KKA Großkältetechnik 2019
38. Jahrgang

KKA

Kälte Klima Aktuell

Fachmagazin für Kälte- und Klimatechnik

2019

Weinkühlung

Schwimmerregler

Korrosion

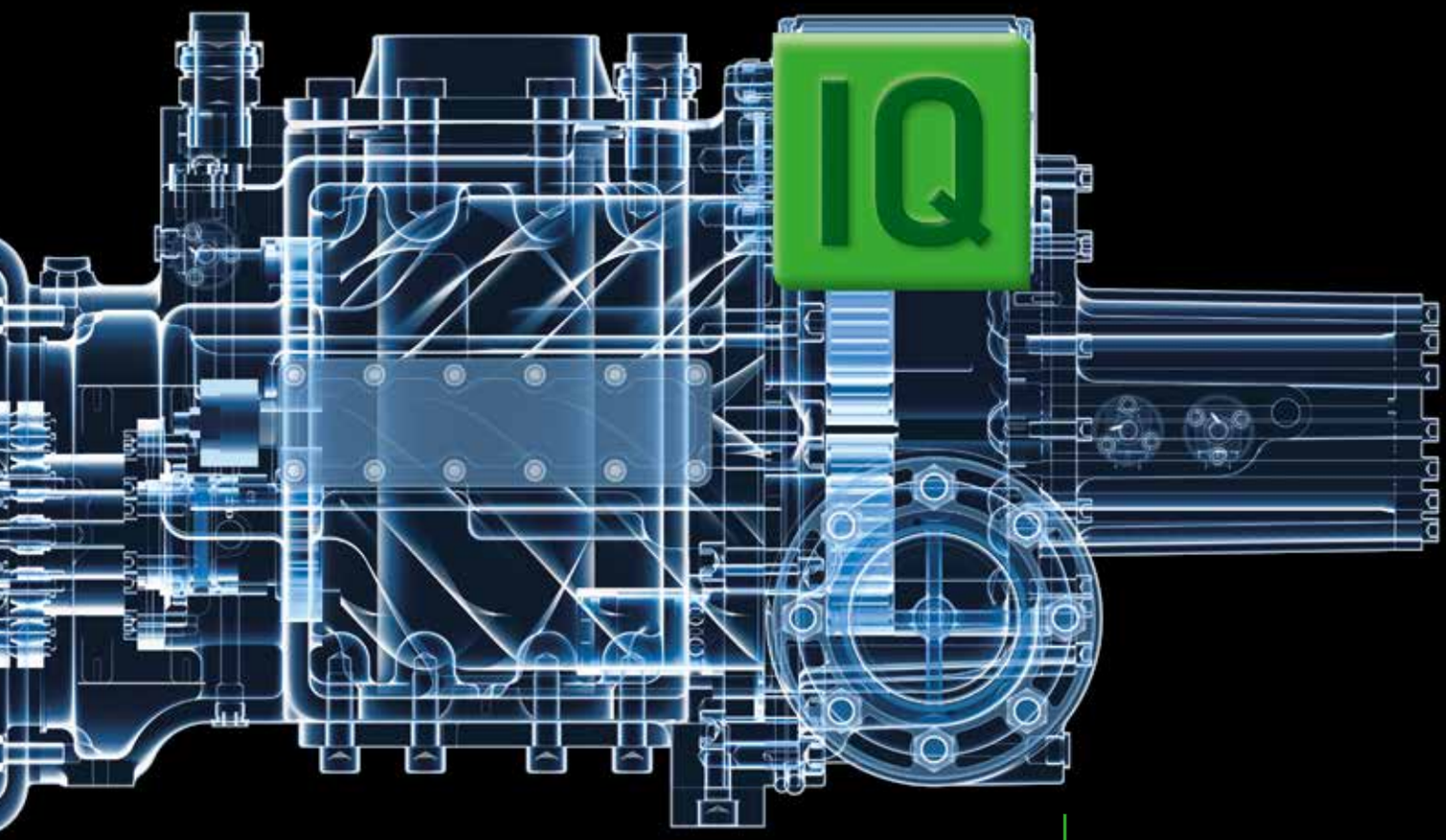
Fouling

Dämmung

Sonderausgabe Großkältetechnik

Offizielles Organ der: ÜWG Überwachungsgemeinschaft Kälte- und Klimatechnik e.V. › Kälte- und Klimatechnik-Innung Nordrhein › Fachinnung für Kälte- und Klimatechnik für den Regierungsbezirk Arnsberg › Innung für Kälte- und Klimatechnik Bremen-Oldenburg › Innung für Kälte- und Klimatechnik Berlin-Brandenburg

www.kka-online.info



FÜR MEHR LEISTUNG.
MIT MEHR EFFIZIENZ.

