



Gesamtkühlkonzept

Wärmepumpen im Bestand

30 MW aus Abwasser

Vorisiolierte Rohrleitungen

Eurovent-Zertifizierung für CO₂

Kälteanlagen-Tuning im Bestand

Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten von Enthitzern

Federico Lonardi,
Projektingenieur Kältetechnik,
VAU Thermotech GmbH & Co. KG,
München

Der steigende Primärenergieverbrauch und das Regelwerk der F-Gase-Verordnung stellen die Kältetechnik-Branche vor große Herausforderungen. Einerseits sollen Kältemaschinen zunehmend effizienter arbeiten und kompakter gebaut werden, ohne jedoch deren Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung aktueller Regelungen zum Umweltschutz zu senken. Daher spielt die Optimierung bestehender Anlagen eine herausragende Rolle. Der Einsatz eines Enthitzers in einer Kälteanlage ist eine attraktive Lösung, um die Abwärme, die in einer Kältemaschine entsteht, für weitere Prozesse sinnvoll nutzbar zu machen.

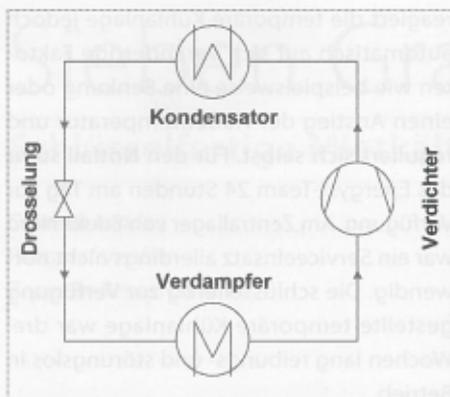


Bild 1: Schema einer Standard-Kälteanlage

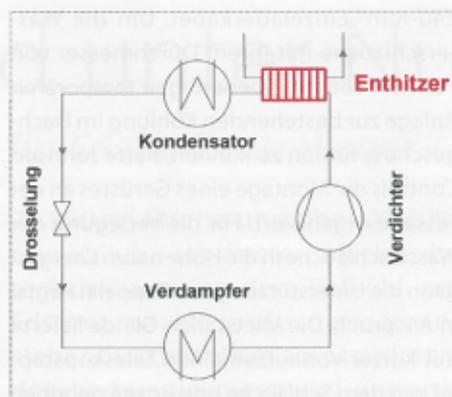


Bild 2: Schema einer Standard-Kälteanlage mit Enthitzer

Vier Komponenten zur Kälteerzeugung benötigt

In der Standardausführung besteht eine Kälteanlage aus vier Hauptkomponenten: 1. Verdampfer, 2. Kondensator, 3. Verdichter und 4. Drosselungsventil.

Da Energieeffizienz und Umweltschutz bei Neubauten und bei der Sanierung im Bestand an oberster Stelle stehen, werden als Verdampfer und Kondensatoren bei Kälteanlagen üblicherweise Plattenwärmetauscher verwendet, wie z.B. die „EXEL“-Serie von VAU Thermotech.

In ihnen werden Medien mit hoher Fließgeschwindigkeit aneinander vorbeigeführt und durch die Plattenprägestruktur zusätzlich verwirbelt. Damit werden auf kleiner Fläche hohe Leistungen bzw. hohe Wärmedurchgangskoeffizienten erzielt. Die kompakte Apparatebauform spart Material und Kosten ein.

Die Kälteleistung wird im Verdampfer durch Verdampfen des Kältemittels bereitgestellt und einem Fluid (z.B. Wasser oder Ethylenglykol) übertragen. Nach dem Ver-

dampfer wird das Kältemittel auf ein höheres Druckniveau verdichtet.

Zunächst verlässt das Kältemittel den Verdichter in einem überhitzten Zustand und strömt in den Kondensator ein. Es wird enthitzt und kondensiert danach. Hierbei werden der sensible (Enthitzung) sowie der latente Anteil der Wärme (Kondensation) an das sekundäre Medium übertragen. Zuletzt verlässt das Kältemittel den Kondensator, wird auf das niedrige Druckniveau gedrosselt und wieder in den Verdampfer eingeleitet. Abhängig von Kältemittel und Arbeitsbedingungen tritt das dampfförmige Kältemittel aus dem Verdichter meistens mit Temperaturen zwischen 70 und 90°C aus, kondensiert aber bei niedrigeren Temperaturen, beispielsweise zwischen 40 und 55°C. Entsprechend steht Abwärme mit höherer Temperatur in den meisten Kältemaschinen zur Verfügung. Der Anteil der Abwärme entspricht in etwa 10 bis 15% der Kondensatorleistung und wird normalerweise im Kondensator abgegeben, könnte jedoch viel effizienter nutzbar gemacht werden.

