



# Wirkungsgrad von Kühlwassersystemen

Von Jens Nørgaard, Senior Application Manager, Grundfos, Dänemark

## Einführung:

Der Energieverbrauch verursacht den größten Anteil der Betriebskosten von Geschäfts- und Bürogebäuden, typischerweise etwa ein Drittel. Im Durchschnitt werden 30-40% der Energie in Geschäftsgebäuden durch die Klimaanlage verbraucht. Durch einen verbesserten Wirkungsgrad der Klimaanlage können die Betriebskosten eines Geschäftsgebäudes gesenkt, sein Kapitalwert erhöht und der Komfort seiner Mieter verbessert werden.

\*(<http://www.bluehatmechanical.com/save-on-the-biggest-use-of-power-in-your-building/>)

## Zweck:

Der Zweck dieses Weißbuches ist, die Konstruktion von Kühlwassersystemen zu untersuchen und Wege zu beschreiben, wie effiziente Systeme dazu beitragen können, den Energieverbrauch zu senken und dadurch auch zu einer Verringerung der Umweltverschmutzung und der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit der Erderwärmung, beizutragen.

## Inhalt

Hintergrund .....	2
Systemwirkungsgrad .....	3
Kühlwassersysteme .....	3
Primäres Pumpensystem.....	3
Sekundäres Pumpensystem.....	3
Kühlwassersysteme .....	4
Erhöhung des Wirkungsgrads.....	4
Herkömmliche Lösungen .....	5
Primär-Sekundär-System.....	6
Primär-Sekundär-Tertiär-System.....	7
Primärsysteme mit variablem Volumenstrom (VPF) ..	7
Entwurf von Systemen mit variablen Volumenstrom (VPF).....	8

## Hintergrund

Moderne Gesellschaften verstärken zunehmend. Zugleich wird die Menschheit sich dessen bewusst, dass unsere Städte einen globalen Einfluss auf die Umwelt haben. Die so entstehenden Probleme sind komplex und miteinander verbunden.

In den Entwicklungsländern, wo Klimaanlage früher als Luxus angesehen wurden, werden sie jetzt wegen der sich ändernden Bedingungen zur Notwendigkeit. Die Menschen nutzen Klimaanlage in ihrem täglichen Leben und erwarten den gleichen Komfort an den Orten, die sie besuchen. Wir wissen, dass die Luftkühlung normalerweise die energieintensivste Anwendung im Gebäude ist, sei es ein Geschäftsgebäude oder eine Anforderung in einem industriellen Prozess.

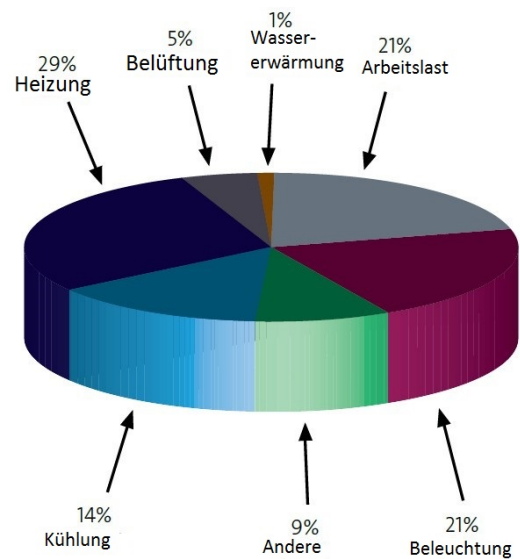
Angesichts der globalen Erwärmung und der schwindenden Energieressourcen, ist der Bau von Klimaanlage mit hohem Wirkungsgrad für den Konstrukteur von höchster Bedeutung, da sie einen großen Einfluss auf die Betriebskosten des Gebäudes über dessen gesamten Lebenszyklus hat. Dies erfordert einen ganzheitlichen Ansatz, einschließlich Gebäudeausrichtung, der Auswahl der Fassadenverglasung, Baumaterialien, Beschattung, thermischer Masse, Beleuchtung usw. Das wichtigste ist die Klimaanlage und ihre Komponenten.

Eine effiziente Kälteanlage hat die folgenden Eigenschaften:

- Ein effizientes Gestaltungskonzept - Die Auswahl eines geeigneten Gestaltungskonzepts, das sich an sich ändernde Betriebsbedingungen anpasst, ist für einen guten Wirkungsgrad wesentlich. \*\*

Pumpen mit variablem Förderstrom für Anwendungen auf großen Campus-Anlagen und die Auswahl der Anzahl, Art und Konfiguration der Kältemaschinen auf der Basis des erwarteten Lastprofils sind andere Faktoren, die die effiziente Gestaltung beeinflussen.

