

Kaltwassersätze kleinerer Leistung mit natürlichen Kältemitteln sind immer noch die Ausnahme

R290 Kaltwassersatz geplant und gebaut vom Kühlanlagenbauer

Die Firma Wilhelm Schriefer GmbH stellt unter anderem Kühlanlagen her. Diese Anlagen werden zumeist noch mit den Sicherheitskältemitteln R134a, R404A, R407C betrieben und tragen dadurch zur Umweltbelastung bei. Denn diese Kältemittel können im Falle des Entweichens, ähnlich wie Wasserdampf oder CO₂, langwellige Strahlung von der Erdoberfläche absorbieren und tragen damit **direkt** zum Treibhauseffekt und letztendlich zum kaum mehr zu bezweifelnden, im Gange befindlichen Klimawandel bei. Diese Eigenschaft wird als das sog. Treibhauspotential bezeichnet. Der **indirekte** Beitrag zum Treibhauseffekt wird durch den Schadstoffausstoß des zum Betrieb der Anlage erforderlichen Energiebedarfs, verursacht, der bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht. Um die Belastung der Umwelt bei dem Betrieb der Kühlanlage zu reduzieren, wurde ein Kältsatz mit einem Kältemittel ohne Ozonzerstörungspotential und minimalstem Treibhauspotential entwickelt. Das Ergebnis war ein Kaltwasser- bzw. Solekühlsatz, der mit R290 als Kältemittel betrieben wird. (**Bild 1**)



Bild 1: Der von der Fa. Schriefer gebaute Solekühler auf dem Dach der Stadtwerke Lübecke

Anlagenbauer, Aufstellung und Betreiber

Wenn ein Kälte Fachbetrieb eine Anlage verkaufen will, die nicht, oder besser gesagt noch nicht „Mainstream“ ist, braucht der Fachbetrieb dazu natürlich auch einen Kunden und späteren Betreiber der Anlage, der bereit ist in eine Technologie, die zwar Stand der Technik, aber lange noch nicht so verbreitet ist, wie eigentlich geboten, zu investieren. Bei den Stadtwerken Lübecke GmbH, die sich ihren Kunden, den in der Stadt Lübecke lebenden Menschen und auch der Umwelt in hohem Maße verpflichtet fühlt, stieß die Fa. Schriefer aber auf offene Ohren. Der auf dem Dach der Stadtwerke aufgestellte Flüssigkeitskühlsatz der im weiteren beschrieben wird, dient zur Abdeckung der Grundlast der Klimatisierung des Gebäudes und zugleich bzw. hauptsächlich der Serverraumkühlung. Dadurch untersteht dieser Solekühlsatz neben den sicherheitstechnischen Anforderungen auch in hohem Maße der Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit.

Arbeitsschritt und angewandte Methoden

Die Entwicklung des KWS wurde in mehreren Phasen durchgeführt. Die erste Phase beinhaltet eine umfassende Studie zum Stand der Technik und den verfügbaren Kältemitteln. Das ausgewählte Kältemittel sollte aus ökologischer Sicht unbedenklich sein und dem Betreiber langfristig eine umweltrechtliche Akzeptanz sichern. Neben den ökologischen Gesichtspunkten spielten auch die Verfügbarkeit und die Kosten der verwendeten Komponenten, sowie die sich aus den thermodynamischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften des Kältemittels ergebenden Konsequenzen eine entscheidende Rolle. Die Überprüfung dieser Punkte erbrachte eine Entscheidung zugunsten des Kohlenwasserstoffes Propan (R290) als Kältemittel. Aufgrund der Brennbarkeit von Propan schloß sich die Einarbeitung eines Sicherheitskonzeptes an, bei dessen Erstellung eine Gefahrenanalyse durchgeführt wurde. Diese beinhaltet die Identifikation von Gefahren, die Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeiten und deren Tragweite in den einzelnen Realisierungsphasen der Kälteanlage. Die Untersuchungen erbrachten die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zur Vermeidung von Gefahren, die bei der konstruktiven Umsetzung des Konzeptes