Optimierung mit Enthitzer

Ein Enthitzer ist ein Wärmeübertrager, der zwischen Verdichter und Kondensator installiert wird. Er kühlt das Kältemittel, das aus dem Verdichter mit hoher Temperatur (zwischen 70 und 90°C) austritt, auf die Kondensationstemperatur (40 bis 55°C) ab. Die auf diese Weise gewonnene Abwärme wird einem Fluid, wie z.B. Wasser, übertragen.

Prinzipiell sollte ein Enthitzer folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Kompakte Bauweise;
2. Effiziente Wärmeübertragung bei hohen Drücken;
3. Geringe Druckverluste auf der Kältemittelseite.

Entsprechend werden meistens gelötete Plattenwärmetauscher, wie z.B. die „EXEL“-Serie von VAU Thermotech, als Enthitzer eingesetzt.

Kälteanlagen werden in Nichtwohngebäuden oftmals direkt neben Heizungsanlagen oder zumindest im selben Raum installiert. Bei einer späteren Nachrüstung zum Zwecke der Effizienzsteigerung des Gesamtsystems werden die Kreisläufe der Kälte- und Heizungsanlagen über den Enthitzer miteinander verbunden. Wie eine entsprechende Installation durchgeführt werden kann, zeigt Bild 3.

Ein Heizkessel speist die Wärme in den Hauptstrang ein. Ein Teil davon wird direkt für die Heizung verwendet und in die Heizkörper weitergeleitet. Der andere Teil der Wärme wird in einen Pufferspeicher gespeist und für das Brauchwasser verwendet.

Der Enthitzer wird über eine Pumpe direkt mit dem Pufferspeicher verbunden, wodurch die in der Kältemaschine entstehende Abwärme ebenfalls in den Puffer gespeist

wird. Durch diese Nachrüstung werden zwei Ziele erreicht:

1. Der Pufferspeicher wird „geboostet“ und die Taktung des Heizkessels reduziert. Der Kessel benötigt folglich weniger Primärenergie, was zu Kosteneinsparungen führt.
2. Gleichzeitig wird die im Kondensator abgegebene Leistung um 5 bis 15 Prozent gesenkt. Erfolgt die Kühlung des Kondensators durch Rückkühler, wird deren Bedarf an elektrischer Energie ebenso gesenkt.

Das folgende Praxisbeispiel zeigt eine alternative Umsetzung.

Praxisbeispiel: Ertüchtigung einer Kälteanlage auf einem Forschungsschiff

Bei diesem Projekt – Nachrüstung einer bestehenden Kälteanlage mit einem Enthitzer – arbeiteten die Loxstedter Kühltechnik aus Loxstedt bei Bremerhaven und VAU Thermotech aus Heldrungen zusammen. Die Anlage befindet sich auf einem Forschungsschiff mit umweltschonendem und innovativem Methanol-Antrieb. Die Eigner beabsichtigten mit dieser Maßnahme, 0,5 m³/h Brauchwasser von 45 auf 60 °C zu erwärmen.

Die Kälteanlage ist mit zwei frequenzgesteuerten Kolbenverdichtern mit je vier Zylindern ausgestattet und für zwei Betriebsarten (Kühl- und Heizbetrieb) ausgelegt. Im Kühlbetrieb stellt sie eine Kälteleistung von 75 kW bereit, die für das Klima-Kaltwasser-

system der Kabinen verwendet wird. Dafür wurden zwei parallelgeschaltete Plattenwärmetauscher „EXEL 14“ mit 70 Platten als Verdampfer ausgelegt und installiert.

Der Kondensator wird direkt mit Meerwasser gekühlt und besteht aus einem dafür geeigneten Rohrbündelapparat. Die Kälteanlage arbeitet mit dem Kältemittel R513A („XP10“), das zu 56 % aus 1,1,1,2-Tetrafluorethan (Handelsname R134a) und zu 44 % aus 2,3,3,3-Tetrafluorpropen (R1234yf – Handelsname) besteht. R513A ist nicht brennbar, umweltfreundlich und hat ein niedriges Treibhauspotential (GWP).

Befindet sich das System im Winterbetrieb, wird zusätzliche Heizleistung benötigt. Dazu wird zunächst dem Meerwasser Energie entzogen und auf das Kältemittel durch einen zusätzlichen Kreislauf mit einem Wasser/Glykol-Gemisch übertragen. Da die Kälteleistung im Winterbetrieb nur 37 kW beträgt, wird nur ein „EXEL 14“ benötigt und der zweite wird umfahren.

