

Empfehlungen hinsichtlich der  
Wasserqualität für gelötete  
Plattenwärmeübertrager in  
Fernwärmesystemen.

# Leitfaden für die Wasserqualität bei Einsatz von gelöteten Wärmeübertragern 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 gute Wasserqualität in einem Fernwärmesystem führt zu einem niedrigerem Korrosions-, Ablagerungs- und Verschmutzungsrisiko. Dies reduziert die Wartungskosten für das gesamte System.

## Hintergrund

Wasser kann verschiedene Eigenschaften haben. In Fernwärmesystemen werden entsalztes, salz-armes oder salzhaltiges Wasser genutzt. Die Zusammensetzung des Wassers ist ein wichtiger Faktor, da die Konzentrationen bestimmter Stoffe die Wasserqualität verändern können. Ein Beispiel dafür ist die Leitfähigkeit. Demineralisiertes Wasser hat eine viel geringere Leitfähigkeit als unbehandeltes Wasser, da bei der Demineralisierung Ionen entfernt werden, die maßgeblich für die Leitfähigkeit sind. Es ist wichtig, sämtliche Faktoren im System zu verstehen – vom zirkulierenden Fernwärmewasser bis hin zum Nachspeisewasser. Mit dem Nachspeisewasser kann die Wasserqualität im Fernwärmenetz zu einem gewissen Grad bis auf die empfohlenen Werte geregelt werden. Es ist nicht einfach, die Wasser-Qualität des Fernwärmesystems konstant zu halten. 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 die Empfehlungen von SWEP für die Wasserqualität bei Verwendung unserer Platten-Wärmeübertrager. Die Tabelle zeigt die verschiedenen Werkstoffbezeichnungen des Grundmaterials und der Lotmaterialien, die bei unseren Wärmeübertragern verwendet werden. Sie basiert auf Wasser bei Raumtemperatur und führt die wichtigsten chemische Komponenten auf. 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. Alle unsere Plattenwärmetauscher verwenden rostfreien Stahl für ihre Kanalplatten, wobei verschiedene Qualitäten und Werkstoff-Klassen verfügbar sind. Die Anwesenheit von Chlorid kann jedoch in bestimmten Konzentrationen zur Korrosion von Edelstahl führen. Die häufigste Form ist hier die Lochfraßkorrosion, bei der das 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 eine Spaltbildung beginnt. Tabelle 2 in Anhang A zeigt, welchen rostfreien Stahl wir für Kanalplatten bei einer Reihe von Chloridkonzentrationen empfehlen.

### Kupfer

Für die meisten unserer Wärmeübertrager verwenden wir Kupfer als Lötmaterial, das bei den meisten Fernwärme-Wasserqualitäten eine gute Korrosionsbeständigkeit aufweist. Wenn die Wasserqualität ungeeignet ist, kann das Kupfer anfangen zu korrodieren oder sich auflösen. Weitere Informationen

Februar 15, 2021

darüber, ob ein kupfergelötetes Gerät geeignet ist, finden Sie in der Tabelle in Anhang A. Der dänische Fernwärmeverband Danish District Heating Association empfiehlt in seiner Veröffentlichung „Wasserbehandlung und Korrosionsschutz“, 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, die Ammoniakkonzentration sehr niedrig zu halten.. Wir empfehlen, eine andere Chemikalie zur Regulierung des pH-Werts zu verwenden, z. B. 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 die Gefahr einer beginnenden Korrosion, daher 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. Tabelle 3 in Anhang A zeigt den empfohlenen Sauerstoffgehalt im Wasser in Abhängigkeit von seiner Leitfähigkeit.

