

Energieeffizienter Kaltwassersatz für Komfort, Gewerbe und Industrie

Feng Shui in der Bereitstellung von Kaltwasser

Dr. Jürgen Röben, Mülheim an der Ruhr

Worum es in diesem Beitrag geht

Ausufernde Kosten bei der Prozeßkühlung sollen der Vergangenheit angehören. Die Menerga Apparatebau GmbH aus Mülheim an der Ruhr entwickelte ein System, welches die Bereitstellung von Kaltwasser für jegliche Anwendung im Bereich der Komfort- und Industrieklimatisierung ermöglicht. Geradezu prädestiniert ist das System zur Prozeßkühlung im gewerblichen und industriellen Bereich. Neben den handfesten wirtschaftlichen Vorteilen, die zum einen aus der Kompaktheit des Systems resultieren und zum anderen aus den minimalen thermischen und hydraulischen Verlusten, ergeben sich noch eine Reihe von zusätzlichen Vorteilen gegenüber konventionellen Kaltwassersystemen. Die Anlage ist unter geringem Aufwand vor Ort zu installieren und der Einbau in einen bereits vorhandenen Technikraum, z. B. für die Klimazentralen, ist ohne weiteres möglich. □

Feng steht für Wind, Shui für Wasser. Das Zusammenspiel aller Prozesse in der Natur wird nach der chinesischen Philosophie von weiteren Grundelementen beeinflusst. In der Klimatechnik hat man sich dieses Prinzip immer wieder zunutze gemacht. So auch bei der Entwicklung eines neuen ökologischen Verfahrens zur Kaltwasserbereitstellung der Firma Menerga.

In der Vergangenheit wurden Eis, Leitungs- oder Brunnenwasser als Kühlmittel verwendet. Aus wirtschaftlichen und umwelttechnischen Gründen ist der Einsatz dieser Mittel heute nicht mehr möglich. Für die Kältebereitstellung in Gebäuden oder für Prozesse werden heute in der Regel Kältemaschinen und Rückkühlwerke eingesetzt. Bei den luftgekühlten Rückkühlwerken gibt es drei verschiedene Typen: Die offenen und die geschlossenen Verdunstungskühler sowie die Trockenrückkühler.

Die Kälteversorgung erfolgt in der Regel durch Wasserkühlgeräte und die Wasservorlauftemperatur ist gewöhnlich auf 6°C und die Rücklauftemperatur auf 12°C ausgelegt. Im Bereich der Komfortklimatisierung werden je nach Kühllast z. B. Temperaturen von 6°C bis 18°C benötigt. Eine Vorlauftemperatur von 6°C ist notwendig, um die Entfeuchtung eines Zuluftvolumenstroms zu realisieren. Darüber hinausgehende Kühllasten müssen allerdings keineswegs bei 6°C abgeführt werden. So müssen beim Umluftbetrieb ohne Luftentfeuchtung die Kaltwassertemperaturen nur 4 K unter der Zulufttemperatur liegen. Bei dem Einsatz von Kühldecken können die Temperaturen noch einmal höher sein.

Im Bereich Gewerbe und Industrie wird häufig eine ganzjährige Kälteversorgung benötigt. Hier gibt es hinsichtlich der Kaltwasservorlauftemperaturen einen großen Bereich. So kann z. B. für thermisch belastete Serverräume die erforderliche Vorlauftemperatur bei 14°C liegen, während beispielsweise Kalibriereinrichtungen von Kunststoffextrudern Temperaturen von zum Teil höher als 30°C benötigen.