Mit der OS.A95 präsentiert BITZER den neuen Star in der Industriekältearena: Er erweitert den Leistungsbereich der BITZER Ammoniak-Schraubenverdichter nach oben und ist im Verbundbetrieb mit den bestehenden OS.A Baureihen kombinierbar. Die intelligente Steuerelektronik sorgt mithilfe des neu entwickelten Leistungs- und Regelschiebers stets für höchste Effizienz und überwacht die Einsatzgrenzen. Die integrierte Modbus-Schnittstelle übernimmt die Kommunikation mit dem übergeordneten Anlagenregler. Erfahren Sie mehr über unsere Produkte unter www.intelligente-verdichter.de

Bitzer

DAS HERZ DER FRISCHE

Begeisterung für die Kältetechnik wecken

Im Rahmen einer Schulveranstaltung hatte ich vor einiger Zeit die Gelegenheit, vor künftigen Abiturientinnen und Abiturienten etwas aus meinem Berufsleben zu erzählen. Anfangs ging es zwar noch um das Thema Fachjournalismus, doch schnell entwickelte sich eine Diskussion darüber, ob man mit dem Abitur in der Tasche nicht auch den Weg in eine handwerkliche Ausbildung einschlagen könne. Ich hatte nämlich begeistert von der Kälte- und Klimabranche und den beruflichen Chancen in diesem Markt erzählt. „Ich will doch mein Leben lang nicht nur in einer so kleinen Branche arbeiten und immer das Gleiche tun müssen", gab ein Schüler zu bedenken. In diesem Moment hätte ich gerne diese Sonderausgabe der KKA über Großkältetechnik in der Tasche gehabt, um dem Zweifler zeigen zu können, welch erstaunliche Vielfalt in der Kältetechnik steckt. Denn vor allem die Groß- und Industriekältetechnik begeistert mich jedes Mal aufs Neue. Da ähnelt keine Anlage der anderen, es ist ein enormes handwerkliches und planerisches Know-how erforderlich und man bekommt mit den unterschiedlichsten Branchen mit völlig anderen Anforderungen an die Kältetechnik zu tun.

Die Artikel in dieser Ausgabe belegen das eindrucksvoll: Der Bogen spannt sich in den Berichten von der Werkzeug- und Hydraulikkühlung (mit R513A) für einen Hersteller von Kunststoffverpackungen, über einen Propan-Flüssigkeitskühlsatz in einem Stahlwerk, eine 40 MW-Wärmepumpenanlage zur Fernwärmeversorgung in Schweden, einen Kaltwassersatz zur Weinkühlung, die Dämmung der Kaltwasserleitungen in einem Hotel in Amsterdam, die Lüftungstechnik in einer Druckerei, die Kälteversorgung im Frankfurter Grand Tower bis hin zum Einsatz von Propen in einer industriellen Kälteanlage.

Auch ohne, dass ich das KKA-Großkälteheft vorzeigen konnte, habe ich natürlich in der Schule von derartigen Projekten geschwärmt. Und ich hoffe, ich konnte die Schülerinnen und Schüler mit meiner Begeisterung für die Kältetechnik anstecken. Auch wenn wahrscheinlich nur wenige den beruflichen Weg Richtung Handwerk einschlagen werden, weil doch die meisten mit einem Studium liebäugeln – vielleicht erinnert sich doch jemand an die geführte Diskussion und schaut sich im Rahmen eines technischen Studiengangs nach den fantastischen und spannenden Möglichkeiten um, die unsere Branche zu bieten hat.

Aber auch gestandene Kälteprofis wie Sie werden sicher bei der Lektüre dieser KKA-Sonderausgabe und den darin enthaltenen Objektberichten ihre eigene Begeisterung für die technische Vielfalt der Kältetechnik bestätigt finden.

Ihr Christoph Brauneis

DA KOMMT WAS AUF EUCH ZU .

BALD IST ES SOWEIT!

ECHT COOLER TYP, DER NEUE

Diesen Kollegen werdet Ihr lieben. Einfühlsam, findig, präzise, immer unter Strom, bestens vernetzt. Und so schlau. Ein echter Kumpel, der Euch alles mitteilt. Ihr müsst nur an den richtigen Knöpfen drehen. Wann er kommt? Schon bald. Von REFCO.

