



## WHITEPAPER ZUR INDUSTRIELLEN KÜHLUNG

# ERLANGEN SIE MIT INTELLIGENTEN FUNKTIONEN DIE KONTROLLE ÜBER INDUSTRIELLE KÜHLPROSESSE

INFORMIEREN SIE SICH UMFASSEND ÜBER  
HERAUSFORDERUNGEN INDUSTRIELLER KÜHLPROSSE  
UND ERFAHREN SIE, WIE SIE MIT **GRUNDFOS iSOLUTIONS**  
DEN WIRKUNGSGRAD MAXIMIEREN KÖNNEN

BIS ZU  
**30 %**  
GERINGERE  
BETRIEBSKOSTEN

BIS ZU  
**70 %**  
ENERGIE-  
EINSPARUNGEN



VOLLE  
KONTROLLE



## Einführung:

In nahezu jeder industriellen Produktions- oder Prozessanlage tritt eine Art der Kühlung auf. Der Zweck der industriellen Kühlung besteht darin, Industriemaschinen, wie Schweiß- und Spritzgießmaschinen, sowie industrielle Prozesse (z. B. in Molkereien, Chemiekonzernen und bei der Fermentation) zu kühlen und Wärme abzuführen.

## Zweck:

Die Kühlung ist Teil vieler verschiedener Prozesse und Branchen. Unterschiedlichste Unternehmen sind auf Kühlanlagen angewiesen, sodass ein universeller Ansatz nicht immer für jedes einzelne funktioniert. Pumpen spielen in industriellen Kühlanlagen eine große Rolle. Daher liefert dieses Dokument einen Überblick über die typischen Bereiche, in denen sie sich auf die Leistung einer Anlage auswirken, sowie über die Vorteile von drehzahlgeregelten Pumpen von Grundfos.

## Inhaltsverzeichnis

Einführung in die industrielle Kühlung .....	2
Kühltürme .....	2
Trockenkühler .....	3
Verdunstungskühlturm .....	4
Verdunstungskondensator .....	4
Geregelter Kühlturm (geschlossener Kreis) .....	4
Gesteuerter Kühlturm (offener Kreis) .....	4
Industrielle Kühlung .....	4
Industrielle Kaltwassersätze .....	5
Kühlanlage (Pufferanlage) .....	5
Kühlwasserverteilung .....	6

## Inhaltsverzeichnis

Einführung in die industrielle Kühlung .....	2
Industrieller Kühlprozess .....	2
Kühltürme .....	3
Trockenkühler .....	4
Verdunstungskühltürme .....	5
Verdunstungskondensator .....	5
Kühltürme mit geschlossenem Kühlkreis .....	5
Kühltürme mit offenem Kühlkreis .....	5
Industriekühler .....	6
Kühlanlagen mit Puffertank .....	7
Freie Kühlung .....	8
Wärmetauscher .....	10
Kältemittel/Glykol .....	12
Wasserqualität .....	13
Regelverfahren .....	13
MEG/CUE-Funktionen .....	14

## Einführung in die industrielle Kühlung

Der Zweck einer industriellen Kühlanlage besteht darin, von Maschinen oder Prozessen erzeugte Wärme abzuführen sowie deren optimalen Betrieb und Schutz sicherzustellen.



In nahezu jeder industriellen Produktions- oder Prozessanlage tritt eine Art der Kühlung auf. Die industrielle Kühlung dient dazu, Industriemaschinen, wie Schweiß- und Spritzgießmaschinen, sowie industrielle Prozesse (z. B. in Molkereien, Chemiekonzernen und bei der Fermentation) zu kühlen und Wärme abzuführen.

Die Kühlung ist Teil vieler verschiedener Prozesse und Branchen. Unterschiedlichste Unternehmen sind auf Kühlungen angewiesen, sodass ein universeller Ansatz nicht immer für jedes einzelne funktioniert. Pumpen spielen in industriellen Kühlungen eine große Rolle. Daher liefert dieses Dokument einen Überblick über die typischen Bereiche, in denen sie sich auf die Leistung einer Anlage auswirken, sowie über die Vorteile von drehzahlgeregelten Pumpen von Grundfos.

## Industrieller Kühlprozess

Die meisten Pumpen, die in einer industriellen Kühlung installiert sind, haben die Aufgabe, Wasser umzuwälzen, das in den verschiedenen Stufen der Kühlung benötigt wird. Die Abbildung unten zeigt eine typische industrielle Kühlung.