- Der Wirkungsgrad der Komponenten - Kältemaschinen, Pumpen, Ventilatoren und Motoren sollten alle nach ihrem Geräteeffizienzgrad aber auch nach ihrem Wirkungsgrad als Teil eines Systems ausgewählt werden. Motoren und Pumpen mit einem hohen Wirkungsgrad bei dem vorgesehenen Betriebszustand, Kühlmaschinen, die sowohl bei Voll- wie auch bei Teillast effizient arbeiten, sollten in Betracht gezogen werden.
- Korrekte Installation, Inbetriebnahme und Betrieb - Eine Kühlanlage, die die ersten zwei Kriterien erfüllt, kann immer noch eine Menge Energie verschwenden und den Nutzern des Gebäudes wenig Komfort bieten, wenn sie nicht korrekt installiert und betrieben wird.



Aufteilung des Energieverbrauchs für ein typisches Geschäftsgebäude

## Systemwirkungsgrad

Wie bei allen Arten von Pumpenanwendungen hängt der Systemwirkungsgrad für Klimaanlage-Systeme, wie der Luftkühlung in gewerblich genutzten Gebäuden, davon ab, wie das Rohrnetz und die anderen Komponenten aufeinander abgestimmt sind.

Während die Kältemaschinen und Kühltürme in Bezug auf die Kaltwasserleistung große Beiträge leisten, ist der wichtigste Faktor für die Leistung der Anlage der Wirkungsgrad des Kühlwasser-Verteilungssystems. Um die verschiedenen hydraulischen Überlegungen im Zusammenhang mit Planung von Kühlwasseranlagen zu verstehen und wie sie die Systemleistung beeinflussen, ist es wichtig zu erfassen, wie Herausforderungen an Technologie und Konstruktion im Laufe der Jahre die heutige Herangehensweise und das Pumpen von Kühlwasser beeinflusst haben.

Grundsätzlich wird jeder Verrohrungsplan in Klimaanlage entsprechend seiner Verwendung eingestuft. Einer ist für die Verteilung des Kühlwassers aus der Kälteanlage zu den klimatisierten Räumen vorgesehen. Andere geben die Wärme aus der Kälteanlage über Kühltürme an die Atmosphäre ab. Das heißt, sie sind Kondensat-Pumpensysteme.

In diesem Weißbuch werden die verschiedenen Systeme, die allgemein in Klimaanlage in Geschäftsgebäuden eingesetzt werden, kurz diskutiert.

## Kühlwassersysteme

In einem Kühlwasser-Pumpensystem wird das gekühlte Wasser zur Kühlung der Raumluft durch das gesamte Gebäude oder durch die Kühlschlangen der Lüftungsgeräte (AHU) geleitet.

Es besteht im Wesentlichen aus dem Produktionskreis und einem Verteilungskreis. Im Produktionskreis wird das gekühlte Wasser erzeugt und er besteht aus der Kälteanlage, den primären Kühlwasserpumpen, Regelventilen und Zubehör. Im Verteilungskreis wird das Wasser entsprechend der sich ändernden Anforderungen des Raums durch ein Netz aus Rohren, Ventilen und Kühlschlangen gepumpt.

## Primäres Pumpensystem

Der Hauptzweck der Primärpumpe ist, Kühlwasser innerhalb des Produktionskreises zirkulieren zu lassen.

Diese Pumpe kann vor oder hinter der Kältemaschine installiert werden, vorausgesetzt die folgenden Bedingungen werden erfüllt:

- Der minimale dynamische Druck (Einlassdruck) an den Wärmetauschern (Verdampfer) der Kältemaschine wird erhalten. Wenn der empfohlene Eingangsdruck für diese Komponenten nicht hoch genug ist, werden sie nicht vom richtigen Volumenstrom durchflossen.
- Er widersteht dem Gesamtdruck (statischen und dynamischen Druck) auf die Systemkomponenten wie Kühler, Verdampfer, Ventile usw.
- Erfüllt die Mindestanforderungen an den Netto-Unterdruck. Der Systemeingangsdruck an der Pumpe muss positiv sein und hoch genug, damit die Pumpe richtig arbeiten kann.



Grundfos TPD Doppelpumpen in einer mittelgroßen Kälteanlage für Wasser

## Sekundäres Pumpensystem

Hier ist das Hauptziel, das Kühlwasser auf die verschiedenen Kühlkreise zu verteilen und dabei den Reibungswiderstand im Netz durch Rohre, Ventile und Krümmungen zu überwinden. Das Verteilungssystem kann auch weitere Komponenten enthalten, zum Beispiel Ausdehnungsgefäße, Regelventile, Entlastungsventile, Rückschlagventile usw.