Die neue Technik

Das System zur Kaltwasserbereitstellung besteht im wesentlichen aus 3 Hauptbestandteilen: Einem geschlossenen Verdunstungskühlturm, bestehend aus einem Polypropylen(PP)-Plattenwärme-

zum Autor

**Dr.-Ing.
Jürgen Röben**
Leiter Marketing/Vertrieb,
Menerga Apparatebau GmbH,
Mülheim
an der Ruhr



austauscher mit hoher innerer Oberfläche, einem Edelstahl-Plattenwärmeaustauscher (PWT) zur Übertragung der Wärme aus dem zu kühlenden Medium und/oder der Kondensationswärme an den geschlossenen Verdunstungskühlturm sowie einem redundanten Kältesystem mit Scrollverdichter-Technologie, bestehend aus 2 getrennten Kältekreisen mit 3 bzw. 4 Leistungsstufen zur Anpassung an die geforderte Kühllast. Bei höheren Kälteleistungen kommen anstelle der Scrollverdichter Schraubenverdichter zum Einsatz.

Die komplette Steuerung und Regelung ist auf das jeweilige Projekt zugeschnitten und in dem Gerät bereits integriert, so daß der Kaltwassererzeuger mit allen nachfolgend beschriebenen Betriebsarten als komplette Funktionseinheit zu betrachten ist. Für die Inbetriebnahme brauchen lediglich die Versorgungsleitungen zu dem Gerät bauseits installiert werden. Bild 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Systems.

Folgende grundsätzliche Betriebsarten lassen sich mit dem System realisieren:

1. Ist die Außenluft ausreichend kühl, kann die benötigte Kühllast nur mit Hilfe der Außenluft abgeführt werden.

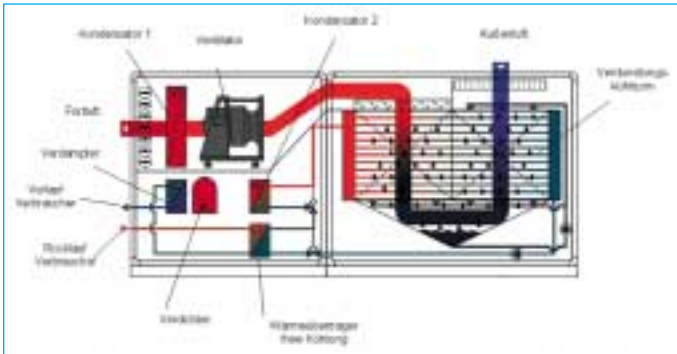


Bild 1 Aufbau des Systems zur Kaltwasserbereitstellung

Hervorzuheben ist bei diesen Systemen die relativ kleine Luftmenge, mit der hohe Wärmelasten abgeführt werden können. Dadurch wird das System, neben Neuaninstallationen, besonders interessant für den Sanierungsfall. Bestehende Anlagen, die altersbedingt ausgetauscht werden müssen und bei denen die Kälteleistung schon längst nicht mehr ausreichend war, können durch diese Systeme effizient und platzsparend ersetzt werden.

Die Einsatzgebiete

Kühldecken erlebten in den letzten Jahren, insbesondere in der Komfortklimatisierung, einen wahren Boom und finden ihre Anwendungsbereiche nicht nur im „klassischen“ Büro- und Verwaltungsbereich, sondern auch in Flughafengebäuden, Laboratorien und Versammlungshallen. Die konventionelle Art der Luftentfeuchtung sieht hierfür einen zentralen Kaltwassersatz (6/12 °C) vor. In einer üblichen Auslegung stellt er 30 % seiner Gesamtkälteleistung für Oberflächenkühler zur Zuluftentfeuchtung bereit. Der mit 70 % bei weitem überwiegende Teil der Kälteleistung dient hingegen dazu, über separate Wärmetauscher die Kühldecken zu versorgen.

Eine solche Planung läßt das erhebliche Energieeinsparpotential ungenutzt, das in der getrennten Abfuhr von sensibler und latenter Raumlast liegt. Allein die Luftentfeuchtung erfordert den Betrieb des gesamten Kaltwassersatzes mit einer Vorlauftemperatur von 6 °C und dementsprechend geringer Leistungszahl. Ein

- Ist die Außenlufttemperatur so hoch, daß die freie Kühlung nicht mehr ausreicht, kann durch die Zuschaltung der Verdunstungskühlung die Lufttemperatur auf Kühlgrenztemperatur abgesenkt werden und die Kühlleistung erheblich gesteigert werden.
- Bei sehr hohen Außenluftenthalpien oder besonders hohem Kühlbedarf wird die mechanische Kälteanlage zugeschaltet. Die tiefe Kondensationstemperatur aufgrund der Verdunstungskühlung verbessert die Leistungszahl der Kälteanlage und reduziert somit den Energieaufwand.