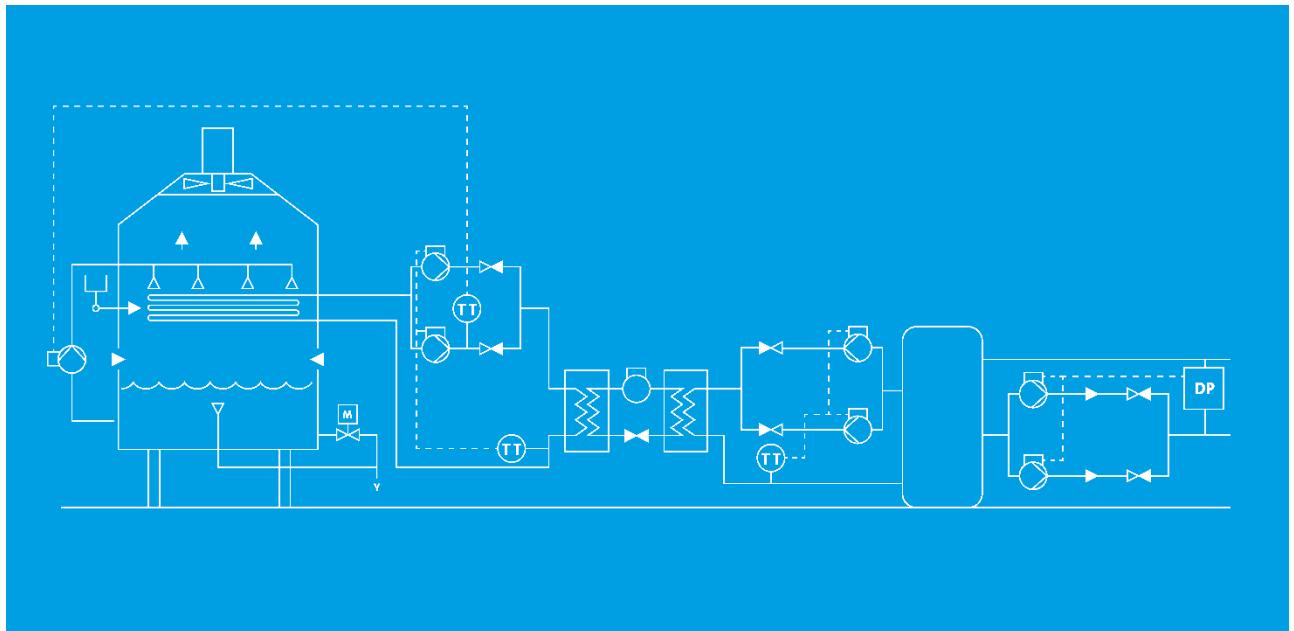
Auf der rechten Seite befindet sich die Hauptzirkulationsanlage. Diese transportiert Kaltwasser von der Kühlung zu der Maschine oder dem Prozess, der/dem Wärme entzogen werden soll, und leitet es dann zurück zur Kühlung.

Bei den Hauptumwälzpumpen handelt es sich um gängige, große Pumpen, die kontinuierlich laufen. Daher ist es wichtig, sie regeln zu können. Die effizienteste Regelung erfolgt in Abhängigkeit des Differenzdrucks oder Proportionaldifferenzdrucks. Auf diese Weise fördert die Pumpe nur die Menge Wasser, die die Anlage benötigt.

Darüber hinaus sind Kühlpumpen vorhanden. Diese transportieren Wasser zwischen dem Puffertank und der kalten Seite des Kühlers. An dieser Stelle können Sie den Einsatz Ihres Puffertanks optimieren, indem Sie von Ihrem Kühler ein Signal erzeugen lassen, das Ihre Pumpen ein- und ausschaltet. Auf diese Weise verschwenden Sie keine Energie bzw. zirkulierendes Wasser, wenn der Kühler nicht in Betrieb ist.

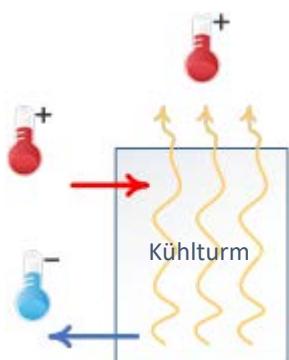
Kondensatpumpen übertragen Wärme vom Kühler auf den Kühlurm. Sie können sie mithilfe eines Temperatursignals oder über die Steuerung Ihres Kühlers regeln. Zudem ist ein langsamer Anlauf möglich, wenn die Temperatur des Kondenswassers sehr niedrig ist.

Die letzte Stufe stellt der Kühlurm dar. In diesem Fall handelt es sich um einen geschlossenen Verdunstungskühlurm, der Wärme aus der Anlage durch Verdampfung des Wassers entfernt. Sie können die Wasserzirkulation des Kühlurms in Abhängigkeit von der Temperatur des Kondenswassers regeln und



den Kühlurmlüfter beliebig oft ein- und ausschalten.

## Kühlürme



Ein Kühlurm ist eine Vorrichtung zur Wärmeabfuhr, die Abwärme an die Luft abgibt. Die Umgebungsluft wird genutzt, um das Wasser auf eine niedrigere Temperatur zu kühlen. Kühlürme machen sich entweder die Verdunstung von Wasser (Verdunstungskühlürme) zunutze, um Prozesswärme abzuführen und das Arbeitsmedium bis auf die ungefähre Kühlgrenztemperatur abzukühlen. Oder sie setzen die Umgebungsluft (Trockenkühlürme) ein. Der Prozess verwendet dabei ausschließlich Luft, um das Arbeitsmedium bis auf die ungefähre Trockentemperatur abzukühlen.