NEUGIERIG ? HIER ANMELDEN UND GEWINNEN!

www.refmate.ch

REFCO Manufacturing Ltd.
6285 Hitzkirch - Switzerland
refmate@refco.ch

INHALT

Rubriken

Aktuell 4-6
Produkte 68-71
Vorschau 72
Impressum 72

Klimatechnik für Druckerei

Detektion von Fouling

Hochdruck-Schwimmerregler

Prozesskühlanlage kühlt auf -60 °C
Quelle: www.lauda.de

Technik

Weinkühlung
Kühlwasserversorgung für Gär- und Lagertanks 8

Werkzeug- & Hydraulikkühlung
Hohe Leistung – neues Kältemittel – effiziente Kälteerzeugung 12

Lüftung
Einfache Montage von Leichtgewichten 16

Prozesskühlung
Prozesssicher temperieren mit natürlichen Kältemitteln 18

Korrosion
Vermeidung von Korrosion in hydraulischen Systemen 20

Wohnungsstationen
Wärme- und Kälteverteilung im Grand Tower 26

Lüftung
Klimatechnik für weltgrößte Digitaldruckmaschine 28

Interview
Industriekühlung im Wandel 30

Dämmung
Technische Dämmung im Hilton Schiphol Hotel 33

Verdunstungskühlanlagen
Detektion von Fouling 36

Zentrale Kälteversorgung
Kältesystem in einem Folienextrusionsbetrieb 42

Propan-Flüssigkeitskühlsatz
Kaltwasser-Verbundanlage im Stahlwerk 46

Ammoniak
Zentrale NH_3-Kälteanlagen mit Trockenexpansion 50

Ventile
Zuverlässige und praxisgerechte Ventillösungen 57

Kältemittel Propen
Propen als Ersatzkältemittel für R507A 60

Wärmepumpe
Wärmepumpenanlage spart 50.000 t CO_2 64

Hochdruck-Schwimmerregler
Mehr Effizienz bei der Verflüssigung 66

Die umweltfreundlichen Kälteanlagen

TEKO
Zusammen besser.

RANSTA

Die RANSTA-Serie mit dem natürlichen Kältemittel R 290 ist die optimale Plug & Play-Lösung zur Außenaufstellung für die Bereiche Prozesskühlung, Klimatisierung und Gewerbekälte. Die luftgekühlten Kaltwassersätze sind jeweils auch als geräuschreduzierte Variante verfügbar, optional mit Wärmerückgewinnung, Wurm-Regelung und freier Kühlung.

ROXSTA

ROXSTA passt perfekt auf Anforderungen von kleinen bis mittleren Supermärkten, kleinere Logistiklager oder auch die Obst- und Gemüsekühlung. Das ROXSTA*smart*-Konzept ist eine lohnenswerte Alternative zur bisherigen F-Gas-Technik. Sie investieren in zukunftssichere Anlagen. BAFA-Förderung ist je nach Anwendung möglich.

Die TEKO RANSTA- und ROXSTA-Serien erhalten Sie wie gewohnt bei Ihrer REISS-Niederlassung, natürlich perfekt geplant und zum besten Preis.

Einsatz von Verdunstungsverflüssigern

Teko

Wann und aus welchen Gründen lohnt sich der Einsatz von Verdunstungsverflüssigern? Der Altenstädter Kältespezialist Teko (**www.teko-gmbh.de**) beantwortet diese Fragestellung wie folgt:

Zum einen besteht durch Verdunstungsverflüssiger die Möglichkeit, wesentlich mehr Leistung auf einer kleinen Aufstellfläche abzuführen als bei reinen luftgekühlten Verflüssigern. Zum anderen spielt die Effizienzsteigerung der Kälteanlage eine tragende Rolle. Durch das Prinzip der Verdunstung lassen sich ganzjährig wesentlich geringere Verflüssigungstemperaturen fahren.

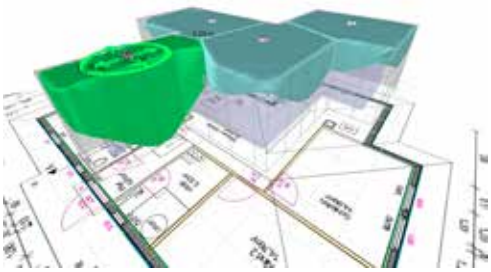
Gerade im Sommer, wenn am meisten Kälteleistung benötigt wird und die Kälteanlage am längsten in Betrieb ist, lässt sich durch den Einsatz von Verdunstungsverflüssigern ein Vielfaches an Energiekosten einsparen. Luftgekühlte Verflüssiger kommen wegen der hohen Außenlufttemperaturen häufig an ihre Grenzen, sodass die Verflüssigungstemperatur bei über +48 °C liegen kann. Durch den Einsatz von Verdunstungsverflüssigern wird gewährleistet, dass die Verflüssigungstemperatur auch bei hohen Außenlufttemperaturen nicht über +33 °C steigt. Pauschal kann davon ausgegangen werden, dass durch die Absenkung der Verflüssigungstemperatur je 1 K zwischen 2-3 % der Antriebsenergie an den Kältemittelverdichtern eingespart wird.