Die Systeme werden in zwei Hauptgruppen in Abhängigkeit des Einsatzgebietes unterteilt. Zum einen gibt es die Gruppe der Kaltwassererzeuger, die hinsichtlich des Wirkungsgrades optimiert sind und zum anderen die leistungsoptimierten Systeme. In Bild 2 sind die erreichbaren Kälteleistungen der verschiedenen Systeme dargestellt.

Bei den wirkungsgradoptimierten Geräten sind alle Komponenten so kombiniert und installiert, daß sie während des Betriebes immer einen optimalen COP (co-

efficient of performance) aufweisen. Das heißt unter anderem, daß das Kondensationsniveau der integrierten Kälteanlage möglichst niedrig ist. Mit diesen Systemen lassen sich in Abhängigkeit der Kaltwasservorlauf-Temperaturen COP's von 4,4 bis 6,4 erzielen.

Die leistungsoptimierten Systeme sind so ausgestattet, daß sie auf kleinstem Technikraum die größtmögliche Kälteleistung bereitstellen. Gerade im Bereich der Prozeßkälte ist dies ein wichtiger Aspekt, so daß die wirtschaftliche Betrachtung hier sekundär zu werten ist. Trotzdem ergeben sich für diese Systeme in Abhängigkeit der Kaltwasservorlauf-Temperaturen COP's von 3,3 bis 4,6.

Der Zusatz „VK“ in Bild 2 bezeichnet die Systeme, die bezüglich der Leistung optimiert sind. Die für die in Bild 2 dargestellten Kälteleistungen erforderlichen Luftvolumenströme sind in der Tabelle aufgelistet. Größere Leistungen entstehen durch eine Parallelschaltung der Systeme.

Gerätetypen	98 04 01	98 05 01	98 06 01	98 10 01	98 13 01	98 16 01	98 19 01
Nennluftleistung [m³/h]	4400	5300	6300	9500	13 000	16 000	19 000

