

Empfehlungen hinsichtlich der
Wasserqualität für gelötete
Plattenwärmeübertrager in
Fernwärmesystemen.

Empfehlungen hinsichtlich der Wasserqualität für gelötete Plattenwärmeübertrager in Fernwärmesystemen.

Einführung

Im vorliegenden Dokument wird die Bedeutung einer kontrollierten Wasserqualität in einem Fernwärmesystem erläutert. Der Fokus liegt auf den Wasser-Werten, die bei der Vorbeugung von Korrosion und Ablagerungen in einem gelöteten Plattenwärmeübertrager helfen. Eine kontrollierte Wasserqualität in einem Fernwärmesystem führt zu einem niedrigeren Korrosions-, Ablagerungs- und Verkalkungsrisiko. Dadurch werden wiederum die Wartungskosten für das gesamte System reduziert.

Hintergrund

Wie die meisten Dinge hat auch Wasser verschiedene Qualitätsgrade. In Fernwärmesystemen werden demineralisiertes, teilweise demineralisiertes oder enthärtetes Wasser genutzt. Die Qualität des Wassers ist ein wichtiger Faktor, da die Konzentrationen und Zusammensetzung bestimmter Stoffe die Wasserqualität verändern können. Ein Beispiel dafür ist die Leitfähigkeit. Demineralisiertes Wasser hat eine niedrigere Leitfähigkeit als unbehandeltes Wasser, da bei der Demineralisation Ionen entfernt werden, die zur Leitfähigkeit beitragen. Es ist wichtig, sämtliche Faktoren im System zu verstehen – vom zirkulierenden Fernwärmewasser bis hin zum hinzugefügten Nachspeisewasser. Das Nachspeisewasser kann verwendet werden, um die Wasserqualität im Fernwärmesystem auf die empfohlenen Niveaus zu regeln. Es ist nicht einfach, die Qualität von Fernwärmesystemwasser zu erhalten. Die regelmäßige Wasser-Analyse hilft, den aktuellen Status des Fernwärmewassers unter Kontrolle zu halten und reduziert das Risiko der Korrosion und Partikelbildung.

Der Anhang A am Ende dieses Dokuments enthält Empfehlungen von SWEP zur Wasserqualität für den Einsatz von SWEP Wärmeübertragern. Die Tabelle deckt die verschiedenen Werkstoffbezeichnungen des Grundmaterials und der Lotmaterialien ab, aus denen unserer Wärmeübertrager gebaut sind. Sie basiert auf Leitungswasser bei Raumtemperatur und zeigt verschiedene wichtige chemische Komponenten. Grundsätzlich ist Korrosion jedoch ein äußerst komplexer Prozess, der durch die Kombination vieler verschiedener Faktoren beeinflusst wird. Der Anhang A kann bei der Entscheidung helfen, ob die Wasserqualität für den Einsatz eines Wärmeübertrager von SWEP geeignet ist. Wenn Sie Fragen zu diesem Dokument oder Anhang A haben, wenden Sie sich bitte an einen Vertriebsmitarbeiter von SWEP.

Korrosion verschiedener Materialien

Edelstahl

Edelstahl verfügt über eine gute Korrosionsbeständigkeit und wird deshalb regelmäßig in Fernwärmesystemen eingesetzt. All unsere Übertrager besitzen Kanalplatten aus Edelstahl, die in verschiedenen Werkstoff-Klassen verfügbar sind. Die Anwesenheit von Chlorid kann jedoch in bestimmten Konzentrationen zur Korrosion von Edelstahl führen. Die häufigste Form hier ist der Lochfraß, wobei Chlorid nur einen kleinen Bereich des Stahls angreift. Lochfraß ist schwierig festzustellen und wird meist erst durch das Auftreten von internen und externen Leckagen erkannt. Eine weitere und ziemlich ähnliche Art der Korrosion bei Edelstahl ist die Spaltkorrosion, bei der die Korrosion durch Spaltbildung beginnt. Tabelle 1 zeigt, welchen Edelstahl-Werkstoff wir für Kanalplatten für die unterschiedlichen Chloridkonzentrationen empfehlen.

Tabelle 1. SWEPs Empfehlungen für die zu verwendende Edelstahlsorte bei verschiedenen Temperaturen und Chloridkonzentrationen.