## Ablagerungen

Ablagerungen entstehen, wenn ein Medium dazu neigt, einen Belag oder Ablagerungen auf der Oberfläche des Wärmeübertragers zu bilden. Der Begriff „Ablagerung“ schließt die Anhaftung organischer und anorganischer Stoffe mit ein. Anorganische Materialien können als Salze kristallisieren, was z.B. zu einer Kalkablagerung 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: Sichtmerkmal, Trinkwasser-Kreislauf. Rechtes Bild: Gereinigte Oberfläche

## Kalkablagerungen

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

Die meisten Kalkablagerungen sind auf die Ausfällung von Calciumcarbonat oder Calciumsulfat zurückzuführen. Bestimmte anorganische Salze, vor allem diese beiden Salze, haben eine inverse Löslichkeitskurve, d. h. die Löslichkeit in Wasser nimmt mit steigender Temperatur ab. Wenn das kalte Wasser mit der warmen Oberfläche des Wärmeübertragers in Berührung kommt, lagern sich diese Salze auf der Oberfläche ab.

Die wichtigsten Faktoren, die die Kalkablagerung beeinflussen, sind die Wasserzusammensetzung, Temperatur, Turbulenz, Geschwindigkeit, Strömungsverteilung und Oberflächenbeschaffenheit. Zur Abschätzung der Tendenz Kalkablagerung zu bilden, müssen beim Wasser mehrere Parameter analysiert und bestimmt werden:

- pH-Wert
- Calcium-Gehalt
- Alkalität
- Ionenstärke des Wassers

Die ersten drei Parameter sind relativ einfach zu bestimmen. Die Ionenstärke hängt jedoch von der Gesamtmenge der gelösten, dissoziierten Verbindungen ab, d.h. Salze und Säuren, sowie von deren relativen Konzentrationen.

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

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 Scherkräften, die helfen, das Risiko von Verkalkungen zu reduzieren. Die Scherspannungen wirken wie ein 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 Plattenwärmetauscher mit einer Temperatur über 70 °C (158 °F) auf der heißen Seite und/oder sehr hartem Wasser (und einem hohen Risiko von Kalkablagerungen) sollte der Druckabfall auf der Kaltwasserseite so weit wie möglich erhöht und auf der heißen Seite reduziert werden. Dadurch wird die Wandtemperatur auf der Kaltwasserseite reduziert und die Scherspannungen erhöht, was das Anhaften der Kalkablagerungen erschwert. Normalerweise wird das kalte Wasser, wann immer möglich, in den unteren Anschluss eingeleitet, denn wenn es durch den oberen Anschluss eintritt, kann es das Eindringen von Schmutz in die Kanäle fördern.



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

### Organische Ablagerungen/ Biofilme

Gelangen Bakterien in die Fernwärmesysteme, können sie aufgrund ihrer geringen Größe (ca. 1 µm) in alle technischen Systeme eindringen. Bakterien können auf verschiedene Wege in Systeme eindringen, z. B.:

- Nachspeisewasser
- Kontamination nach Rohrbrüchen und -beschädigungen
- Mangelnde Reinigung und Spülung von neuen und modernisierten Anlagen
- Vermischung mit Heizungswasser aus neu angeschlossenen Anlagen
- Undichte Wärmeübertrager und Warmwasserspeicher

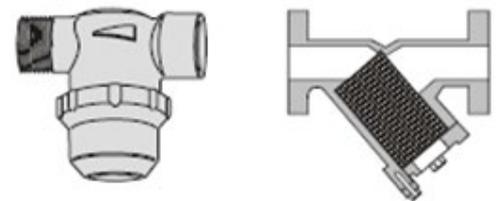
Organische Ablagerungen/ Biofilme können den Wärmeübergang im Wärmeübertrager reduzieren. Sie können auch ganze Kanäle im Plattenwärmetauscher verstopfen, was dann ebenfalls den Druckabfall erhöht. Die Ablagerungen können auch zu einer mikrobiellen Korrosion führen.

Februar 15, 2021

## Filter und Schmutzfänger

Die Kanäle in einem Wärmeübertrager können verstopfen, wenn Partikel wie z.B. Sand, Rohrschlamm, biologische Partikel oder Korrosionsrückstände wie Magnetit in die Einheit ungehindert eindringen können. Diese Partikel können die Kanäle blockieren und zu einer Leistungsminderung sowie einem erhöhten Druckverlust führen. In einem geschlossenen Kreislaufsystem muss das Rohrleitungssystem vor dem Anschluss des Plattenwärmetauschers ordnungsgemäß gespült werden. So wird sichergestellt, dass kein zusätzliches Material, das Ablagerungen oder Verstopfungen verursachen kann, in den Übertrager gelangt. Bei Systemen mit einem offenem Kreislauf (z.B. Leitungswasser) und zur Erhöhung der Sicherheit bei Systemen mit geschlossenem Kreislauf müssen die Filter vor dem Wärmeübertrager installiert werden.