Die Firma Teko bietet ergänzend zu eigenen NH_3-Maschinen die NH_3-Verdunstungsverflüssiger des Fabrikats „Decsa" an. Diese sind erhältlich in zwei Varianten: saugbelüftet mit Axialventilatoren („CFR-A") und druckbelüftet mit Radialventilatoren („CFR-C"). Während die Modelle der Serie „CFR-A" durch den Einsatz der saugbelüfteten Axialventilatoren effizienter im Betrieb sind, bieten die Modelle der Serie „CFR-C" durch die optional erhältlichen Luftansaug- und Luftausblasschalldämpfer einen geräuschärmeren Betrieb. Die beiden Baureihen decken einen Leistungsbereich von 190 bis 7.300 kW ab.

Online-Planungs-Tool für Luftauslässe & Brandschutz

Systemair

Mit „Systemair Design" steht Kunden ein webbasiertes Online-Tool zur Verfügung, mit dem einfach, aber präzise passende Luftauslässe, Brandschutz- und Entrauchungsklappen sowie Volumenstromregler ausgewählt werden können. Die intuitiv gestaltete Benutzeroberfläche ermöglicht das unkomplizierte Anlegen von Projekten und Erstellen von Räumen, sogar von mehrgeschossigen Gebäuden. Hierbei sind eine individuelle Raumgestaltung sowie das Einlesen von Plänen als Bilddatei möglich. Durch die grafische Darstellung der Luftverteilung sowie die Visualisierung von gegenseitiger Beeinflussung lässt sich die optimale Verteilung der Produkte im Raum bestimmen. Zur Dokumentation kann aus jeder Auslegung eine übersichtliche und druckbare PDF-Datei generiert werden. Weitere Informationen finden Sie unter **www.systemair.de**.



Mit dem Online-Tool „Systemair Design" können für jedes Projekt die passenden Luftauslässe, Brandschutz- und Entrauchungsklappen sowie Volumenstromregler ausgewählt werden.

Bild: Systemair GmbH

Prüfstände für Kältemaschinen

Engie Refrigeration

Mit einer Kälteleistung von bis zu 6 MW verfügt die Engie Refrigeration GmbH (**www.engie-deutschland.de/de/**) über einen modernen, leistungsstarken Prüfstand für Kältemaschinen mit Echtzeitvisualisierung von Leistungen, Temperaturen, Drücken und Durchflüssen. Durch die Automatisierungs- und Steuerungstechnik ist pro Stunde ein Wasserdurchfluss von bis zu 1.100 m^3 möglich. Weiterhin weist der Prüfstand einen hohen Automatisierungsgrad auf, was die benötigten Rüst- und Prüfzeiten auf ein Minimum reduziert und somit die Effizienz steigert. Engie Refrigeration verfügt über insgesamt vier Prüfstände: zwei für wassergekühlte Kältemaschinen mit einer Kälteleistung bis 1,5 MW, die mit einer zusätzlichen Testeinrichtung für Glykol-Kältemaschinen mit einer Austrittstemperatur bis zu -20 °C und einer Kälteleistung bis 180 kW erweitert werden können. Dazu kommen ein Prüfstand für luftgekühlte Kältemaschinen (1,5 MW) sowie der Prüfstand für wassergekühlte Kältemaschinen (6 MW). Dabei können simultan vier Kältemaschinen an vier Prüfstanden hinsichtlich verschiedenster Funktionen getestet werden.

Quelle: Engie Refrigeration GmbH

Luftkühler mit Hygiene-Zertifizierung

Präzise, HACCP-zertifizierte Kühlung für jedes Kühlgut

Hohe Qualität ist die zentrale Forderung der Lebensmittellogistik – ob sensible oder verpackte Waren, bei der Verarbeitung oder als Gefriergut. Mit dem umfassenden Güntner Luftkühler-Portfolio bieten wir Ihnen präzise Lösungen für all Ihre spezifischen Kühlanforderungen. Und das mit HACCP-zertifizierten Geräten, die Ihren hygienischen Ansprüchen und der EU-Verordnung Nr. 852/2004 genügen.

Weitere Informationen zu unseren HACCP-zertifizierten Geräten erhalten Sie auf unserer Website.