Tabelle: Nennluftleistung zur Kaltwasserbereitstellung

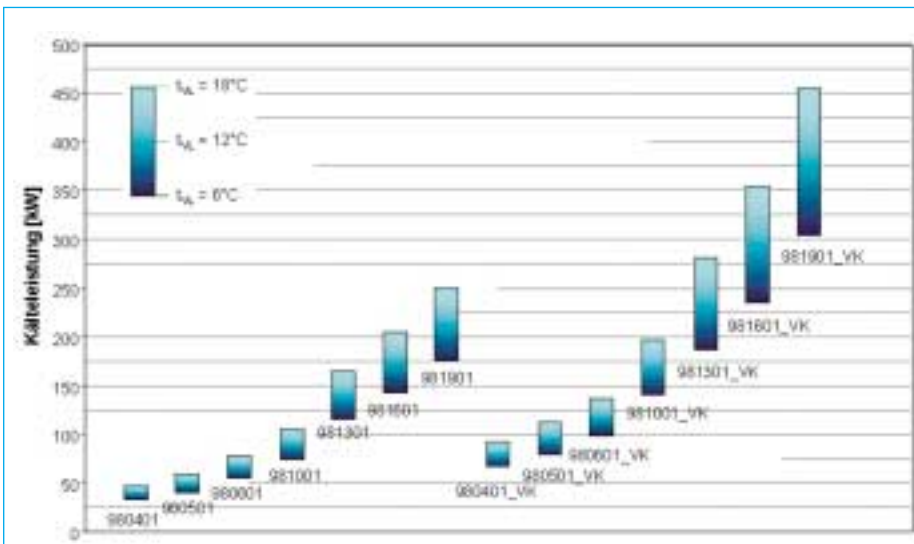


Bild 2 Leistungsbereiche der verschiedenen Typen von Kaltwassererzeugern

Konzept, das die Entfeuchtungsaufgabe separat löst, ermöglicht eine um 10 K höhere Vorlauftemperatur des Kaltwassersatzes zur Versorgung der Kühldecken, wodurch dessen Leistungszahl beträchtlich gesteigert wird. Üblicherweise würde man hierfür eventuell eine Zweiteilung des Kaltwassersatzes vorsehen. Der größere Kaltwassererzeuger vom Typ 98 erzeugt 70 Prozent der benötigten Kälteleistung direkt mit der für die Kühldecke geforderten Vorlauftemperatur von 16 °C. Lediglich die zweite kleinere Kältemaschine wird auf die für die Zuluftentfeuchtung notwendige Kaltwasservorlauftemperatur von 6 °C heruntergefahren.

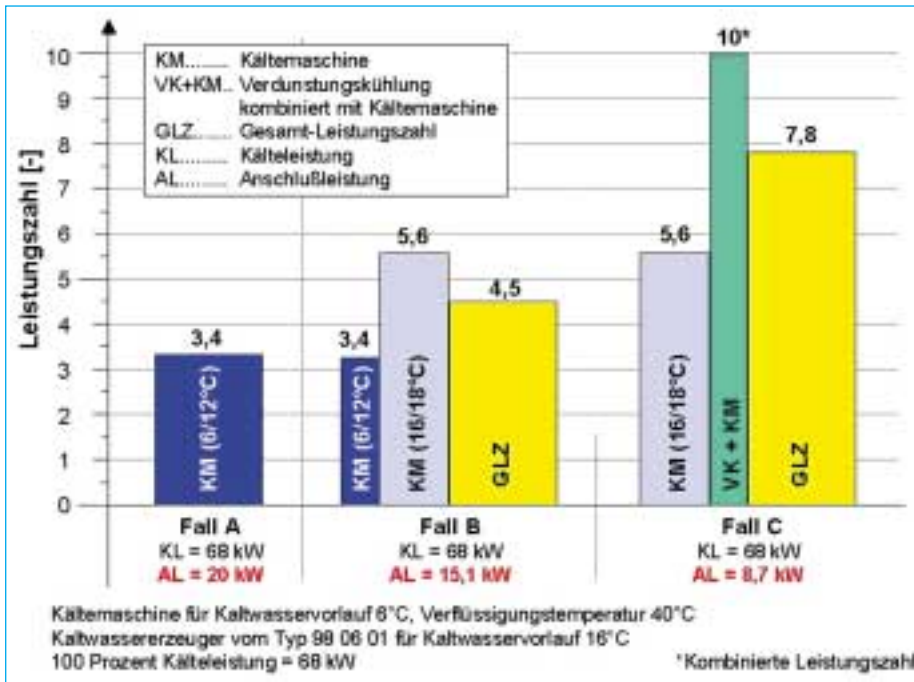


Bild 3 Vergleich der Gesamt-Leistungszahlen für verschiedene Systemlösungen

Dies mag zunächst als beachtlicher Fortschritt erscheinen, es gibt jedoch noch eine günstigere Lösung. Ein sehr effizientes System für die Zuluftentfeuchtung ist die Verdunstungskühlung in Kombination mit einer kleinen Kompressionskälteanlage vom Typ Adsolair der Firma Menerga. In einem Kreuzstrom-Doppelplattenwärmeübertrager wird die Außenluft durch Wärmeaustausch mit der im Wärmeübertrager befeuchteten Abluft um bis zu 10 K abgekühlt. Sie tritt somit bereits auf einem recht geringen Temperaturniveau in den Verdampfer der Kompressionskälteanlage ein, wo dann die erforderliche Entfeuchtung vollzogen wird. Die Abfuhr der Kondensationswärme kann mit der nach dem Doppelplattenwärmeübertrager verfügbaren Fortluft bei vergleichsweise niedriger Kondensatortemperatur erfolgen.