Um das Risiko einer Schlammabildung durch Feststoffe im Inneren des Plattenwärmetauschers zu verringern, sollte ein Filter/Sieb oder Schmutzfänger installiert werden. Schmutzfänger können den notwendigen Schutz vor Verunreinigungen bieten. Wenn eines der Medien Partikel enthält, die größer als 1 mm sind, empfehlen wir, einen Schmutzfänger mit einer Maschenweite von 20 Mesh (Anzahl der Öffnungen pro Zoll) vor dem Plattenwärmetauscher zu installieren.



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 Wärmeübertrager vor Verunreinigungen geschützt, sondern auch die Umwälzpumpe vor Erosion.

## Schlammabscheider

Neben Filtern werden auch neuartige Schlammabscheider angeboten, die auch kleinste Schmutzpartikel entfernen und so die Wartungsanforderungen reduzieren und die Leistung erhalten.

### Bewährte Verfahren zur Vermeidung und Beseitigung von Blockaden und Kalkablagerungen

Der Schutz vor Verstopfung und Kalkablagerung beginnt mit einer guten Installationsanleitung, die Hinweise gibt, wann und wie der Plattenwärmetauscher zu reinigen ist. Die einzige Möglichkeit, eine Verstopfung zu beseitigen, ohne den Plattenwärmetauscher auszutauschen, ist eine 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 Plattenwärmetauscher können mit Anschlüssen am Gerät selbst zur Reinigung ausgestattet werden.

Wenn diese Anschlüsse direkt am Plattenwärmetauscher nicht erwünscht sind, muss der Installateur die Anschlüsse und Ventile hinzufügen.

Ein weiterer nützlicher Tipp ist, Übersichts-Tabellen mit dem Soll-Durchfluss/Druckverlust bereitzustellen, um Abweichungen festzustellen. Die Tabellen helfen den Technikern vor Ort festzustellen, ob eine Rückspülung oder Entkalkung notwendig ist.

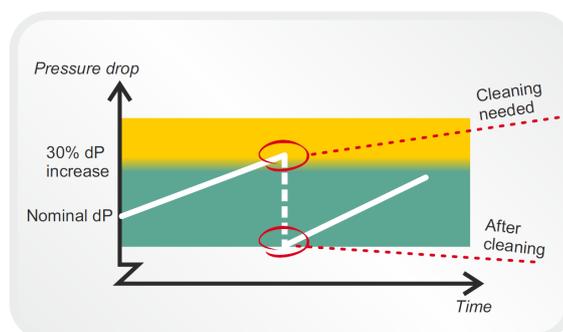


Abbildung 3. Ein Anstieg des Druckverlustes um 30 % zeigt an, dass eine Reinigung erforderlich ist.

Februar 15, 2021

# Anhang A - Wasserempfehlungen

**Tabelle 1, Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen und Hartlötmaterial in Wasser bei Raumtemperatur**

Der nachstehende Leitfaden soll einen Überblick über die Korrosionsbeständigkeit von Edelstahl und dem Lötmaterial in Fernwärmewasser bei Raumtemperatur bieten. In der Tabelle sind eine Reihe wichtiger chemischer Komponenten aufgeführt, jedoch ist die eigentliche Korrosion ein sehr komplexer Prozess, der von vielen verschiedenen Komponenten in ihrer Gesamtheit beeinflusst wird. **Dieses Dokument stellt daher eine erhebliche Vereinfachung dar und sollte als Empfehlung gesehen werden.**

<b>Table key</b>	<b>Important Note:</b> The following parameters can also influence the corrosion resistance
+ Good resistance under normal conditions	<u>Temperature:</u> The data in the table are based water temperature of 20°C unless otherwise is stated.
0 Corrosion problems may occur especially when more factors are valued 0	<u>Presence of oxidants</u> in the environment: guidelines regarding the oxygen content are shown in Table 3.
- Use is not recommended	<u>Product form</u> , heat treatment and presence of intermetallic phases: The data in the table is based on untreated raw material.