CHLORID GEHALT	HÖCHSTTEMPERATUR				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 ^[4]
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 ^[4]	254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 ^[4]	254 SMO	254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 ^[4]	254 SMO	254 SMO	254 SMO
> 300 ppm	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO

^[4] mit Kupferlotmaterial

Montag, 12. November 2018 10:19:45

Kupfer

Für die Mehrheit unserer BPHEs wird Kupfer als Lotmaterial verwendet. Es besitzt in der Vielzahl der angetroffenen Fernwärmewasserqualitäten eine gute Korrosionsbeständigkeit. Wenn die Wasserqualität ungeeignet ist, kann das Kupfer im Wasser korrodieren oder sich auflösen. Weitere Informationen darüber, ob eine kupfergelötete Einheit geeignet ist, finden Sie in der Tabelle in Anhang A. In der Publikation „Wasserbehandlung und Korrosionsvorbeugung“ des Danish District Heating Association (dänischer Fernwärme-Verband) wird empfohlen, den Sauerstoffgehalt unter 0,02 mg/l zu halten. Kupfer ist besonders empfindlich gegenüber Ammoniak und Sulfid. Ammoniak wird in Fernwärmesystemen gelegentlich zur Regulierung des pH-Werts eingesetzt. Wenn Kupfer als Lotmaterial verwendet wird, wird empfohlen, dass die Ammoniakkonzentration extrem gering gehalten wird. Wir empfehlen deshalb, eine andere Chemikalie zur Regulierung des pH-Werts zu verwenden, wie beispielsweise Natronlauge.

Sauerstoff

Faktoren, die den Korrosionsprozess beschleunigen, sind Sauerstoff und/oder die Temperatur. Je höher die Temperatur, desto höher die Korrosionsgeschwindigkeit. Die Anwesenheit von Sauerstoff erhöht das Risiko einer beginnenden Korrosion, deshalb sollte der Sauerstoffgehalt so niedrig wie möglich gehalten werden. Wenn Nachspeisewasser hinzugefügt wird, ist es wichtig sicherzustellen, dass das Wasser sauerstoffarm ist oder dass Additive zur chemischen Bindung verwendet wurden. Wie bereits beschrieben, sollte die Sauerstoffkonzentration auf der Fernwärmeseite unter 0,02 mg/l liegen.

Ablagerungen

Ablagerungen entstehen, wenn ein Medium dazu neigt, einen Belag oder Ablagerungen auf der Wärmeübertrager-Oberfläche zu bilden. Der Begriff „Ablagerung“ schließt die Anhaftung organischer und anorganischer Stoffe mit ein. Anorganische Materialien können als Salze kristallisieren, was zur Verkalkung führt. Organische Ablagerungen umfassen Biofilme und Mikroorganismen. Wenn organisches oder anorganisches Material sich im Wärmeübertrager ansammelt, führt dies zu einem geringeren Wärmeübergang und einem höheren Druckverlust.

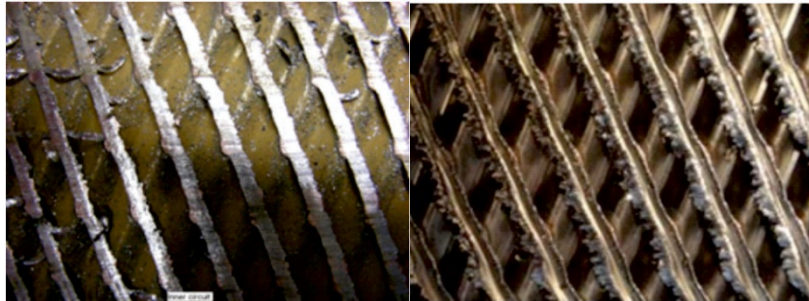


Abbildung 1. Linkes Bild: Visuelle Referenz, Trinkwasserkreislauf. Rechtes Bild: Gereinigter Trinkwasserkreislauf.

Verkalkung

Die Verkalkung ist eine Ablagerung, die durch anorganische Salze im Wasserkreislauf des Wärmeübertragers verursacht wird. Diese können sich ablagern und eine Schmutzschicht auf der Wärmeübertragungs-Oberfläche bilden. Dies geschieht, wenn die Strömungsgeschwindigkeit sehr niedrig ist (Laminarströmung) und die Flüssigkeit ungleichmäßig in den Kanälen des Wärmeübertragers verteilt wird. Der Vorgang hängt stark von der Temperatur ab.

Die meisten Verkalkungen entstehen aufgrund des Niederschlags von Calciumcarbonat oder Calciumsulfat. Bestimmte anorganische Salze, insbesondere diese zwei Salze, besitzen eine inverse Löslichkeitskurve, d. h. die Löslichkeit in Wasser nimmt mit steigender Temperatur ab. Wenn das kalte Wasser auf die warme Oberfläche trifft, lagern sich diese Salze auf der Oberfläche ab.