# Kühlwassersysteme

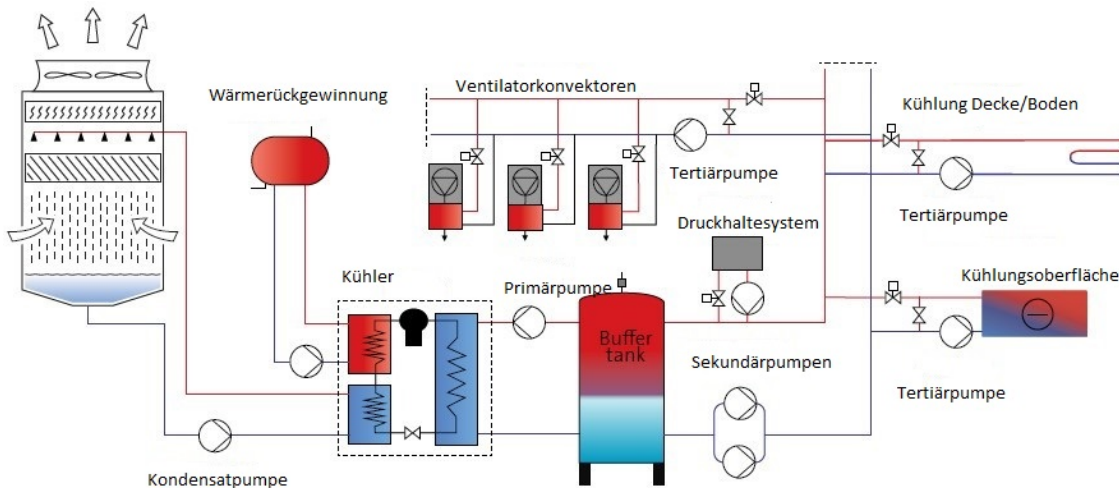


Diagramm des primären, sekundären und des tertiären Kühlwassersystems

Ein Kühlwassersystem besteht normalerweise aus den folgenden fünf Untersystemen (siehe oben), getrennten Kühlkreisen durch die Wasser zirkuliert:

- **Kühlkreis** - Dieser besteht aus einer Kältemaschine, in dem ein Kältemittel über mehrere Stufen seinen Zustand verändert, um Wärme vom Kondensator aufzunehmen bzw. an den Verdampfer abzugeben.
- **Abwärmekreis** - Dieser besteht aus Kühltürmen, Kondensatpumpen und Wasseraufbereitungsanlagen. In diesem Kreis wird die Wärme von dem heißen Kühlmittel an die Atmosphäre abgegeben, entweder über Radiatoren (bei luftgekühlten Systemen), oder in Kühltürmen, in denen die Wärme aus dem Kondensator an Wasser abgegeben wird und dann weiter an die Atmosphäre.
- **Kühlwasserkreis** - Dieser besteht aus Umwälzpumpen, die das Kühlwasser von der Kältemaschine zu den verschiedenen Verteilungssystemen bringen, zum Beispiel Klimageräten (FCU), Klimadecken (CSU), Lüftungsgeräten (AHU) oder Kühlpanelen (RCP)
- **Raumseitenkreis** - Dieser besteht aus einem Niederdruck-Verteilungsnetz (auf der Raumseite) mit Klimageräten (FCU), Kühldecken (CSU) oder Lüftungsgeräten (AHU).
- **Radialgebläse** in Lüftungsgeräten werden mit Antrieben mit Frequenzumrichter eingesetzt (VFD-Variable Frequency Drive) und reagieren auf die Temperaturanforderungen des klimatisierten Raums.

- **Steuerkreis** - Dieser integriert das komplette System und stellt sicher, dass alles wie vorgesehen funktioniert. Seine Untersysteme sind Kältemaschinen, Pumpen, Kühltürme, Klimageräte, Kühlturmgebläse und Wasseraufbereitungsanlagen und zur Vereinfachung von Überwachung und Steuerung in ein einziges System integriert.

## Erhöhung des Wirkungsgrads

Möglichkeiten zur Optimierung des Energieverbrauchs gibt es bei zentralen Klimaanlage vor allem bei den Kältemaschinen, den Ventilatoren und den Pumpen in dieser Reihenfolge. Moderne Kältemaschinen namhafter Hersteller haben sich im Laufe der Jahre weiterentwickelt und bieten jetzt im Vergleich zu früher eine durchdachtere Konstruktion und einen verbesserten Wirkungsgrad.