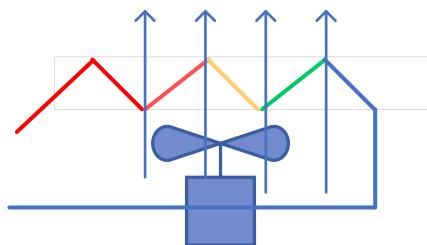
Typische Kühlurmanwendungen zum Kühlen des zirkulierenden Wassers kommen in Ölraffinerien, Petrochemie- und anderen Chemiewerken, Heizkraftwerken, industriellen Kühlanlagen, Prozesskühlanlagen

und HLK-Anlagen für die Gebäudekühlung zum Einsatz. Ihre Klassifizierung basiert auf der Art der Luftansaugung in den Kühlturn und darauf, ob Wasser im Kühlturn verdunstet.

### Verschiedene Typen von Kühlturnen:

- Trockenkühler
- Verdunstungskühlturne
  - Kühlturne mit geschlossenem Kühlkreis
  - Kühlturne mit offenem Kühlkreis
  - Kondensator

### Trockenkühler



Trockenkühler werden entweder als Freikühler oder zum Kühlen des Kondensats in einer Kühlanlage eingesetzt.

In der Regel gibt es zwei Ausführungen: Flachbett- und V-Form-Trockenkühler. Die Funktionsweise ist die gleiche. Bei Flachbett-Trockenkühlern gibt es im Rahmen des Flachbetts eine Kühlslange, die aus Rohren und Rippen besteht. V-Form-Ausführungen weisen in den V-förmigen Seiten eine Kühlslange auf. In den meisten Fällen wird der Trockenkühler von einer speziellen Lüfterregelung geregelt und die Pumpe liefert einen konstanten Durchfluss. Eine MPC kann die Lüfter im Trockenkühler leicht regeln. Dies ist jedoch keine



kosteneffiziente Lösung.

Wenn ein Trockenkühler als Kältekondensator fungiert, ist es im Allgemeinen üblich, für den Kondensator einen konstanten Durchfluss und die niedrigstmögliche Temperatur sicherzustellen. Wird der Trockenkühler jedoch als Freikühler betrieben, kann die Pumpe in Situationen mit geringer Last, wenn keine Lüfterregelung benötigt wird, die Temperaturregelung übernehmen.

Einige V-Form-Trockenkühler verfügen über ein separates adiabates System, bei dem an den Seiten ein Wasserverdampfungssystem montiert ist. Das adiabate System weist einen relativ geringen Durchfluss auf. Das Wasser wird entweder auf die Kühlslange oder einen Füllkörper gesprührt, der die Oberfläche vergrößert, auf der das Wasser verdampft. In diesem Fall können Grundfos-Pumpen vom Typ MAGNA oder UP verwendet werden. Die MAGNA 3 kann zum Beispiel die Ein-/Ausschaltung regeln, wenn die Temperatur niedrig genug ist, um das adiabate System einzusetzen.

### Verdunstungskühltürme

Der Verdunstungskühlturm ist eines der Geräte, die bei der industriellen Kühlung am häufigsten verwendet werden. Diese Thematik ist zu umfangreich, um in diesem Dokument detailliert darauf einzugehen. Wichtig ist, dass es drei wesentliche Verdunstungskühlturmtypen gibt, die unterschiedlich aufgebaut sind. Die Pumpe, die das Wasser im Kühlerturm umwälzt, ist die Sprüh- oder Umwälzpumpe. Die für diese Pumpe am besten geeignete Regelungsart ist die EIN/AUS-Regelung.

### Verdunstungskondensator

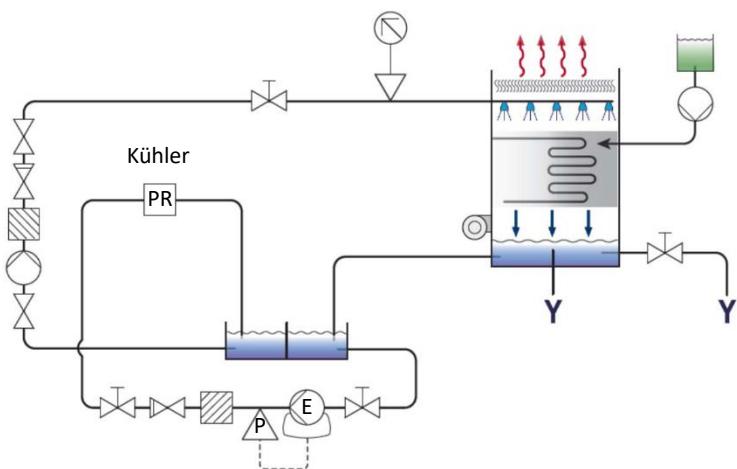
Der Verdunstungskondensator ähnelt sehr stark dem Kühlerturm mit geschlossenem Kreis. Die Kondensatorslange befindet sich im Kühlerturm und es gibt eine relativ kleine Pumpe (Typ TP/NB), die das Wasser fördert. Die Pumpe, die das Wasser im Kühlerturm umwälzt, ist die Sprüh- oder Umwälzpumpe. Sie sollte nur den für die Sprühdüsen erforderlichen Druck liefern, damit das Wasser ordnungsgemäß verteilt wird. Die Regelung der Temperatur im Kühlerturm erfolgt über den Lüfter.