Da das Kältemittel den Verdichter mit einer Temperatur von 92,3 °C verlässt und erst bei 55 °C kondensiert, steht eine sensible Wärmeleistung von ca. 8 kW zur Verfügung. Um diese effizient zu nutzen, dabei jedoch die störungsfreie Funktion der Kältemaschine durch den Umbau nicht zu beeinflussen und den Energieverbrauch des herkömmlichen Heizungssystems zu optimieren, wurde mithilfe einer neu entwickelten Auslegungssoftware berechnet, welcher Wärmeübertrager die Abwärme optimal nutzen könnte. Das Ergebnis bestand darin, die Kälteanlage mit einem Plattenwärmetauscher der „EXEL 7“-Serie mit 50 Platten als Enthitzer zu ertüchtigen.

Enthitzer der „EXEL“-Serie

Die „EXEL“-Produktreihe umfasst fünf Baugrößen mit einer maximalen Plattenanzahl zwischen 40 und 200 Platten, womit Leistungen bis zu 1.000 kW abgedeckt werden können. Die Plattenwärmetauscher sind heliumdicht, für einen Betrieb unter Vakuum ausgelegt, arbeiten bis zu einem maximalen Betriebsdruck von 42 bar und bei einer Betriebstemperatur zwischen -196 °C und 225 °C.

Die Plattenwärmetauscher „EXEL 14“ und „EXEL 7“ bestehen aus 70 bzw. 50 ineinandergelegten und geprägten 1.4404er-Edelstahlplatten. Mit einer Größe von jeweils 182 x 527 x 265 mm (Länge x Höhe x Breite) bzw. 139 x 525 x 119 mm (Länge x Höhe x Breite) sind die drei Wärmeaustauscher recht kompakt, was den beengten Platzverhältnissen auf



Bild 4: „EXEL“-Plattenwärmetauscher von VAU Thermotech

dem Forschungsschiff entgegenkommt. Die Wärmeübertragerplatten werden in einer vollautomatischen Fertigungslinie zunächst aus einem Coil gepresst, dann zu einem Plattenpaket zusammengefügt und in einem Vakuumofen mit Kupferfolie verlötet. Die spezielle Plattengeometrie gewährleistet eine effiziente Wärmeübertragung bei geringen Druckverlusten und ist für den Einsatz von synthetischen und natürlichen Kältemitteln optimiert.

Fazit

Durch den Einsatz eines Enthitzers sinken der primäre Energiebedarf der Heizungsanlage (z.B. Heizkessel) und des Rückkühlers. Auf diese Weise erhöht sich damit der Wirkungsgrad des Gesamtsystems bei gleichzeitiger Kostenreduktion für elektrische und thermische Energie.

Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die Ertüchtigung der Anlage im Bestand erfolgen kann. Der Umbau gestaltet sich komfortabel, da nur die Leitung zwischen Verdichter und Kondensator neu verlegt werden muss. Die Verbindung zwischen Enthitzer und Heizungsanlage lässt sich in verschiedenen Arten realisieren, wobei sich die Einspeisung von Warmwasser in einen Pufferspeicher als die praktikabelste Lösung erwiesen hat.

Bei der Planung des Einbaus einer Kältemaschine und einer Heizungsanlage kann die Erweiterung um einen Enthitzer bereits im Vorfeld berücksichtigt werden, muss aber nicht. Prinzipiell sollte jedoch beachtet werden, dass sich eine Nachrüstung nur dann umsetzen lässt, wenn die Kälteanlage zugänglich ist und der Aufbau der Heizungsanlage einen solchen Umbau ermöglicht. Zudem ist der maximale Volumenstrom, der durch den Enthitzer aufgewärmt werden kann, durch die Kälteleistung der Kältemaschine festgelegt.

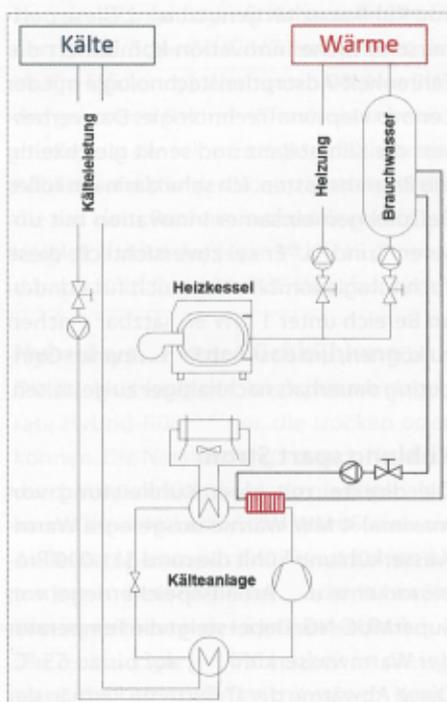


Bild 3: Kopplung einer Heizungs- und einer Kälteanlage über einen Enthitzer