Drehzahlgeregelte Kältemaschinen haben einen besseren Wirkungsgrad, weil die Kälteleistung durch eine variable Kompressordrehzahl der Anlagenlast angepasst werden kann. 1998 lag zum Beispiel der minimale Wirkungsgrad bei Vollast (COP) einer 1800 kW Kreiselkompressor-Kältemaschine bei etwa 4,7, während heutzutage Bauherren einen COP von 6,4 für die gesamte Anlage anstreben (einschließlich Pumpen, Lüfter und Nebensysteme).

Bei dem Entwurf einer effizienten Kühlanlage müssen sehr viele Details beachtet werden. Hier sind einige der wichtigsten:

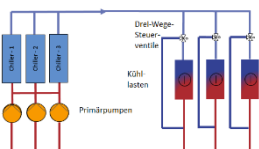
- Man sollte insbesondere den Wirkungsgrad der Kältemaschine bei Teillast beachten. Spitzenbelastungen sind in den meisten Geschäftsgebäuden selten, und es ist notwendig, Kältemaschinen auszuwählen, die einen guten Teillastwirkungsgrad bieten.
- Entwurf eines effizienten Pumpsystems: Die Konstruktion von Pumpsystemen mit variablem Volumenstrom durch drehzahlvariable Pumpenantriebe kann zu erheblichen Einsparungen bei den Betriebskosten führen. Kälteanlagen, die einen variablen Volumenstrom durch die Kältemaschinen ermöglichen, benötigen weniger Platz, weniger Komponenten und reduzieren die Pumpenergie auf fast 40 % einer herkömmlichen Anlage mit konstantem Volumenstrom.
- Richtige Auswahl des Kühlturms: Die richtige Dimensionierung und Regelung von Kühltürmen ist für einen effizienten Kältemaschinenbetrieb entscheidend. Ein Kühlturm kann einen Nennwert von 800<sup>3</sup>/h haben, wenn Wasser von 35 °C auf 30 °C abgekühlt wird und Feuchtkugeltemperatur in der Umgebung 26 °C beträgt.

Annahmen über die Feuchtkugeltemperatur-Bedingungen können zu einer inkorrekten Dimensionierung des Kühlturms führen.

- Integrierte Kältemaschinenregelung: Moderne Kältemaschinen liefern eine Vielzahl von detaillierten Betriebsdaten, die dazu verwendet werden können, Entscheidungen für den Betrieb des übrigen Systems zu machen. Inbetriebnahme des Systems: Die Inbetriebnahme einer Klimaanlage (das heißt, Funktionsprüfung unter allen zu erwartenden Betriebsbedingungen, um sicher zu stellen, dass das System wie beabsichtigt läuft) ist auch wichtig, da hierbei die Ausgangswerte für die Leistungsmessung und Verbesserungen des Systemwirkungsgrads ermittelt werden.

## Herkömmliche Lösungen

Herkömmlich wird das Kühlwasser über ein einfaches, primäres Pumpsystem mit konstantem Volumenstrom gefördert. In einem solchen System wird das gekühlte Wasser mit einem konstanten Volumenstrom gepumpt, der von der Kühllast unabhängig ist. Unter Teillastbedingungen, die meistens auftreten, wird das Kühlwasser über Drei-Wege-Regelventile im Kühlkreis in die Rückleitung zurückgeleitet. Das Kühlwasser mischt sich mit dem mit Rücklaufwasser aus den Kühlturmen und dies führt dazu, dass das Rücklaufwasser mit einer niedrigeren Temperatur zu der Kälteanlage zurückkehrt. Diese erniedrigte Rücklaufwassertemperatur reduziert die Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ) über die Kältemaschine.



Primäres Pumpsystem mit konstantem Volumenstrom

Diese Pumpmethode für Kühlwasser führt wegen des geringen  $\Delta T$ s zu einer erheblichen Energieverschwendung und zu Leistungsverlust in der Hauptkälteanlage.

Kältemaschinen regeln nur die Austrittstemperatur aus der Verdampferschlange. Jedoch beeinflusst die Kapazität der Kühlturmschlange die Temperatur des Kühlwassers bei der Rückkehr zur Anlage und dies hat einen großen Einfluss auf das  $\Delta T$  der Anlage.

### Beispiel für die Auswirkungen eines geringen $\Delta T$ :

Die geplante Leistung eines Kühlwassersystems ist 1,5 MW bei einem Berechnungs- $\Delta T$  von 6 °C.

Wenn das System von einem geringen  $\Delta T$  betroffen ist, ergibt sich eine verringerte Kühlleistung.

Wenn das reale  $\Delta T$  nur 2 °C beträgt, wird die Kühlleistung des Systems um zwei Drittel reduziert.

Nun beträgt die Leistung des Systems nur noch 0,5 MW.