### Kühltürme mit geschlossenem Kühlkreis

Wie der Name schon sagt, bewegt sich das Prozess-/Kaltwasser dieser Kühltürme in einem geschlossenen System. Der Kühlerturm weist in der Regel eine kleine Pumpe (Typ TP/NB) auf, die das Wasser im Kühlerturm fördert, und eine größere Pumpe (Typ NB/E, NK/E, TP/E), die das Prozess-/Kaltwasser transportiert. Die Pumpe, die das Wasser im Kühlerturm umwälzt, ist die Sprüh- oder Umwälzpumpe. Die kleinere Kühlerturmpumpe sollte im Konstantdruckbetrieb laufen, damit die Düsen im Kühlerturm für eine ordnungsgemäße Wasserverteilung sorgen können. Bei der/den größeren Anlagenpumpe(n) hängt die Regelungsart von der Anlage ab: Die meisten größeren Anlagen weisen mehrere Verbraucher auf und profitieren somit von einer Druckregelung. Die für die Umwälzpumpe am besten geeignete Regelungsart ist die EIN/AUS-Regelung.

### Kühltürme mit offenem Kühlkreis

Bei einem Kühlerturm mit offenem Kühlkreis wird das Prozess-/Kaltwasser bereitgestellt, in den Kühlerturm gesprührt und dann zurück in den Prozess geführt. Die Regelungsart der Pumpe(n) ist abhängig von der Anlage, die der Kühlerturm kühlt.



## Industriekühler

Industriekühler werden als Kühlanlage definiert, die Prozesswasser, große HLK-Anlagen und Industrieanlagen kühlen. Ein Kühler macht sich entweder die Dampfkompression oder einen Absorptionsprozess zunutze. Kaltwasser kommt in zahlreichen Anwendungen zum Einsatz – von der Anlagenkühlung bis hin zur Prozesskühlung. Ein Industriekühler wird anhand seines Kältemittels klassifiziert und auf einem Einzelrahmen montiert, z. B. Verdichter, Verdampfer, Kondensator oder Flüssigkeitssammler.

### Typen von Industriekühlern

Die Leistung eines Kühlers wird in BTU (Kühlenergie) oder kW (Kälteleistung) angegeben. Es gibt drei Haupttypen: Luftkühler, Wasserkühler und Verdunstungskühler. Darüber hinaus kommen in Industriekühlern vier verschiedene Technologien zum Einsatz. Es gibt Kolben-, Zentrifugal-, Schrauben- und Absorptionskühler. Die ersten drei genannten Typen kommen in mechanischen Kühlern zum Einsatz, die von Elektromotoren angetrieben werden. Absorptionskühler werden dagegen von einer Wärmequelle wie Dampf mit Energie versorgt und nutzen keine beweglichen Teile.

### Komponenten eines Industriekühlers

Der mechanische Verdichtungszyklus besteht aus vier Grundkomponenten, durch die das Kältemittel fließt: Verdampfer, Verdichter, Kondensator und Expansionsventil. Der Verdampfer im Kühler arbeitet mit einem niedrigeren Druck und einer niedrigeren Temperatur als der Kondensator.

### Verdampfertypen in Industriekühlern

Rohrbündelverdampfer sind in der Regel so konfiguriert, dass das Kältemittel auf der Rohrseite fließt und das Prozessmedium auf der Mantelseite. Dieser Verdampfertyp bietet geringere Druckverluste als Plattenverdampfer und ist für größere Leistungsbereiche geeignet.

Plattenverdampfer zeichnen sich durch einen höheren Wirkungsgrad und niedrigere Kosten aus. Sie sind in kleinen bis hin zu großen Größen mit breitem Leistungsbereich erhältlich.

Semiverschweißte Wärmetauscher weisen ebenfalls einen hohen Wirkungsgrad auf und können auch für große Leistungsbereiche eingesetzt werden.

### **Verdichtertypen in Industriekühlern**

Hubkolbenverdichter nutzen Kolben, die von einer Kurbelwelle bewegt werden. Sie kommen zum Einsatz, wenn eine kleine Kältemittelmenge mit sehr hohem Druck bereitgestellt werden soll. Bei Hubkolbenverdichtern handelt es sich in der Regel um halbhermetische Verdichter, d. h. sie können gewartet werden.

Zentrifugalverdichter umfassen weniger bewegliche Teile als Hubkolbenverdichter. Sie sind energieeffizient und liefern eine größere Kältemittelmenge als ein Hubkolbenverdichter mit ähnlicher Leistung.