Montag, 12. November 2018 10:19:45

Wichtigen Faktoren, die die Verkalkung beeinflussen, sind die Wasserqualität, die Temperatur, die Turbulenz, Fließgeschwindigkeit und Strömungsverteilung im Wärmeübertrager und die Oberflächenbeschaffenheit. Die Einschätzung der Verkalkungstendenz von natürlichem Wasser umfasst mehrere Parameter, die analysiert und bestimmt werden können:

- pH-Wert
- Calciumgehalt
- Alkalität
- Ionenstärke des Wassers

Die ersten drei Parameter sind relativ leicht zu bestimmen. Die Ionenstärke hängt jedoch von der Gesamtmenge der gelösten und getrennten Verbindungen ab, d. h. Salzen und Säuren sowie ihren relativen Konzentrationen.

Die anorganischen Salze, die zu einer Verkalkung des Primärkreises führen, stammen normalerweise aus dem Trinkwasser, z.B. verursacht durch eine Leckage, wenn der Wärmeübertrager in einer Übergabestation für die Trinkwassererwärmung verwendet wird. Sie können auch aus dem Nachspeisewasser kommen.

Um das Verkalkungsrisiko zu verringern, sollte der maximal zulässige Druckverlust für die Auslegung verwendet werden. Ein hoher Druckverlust ist ein Zeichen von höherer Turbulenz und Scherspannungen, die helfen, das Risiko von Verkalkungen zu reduzieren. Die Scherspannungen wirken als Entkalker, indem stets Kräfte auf die anhaftenden Ablagerungen wirken und sie sich so von der Oberfläche lösen, wie in Abbildung 2 dargestellt. Die Scherspannungen beugen weiterhin Ablagerungen von freien Partikeln vor. Bei einem Wärmeübertrager mit einer Temperatur von mehr als 70 °C (158 °F) auf der heißen Seite und/oder extrem hartem Wasser (und einem hohen Verkalkungsrisiko) sollte der Druckverlust auf der Kaltwasserseite so weit wie möglich erhöht und auf der Heißwasserseite verringert werden. Dadurch wird die Wandtemperatur auf der Kaltwasserseite reduziert und die Scherspannungen erhöht, wodurch Kalkverbindungen schwerer anhaften können. Die bewährte Methode besteht darin, das Kaltwasser wo möglich durch den unteren Anschluss eindringen zu lassen, denn wenn es durch den oberen Anschluss einströmt, kann Schmutz durch die Kanäle kommen.



Abbildung 2. Darstellung, wie die turbulente Strömung und die Scherspannungen dabei helfen, den Übertrager sauber zu halten.

Organische Ablagerungen/Biofilme

Wenn Bakterien in die Fernwärmesysteme gelangen, können sie durch ihre kleine Größe (ca. 1 µm) in sämtliche technische Anlagen eindringen. Sie können auf verschiedene Arten in die Systeme gelangen, zum Beispiel:

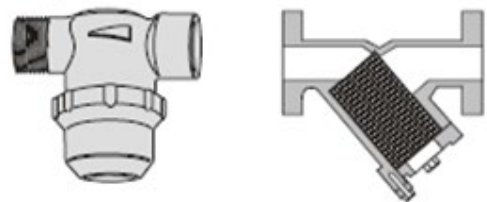
- Nachspeisewasser
- Kontamination nach Rohrbrüchen und -beschädigungen
- Mangelhafter Spülung neuer und modernisierter Anlagen
- Mischung des Wasser aus der zentralen Wärmeerzeugung mit neu angeschlossenen Anlagen
- Undichte Wärmeübertrager und Warmwasserspeicher

Organische Ablagerungen/Biofilme können den Wärmeübergang im Wärmeübertrager reduzieren. Sie können zudem ganze Kanäle blockieren, was den Druckverlust erhöht und die Leistung reduziert. Die Ablagerungen können auch zu einer mikrobiellen Korrosion führen.

Filter und Schmutzfänger

Die Kanäle in einem Wärmeübertrager können verstopfen, wenn Partikel wie z.B. Sand, Rohrschlamm, biologische Partikel oder Korrosionsrückstände wie Magnetit nicht am Eindringen in die Einheit gehindert werden. Diese Partikel können die Kanäle blockieren und zu einer Leistungsminderung sowie einem erhöhten Druckverlust führen. In geschlossenen Kreislaufsystemen muss das Rohrsystem ausreichend gespült werden, bevor ein Wärmeübertrager angeschlossen wird. Dies gewährleistet, dass keine Partikel in die Tauscherkanäle eindringen, was zu Ablagerungen oder Blockaden führen kann. Bei offenen Kreislaufsystemen und zur Absicherung von geschlossenen Kreislaufsystemen müssen die Filtereinrichtungen vor dem Wärmeübertrager installiert werden.