GÜNTNER

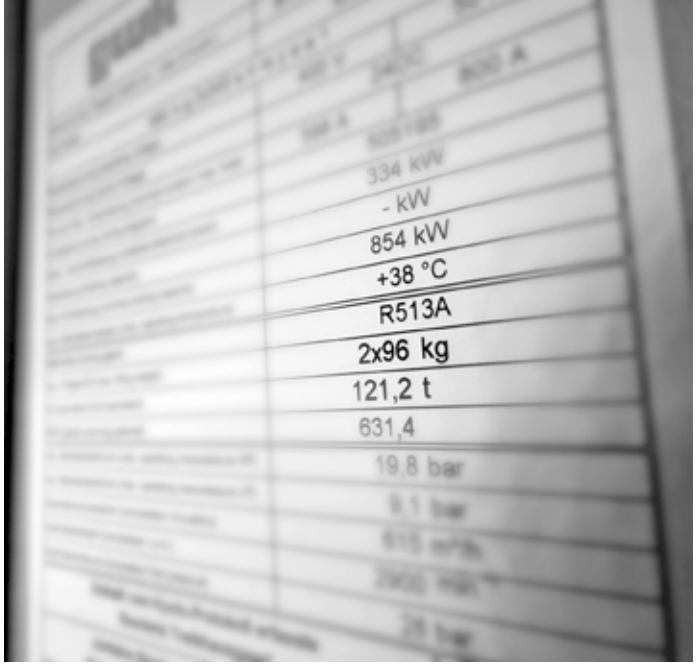
www.guentner.de

Drop-In-Kältemittel R513A

gwk

Die gwk Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH (**www.gwk.com**), ein Tochterunternehmen der technotrans-Gruppe, stellt ihre Kältemaschinen und Kaltwassersätze auf das Kältemittel R513A – mit einem GWP-Wert von 631 – um. Bezüglich der Sicherheit sind keine Abstriche nötig: R513A ist nach DIN EN 378 als A1-Kältemittel zertifiziert und damit weder giftig noch brennbar. Auf Anfrage bietet die gwk außerdem Kältesysteme mit R1234ze an. Dieses Kältemittel hat einen GWP-Wert von lediglich 7, kann aber aufgrund seiner thermodynamischen Eigenschaften nur in Kältesystemen eingesetzt werden, die bei gleicher Leistung größer dimensioniert sind. R513A dagegen ist für R134a ein sogenanntes Drop-In-Kältemittel: Zur Umstellung müssen die Systemeigenschaften der bewährten Kältetechnik nicht verändert werden.

Der Gesetzgeber belohnt den Einsatz klimaschonender Kältemittel, indem er per F-Gase-Verordnung die Intervalle für vorgeschriebene Dichtheitsprüfungen an Kälteanlagen



mit dem GWP-Wert verknüpft. Die notwendige Prüfhäufigkeit hängt jetzt von der CO_2-Äquivalenz ab. Dabei handelt es sich um das Füllgewicht der Anlage multipliziert mit dem GWP-Wert des Kältemittels. So kann sich beim Umstieg von R134a auf R513A die Zeit zwischen den obligatorischen Dichtheitsprüfungen verdoppeln, was Zeit und Geld spart. Unter Umständen entfällt die Prüfpflicht sogar ganz.

Beste Akustik bei Würth

Ziehl-Abegg

Das Carmen-Würth-Forum (**www.carmen-wuerth-forum.de**) ist eine Veranstaltungslocation in Künzelsau. Die Vorgabe an die Klimatechnik ist klar: Beste Klimatisierung und Frischluftzufuhr bei gleichzeitig geringster Geräuschentwicklung. Daher arbeiten im Untergeschoss Ventilatoren von Ziehl-Abegg (**www.ziehl-abegg.de**), deren Design Merkmale aufweist, die sich die Entwickler bei der Eule und dem Buckelwal abgeschaut haben. Hinter den Kulissen arbeiten im Kellergeschoss für den Kammermusiksaal zwei Radialventilatoren („ZAbluefin“) mit einem Durchmesser von 710 mm. Sie bewegen 29.000 m^3 Luft pro Stunde. Mit dieser Konstellation wurde der Schalldruck im Zuluftkanal auf 58,1 dB(A) halbiert. Auf dem Dach sitzt die Lüftungsanlage für die große Veranstaltungshalle, dort sind ebenfalls zwei Radialventilatoren („ZAbluefin“, 1.000 mm) eingesetzt, die pro Stunde 70.000 m^3 Luft umwälzen.

Quelle: Würth/Ufuk Arslan

Reinhold-Würth-Saal

NEU.
LUFTGEKÜHLT.
QUANTUM.
Weltweit lieferbar ab
24.6.2019

Möglich, dass Ihnen die Luft wegbleibt.

Die leistungsstärkste luftgekühlte Kältemaschine ihrer Bauart kommt von ENGIE Refrigeration.

Wir haben eine der weltweit besten Kältemaschinen noch besser gemacht. Der neue, luftgekühlte QUANTUM wird Maßstäbe setzen. Denn er ist noch effizienter, noch leiser, noch kompakter und noch leistungsstärker als alle seine Vorgänger. Tief Luft holen und bereit machen für den Besten: den neuen, luftgekühlten QUANTUM von ENGIE Refrigeration.

Kälte, neu gedacht: **ENGIE Refrigeration.**

Energien optimal einsetzen.

engie-refrigeration.de

Kühlwasserversorgung für Gär- und Lagertanks

Kellertechnik für Qualitätsweine aus Besigheim

Guido Kramer,
MTA Deutschland GmbH,
Nettetal

Bei der Erweiterung und Modernisierung des Kühlsystems der Winzergenossenschaft Felsengartenkellerei Besigheim kam ein zentraler Kaltwassererzeuger und ein individuell entwickeltes Gärsteuerungssystem zum Einsatz. Der Kaltwassersatz sorgt für die ausreichende Kühlung der bis 13. Mio. Liter fassenden Tanks.