## Primär-Sekundär-System

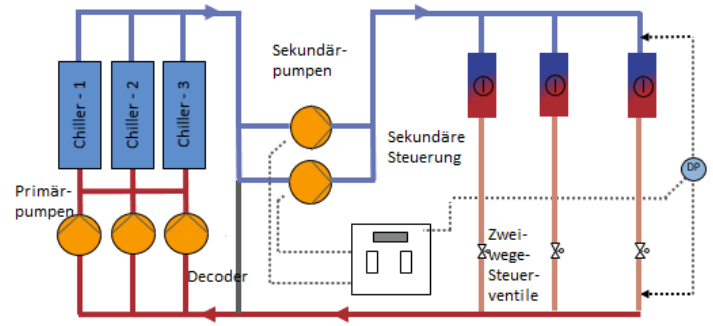
Ein Primär-Sekundär-Pumpschema teilt das Kühlwassersystem in zwei verschiedene Kreise auf, die hydraulisch durch einen Entkoppler (neutrale Brücke) voneinander getrennt sind. In Primär-Sekundär-Systemen fließt das Kühlwasser durch den Primärkreislauf mit der Kältemaschine mit einem konstanten Volumenstrom, wohingegen im Sekundärkreis die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend der Last variiert wird. Die hydraulische Unabhängigkeit der Kreise verhindert, dass der variable Volumenstrom im Sekundärkreis den konstanten Strom im Primärkreis beeinflusst.



Sekundäre Pumpen in der Kaltwasseranlage für ein großes Stadion

Die Drehzahlen der Sekundärpumpen werden durch die Regelung bestimmt, die den Differenzdruck (DP) zwischen Vorlauf und Rücklauf im Kühlwasserkreislauf oder über die kritischste Belastung im Netz misst. Primär-Sekundär-Systeme, bei denen der Volumenstrom auf der Sekundärseite variabel ist, sind effizienter als Systeme mit konstantem Volumenstrom, weil unnötiges Pumpen im Verteilerkreis vermieden wird, was zu einem besseren Wirkungsgrad führt.

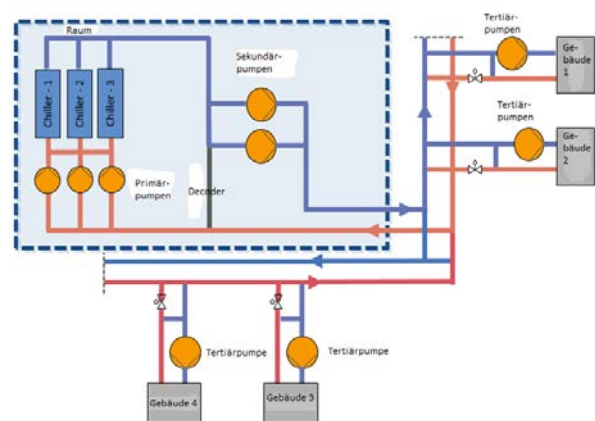
Unter Teillastbedingungen beginnen die Zwei-Wege-Ventile zu schließen, was zu einer Erhöhung der Systemdruckdifferenz führt, die durch den DP-(Differenzdruck)-Sensor erfasst wird. Dann reduziert die Regelung der Sekundärpumpe die Pumpendrehzahl und den Volumenstrom, so dass die Sekundärpumpe sich an die Lastanforderung anpasst.



Sekundäres Pumpensystem

Der Rückgang des Volumenstroms aus dem Sekundärkreislauf führt dazu, dass Kühlwasser von der Vorlaufseite zur Rücklaufseite fließt, um den konstanten Volumenstrom durch die Kühlmaschinen zu erhalten. Dies geschieht, weil der Volumenstrom im Produktionskreis (Primärseite) größer ist als der im Verteilerkreis (Sekundärseite). Wenn die Last in den Räumen und damit die Zonentemperatur steigt, öffnen sich die 2-Wege-Ventile weiter. Dies reduziert den Differenzdruck für die Kühllasten, wodurch die Leistung der sekundären Kühlwasserpumpen erhöht wird.

Bei solchen wechselnden Lastmustern bewirkt eine hydraulische Entkopplung zwischen den Saugköpfen der Sekundärpumpe und der Primärpumpe einen Ausgleich, und erlaubt dem Kühlwasser in beide Richtungen zu fließen (von der Vorlaufseite zum Rücklauf und umgekehrt). Ohne diese Entkopplung, wären die Primär- und die Sekundärpumpe in Serie verbunden, was zu einem unausgeglichene System und Betriebsproblemen führen würde.