Um das Risiko der Partikelschlammbildung im Wärmeübertrager zu reduzieren, muss ein Filter und/oder Sieb eingebaut werden. Filter und Sieb bieten zusätzlichen Schutz vor Verunreinigungen. Wenn eines der Medien Partikel enthält, die mehr als 1 mm groß sind, empfehlen wir, vor der Installation des Übertragers einen Schmutzfänger mit 20er Maschenweite (20 Mesh - Anzahl der Öffnungen pro Zoll) einzubauen.



Bei Anwendungen mit einer hohen Magnetitkonzentration im Wasser, wie einem offenen oder geschlossenen Kreislauf mit hoher Leckagerate, wird ein Magnetitabscheider unbedingt empfohlen. Es wird nicht nur der Übertrager vor Verunreinigungen geschützt, sondern auch die Umwälzpumpe vor Erosion.

Schlammabscheider

Neben Filtern werden für Übergabestationen auch neuartige Schlammabscheider angeboten, die auch kleinsten Schmutzpartikel entfernen, die Wartungsbedürfnisse reduzieren und die Leistung erhalten.

Bewährte Methoden zur Vorbeugung und Reinigung von Blockaden und Verschmutzungen

Der Schutz vor Blockaden und Verkalkung beginnt mit der Installationsanweisung, die Hilfestellung dazu bietet, wann und wie der Wärmeübertrager gereinigt werden muss. Die einzige Art, eine Blockade zu lösen, außer den Übertrager auszutauschen, ist die Rückspülung. Eine Rückspülung kann nach einer Trennung des Übertragers durchgeführt werden (die nötigen Anschlüsse und Ventile müssen vorhanden sein), damit das Wasser während der Rückspülung ablaufen kann. Unsere Wärmeübertrager können selbst mit Anschlüssen zur Reinigung ausgestattet werden.

Wenn diese Anschlüsse nicht auf dem Übertrager gewünscht werden, dann muss das installierende Unternehmen diese Anschlüsse und Ventile vorsehen.

Ein weiterer nützlicher Tipp ist, Übersichts-Tabellen mit dem Soll-Durchfluss/Druckverlust bereitzustellen, um Abweichungen festzustellen. Sie werden Servicetechnikern bei der Entscheidung helfen, ob eine Rückspülung oder eine Entkalkung notwendig ist.

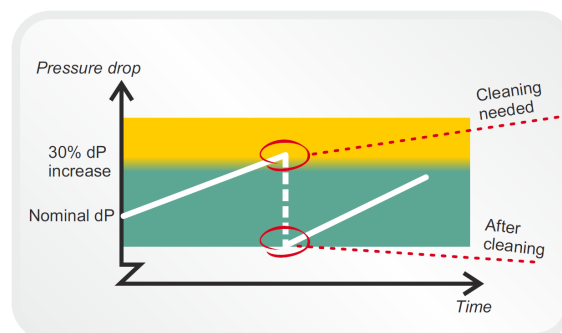


Abbildung 3. Ein 30%iger Anstieg des Druckverlusts weist darauf hin, dass eine Reinigung erforderlich ist.

Montag, 12. November 2018 10:19:45

Anhang A - Wasserempfehlungen

Der nachstehende Leitfaden soll einen Überblick über die Korrosionsbeständigkeit von Edelstahl und dem Lotmaterial in Fernwärmewasser bei Raumtemperatur bieten. In der Tabelle werden die wichtigsten chemischen Komponenten aufgeführt. Korrosion ist jedoch ein äußerst komplexer Prozess, der durch die Kombination vieler verschiedener Faktoren beeinflusst wird. Diese Tabelle stellt daher eine erhebliche Vereinfachung dar und sollte als Empfehlung gesehen werden.

