

06 07

Juni 2007
D 7438
ISSN 0945-0459
www.ki-portal.de
unverbindliche
Preisempfehlung
18,- €

KI Kälte · Luft · Klimatechnik

DIE BRÜCKE ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND PRAXIS

WISSENSCHAFT

Betriebsweisen von
Wärmepumpen im Altbau
Seite 24

MIETKÄLTE

Für heiße Phasen
gut gerüstet
Seite 33

BLICK IN DEN MARKT

Pumpen für die
Kälte-/Klimatechnik
Seite 38

TITELTHEMA

VERFLÜSSIGERSÄTZE

Cooler Rechner im Bunker, Seite 10



Hüthig

erfolgsmedien für experten

Blick auf die aktuelle Installation



10 000 kW Kältebedarf für 160 000 Internetrechner

Cooler Rechner im Bunker

2005 wurde die Combitherm GmbH, Stuttgart-Fellbach, Hersteller von Kälteanlagen und Wärmepumpen mit Schwerpunkt Sonderanlagenbau mit einer außergewöhnlichen Aufgabenstellung betraut. Die 1&1 Internet AG, einer der größten Internet-Provider weltweit, suchte eine Konzeption zur Kühlung seines neuen Rechenzentrums in der Nähe von Baden-Baden, das zu einem zentralen Knoten im internationalen Datenverkehr ausgebaut werden sollte. Da Combitherm bereits ein Großrechenzentrum erfolgreich mit Kaltwassersätzen und Freikühlern in einer Leistungsgröße von über 5000 kW ausgerüstet hatte, konnte man auf die Erfahrungen dieser ersten Ausbaustufe zurückzugreifen. In enger Zusammenarbeit mit dem Kunden und einem Karlsruher Planungsbüro wurden die Aufgaben definiert und das Kältekonzept erstellt.

Für das neue Rechenzentrum hatte 1&1 einen aufgelassenen Armeebunker gekauft, der zum einen den benötigten Platzbedarf für die geplanten 160 000 Internetrechner abdecken kann und zum anderen über die für diese sensible Anwendung notwendige Diskretion verfügt. Für die für den Betrieb des Rechenzentrums notwendige Anlagentechnik – neben den Kälteerzeugern noch die Notstromgeräte samt Rückkühlanlagen – wurde die komplette Dachfläche reserviert. Dadurch ergaben sich schon die ersten Einschränkungen bezüglich der Maschinengröße.

100-prozentige Betriebsicherheit gefordert

Eine zweite Aufgabe bestand darin, die notwendige Betriebsicherheit für diese außergewöhnliche Anwendung sicherzustellen. Ein Versagen der Kälteerzeugung oder auch der anderen betriebsnot-

wendigen Einrichtungen kann zum Kollaps der Internetversorgung in Europa führen. Gängige Versorgungsgrade von 99,9 Prozent sind hier nicht ausreichend, bedeuten sie doch, dass an über 80 Stunden oder mehr als drei Tage im Jahr kein Internet zur Verfügung steht. Für einen renommierten Webhoster ein unakzeptables Szenario, weshalb die Betriebsicherheit für die Kälteerzeugung mit 100 Prozent ganzjährig definiert wurde,

ein Wert den Combitherm mit ihrer Kälteerzeugung im ersten Rechenzentrum seit Inbetriebnahme vor fünf Jahren auch erreichte.

Nicht zuletzt spielt die Wirtschaftlichkeit bei Kälteanlagen im Megawattbereich eine herausragende Rolle. Neben den heute selbstverständlichen ökologischen Aspekten ist die Stromaufnahme der Kaltwassersätze ein wesentlicher Kostenfaktor für die Bereitstellung von



Anlieferung der Maschinen in zwei Teilen

Autor

Dipl.-Oec. Steffen Klein, Geschäftsführer der Combitherm GmbH, Stuttgart-Fellbach

Rechnerkapazitäten, im hart umkämpften Markt des Webhostings und der DSL-Versorgung ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Daher wurden mehrere unterschiedliche Konzeptionen der Kälteerzeugung und natürlich auch Kältebereitstellung in den Rechnerräumen untersucht, um das ideale Gesamtsystem unter Berücksichtigung der genannten Prämissen zu finden.