berücksichtigt wurden. Aus der vorläufigen Abschätzung der Kältemittelfüllmenge (2,5 kg) ließ sich auf die erforderlichen sicherheitstechnischen Maßnahmen und die Aufstellung schließen. Die Anlagenkonzeption berücksichtigt die zunächst definierten Anlagenanforderungen, in Hinblick auf erforderlicher Kälteleistung bei den gegebenen Temperaturen. Auf dieser Grundlage wurden Simulationsrechnungen für verschiedene Kälteanlagenkonzepte durchgeführt und die Bauart festgelegt. Anschließend wurde das zu verwendende Kältemaschinenöl ermittelt. Die Recherche zu Stoffdaten des Öl-Kältemittel-Gemisches ermöglichte eine genauere Bestimmung des Wärmeübergangs in den Wärmetauschern. Daraufhin wurden die einzelnen Komponenten mit Unterstützung der jeweiligen Hersteller bestimmt. Die Adaption der kreislaurelevanten Sicherheitstechnik vervollständigt das Anlagenkonzept. Die Erstellung einer Betriebsanleitung nach Maschinenrichtlinie MRL 2006/42/EG, die Schulung des Betreibers vor und bei der Inbetriebnahme der Kälteanlage sind unterstützende, aber auch notwendige Maßnahmen für den sicheren Betrieb der Anlage.

Aufbau der Anlage

Der Kaltwassersatz wurde in ein kompaktes und servicefreundliches Gehäuse, in dem alle Bauteile und Sicherheitsorgane, sowie Wasseranschlüsse und die Steuerung installiert sind, gebaut. Das Gehäuse ist schallisoliert und bietet somit erweiterte Aufstellungsmöglichkeiten - auch in sensibleren Umgebungen. Der luftgekühlte Verflüssiger, ist gemeinsam mit dem Schallschutzgehäuse, auf einem stabilen Grundrahmen montiert. Der Wasserkühlsatz wurde werkseitig komplett vormontiert, somit entfällt das Verlegen der Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Anlagenbauteilen auf der Baustelle. Zugleich werden die Leitungswege innerhalb der Anlage sehr kurz. Dadurch wird Material, Kältemittel und letztendlich auch Energie eingespart. Während des Probelaufs wird der Kältekreislauf schon mit der korrekten Menge an Kältemittel vorgefüllt und auf Dichtigkeit geprüft. Der drehzahlgeregelte, halbhermetische Hubkolbenverdichter ist schwingungsgedämpft im Gehäuse montiert. Dadurch werden Vibrationen und eventuell entstehende Störgeräusche weitestgehend vermieden. Zusätzlich wurden bei der Aufstellung unter dem Grundrahmen Gummipuffer als Standfläche angebracht, sodass sich Vibrationen nicht auf den Untergrund - im vorliegenden Fall dem Flachdach - übertragen können. **(Bild 2)**

Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades ergeben sich bei der bauseitigen Montage nur wenige Arbeitsschritte. Der Kühlsatz ist in kürzester Zeit einsatzbereit. Da die Steuerung vorverdrahtet ist, Programmierung und Einstellung werkseitig erledigt wurden, muss nur noch die elektrische Zuleitung angebracht und wasserseitig angeschlossen werden. Wobei der Wasseranschluß aus dem Gehäuse geführt und bereits mit nötigen Absperrventilen versehen wurde. Entlüftungsmöglichkeiten des Hydraulikkreislaufs sind innerhalb der Anlage vorgesehen, dadurch kann das System problemlos befüllt werden. Im Störfall kann der Kreislauf durch den ebenfalls vormontierten Entleerungshahn entleert werden.



Bild 2: Die schwingungsdämmende Lagerung ist bei drehzahlgeregelten Anlagen von großer Bedeutung für den störungsfreien Betrieb über einen langen Zeitraum.

Bauteile – Kältekreislauf

Als Bauteile sind die vier grundlegenden zu nennen, der Verdichter, der Verflüssiger, das Expansionsventil und der Verdampfer. Als Verdichter wurde ein halbhermetischer Goeldner-Hubkolbenverdichter des Herstellers HKT Huber-Kälte-Technik GmbH gewählt. Alle Goeldner-Halbhermetik-Verdichter sind seit 2003 auch als R290-Ausführung erhältlich. Verbaut wurde der Typ HS 32 2/8P, klassifiziert als II 3G EEx IIA T1 nach Atex 94/9/EG. Der Verdichter wird per externem FU in einem Bereich 20...60Hz (600...1800 U/min) drehzahl geregelt. **(Bild 3)**



Bild 3: Einblick in das Innere des Gehäuses: Verdichter, Verdampfer, Sauggaswärmetauscher, Flüssigkeitsabscheider sowie Filtertrockner und Schauglas sind platzsparend, jedoch gut zugänglich angeordnet.