Zentrifugalverdichter eignen sich eher für Anwendungen mit großer Kältemittelmenge, jedoch niedrigem Druck, wie Anwendungen mit Lüftern, Kühlaggregaten und Luftgebläsen. Sie nutzen für die Verdichtung die Zentrifugalkraft, die auf eine Luftmasse wirkt.

Schraubenverdichter verfügen über zwei gegenlaufende, schraubenförmige Rotoren, die in einem stationären Gehäuse montiert sind. Wenn sich die Rotoren drehen, verringert sich das Volumen des Gases zwischen ihnen. Es wird verdichtet. Diese Verdichter sind ebenfalls halbhermetisch. In Kombination mit einem Frequenzumrichter bieten Schraubenverdichter einen ähnlichen Wirkungsgrad wie andere Verdichtertypen.

### **Aufstellungsplatz von Industriekühlern**

Große Industriekühler werden vorrangig in einem Maschinenraum aufgestellt und transportieren Kaltwasser in das Werk oder in die Nähe des Prozesses, den sie kühlen. Einige Industriekühler können sich aber auch direkt neben dem Prozess befinden. Dabei spielt ihre Größe und die des Verdichters eine entscheidende Rolle. Es ist auch möglich, Industriekühler vollständig im Freien zu installieren.

### **Kühlanlagen mit Puffertank**

Ein Puffertank ist ein Speicherbehälter, der auf der kalten Seite einer Kühlanlage eingesetzt werden kann. Er kann die kalte Seite einer herkömmlichen Kälteanlage sein – oder eine Anlage für die freie Kühlung, bei der lediglich die Kühlung über einen Kühlurm erforderlich ist.

Ein Puffertank wird in der Regel verwendet, wenn eine variable Kühllast auftritt. In solchen Anwendungen fungiert der Tank als Speicher, mit dem der Spitzenlastbedarf abgedeckt wird bzw. der in Situationen verwendet wird, in denen ein übermäßiger Bedarf die Leistung der Kühlanlage übersteigt.

Beim Einschalten einer Kühlanlage ist der Energieverbrauch und der Verschleiß des Kälteverdichters höher als im Dauerbetrieb. Ein Puffertank ist sehr gut für kleine Kühllasten geeignet. Denn er reduziert die Anzahl der Einschaltungen und damit den Verschleiß und den Energieverbrauch.

In großen Industrieanlagen können mehrere Pumpen auf verschiedenen Ebenen eingesetzt werden. Puffertanks werden ebenfalls verwendet, um die Kälteleistung zu steigern. Sie sind in unterschiedlichen Größen – von klein bis sehr groß – erhältlich. Bei den Pumpen kann es sich um ein- oder mehrstufige Pumpe handeln. Auch ihre Größen variieren: Es gibt große Primärpumpen vom Typ NB/NK und kleine UPS-Pumpen für minimale Kühlkreise.

## Freie Kühlung

Die Kältebranche konzentriert sich zunehmend auf das Einsparen von Energie. Daher wird die freie Kühlung immer beliebter.

Die freie Kühlung ist ein wirtschaftliches Verfahren, bei dem Wasser oder Umgebungsluft mit niedriger Temperatur eingesetzt wird, um Wasser abzukühlen. Dieses kann dann wiederum für industrielle Prozesse genutzt werden. Das gekühlte Wasser kann entweder sofort verwendet oder kurz- bzw. langzeitig gespeichert werden. Wenn Umgebungswasser mit niedriger Temperatur zur Verfügung steht oder die Außentemperatur niedriger ist als die Kühltemperatur der Maschinen/Prozesse, fungiert das Wasser bzw. die Luft als kostenlose Kühlquelle. Dieses Verfahren ersetzt also den Kühler, der bei herkömmlichen Kühlanlagen genutzt wird, und erzielt das gleiche Kühlergebnis. Es kann in Fertigungs- oder Fernwärmeanlagen zum Einsatz kommen.

### Freie Kühlung mit Luft

Wenn die Temperatur der Umgebungsluft auf einen festgelegten Wert sinkt, wird ein modulierendes Ventil betätigt (z. B. von einer MEG- oder MPC-Steuerung), sodass das gesamte Kaltwasser oder ein Teil davon einen installierten Kühler umgeht und in die Anlage für die freie Kühlung gelangt. Diese verbraucht weniger Strom und nutzt die Umgebungsluft mit geringerer Temperatur, um das Wasser im System abzukühlen.

Für dieses Verfahren kann ein vorhandener Trockenkühler verwendet oder ein neuer Trockenkühler oder Kühlurm montiert werden. Die freie Kühlung kann direkt mit dem Trockenkühler in Kombination eingesetzt oder verwendet werden, um einen vorhandenen Kühler zu unterstützen. Bei einer niedrigeren Umgebungstemperatur kann eine Anlage einen installierten Kühler umgehen, wodurch Energieeinsparungen von bis zu 75 % erzielt werden, ohne dass die Kälteleistung beeinträchtigt wird.