Konzeption auf äußerste Flexibilität ausgelegt

Der Auftraggeber definierte einen Kältebedarf im Endausbau von 8000 bis 10 000 kW, der in drei Ausbaustufen umgesetzt werden sollte. Im neuen 1&1 Rechenzentrum werden vor allem viele so genannte dedizierte Server gehostet – einzelne Rechner, die jeweils einem Kunden alleine zur Verfügung stehen und in der Summe einen höheren Strombedarf und damit auch eine größere Wärmeabgabe haben, als etwa Großrechner in anderen Datenzentren. Angesichts der stürmischen Entwicklungen im Internetbereich – zwischenzeitlich ist neben Webhosting und DSL auch noch der florierende Markt der Internettelefonie hinzugekommen – und den Weiterentwicklungen in der Servertechnologie waren genauere Definitionen nicht möglich. Es galt also ein möglichst flexibles und anpassungsfähiges System zu finden, das allen künftigen Eventualitäten gerecht werden kann. Hinsichtlich der Kälteerzeugung kommen bei den gewünschten Größenordnungen nur Kältemaschinen mit Schrauben- oder Turboverdichtern in Betracht. Auf der Verdampferseite wurden kurzfristig Lösungen mit luftbeaufschlagten Direktverdampfern angedacht, welche aber

aufgrund der zu bewegenden Luftmengen nicht umsetzbar waren. Da Wasserkreise mit Glykolfüllung in Rechenzentren eher unbeliebt sind, wurde im ersten Schritt eine Kälteverteilung mit reinem Wasser definiert, das die Klimaschränke in den Serverräumen mit der notwendigen Kälte versorgt.

Für die Rückkühlung der Kaltwassersätze gab es die Wahl zwischen Kühltürmen und luftgekühlten Verflüssigern. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse wäre eine Kühlturmlösung die nahe liegende Wahl gewesen, da durch die Besprühung die Wärmetauscherflächen gegenüber der trockenen Rückkühlung deutlich kleiner werden. Durch die abgeänderte Lage der Einrichtung in einem Waldstück wäre die Versorgung der Kühltürme mit Frischwasser einerseits sehr schwierig und teuer geworden, andererseits ist die Verschmutzungsneigung eines Kühlturms durch Laub und Pollen sehr hoch. Es wurde also versucht, eine Lösung mit trockener Rückkühlung zu finden.

Drei unabhängige Kaltwasserkreise gewünscht

Um höchste Betriebssicherheit zu erzielen ist es sinnvoll, die benötigte Kälteleistung auf möglichst viele Kälteerzeuger umzulegen, so dass bei Ausfall einer Kältemaschine noch möglichst viel Restleistung zur Verfügung steht. Diese Bedingung wäre bei einem Gesamtkältebedarf von 8 MW grundsätzlich mit Turbos und Schraubenmaschinen zu erfüllen gewesen. Da der Ausbau jedoch in drei Stufen à ca. 3000 kW erfolgen und von Beginn an die volle Redundanz verfügbar sein sollte, waren hier die Schraubenverdichter mit ihren kleineren Leistungen im

Vorteil. Entscheidend war aber, dass vom Kunden aus höchstem Sicherheitsdenken heraus drei völlig unabhängige Kaltwasserkreise gewünscht wurden, die jeder in sich noch Redundanz hinsichtlich der Kälteerzeugung haben sollten, und dies vom ersten Ausbauschritt an. Somit fiel an dieser Stelle die Entscheidung für die Schraubenverdichter zu Ungunsten der Turbine.

Da die Turbinentechnologie in ihrem Einsatzbereich bessere COPs erzielt als die Schraube, galt es noch, die Gesamtwirtschaftlichkeit des Systems der luftgekühlten Kaltwassersätze mit Schraubenverdichtern zu optimieren. Die elektrische Leistungsaufnahme eines reinen Konzeptes Turbokältemaschinen mit Kühltürmen ist unter dem Aspekt des Energiebedarfs nicht zu schlagen, sofern der Ventilator des Kühlturms nicht zuviel Strombedarf hat. Da in diesem Fall Kühltürme mit Axialventilatoren möglich gewesen wären, hätte die Addition Leistungsaufnahme Turbo plus Kühlturmventilatoren die Kombination Schraube plus Verflüssigerventilatoren geschlagen. Hinsichtlich der Betriebskosten wären beim Kühlturm jedoch noch der Frischwasserverbrauch und die Kosten für die Wasseraufbereitung hinzugekommen, was bei der ganzjährigen Nutzung unter gleich bleibenden Vollastbedingungen schlussendlich höhere Betriebskosten zur Folge gehabt hätte.