Primär-Sekundär-Tertiäres Pumpensystem

## Primär-Sekundär-Tertiär-System

Wenn Gebäude versorgt werden sollen, die sich über eine größere Fläche erstrecken, wie zum Beispiel ein Universitätscampus, helfen sogenannte "primär-sekundär-tertiäre" Systeme, die Pumpendrucke im System zu reduzieren. Durch die Trennung des Systemdrucks zwischen den sekundären und den tertiären Pumpen, wird ein übermäßiger Druckaufbau in Bereichen, wo kein hoher Druck benötigt wird, vermieden.

In solchen Systemen können alle Kühlkreise oder Gebäudekreise durch einen dritten Satz von Pumpen, den tertiären Pumpen, versorgt werden.

Solche verteilten Pumpsysteme mit zentraler Energieanlage sind gut geeignet für große, in mehrere Bereiche unterteilte Gebäude oder Systeme, die sich über mehrere Gebäude erstrecken. Diese Systeme sind eigentlich eine Gruppe kleinerer Systeme, die unabhängig voneinander arbeiten, die aber alle mit dem gleichen Verteilungssystem und der zentralen Kälteanlage verbunden sind.

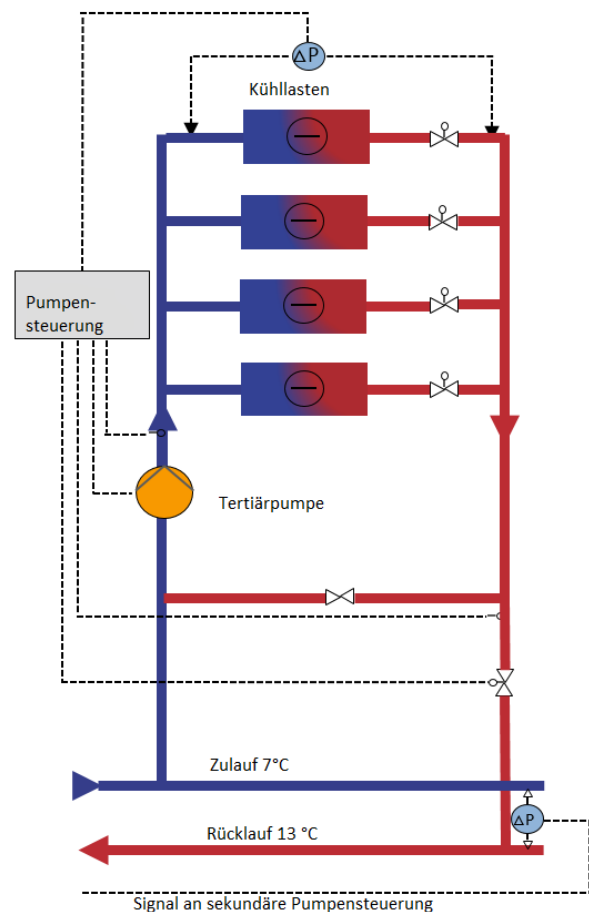
Tertiäre Pumpen werden einzig für die Anforderungen ihrem eigenen Kühlkreis dimensioniert.

Der Pumpendruck wird auch nur für die Überwindung des Reibungsverlusts in dem tertiären Kreis berechnet.

## Primäre Leitungssysteme mit variablem Volumenstrom (VPF)

Der Primärkreis ist dazu da, einen konstanten Volumenfluss durch den Kühler aufrecht zu erhalten. Diese ist eine Herausforderung für Ingenieure, die sich der Notwendigkeit der Energieeinsparung bewusst sind. Moderne Pumpen mit Frequenzumrichter könnten die folgenden Vorteile bieten:

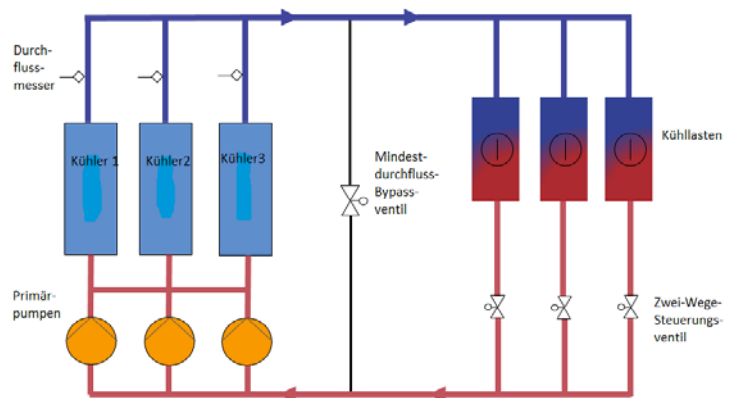
- Niedrige Energiekosten durch variablen Volumenstrom (Kühlwasser wird nur entsprechend der Lastanforderung gepumpt).
- Verminderte Betriebskosten für die Pumpen



Tertiäres Pumpsystem

Jede der tertiären Pumpen verfügt über eine eigene Pumpensteuerung und reagiert schnell auf Änderungen im Kreisdruck, der durch die schwankende Nachfrage entsteht.