### Freie Kühlung mit Wasser

Wenn in der Umgebung eine Wasserquelle (Fluss, See oder Meer) mit einer niedrigeren Temperatur als die erforderliche Kühltemperatur zur Verfügung steht, kann diese die bestehende Kühlanlage unterstützen oder deren Aufgabe übernehmen. Das Umgebungswasser muss mithilfe eines Wärmetauschers von der Kühlanlage getrennt werden. So kann verhindert werden, dass die Wasserquelle verunreinigt wird und Feststoffe und Organismen in die Kühlanlage gelangen. Der Vorteil der wasserbasierten Anlage für die freie Kühlung besteht darin, dass sich ihre Temperatur bei den unterschiedlichen Jahreszeiten nur selten verändert. Beachten Sie jedoch, dass es einige Auflagen für die Nutzung von Wasserquellen in der Umgebung gibt.

## **Verfahren**

Kühlturmwasser kann über den Kaltwasserkreis direkt in den Anlagendurchfluss integriert werden. Wenn es sich um einen offenen Kühlturm handelt, ist ein Sieb erforderlich, um Verunreinigungen zurückzuhalten, die sich im Kühlturm ansammeln können. Dieses Verfahren spart Kosten, da der Wasserkühler nur begrenzt zum Einsatz kommt und somit Energie eingespart wird. Es birgt jedoch ein erhöhtes Korrosionsrisiko.

Ein Wärmetauscher kann ebenfalls Wärme vom Kaltwasserkreis direkt in den Kühlturmkreis übertragen. Der Wärmetauscher sorgt dafür, dass das Kühlturmwasser vom Kältemittel getrennt bleibt, das durch die Kühlslangen fließt. Das Wasser des Kühlers wird daher vorgekühlt. Energieeinsparungen ergeben sich durch die reduzierte Belastung des Kühlers und damit durch den geringeren Energieverbrauch.

## **Saisonaler Betrieb für die freie Kühlung mit Luft**

### *Hohe Umgebungstemperatur*

Wenn die Rücklauftemperatur des Prozesswassers der Umgebungstemperatur der Luft entspricht oder niedriger ist, kann die freie Kühlung nicht verwendet werden. Das Dreieventil der Anlage führt den Wasserstrom am Wärmetauscher für die freie Kühlung vorbei und durch die Kühler, damit es auf die gewünschte Sollwerttemperatur abgekühlt werden kann.

### *Betrieb im Frühling oder Herbst*

Beim Betrieb im Frühling oder Herbst wird das Wasser teilweise vom Verdichter und teilweise über die Umgebungstemperatur gekühlt. Der Prozentsatz der im Frühling oder Herbst erreichten freien Kühlung ist abhängig von den jahreszeitlich bedingten Temperaturen. Die teilweise freie Kühlung setzt ein, wenn die Umgebungstemperatur der Luft 1 °C (1,5 bis 2 °C) niedriger ist als die Rücklauftemperatur des Prozesswassers. Das Wasser wird teilweise mithilfe des Freikühlers gekühlt und fließt dann durch die anderen Kühler, damit die gewünschte Sollwerttemperatur erzielt werden kann.

### *Betrieb im Winter*

Im Winter, wenn die Außentemperatur niedrig genug ist, wird das Wasser alleinig über die Kühlslange für die freie Kühlung gekühlt. Dadurch müssen die Verdichter des Kühlers nicht laufen und es können erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden. Im Winterbetrieb wird lediglich Strom für die Lüfter benötigt. Dies alles kann umgesetzt werden, wenn die Umgebungstemperatur der Luft 3 bis 5 °C unter der Vorlauftemperatur des Prozesswassers liegt.

## **Einschränkungen**

Wenn die Umgebungstemperatur der Luft unter 0 °C sinkt, sind Einfrierungen möglich. Darüber hinaus schränkt die Temperaturdifferenz am Wärmetauscher den Einsatz der freien Kühlung ein. Ein Wärmetauscher, der eine sehr niedrige Temperaturdifferenz aufweist, kann ggf. nicht wirtschaftlich sein. Damit die Kosten dennoch gering bleiben, ist für die freie Kühlung eine minimale Wassertemperatur von etwa 2,5 °C erforderlich. Wenn ein Ein/Aus-Ventil zum Umschalten zwischen der freien Kühlung und dem

Kühlerbetrieb eingesetzt wird, empfiehlt es sich, die Anzahl der Umschaltungen zu begrenzen, die innerhalb eines kurzen Zeitraums stattfinden dürfen. Denn die Ein-/Ausschaltung des Kühlers erfordert sehr viel Energie und führt zu hohem Verschleiß. Wenn der Kühler monatelang nicht eingesetzt wird, empfiehlt es sich, ihn ab und zu rotieren zu lassen.