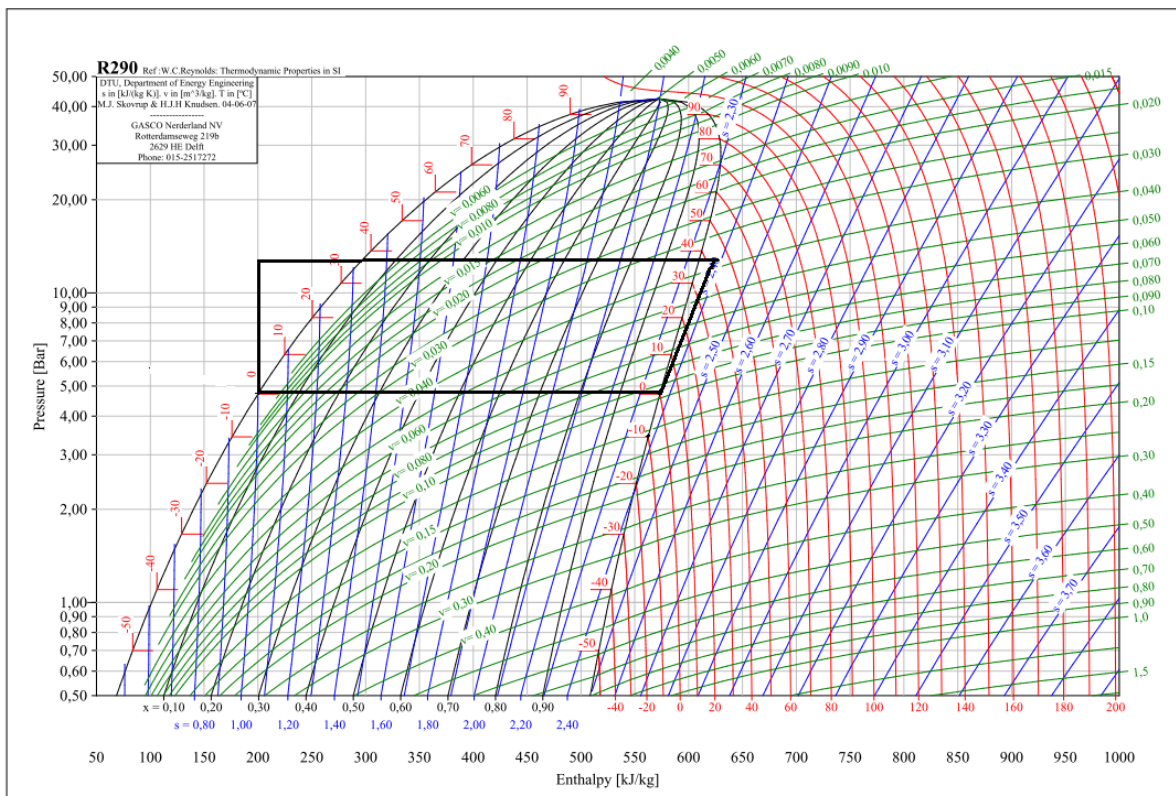
Der Güntner-Verflüssiger ist für Aussenaufstellung konzipiert und mit einem IP54 Axialventilator ausgestattet. Er ist als leise Ausführung, mit einem Schalldruckpegel von 39dB(A) auf 10m ausgeführt. Das Lammellenpaket ist durch die patentierte Tragrohrkonstruktion entlastet und bietet dadurch einen zusätzlichen Schutz gegen Leckagen. Als Drosselorgan dient ein elektronisches Alco-Einspritzventil. Es wird mit einem mikroprozessorgesteuerten Regler gesteuert, der einerseits den Öffnungsgrad des Ventils anhand gemessener Betriebspunkte bestimmt, andererseits durch den Treiber des Ventils Temperaturen und Drucklagen der Anlage überwacht. Bei Über- oder Unterschreiten der voreingestellten Werte erhält der Betreiber der Anlage eine Störmeldung via dem Systemmanagement. Ein elektronisches Einspritzventil empfiehlt sich beim Einsatz von R290 in Verbindung mit einem drehzahlgeregeltem Verdichter. Nur damit ist im Verdampfer über den gesamten Bereich eine korrekte Überhitzung zu gewährleisten. Denn der zuverlässige Betrieb ist Teil der Risikobetrachtungen, die bei der Konstruktion einer Maschine gemacht werden müssen. Das Kühlmedium, ein Wasser-Glykologemisch, wird im Verdampfer auf Sollwert gekühlt. Installiert ist ein VAU-Plattenwärmetauscher für Trockenexpansion mit asymmetrischen Durchgängen, um eine gleichmäßige und somit optimale Kältemittelverteilung im gesamten Bereich des Wäremtischers zu erreichen. Als zusätzliche Schutzvorrichtung für den Verdichter und zur weiteren Erhöhung der Betriebssicherheit wurde ein saugseitiger Flüssigkeitsabscheider vorgesehen.