Diese Pumpen sind in der Regel drehzahl geregelt und, wenn sie Teil der Gebäudeversorgung bilden, arbeiten sie abgestimmt auf die drehzahl geregelten zentralen (sekundären) Verteilungspumpen.



Primärsystem mit variablem Volumenstrom

- Höhere Toleranz gegenüber Kühlwasser-Temperaturdifferenzen unter der Auslegungsdifferenz
- Verringerte Kapitalkosten, da die Sekundärpumpen und ihr Zubehör vollständig überflüssig werden.

Seit dem Aufkommen von ausgefeilteren Regelungen und Verbesserungen in der Kältetechnik in den letzten Jahrzehnten, haben sich Systeme mit variablem Primärvolumenstrom (VPF) in der Klimabranche weit verbreitet. Diese bieten eine sofortige Kosteneinsparung, da die Pumpen in der Sekundärverteilung mit den zugehörigen Rohren und Zubehör überflüssig werden.

Hier wird die Primärkreispumpe so dimensioniert, dass sie das Kühlwasser zuerst durch den Verdampfer der Kältemaschine zirkuliert und dann weiter zu der zu kühlenden Last.

## Entwurf von Systemen mit variablem Volumenstrom (VPF)

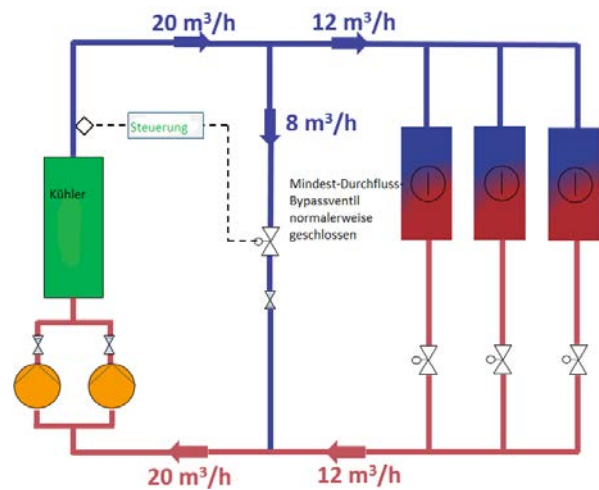
Es gibt gewisse Grenzen, die bei der Konstruktion von Systemen mit variablem Primärvolumenstrom zu beachten sind:

- Um das Risiko des Einfrierens zu beschränken, empfehlen die Hersteller von Kältemaschinen einen sicheren Mindestvolumenstrom durch den Verdampfer, unter den der Volumenstrom nicht reduziert werden sollte.
- Die Strömungsgeschwindigkeit durch den Verdampfer sollte zur Begrenzung der Rohrerosion zwischen 1 und 3 m/s liegen.
- Die Änderung des Volumenstroms durch die Kältemaschine sollte dem vom Hersteller angegebenen Wert entsprechen. Parallel installierte Kältemaschinen sollten die gleiche Kapazität aufweisen.
- Das System sollte Temperaturschwankungen gegenüber unempfindlich sein.

### Grenzen des Volumenstroms und der Geschwindigkeit im Verdampfer

Jeder Kältemaschinenhersteller empfiehlt einen minimalen Strom, der durch den Verdampfer gepumpt werden muss. Wie weit der Fluss reduziert werden kann, hängt auch vom Modell der Kältemaschine ab. Normalerweise beträgt der minimale Volumenstrom im Verdampfer 40 bis 60% des Auslegungsstroms.

Betrieb der Kältemaschine mit einem geringeren als dem sicheren Mindeststrom führt zu Eisbildung im Verdampfer und kann zu Schaden am Gerät führen.



Primärsystem mit variablem Volumenstrom mit

### Minimaler Volumenstrom durch das Bypass-Ventil

In VPF-Systemen kann ein Bypass-Ventil in die gemeinsame Leitung eingebaut werden. Es wird über eine Regelung mit einem Durchflussmessgerät im Wasserkreis verbunden. Wenn der Kühlwasserstrom die erforderliche sichere Mindestmenge für den Verdampfer übersteigt, ist das Ventil normalerweise geschlossen. Wenn die Kühllastanforderung auf ein Niveau fällt, wo der Volumenstrom geringer ist als der für den Verdampfer sichere Mindeststrom, wird in der Kälteanlage zu stark gepumpt. In dieser Situation wird der Volumenstrom, der die Kühllastanforderung überschreitet, über den Bypass in die Kühlanlage zurückgeleitet. Das Bypass-Ventil öffnet in solchen Fällen proportional und leitet die richtige Menge gekühltes Wasser zurück in die Kälteanlage.