Inmitten des idyllischen Neckartales liegt die Felsengartenkellerei Besigheim am Rande Hessigheims. Steil empor ragen die Muschelkalkfelsen der klimatisch begünstigten Felsengärten. Tradition und Passion verpflichten die zahlreichen Weingärtner bei ihrer täglichen Arbeit in den meist terrassierten Steillagen. Dies zeigt sich in der naturgerechten sorgfältigen Pflege der Weinberge für bestmögliches Lesegut, als Basis für schonende, sortentypisch und filigran ausgebaute Weine – in einer außergewöhnlichen Vielfalt in allen Qualitätsstufen und Geschmacksrichtungen. Rund 1.500 Mitglieder zählen zur Genossenschaft und kultivieren auf 700 Hektar eine beachtliche Vielfalt an Rebsorten.

Qualität durch Erfahrung, Kompetenz und modernste Kellertechnik

Qualitätssteigernde Maßnahmen sind natürlich Grundvoraussetzung für eine kontinuierliche Qualität, die sich vom Basissortiment bis zu den Premiumweinen erstreckt. Zu diesen Maßnahmen zählen Ertragsreduzierung, streng kontrollierte Bewirtschaftung und ebenso streng kontrolliertes Lesegut. Mit modernster Kellertechnik, viel Erfahrung, Kompetenz und feinster Sensorik beim Ausbau werden die hohen Ansprüche im Hause realisiert.

Bei der Vinifikation spielt unter anderem die Kontrolle der Temperatur eine wichtige Rolle. Direkt nach dem Einlagern des Traubenmostes in die Gärtanks entsteht bei der Vergärung so viel Wärme, dass eine zusätzliche Kühlung zur gezielten Gärführung notwendig ist.

Kühlsystem für Tanks und zur Weinkeller-Klimatisierung

Mit der steilen Entwicklung der Felsengartenkellerei war es nur eine Frage der Zeit, bis auch das historisch gewachsene Tanklager und die hierfür erforderliche Kühlung einer umfangreichen Modernisierung unterzogen wurden. Beauftragt mit der Planung und Umsetzung dieses Vorhabens wurde die Handelsagentur Bertram Löw aus Ravensburg, deren Schwerpunkte im Handel mit Kühlmaschinen und der Umsetzung elektronischer Steuersysteme für die Weinindustrie liegen.

Bertram Löw, in der Branche als Spezialist für die Planung effektiver Kühlsysteme für die Weinproduktion bekannt, plante die Modernisierung sämtlicher Anlagen für die Gärsteuerung, zur Weinkeller-Klimatisierung und zur Kühlung der Tanks in der Winzergenossenschaft.

Enorme Gär- und Lagerkapazität

Die Gesamtkapazität der Felsengartenkellerei, aufgeteilt in Gär- und Lagertanks, ist in den letzten Jahren bis auf dreizehn Millionen Liter angewachsen. Hierbei wurden auch vorhandene, bisher nicht kühlbare Lagertanks in die Kühlung eingebunden, um das Investitionsvolumen im Rahmen zu halten.

Quelle: MTA Deutschland

Gär- und Lagertanks für 13 Millionen Liter

Quelle: MTA Deutschland

Qualitätsweine der Felsengartenkellerei reifen in Barrique

NH3

CO2

NH3

INDUSTRIELÖSUNGEN VON TEKO!

AMMON
Einzelverdichteraggregat

- Leistungen bis 800 kW
- NK, TK & Klimaanwendung
- Aufeinander abgestimmte, hochwertige Komponenten
- Hohe Betriebssicherheit
- Wartungsfreundliche & kompakte Konstruktion

DECSA
Verdunstungsverflüssiger

- Leistungen bis 7.300 kW
- Zur optimalen Ergänzung Ihrer NH_3-Maschinen
- Saugbelüftet mit Axialventilatoren
- Druckbelüftet mit Radialventilatoren
- Energieeffizienter & geräuscharmer Betrieb

ROXSTAindustrial
Transkritische Unit

- Leistungen bis 570 kW
- NK oder NK & TK mit:
  - WRG
  - Wärmepumpe
  - Klimafunktion
- Effizienzsteigerung:
  - Parallelverdichtung
  - Ejektoren

Weitere Informationen zu unseren Industrielösungen finden Sie unter: www.teko-gmbh.com

TEKO

Quelle: MTA Deutschland

Zentrale Kälteversorgung in Außenaufstellung

Diese Lagertanks sind mit nachträglich installierten Kühlplatten ausgestattet, die durch das Mannloch in den Tank eingebracht und seitlich an der Tankwand fixiert werden. Die Kühlwasserversorgung der Platten erfolgt über Zu- und Rücklaufstutzen, welche nach außen geführt und in das Kaltwasser-Ringleitungsnetz eingebunden sind. Jeder einzelne Tank verfügt über eine eigene Temperaturerfassung und Regelung nach Solltemperatur.