Welche Verbesserung der Gesamtleistungszahl dies bringt, zeigt Bild 3. Es verringert sich immerhin die elektrische Anschlussleistung im Fall B zum Fall A um 24,5 %. Fall C erzielt dagegen eine Redu-

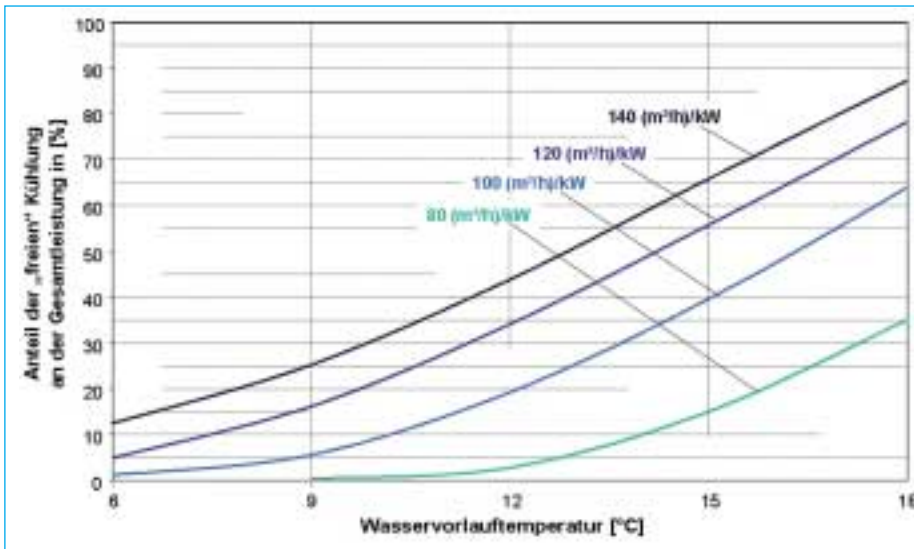


Bild 4 Anteil der „freien“ Kühlung für konstante spezifische Kälteleistung (z. B. Maschinenkühlung)

zierung der Anschlußleistung von 56,5 %. Nicht zu vergessen der Aufwand für die elektrische Leistungsbereitstellung.

Im Bereich der Prozeßkühlung gibt es, wie bereits erwähnt, eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten für die Kaltwassererzeuger. In der Regel gibt es dabei einen ganzjährigen, konstanten Leistungsbedarf für die Temperierung von Maschinen, Serverräumen usw. In Bild 4 ist der Anteil der „freien“ Kühlung für konstanten spezifischen Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Wasservorlauftemperatur dargestellt.

Man sieht deutlich: Je geringer die Luftmenge pro kW Kälteleistung, desto geringer ist auch der Anteil der „freien“ Kühlung. Bei höheren Wasservorlauftemperaturen, die bei der Prozeßkühlung aller-

dings keine Seltenheit darstellen, zeigt sich deutlich, daß der Anteil der „freien“ Kühlung einen erheblichen Stellenwert an der Gesamtleistung darstellt.

Noch deutlicher läßt sich der Nutzen der „freien“ Kühlung in Bild 5 zeigen. Hier wird die Kälteleistung nicht nur für die Prozeßkühlung (z. B. thermisch hochbelasteter Rechnerraum), sondern auch für die sommerliche Kühlung, z. B. mit Kühldecken, bereitgestellt. Es erfolgt also nur eine Teilabnahme der installierten Kälteleistung im Winter, die zum größten Teil durch die „freie Kühlung“ bereitgestellt wird. Selbst bei geringen Wasservorlauftemperaturen und kleinen Luftmengen pro kW Kälteleistung liegt der Anteil der „freien“ Kühlung an der Gesamtkühlleistung bei über 45 %.