Wenn zum Beispiel die Kühlkreise nur 12 m<sup>3</sup>/h benötigen, während der minimale sichere Volumenstrom für den Verdampfer in der aktiven Kältemaschine 20 m<sup>3</sup>/h ist, werden die überschüssigen 8 m<sup>3</sup>/h durch die Bypass-Leitung geleitet.

### Die Auswahl des Bypass-Ventils

Die Auswahl eines geeigneten Ventilantriebs ist entscheidend für das problemlose Funktionieren der Bypass-Funktion. Er muss eine lineare Beziehung zwischen der Ventilstellung und Strömungsgeschwindigkeit erzeugen.

### Können die Bypass-Ventile vermieden werden?

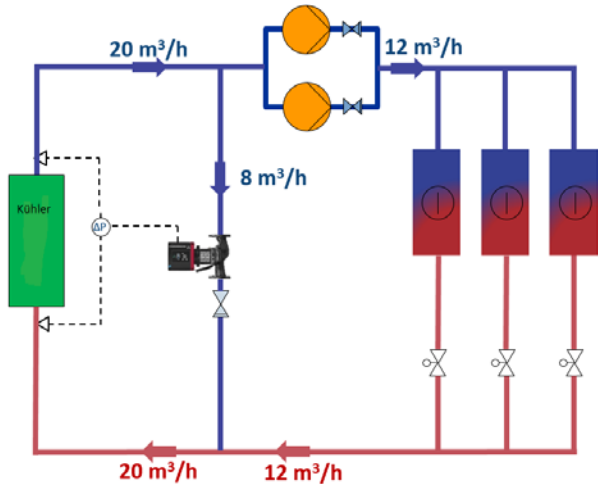
Unter den folgenden Umständen sind Bypass-Ventile in einem VPF-Systemen nicht notwendig:

- Bei konstanter Gebäudelast
- Die Gebäudelast niemals unter den sicheren Mindeststrom des Verdampfers fällt, der typischerweise 40 bis 60% der Nennlast beträgt.
- Eine Bypass-Pumpe ersetzt das Bypass-Ventil.



### Lösung mit einer Grundfos TPE2 Pumpe als Bypass-Pumpe:

Eine Grundfos TPE2 Pumpe kann dazu verwendet werden, den minimalen Wasserstrom zu erhalten. Die Pumpe wird im konstanten  $\Delta P$ -Modus geregelt, wodurch sichergestellt wird, dass ein konstanter Druck und damit konstanter Volumenstrom über den Verdampfer der Kältemaschine aufrechterhalten wird.



Primärsystem mit variablem Volumenstrom und Bypass-Ventil

Wenn der Durchfluss durch die Kältemaschine deutlich über dem Mindeststrom liegt, wird die Pumpe gestoppt.

Der Einbau einer Bypass-Pumpe in einem System mit variablen Volumenstrom ersetzt ein Bypass-Ventil, eine Regelung und ein Durchflussmessgerät.

Die Pumpe regelt sich selbst und erfordert keine zusätzliche Regelung oder kein zusätzliches Durchflussmessgerät. Deshalb entstehen in den meisten Fällen anfänglich Kosten, gefolgt von Einsparungen bei Inbetriebnahme und Wartung dieser Anlage.

Die Einstellung einer TPE2 Pumpe für diese Anwendung wird in dem Blatt "Gekühltes Wasser. Regelung der Bypass-Pumpe" und der dazugehörigen Inbetriebnahmeanleitung diskutiert.

### Schlussfolgerungen:

Kühlwassersysteme sind ein wichtiger Bestandteil von Klimatisierungs- und Lüftungslösungen für kommerzielle Gebäude. Ihre Installation und Betrieb ist mit erheblichen Kosten verbunden. Es gibt eine Vielzahl geeigneter Systemkonstruktionen, die jeweils dem Gebäudeplan und der Lastanforderung angepasst sind, und durch die komfortablen Lebensbedingungen mit hohem energetischem Wirkungsgrad und außerdem sehr niedrigen Kosten erzeugt werden können. Systeme mit einem variablen Primärstrom haben mit die einfachsten Rohrleitungssysteme und sind aber trotzdem sehr effizient, weil überschüssiges Pumpen eliminiert wird. Dies kann erreicht werden, indem entweder eine Bypass-Pumpe oder ein Bypass-Ventil installiert wird. Allerdings wird in den meisten Fällen die Installation einer Bypass-Pumpe über die Lebenszeit zu den niedrigeren Systemkosten führen.