## Wärmetauscher

Ein Wärmetauscher ist eine Komponente, die dazu dient, Wärme zwischen einem oder mehreren Fluiden zu übertragen. Daher kommen Wärmetauscher sowohl in Kühl- als auch in Heizprozessen zum Einsatz. Die Fluide (z. B. Kühlwasser und Prozesswasser) sind mithilfe einer Platte voneinander getrennt, um ein Vermischen zu vermeiden. Wärmetauscher werden häufig in Raumheizungs-, Kühl- und Klimaanlagen, Kraftwerken, Chemieanlagen, Petrochemieanlagen, Erdölraffinerien, Erdgasauftbereitungs- und Kläranlagen verwendet. Das klassische Beispiel für einen Wärmetauscher findet sich in Kühlanlagen. Darin fungiert der Verdampfer oftmals als Wärmetauscher zwischen Prozessflüssigkeit und Kühlung: Er überträgt die Wärme vom Prozess auf den Kühlkreis.

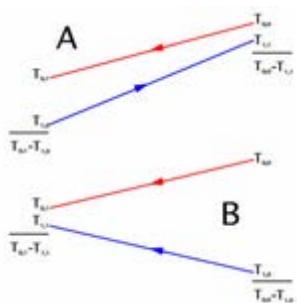
Bei der industriellen Kühlung kommen vor allem Plattenwärmetauscher sowie Rohrbündelwärmetauscher zum Einsatz.

Rohrbündelwärmetauscher bestehen aus einer Reihe von Rohren. Ein Satz dieser Rohre enthält die Flüssigkeit, die gekühlt werden muss. Das zweite Medium fließt über die Rohre, die gekühlt werden, und absorbiert so die erforderliche Wärmemenge. Rohrbündelwärmetauscher finden in der Regel in Hochdruckanwendungen (Drücke > 30 bar) Verwendung. Dies liegt an ihrer robusten Bauweise.

Ein weiterer Typ von Wärmetauschern ist der Plattenwärmetauscher. Diese Wärmetauscher bestehen aus vielen leicht getrennten Platten mit sehr großen Oberflächen und kleinen Strömungskanälen für die Wärmeübertragung. Fortschritte in der Dichtungs- und Löttechnik haben den Plattenwärmetauscher immer vielseitiger gemacht. In offenen Kreisen werden in der Regel abgedichtete Wärmetauscher eingesetzt, die eine regelmäßige Demontage, Reinigung und Inspektion ermöglichen. Es existieren viele Typen von festmontierten Plattenwärmetauschern, z. B. tauchgelötete, vakuumgelötete und geschweißte Wärmetauscher. Diese werden oft für Anwendungen mit geschlossenen Kreisen (z. B. Kühlung) ausgelegt. Plattenwärmetauscher unterscheiden sich auch durch die Art der verwendeten Platten und die Konfiguration dieser Platten. Einige Platten können eine Chevron-Prägung aufweisen, gewölbt oder mit anderen Mustern versehen sein, während andere mit gefrästen Rippen und/oder Nuten ausgestattet sein können.

Im Vergleich zu Rohrbündelwärmetauschern bieten Plattenwärmetauscher in der Regel eine kompaktere Größe und reduzierte Kosten. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass Plattenwärmetauscher typischerweise Fluide mit niedrigem bis mittlerem Druck nutzen, Rohrbündelwärmetauscher dagegen Fluide mit mittlerem bis hohem Druck. Darüber hinaus arbeiten Plattenwärmetauscher häufiger mit gegenströmigem als mit kreuzströmigem Durchfluss. Auf diese Weise sind geringere Temperaturdifferenzen, hohe Temperaturänderungen und ein höherer Wirkungsgrad möglich.

### Durchflussarten



### Gegenströmung (A) und Parallelströmung (B)

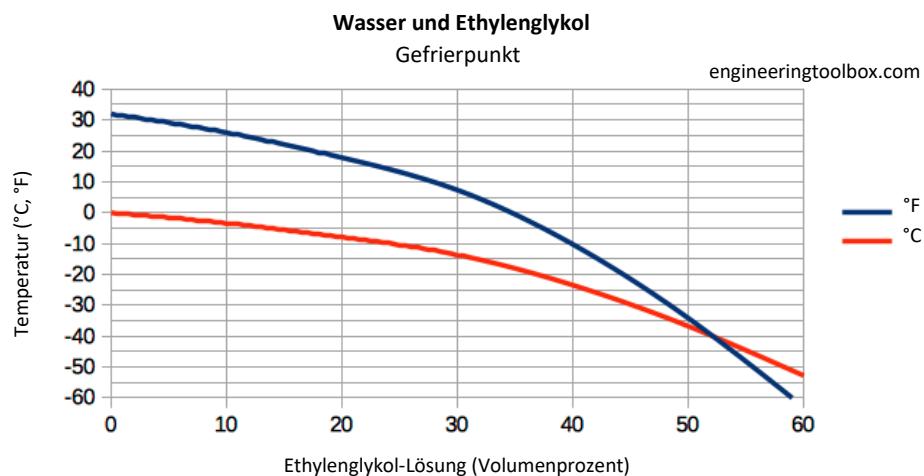
Wärmetauscher lassen sich in drei wesentliche Typen einteilen, je nachdem, auf welche Weise die Flüssigkeiten hindurchfließen. Bei Wärmetauschern mit Parallelstrom treten zwei Fluide am gleichen Ende in den Wärmetauscher ein. Sie fließen von einer zur anderen Seite parallel. Bei Wärmetauschern mit Gegenstrom gelangen die Fluide an gegenüberliegenden Enden in den Wärmetauscher. Dieser Wärmetauschertyp ist der effizienteste, da er die meiste Wärme von Wärmeträgern (Übertragungsmedium) pro Masseneinheit übertragen kann. Denn bei diesem Typ ist die durchschnittliche Temperaturdifferenz über jede beliebige Länge höher. Bei einem Wärmetauscher mit Kreuzstrom durchlaufen die Fluide etwa senkrecht zueinander den Wärmetauscher.