WATER CONTENT	CONCENTRATION (mg/l or ppm)	TIME LIMITS Analyze before	Plate Material		Brazing Material		
			AISI 304	AISI 316	COPPER	NICKEL	STAINLESS STEEL
Alkalinity (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 70	Within 24 h	+	+	0	+	+
	70-300		+	+	+	+	+
	> 300		+	+	0/+	+	+
Sulphate <sup>[1]</sup> (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 70	No limit	+	+	+	+	+
	70-300		+	+	0/-	+	+
	> 300		+	+	-	+	+
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	> 1.0	No limit	+	+	+	+	+
	< 1.0		+	+	0/-	+	+
Electrical conductivity <sup>[2]</sup> (Refer to Table 3 for oxygen content guidelines)	< 10 µS/cm	No limit	+	+	0	+	+
	10-500 µS/cm		+	+	+	+	+
	> 500 µS/cm		+	+	0	+	+
pH <sup>[3]</sup>	< 6.0	Within 24 h	0	0	0	+	0
	6.0-7.5		+	+	0	+	+
	7.5-9.0		+	+	+	+	+
	9.0-10		+	+	0/+ <sup>[4]</sup>	+	+
	>10.0		+	+	0	+	+
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< 2	Within 24 h	+	+	+	+	+
	2-20		+	+	0	+	+
	>20		+	+	-	+	+
Chlorides (Cl <sup>-</sup> ) (Refer to Table2 for temperature- dependent values)	<100	No limit	+	+	+	+	+
	100-200		0	+	+	+	+
	200-300		-	+	+	+	+
	300-700		-	0/+	0/+	+	-
	>700		-	-	0	+	-
Free chlorine (Cl <sub>2</sub> )	< 1	Within 5 h	+	+	+	+	+
	1-5		-	-	0	+	-
	> 5		-	-	0/-	+	-
Hydrogen sulfide (H <sub>2</sub> S)	< 0.05	No limit	+	+	+	+	+
	>0.05		+	+	0/-	+	+
Free (aggressive) carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	< 5	No limit	+	+	+	+	+
	5-20		+	+	0	+	+
	> 20		+	+	-	+	+
Total hardness <sup>[5]</sup> (Refer to "Scaling Document" for scaling aspect of hardness effect)	4.0 - 11 °dH	No limit	+	+	+	+	+
	70 - 200 mg/l CaCO <sub>3</sub>		+	+	+	+	+
Nitrate <sup>[1]</sup> (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 100	No limit	+	+	+	+	+
	> 100		+	+	0	+	+
Iron <sup>[6]</sup> (Fe)	< 0.2	No limit	+	+	+	+	+
	> 0.2		+	+	0	+	+
Aluminium (Al)	< 0.2	No limit	+	+	+	+	+
	> 0.2		+	+	0	+	+
Manganese <sup>[6]</sup> (Mn)	< 0.1	No limit	+	+	+	+	+
	> 0.1		+	+	0	+	+

Die Fußnoten der Tabelle finden Sie auf der nächsten Seite!