Zentrale Erfassung und Regelung

Die Erfassung, Visualisierung und Kühlung der Tanks mit Kaltwasser erfolgt in einem eigens hierfür entwickelten Gärsteuerungssystem. Das Bussystem übernimmt neben der Temperaturführung auch die Steuerung und Überwachung anderer wichtiger Prozesse, wie z.B. die Raumklimatisierung und das Energiemanagement des gesamten Kühlsystems.

Über ein zentrales Visualisierungs- und Bedienpanel hat der Kellermeister alle wichtigen Daten im Blick und steuert die Prozesse. Das Programm ist netzwerkfähig und kann von mehreren PCs aus bedient werden. Optional ist auch eine App erhältlich.

800 kW-Kaltwassersatz als Kühlwasserversorgung

Als Kühlwasserversorgung aller Gärtanks dient ein zentraler Kaltwassererzeuger im Außenbereich der Kellerei. Auf Empfehlung von Bertram Löw entschied sich die Felsengartenkellerei beim Ersatz der zu modernisierenden Kälteanlage für einen Kaltwassersatz der MTA Deutschland GmbH.

MTA produziert und vertreibt seit über 35 Jahren hochwertige, energieeffiziente Kühlsysteme zur Prozesskühlung, Klimatisierung und zur Aufbereitung von Druckluft und technischen Gasen. In drei Produktionsstätten werden jährlich mehr als 22.000 Kaltwassersätze, Freikühler und Drucklufttrockner gefertigt.

Im konkreten Fall fiel die Wahl auf den Maschinentyp „GLT 300“ aus der „Galaxy Tech“-Serie mit einer nominalen Kälteleistung von 800 kW. Der „GLT 300“ ist ein Kaltwassererzeuger mit luftgekühltem Kondensator und progressiver Abschaltung der Verdichter und Ventilatoren für einen extrem leisen Betrieb. Zwölf Scroll-Verdichter in vier Kältekreisläufen gewährleisten absolute Betriebs-

Quelle: MTA Deutschland

800 kW-Kaltwassererzeuger „MTA GLT 300 SSN“

Kühlung in der Weinproduktion

Bereits in den 1970er Jahren begannen die ersten Winzer, Weine gezügelt zu vergären. Wurden die Gärtanks anfangs einfach von außen mit kaltem Wasser berieselt, wird die Temperatur heute in doppelwandigen oder mit Kühlplatten ausgestatteten Gärtanks aktiv und viel effektiver gesteuert, so dass Moste teilweise bei 10-15 °C vergoren werden.

Vor allem beim Weißwein wird der Gärprozess durch niedrige Temperaturen verlangsamt und so verhindert, dass durch eine stürmische Gärung zahlreiche Aromen verfliegen.

Eine Vergärung in großen Tanks von 50.000 l und mehr ist ohne Kühlung gar nicht möglich, da die Moste viel zu warm würden und Weinfehler (Böckser), schlechte Qualitäten und teilweise Gärstockungen die Folge wären.

Beim Rotwein besteht bei hochwertiger Traubenqualität die Möglichkeit einer Kaltmazeration. Die Maische (dickflüssiges Gemisch aus Most, Trauben, Schalen) wird über eine bestimmte Standzeit so kühl gehalten, dass keine Gärung einsetzt und wertvolle Extrakte besser aus den Trauben gelöst werden.

Um die Bildung von Weinstein (Kaliumsalz der Weinsäure) in der Flasche zu vermeiden, wird der Weißwein oftmals vor der Abfüllung bis auf 0 °C gekühlt, so dass der Weinstein schon in den Tanks und nicht erst in der Flasche ausfällt (Weinsteinstabilisierung).

sicherheit. Elektronische Expansionsventile sorgen stets für eine optimale Befüllung der Verdampfer mit Kältemittel und tragen so zur Steigerung der Energieeffizienz des Kühlsystems bei.
Weiterhin beinhaltet die Standardausstattung der Baureihe unter anderem Hahn- und Elektroventile auf der Flüssigkeitsleitung jedes Kältekreislaufs, Zweikreis-Plattenverdampfer, Phasenüberwachung und Verdichter-Ölsumpfheizungen. Die Steuerung erfolgt beim „GLT 300" über die bedienerfreundliche Benutzeroberfläche des „xDrive"-Mikroprozessor-Reglers, der über das Modbus-Protokoll RS485 angebunden ist.
Die Leistungsdaten der Kaltwassersätze der Baureihe „Galaxy Tech" sind durch Eurovent geprüft, bestätigt und zertifiziert.