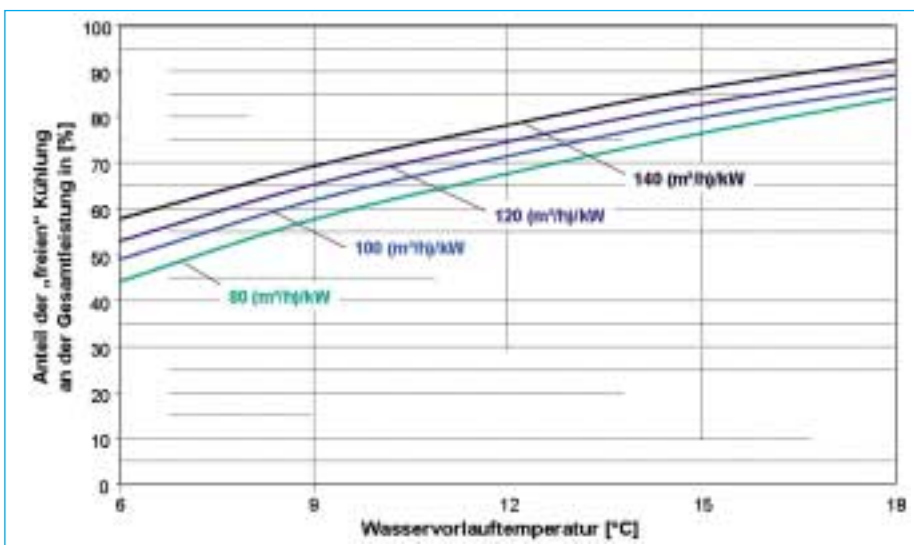


Bild 5 Anteil der „freien“ Kühlung für konstante spezifische Kälteleistung für thermisch belastete Räume und gleichzeitiger sommerlicher Kühlung

Probleme mit Legionellen?

Sobald Wasser in offenen Systemen bei Temperaturen von 20 °C bis 60 °C verwendet wird, kommt die berechnete Frage nach der Legionellenbildung. Es wird bei dem beschriebenen System der Kühlung über Düsen Wasser in den Außen-/Fortluftstrom versprüht, das in der Regel aus dem Trinkwasserversorgungsnetz stammt. Das Trinkwasser ist nicht immer keimfrei, jedoch in jedem Fall muß es keimarm (kleiner gleich 100 KBE/ml sind erlaubt) sein. Es ist somit verständlich, daß in vielen Trinkwässern Legionellen erwartet werden können. Es handelt sich dabei um thermophile Bakterien, die sich bei Trinkwassertemperaturen von 6 °C bis 12 °C nicht vermehren. Die optimale Legionellenvermehrung findet bei Temperaturen von 35 °C bis 45 °C statt.

Das Problem der Legionellenbildung ist durch die besondere Konzeption des hier vorgestellten Systems zur Kaltwassererzeugung nicht existent. Zum einen ist der Fortluft ein Kondensator nachgeschaltet, in dem eventuell vorhandene Aerosole restlos verdampfen und so den Bakterien der Lebensraum genommen wird. Zum anderen ist die umgewälzte Wassermenge über die Düsen gering und wird regelmäßig vollständig abgeschlammmt, so daß eine Keimbildung im Umlaufwasser ausgeschlossen ist.

Der Betrieb ohne Kältemaschine findet in der Regel nur dann statt wenn die Außenlufttemperaturen entsprechend gering sind. Unter diesen Umständen ist die Temperatur des versprühten Wassers ebenfalls so gering, daß die Vermehrung von Legionellen ausgeschlossen werden kann.

Einsatz in der Praxis

Bei dem hier vorgestellten System handelt es sich keineswegs um eine Studie oder eine Pilotanlage. Von dem Kaltwassererzeuger des Typs 98 befinden sich europaweit bereits über 40 Anlagen für die unterschiedlichsten Anwendungen in Betrieb. Alle bereits erwähnten Vorteile des Systems kamen dabei zum Tragen. So wurde zum Beispiel bei der Sanierung der bestehenden Kälteanlage für ein Landratsamt in Süddeutschland festgestellt, daß die bisherige Kälteleistung nicht mehr ausreichend war. Die Platzverhältnisse waren allerdings vorgegeben und für den Einsatz konventioneller Technik mit größerer Kälteleistung viel zu klein. Mit Hilfe des kom-

pakten Kaltwassererzeugers konnte auf gleichem Raum die doppelte Leistung installiert werden.