Februar 15, 2021

# Einfluss der Wasserzusammensetzung auf die Korrosionsbeständigkeit

- [1] Sulfate und Nitrate wirken als Inhibitoren für die durch Chloride verursachte Lochfraßkorrosion in pH-neutraler Umgebung..
- [2] Elektrische Leitfähigkeit und vollständig gelöste Feststoffe (TDS) sind miteinander verbunden und können umgerechnet werden.
- [3] Im Allgemeinen erhöht ein niedriger pH-Wert (unter 6) das Korrosionsrisiko und ein hoher pH-Wert (über 7,5) verringert es.
- [4] In Fernwärmesystemen werden aufgrund der guten Kontrolle der Wasserqualität pH-Werte bis 10 als sicher angesehen: +
- [5] **Gesamte Härte/Korrosion:** Wasser mit hoher Härte kann aufgrund seines hohen Ionengehalts (Ca+2, Mg+2, Fe+2), der auch eine hohe elektrische Leitfähigkeit sowie einen hohen Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen (TDS) bedeutet, Korrosionsprobleme verursachen. Aus diesem Grund sollten zu hohe Härtegrade nicht nur wegen der höheren Gefahr der Kalkablagerung, sondern auch wegen der Korrosionsgefahr vermieden werden.  
Andererseits kann weiches Wasser, aber nicht unbedingt durch Kationenaustausch enthärtetes Wasser, im Gegensatz dazu eine geringe Pufferkapazität haben und somit korrosiver sein. Wenn die Härtegrade außerhalb des empfohlenen Bereichs liegen, sollten andere Parameter wie Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert berücksichtigt werden, um das Korrosionsrisiko zu bewerten.
- [6] Fe<sup>3+</sup> und Mn<sup>4+</sup> sind starke Oxidationsmittel und können das Risiko für lokale Korrosion an nichtrostenden Stählen in Verbindung mit dem Lötmaterial Kupfer erhöhen.

**Tabelle 2. Maximale Chloridkonzentrationen als Funktion der Temperatur für verschiedene Plattenmaterialien (Daten für SS-316 basieren auf Outokumpus Korrosionshandbuch, 11. Auflage, 2015).**

CHLORIDE CONTENT	MAXIMUM TEMPERATURE					
	20°C	30°C	60°C	80°C	120°C	130°C
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	Ti
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	Ti
= 200 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	Ti	Ti
= 300 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	Ti	Ti	Ti
=700 ppm	SS 316	SS 316	Ti	Ti	-	-
=1000 ppm	SS 316	Ti	Ti	Ti	-	-
> 1000 ppm	Ti	Ti	Ti	Ti	-	-

**Tabelle 3. Richtwerte der Sauerstoffkonzentration für Heizungswasser in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Wassers nach VDI 2035 /Teil 2.**

**Sauerstoffgehalt:** Korrosionsreaktionen in der Wasserinstallation werden durch die Anwesenheit von Sauerstoff bestimmt. Um Korrosionsschäden zu vermeiden, sollte die Sauerstoffkonzentration in allen Teilen einer Wassererwärmungsanlage so gering wie möglich gehalten und ein ständiger Sauerstoffeintrag vermieden werden. Je höher die Leitfähigkeit (und der Salzgehalt) des Wassers ist, desto geringer sollte der Sauerstoffgehalt sein, um Korrosion zu vermeiden.

		Low saline (low salt content)	Saline (high salt content)
Electrical conductivity at 25°C	µS/cm	< 100	100 - 1500
pH value at 25°C		8,2-10	
Oxygen	mg/l or ppm	< 0,1	< 0,02

### **Challenge Efficiency - Effizienz immer neu herausfordern**

Wir sind davon überzeugt, mit weniger Ressourceneinsatz mehr zu schaffen, weil unsere Zukunft davon abhängt, dass wir mehr Energie erschließen als wir einsetzen. Deshalb setzen wir uns dafür ein, bei der Umstellung auf eine nachhaltigere Energienutzung auch führend bei der Wärmeübertragung zu sein. Über drei Jahrzehnte ist der Name SWEP eng mit Effizienz verknüpft - und unserem ständigen Bestreben sie weiter zu erhöhen.

SWEP ist der weltweit führende Anbieter von gelöteten Plattenwärmeübertragern für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik sowie industrielle Anwendungen. Mit über 1.000 engagierten Mitarbeitern, sorgfältig ausgewählten Partnern, globaler Präsenz von Produktion, Vertrieb und Service, bringen wir unsere Expertise und Erfahrung mit den Anforderungen unserer Kunden zusammen - für nachhaltige Lösungen.

SWEP ist Teil der Dover Corporation, einem diversifizierten Unternehmensgruppe mit Milliardenumsatz und einem breitgefächerten Produktportfolio im industriellen und kommerziellen Bereich.