## Kältemittel/Glykol

Bei Flüssigkeitsanlagen mit Rohrleitungen und Geräten, die im Freien installiert sind, muss ein Frostschutzmittel (Glykol) eingesetzt werden, falls Minustemperaturen auftreten können oder der Prozess Temperaturen um den Gefrierpunkt oder noch niedriger erfordern kann.

Glykol sollte jedoch niemals in einem Verdunstungskühlturm benutzt werden. Die Wärme vom Prozess/Kondensator verhindert, dass der Kühlturm gefriert. Daher wird empfohlen, bei einem Stillstand Heizelemente zu aktivieren.

Die Dichte und Viskosität variieren stark je nach Art des Glykols und der Konzentration. Die gängigsten Formen sind Ethylen- und Propylenglykol. Propylenglykol kommt in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie zum Einsatz. Wasser, gemischt mit Ammoniak, wird vor allem als Kältemittel verwendet, wenn der Förderweg lang ist, wie z. B. bei Eisstadions. Das Wasser-Ammoniak-Gemisch ist korrosiv.



## Wasserqualität

Die Wasserqualität wirkt sich stark auf die Kälteleistung aus. Eine schlechte Wasserqualität kann zu Korrosion oder Fouling (Verunreinigungen) führen, was die Kühlgeräte beschädigen oder die Leistung verringern kann.

Die folgende Liste umfasst empfohlene Werte, die Wasser aufweisen muss, um eine standardmäßige Qualität zu erzielen. Herstellerempfehlungen sollten immer befolgt werden.

Empfehlungen zur Wasserqualität			
		Wert	Einheit
Aussehen		Klar, ohne Sedimente	
Farbe		Farblos	
Geruch		Geruchlos	
pH-Wert bei 20 °C		7,5–9,0	
Elektrische Leitfähigkeit	LF	< 220	mS/m
Bodenalkalität	Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	< 0,5	Mol/m <sup>3</sup>
Gesamthärte	GH	< 20	°d
Karbonathärte ohne Stabilisator	KH	< 4	°d
Chloridmenge	Cl	< 150	g/m <sup>3</sup>
Schwefelmenge	SO <sub>4</sub>	< 325	g/m <sup>3</sup>
Menge aktiver biologischer Komponenten (koloniebildende Einheiten)	KBE	< 10.000	/ml

## Regelverfahren

Um einen wirtschaftlichen und sicheren Kühlprozess zu erreichen, müssen Automatisierungs- und Überwachungseinrichtungen installiert werden. Die Komplexität der automatischen Regelung hängt stark von der Größe der Anlage und ihrem Aufstellungsort ab. Die wichtigsten Regelaufgaben sind folgende:

### Kalte Seite

- Druckregelung am Verdampfer
- Leistungsregelung am Verdichter
- Durchflussregelung

### Warme Seite

- Druckregelung am Kondensator
- Durchflussregelung am Trockenkühler und Kühlturm
- Lüfterdrehzahlregelung am Trockenkühler und Kühlturm

### Sonstiges

- Korrekte Verteilung des Kältemittels in der Anlage
- Regelung des Sekundärkältemittels für den Kondensator (Wasser oder Luft)
- Abtauung des Verdampfers, wenn auf der Sekundärseite Luft als Medium verwendet wird.
- Überwachung (Druck usw.)
- Schutz der Elektromotoren

## MEG/CUE-Funktionen

Mit Grundfos iSOLUTIONS profitieren Sie von Effektivität, Konnektivität und Funktionalität.

Im Folgenden erhalten Sie einen Überblick über die gängigsten Regelungsarten, die mit den Produktfamilien von Grundfos realisiert werden können.

Regelungsart	TPE3 (D)	TPE2 (D) NBE/NKE	TPE (D) Serie 2000	CRE, CRIE, CRNE, SPKE, MTRE, CME	CUE
AUTOADAPT	X				
FLOWADAPT	X				
Proportionaldruck	X		X		X
Konstantdruck		X		X	X
Konstanttemperatur	X	X		X	X
Konstantdifferenzdruck	X	X	X	X	X
Konstantdifferenztemperatur	X	X		X	
Konstanter Förderstrom		X		X	X
Konstanter Füllstand		X		X	X
Konstanter anderer Parameter	X	X		X	X
Konstantkennlinie	X	X	X	X	