Eine häufige Anwendung für die Kaltwassererzeugung ist der Einsatz von Kühlflächen aller Art für die unterschiedlichsten Gebäude. Die Kombination von Verdunstungskühlsystemen mit integrierter Kälteanlage für den hygienisch notwendigen Außenluftanteil und dem Kaltwassererzeuger für die Kühllastabfuhr ist dabei bestechend. Hohe Leistungszahlen bei optimalen Kaltwasservorlauftemperaturen sparen hier Betriebskosten.



Bild 6
Kaltwassererzeuger
vom Typ 98 13 01

Besonders interessant ist der Einsatz des Kaltwassererzeugers in einem Objekt, in dem sowohl die Kühldecken als auch die thermisch hochbelasteten Serverräume mit Kaltwasser versorgt werden (siehe Bild 5). Hier zeigte sich, daß ca. 8 Monate des Jahres mit der „freien“ Kühlung die Kaltwasserversorgung für beide Bereiche erfolgen konnte. Die restlichen Monate wurde der reibungslose Betrieb durch die zugeschaltete Kälteanlage sichergestellt. Diese kombinierte, ganzjährige Fahrweise spart dem Betreiber erhebliche Betriebskosten.

Für die Versorgung mit Kaltwasser von Reinraumklimageräten wurden in Belgien im Industriebereich zwei Systeme mit ca. 500 kW Kälteleistung installiert. Für eine große Universität im süddeutschen Raum wurden bereits 6 Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 950 kW installiert, die unter anderem Laboratorien mit Kaltwasser versorgen.

Ein System mit vielen Vorteilen

Bedingt durch die Auswahlmöglichkeiten für die verschiedensten Anwendungen ist es also möglich, immer das optimale System einzusetzen. Dort wo der energetische Aspekt im Vordergrund steht,

kommt das wirkungsgradoptimierte System zum Einsatz. Ist dagegen die Qualität von Produkten entscheidend oder sind die vorhandenen Räumlichkeiten zu klein, ist der leistungsoptimierte Kaltwassererzeuger genau richtig. Unabhängig ob leistungs- oder wirkungsgradoptimiertes System, im ganzjährigen Betrieb wird automatisch der energieaufwendige Kältemaschinenbetrieb so lange wie möglich durch die „freie“ Kühlung ersetzt.

Hervorzuheben bei diesen Systemen sind die relativ kleinen Luftmengen, mit der hohe Wärmelasten abgeführt werden

können. Abhängig von der Anwendung benötigt der neu entwickelte Kaltwassererzeuger nur $\frac{1}{3}$ der üblichen Luftmenge wie z. B. ein Trockenrückkühler. Das bedeutet, daß sich dieses leistungsfähige System problemlos in Technikzentralen integrieren läßt. Die zur Lastabfuhr benötigten Luftmengen liegen in der Größenordnung der ohnehin notwendigen raumluftechnischen Geräte. Installationen von Rückkühlwerken, z. B. auf dem Dach, sowie aufwendige Verrohrung im Gebäude entfallen, was bestimmt nicht nur den Architekten freuen wird. Die hydraulischen und thermischen Verluste sind außerdem minimal, bedingt durch die Integration aller Komponenten in einem Gerät.

Das hier vorgestellte System zur Kaltwassererzeugung wird in der Produktion komplett fertiggestellt und dabei mehreren Qualitätskontrollen unterzogen. Rückkühlwerk, Kälteanlage, Pumpen und Armaturen, Ventilator, Steuerung und Regelung usw. sind so optimal aufeinander abgestimmt. Bevor das jeweilige System die Produktion verläßt, erfolgt der sogenannte Werksprobelauf. Hier wird das System noch einmal auf Herz und Nieren überprüft, damit es auf der Baustelle als Komplettsystem eingebracht werden und sofort in Betrieb gehen kann. Der Aufwand für die Inbetriebnahme ist durch diese Vorgehensweise äußerst gering. □