ERLÄUTERUNGEN:	+	Gute Beständigkeit unter normalen Bedingungen
	0	Korrosion kann auftreten, speziell wenn mehrere Faktoren mit 0 bewertet sind
	-	Verwendung nicht empfohlen

WASSERINHALT	KONZENTRATION (mg/l oder ppm)	ZEITGRENZEN Analyse beendet	Platten-Grundmaterial			Lot-Grundmaterial		
			AISI 304	AISI 316	254 SMO	KUPFER	NICKEL	EDELSTAHL
Alkalität (HCO ₃ ⁻)	< 70	Innerhalb von 24 h	+	+	+	0	+	+
	70-300		+	+	+	+	+	+
	> 300		+	+	+	0/+	+	+
Sulfat ^[1] (SO ₄ ²⁻)	< 70	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	70-300		+	+	+	0/-	+	+
	> 300		+	+	+	-	+	+
HCO ₃ ⁻ / SO ₄ ²⁻	> 1,0	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	< 1,0		+	+	+	0/-	+	+
Elektrische Leitfähigkeit	< 10 µS/cm	Keine Begrenzung	+	+	+	0	+	+
	10-500 µS/cm		+	+	+	+	+	+
	> 500 µS/cm		+	+	+	0	+	+
pH ^[2]	< 6,0	Innerhalb von 24 h	0	0	0	0	+	0
	6,0-7,5		+	+	+	0	+	+
	7,5-10,0		+	+	+	+	+	+
	>10,0		+	+	+	0	+	+
Ammonium (NH ₄ ⁺)	< 2	Innerhalb von 24 h	+	+	+	+	+	+
	2-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Chloride (Cl ⁻) <i>Siehe auch nachstehende Tabelle</i>	< 100	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	100-200		0	+	+	+	+	+
	200-300		-	+	+	+	+	+
	> 300		-	-	+	0/+	+	-
Freies Chlor (Cl ₂)	< 1	Innerhalb von 5 h	+	+	+	+	+	+
	1-5		-	-	0	0	+	-
	> 5		-	-	-	0/-	+	-
Sauerstoff	< 0,02 oder so niedrig wie möglich		+	+	+	+	+	+
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	< 0,05	Keine Begrenzung		+	+	+	+	+
	> 0,05			+	+	0/-	+	+
Frei (aggressiv)	< 5	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
Kohlendioxid (CO ₂)	5-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Gesamthärte (°dH)	4,0-8,5	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
Nitrat ^[1] (NO ₃ ⁻)	< 100	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	> 100		+	+	+	0	+	+
Eisen ^[3] (Fe)	< 0,2	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Aluminium (Al)	< 0,2	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Mangan ^[3] (Mn)	< 0,1	Keine Begrenzung	+	+	+	+	+	+
	> 0,1		+	+	+	0	+	+

Montag, 12. November 2018 10:19:45

5

[1] Sulfate und Nitrate wirken als Inhibitoren für durch Chloride in pH-neutralen Umgebungen verursachte Lochfraßkorrosion

[2] Generell erhöht ein niedriger pH-Wert (unter 6) das Korrosionsrisiko und ein hoher pH-Wert (über 7,5) senkt das Korrosionsrisiko

[3] Fe³⁺ und Mn⁴⁺ sind starke Oxidationsmittel und können das Risiko einer lokaler Korrosion auf Edelstahl erhöhen

[4] in Kombination mit Kupferlot

SiO₂ über 150 ppm erhöht das Verkalkungsrisiko

Die untenstehende Tabelle deckt einen Bereich von Chloridkonzentrationen und Temperaturen ab und zeigt die erforderlichen Lotmaterialien und Edelstahlsorten für verschiedene Kombinationen aus Chloridkonzentration/Temperatur auf.

CHLORID GEHALT	HÖCHSTTEMPERATUR				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 ^[4]
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	Ti / 254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 ^[4]	Ti / 254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 ^[4]	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 ^[4]	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
> 300 ppm	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO

^[4] mit Kupferlot

Montag, 12. November 2018 10:19:45

6

Haftungsausschluss: Auf Grund neuer Erkenntnisse können die im vorliegenden Dokument verwendeten Daten ohne Vorankündigung geändert werden. SWEP übernimmt keine Verantwortung für durch Korrosion verursachte Beanstandungen.

SWEP ist der weltweit führende Hersteller gelöteter Plattenwärmetauscher (BPHEs). Diese Produkte kommen überall dort zum Einsatz, wo Wärme wirkungsvoll übertragen werden muss, sprich in Klimaanlagen, Kühlaggregaten, Heizanlagen und industriellen Anwendungen. Mit Vertretungen in mehr als 50 Ländern und einem ganz persönlichen Vertriebssystem in über 20 Ländern ist SWEP seinen Kunden stets nahe. Dank hocheffizienter Produktionsanlagen in Schweden, den USA, Malaysia, der Slowakei und in China kann SWEP Kunden rund um die Welt betreuen. SWEP ist Teil der internationalen Dover Corporation – ein breit aufgestellter und an der NYSE notierter, mehrere Milliarden Dollar schwerer Hersteller unterschiedlichster Produkte und Komponenten für den industriellen und gewerblichen Gebrauch.