Um die gewählte Lösung auch unter CO₂-Gesichtspunkten unangreifbar zu machen, wurden zusätzlich zu den luftgekühlten Kaltwassersätzen noch trockene Freikühler vorgesehen, die über einen Glykolvollkreis ab ca. 10 °C die Kaltwassersätze mit sehr hoher Effizienz unterstützen. Somit war eine Lösung ge-



Seitenansicht einer Maschine



Schaltschrankansicht mit Bedientableau

funden, die bei gegebenem Platzbedarf die Betriebssicherheit und die Wirtschaftlichkeit optimiert, ohne die Investitionskosten unverhältnismäßig zu machen.

„Hochzeit“ von Kältemaschine und Verflüssiger erst auf der Baustelle

Nun war es an Combitherm, das Konzept umzusetzen. Für den ersten Ausbauschritt wurden drei Kaltwassersätze mit einer Leistung von je 900 kW gebaut, jede Maschine mit zwei Schraubenverdichtern der neuen CSH 9er-Serie von Bitzer, Sindelfingen, zwei kompakten Edelstahl-Plattenwärmetauschern von SWEP, Hildesheim, mit jeweils zugeordneter Kaltwasserpumpe und einem extra für diese Anwendung entwickeltem Verflüssiger von Güntner, Fürstfeldbruck. Da jede Maschine noch über zwei komplett getrennte Schaltschranke mit eigener Stromspeisung und Regel verfügt, kann ein Kaltwassersatz wie zwei Maschinen betrachtet werden.

Wie bereits erwähnt, waren die Platzverhältnisse eingeschränkt, wobei die Höhe bis auf Vorgaben des nahe gelegenen Flughafens Baden Airpark keine Rolle spielte. Um die Grundabmessungen zu

minimieren, wurde die benötigte Wärmetauscherfläche des Verflüssigers in einer W-Form untergebracht. Der Verflüssiger erhielt dadurch eine Bauhöhe von nahezu drei Metern. In einer zweiten Etage wurde von Combitherm parallel dazu der komplette Kältekreis, der Schaltschrank und die komplett beheizte Hydraulik untergebracht, wobei die „Hochzeit“ von Kältemaschine und Verflüssiger erst auf der Baustelle erfolgte, da die Maschinengesamthöhe von 4,5 Meter auf der Straße nicht mehr transportfähig gewesen wäre.

Um keinen Platz zu verschwenden wurden die Rohrleitungen der Kaltwasserkreise in einer separaten Etage unter die Kältemaschinen verlegt und auch von unten angeschlossen. Dafür wurden die Maschinen auf Betonstelzen gestellt, wodurch die Anlagen ca. sechs Meter über dem Dach stehen. Durch diese Konstruktion konnte die Aufstellfläche je Maschine auf 9 m² oder 100 kW je m² reduziert werden, ein Wert der für luftgekühlte Kompaktältemaschinen einzigartig ist.

Die gesamte Leistung wird von Beginn an über drei komplett unabhängige Wasserkreise verteilt, wobei in jeder Ausbaustufe eine Kältemaschine mit zwei Kälte-, Hydraulik-, Elektrokreisen für jeden Wasserkreis hinzukommt, so

dass bereits am Anfang jeder Wasserkreis in sich noch mal über Redundanz verfügt. Im Endausbau hängen drei Maschinen an jedem Wasserkreis, womit auch eine sinnvolle Zu- und Abschaltung der jeweiligen Kältekreise gewährleistet ist.

Realisierung und Ausblick

Im Frühjahr 2006 wurden die ersten drei Kaltwassersätze angeliefert, montiert und in Betrieb genommen. Die Endmontage und Verkabelung der Verflüssiger mit dem Kälteaggregat erfolgte dabei auf der Baustelle, aufgrund der guten Koordination konnten alle hierfür erforderlichen Arbeiten in zwei Tagen komplett erledigt werden. Nachdem die Aggregate ein Jahr mit der gewünschten 100 Prozent Verfügbarkeit gelaufen sind, wurde im Frühjahr 2007 der zweite Ausbauschritt mit drei weiteren Kältemaschinen realisiert, der ebenso problemlos umgesetzt wurde wie der erste. Zum jetzigen Zeitpunkt stehen dem Rechenzentrum 5400 kW Kälteleistung zur Verfügung. Da der Ausbau des Rechenzentrums schneller vorangeht als geplant, werden die noch ausstehenden Freikühler und restlichen Kältemaschinen nicht allzu lange auf sich warten lassen. ■