Weitere zwingend erforderliche Sicherheitseinrichtungen die in dieser Anlage verbaut wurden, sind Niederdruck- und Hochdruckwächter, Sicherheitshochdruckbegrenzer (Schutzart IP54) und ein Sicherheitsüberdruckventil. Da das Systemmanagement zu jeder Zeit die Drucklagen und Temperaturen erfasst, wird vor Erreichen des Abschalt drucks der jeweiligen Sicherheitseinrichtung eine Warnung

gemeldet, auch in diesem Fall erhält der Betreiber eine Störmeldung. Es kann also vor dem Komplettausfall der Anlage entsprechend reagiert und die Betriebssicherheit gewährleistet werden. Durch den Einsatz des Sauggaswärmetauschers wird die Effizienz der Anlage zusätzlich gesteigert. Die Flüssigkeitsleitung wird durch das kalte Sauggas unterkühlt und hat so im Verdampfer eine größere Enthalpie, das bedeutet, dass mit gleicher Kältemittelmenge mehr Wärmeenergie aufgenommen werden kann. Der Wärmetauscher senkt die Betriebskosten der Anlage soweit, dass sich sein Einsatz innerhalb nur eines Jahres amortisiert.

Betriebspunkte

Durch die stufenlose Drehzahlregelung des Verdichters und das punktgenau regelbare Einspritzventil lassen sich zu jeder Sollwertvorgabe die bestmöglichen Betriebspunkte erreichen. Abhängig von der Aussentemperatur wird der benötigte Sollwert permanent vom Systemmanagement ermittelt, und damit eine unnötig hohe Laufzeit der Anlage, auch im Sinne der Umwelt, vermieden. Ein weiterer Aspekt zum Thema Umweltschutz ist das eingesetzte Kältemittel R290 (Propan), das einen GWP von 0 hat und weder gesundheits- noch ozonschädlich ist. **(Grafik: R290 hlogP-Diagramm)**



Die Steuerung

Die Steuerung des Kältsatzes wird von einer Steuereinheit die von der Fa. Schriever selbst programmiert wurde übernommen. Es werden in kurzen Intervallen sämtliche Systemdaten erfasst, mit den Sollwerten verglichen und eingeregelt. Das Herzstück der Steuerung ist eine Steuereinheit „easy“ aus dem Hause Eaton, mit dem im Hause Schriever beste Erfahrungen vorliegen. Im Falle eines Fehlers oder Ausfalls ist durch die eigenständige Programmierung schnell Abhilfe geschaffen, bzw. kann ohne Lieferzeit Ersatz beschafft werden. Das stellt einen wichtigen Aspekt für die hohe Betriebssicherheit der Anlage dar. Das System ist netzwerkfähig und ermöglicht eine Visualisierung der Anlagenzustände, zum Beispiel in der Gebäudeleitzentrale. Oder aber es können mehrere Kaltwassersätze kommunizierend miteinander verbunden werden. Die Drehzahlregelung des Verdichters erfolgt über einen Frequenzumrichter, der den Drehzahlsollwert von der Steuereinheit erhält. Der Sollwert wird berechnet aus der geforderten Kälteleistung und der Temperaturdifferenz von Vorlauf Verbraucher/hydraulische Weiche. Durch die Überwachung der Soleaustrittstemperatur am Plattenwärmetauscher, wird bei Unterschreiten der minimal zulässigen Temperatur die Kälteleistung stetig reduziert. Die Kälteanlage wird entsprechend der geforderten Solltemperatur zentral gesteuert und durch die lokale Messung am Plattenwärmetauscher energetisch optimal ausgeregelt. Da sich der Frequenzumrichter im Schaltschrank befindet, wurde eine Schaltkastenbelüftung installiert um einer Überhitzung entgegen zu wirken. Dabei wurde auf einen Filterlüfter verzichtet. Der Luftaustausch findet passiv durch den Verflüssigerventilator statt. Alle Bauteile der Steuerung und die Anschlussklemmen der Komponenten, sowie Anschlussklemmen für externe Meldungen sind in diesem kompakten Stahlblechkasten untergebracht. **(Bild 4)**



Bild 4: Der Schaltkasten wird extern belüftet

Fazit

Da alle Komponenten auf dem Markt verfügbar sind, zeigt die von der Fa. Schriever realisierte Anlage, daß es ohne größere Schwierigkeiten möglich ist einen vorschriftsgemäßen Kühlsatz mit dem natürlichen Kältemittel Propan zu bauen, wenn man sich nur damit befaßt. Zugleich werden mit diesem Anlagenkonzept Betriebskosten eingespart und Investitionssicherheit, abseits der Kältemitteldiskussionen und -verbote, geschaffen. Die Mehrkosten sind absolut vertretbar und werden sich in kurzer Zeit (unter 3 Jahren) amortisieren.