasser schnell mit den Werkstoffen reagiert und Korrosionsprodukte bildet und somit im Rücklauf bei der Probenahmestelle nicht mehr gemessen werden kann.

Sollte bei der Probenahme Sauerstoff oberhalb der Richtwerte nachgewiesen werden, so deutet dies auf einen sehr hohen Sauerstoffeintrag hin.

Ergänzend zur Sauerstoffbestimmung ermöglicht die Bestimmung des Gesamtgehalts von Eisen eine Aussage über das Maß der Korrosion und damit über die Menge des Sauerstoffeintrags.

Weitere Parameter zur Beurteilung	Einheit	salzarm	salzhaltig
Säurekapazität bis pH 8,2 ($K_{S8,2}$)	mmol/l	0,05 - 0,2	0,7 - 2
Eisen (Fe), gesamt	mg/l	< 0,1	
Kupfer (Cu), gesamt	mg/l	$\leq 0,01$	
Sulfid (S^{2-}) ¹	mg/l	$\leq 0,03$	
Sulfit (SO_3^{2-}) ²	mg/l	-	< 5
Sulfat (SO_4^{2-}) ³	mg/l	-	< 250
Phosphat (PO_4^{3-})	mg/l	-	< 10
Chlorid (Cl^-) ⁴	mg/l (mmol/l)	-	< 53 (< 1,5)

Bemerkungen:

¹ Bei mehrfacher Überschreitung einer Sulfidkonzentration > 0,03 mg/l kann mit Korrosionsschäden an Buntmetallen gerechnet werden.

Die Bildung von Kupfersulfid kann einerseits chemisch, durch Reduktion des Sulfits/Sulfats, aber auch bakteriologisch, über sulfatreduzierende Bakterien, erfolgen.

² Die Anwendung von Natriumsulfit (Na_2SO_3) ist begrenzt auf die salzhaltige Betriebsweise, da es sowohl selbst, als auch durch sein Reaktionsprodukt Natriumsulfat, den Salzgehalt des Wassers stetig erhöht.

Beim Einsatz von Natriumsulfit als Sauerstoffbindemittel besteht in Fernwärmeheizanlagen mit Kupferinstallation die Möglichkeit der Kupferkorrosion durch die über Umwandlungsprozesse entstandenen Sulfid-Ionen bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff.

Auf eine vorbeugende Dosierung von Natriumsulfit ist aufgrund der daraus resultierenden Leitfähigkeitserhöhung und der damit verbundenen Erhöhung des Korrosionspotentials zu verzichten.

³ Bei Dosierung von Natriumsulfit.

⁴ Aus korrosionschemischer Sicht ist bei salzhaltiger Betriebsweise unter bestimmten Bedingungen auch der Chloridgehalt des Kreislaufwassers von Bedeutung. Dies gilt insbesondere, wenn Anlagenteile aus austenitischem nichtrostendem Stahl durch Loch- oder Spannungsrisskorrosion gefährdet werden können. Da die konkrete Korrosionsgefahr von mehreren Faktoren (u. a. Werkstoff, Wasserqualität, Strömungsverhältnisse, Temperatur- und Druckverhältnisse, Konstruktion, Montage) abhängig ist, kann ein für alle Betriebsbedingungen gültiger Grenzwert nicht definiert werden. Da ein intermittierender Sauerstoffeintrag nicht ausgeschlossen werden kann, ist ein möglichst niedriger Chloridgehalt anzustreben (z. B. steigende Korrosionswahrscheinlichkeit ab 1,5 mmol/l (53 mg/l)).

Folgende Parameter sollten im Kreislaufwasser monatlich gemessen werden:

Elektrische Leitfähigkeit, Aussehen, pH-Wert, Rest-Sauerstoff, Summe Erdalkalien, eingesetzte Konditionierungsmittel.

Die Betriebsanweisungen der Kesselhersteller sind zu beachten.