MTA-Kaltwassersätze mit tiefen Wasser-Vorlauftemperaturen

Bei kleineren Winzergenossenschaften und Weingütern haben sich in den letzten drei Jahrzehnten die Kaltwassersätze der „TAEevo"-Serie mit Kälteleistungen von 7 bis 210 kW Kälteleistung bewährt. Mit der patentierten Verdampferinstallation im integrierten Puffertank ermöglichen diese Kompakt-Wasserkühlsätze einen zuverlässigen Betrieb auch bei hohen Durchflussraten mit schwankenden Lasten.
Die weiten Betriebsgrenzen machen diesen luftgekühlten Kaltwassererzeuger zum Allrounder in der Prozesskühlung. Der „TAEevo Tech" erlaubt Wasserzulauftemperaturen von bis zu 35 °C und Austrittstemperaturen bis zu -10 °C; und das bei Umgebungstemperaturen zwischen +46 und -5 °C.
Bertram Löw ist von der Qualität der MTA-Anlagen überzeugt und setzt diese bereits seit Jahren in von ihm projektierten Kühlsystemen in Kellerei-Betrieben ein. „Die MTA-Kaltwassersätze sind optimal für die Weinkühlung einsetzbar. Da diese standardmäßig bis zu -10 °C im Wasser/Glykolvorlauf gefahren werden können, ist auch die erforderliche Temperatur zur Weinsteinstabilisierung kein Problem", erklärt Löw.

Systemtrennung für Winterfestigkeit und hydraulische Stabilität

In Besigheim wird der luftgekühlte Kaltwassersatz im Außenbereich zum Schutz gegen Einfrieren mit einem Glykol/Wassergemisch (35/65 %) betrieben und fährt mit einer Vorlauftemperatur von 5 °C auf ein Hydraulikmodul, bestehend aus zwei druck-frequenzgesteuerten Kühlwasserpumpen mit jeweils 11 kW elektrischer Leistung und einem 1.000 Liter-Tank als Kältespeicher. Die Systemtrennung Glykol/Wasser auf reines Wasser ist in einem Container direkt neben dem Kaltwassererzeuger untergebracht und erfolgt über einen Plattenwärmetauscher. Zwei druck-frequenzgesteuerte Pumpen mit jeweils 18 kW elektrischer Leistung fördern das Kühlwasser dann über zwei Leitungssysteme mit jeweils fünf Zoll Durchmesser zu den Tanks.

Quelle: MTA Deutschland

Traubenpressen für 700 Hektar Rebsorten-Vielfalt

Quelle: Felsengartenkellerei

Württemberger Weinvielfalt aus der Region Besigheim

Intelligente Gärsteuerung und zukunftssichere Kühlwasserversorgung

Die Felsengartenkellerei kann den kommenden Weinlesen gelassen entgegen sehen. Die modernisierte Kellertechnik garantiert auch in Zukunft Qualitätsweine durch gezielte Gärführung. Bei einkalkulierten Leistungsreserven in Kühlwassererzeugung und Hydraulik können sich gerne noch ein paar Mitglieder der Winzergenossenschaft anschließen.

Hohe Leistung – neues Kältemittel – effiziente Kälteerzeugung

R513A-Einsatz bei einem Hersteller von Kunststoffverpackungen

Stephan Sell,
Technischer Vertrieb;
Burkhard Rüßmann,
Geschäftsführender Gesellschafter,
L&R Kältetechnik GmbH & Co. KG,
Sundern

Nachhaltiges Produzieren gehört zu den Leitlinien der Spies Kunststoffe GmbH. Das Unternehmen produziert innovative Kunststoffverpackungen für Lebensmittel und hat kürzlich im Werk 3 eine neue Kälteanlage für die Werkzeug- und Hydraulikkühlung in Betrieb genommen, die bis zu 32 Produktionslinien versorgen wird. Zum Einsatz kam eine außerordentlich energieeffiziente (Groß-)Kälteanlage mit dem „Low GWP-Kältemittel" R513A.

In der Lebensmittelindustrie haben Verpackungen nicht nur den Zweck Produkte zu schützen und transportfähig zu machen. Ebenso wichtig ist ihre Funktion, auf das Produkt und die Marke aufmerksam zu machen. Häufig bieten sie auch Zusatznutzen, die z.B. die Dosierfähigkeit oder die Haltbarkeit verbessern.
Weil die Verpackungen in Millionenstückzahl hergestellt werden, spielen stets die möglichst günstigen Kosten eine wichtige Rolle. Und das (geringe) Gewicht ist ebenfalls ein Entwicklungsziel, weil es z.B. Werkstoff- und Transportkosten senkt.

Anspruchsvolle Spritzgießverfahren für innovative Verpackungen

Die Gestaltung und Produktion solcher Verpackungen ist deshalb ein komplexer Prozess, den die Spies Kunststoffe GmbH mit Hauptsitz in Melle/ Westfalen perfekt beherrscht. Denn das vor mehr als 50 Jahren gegründete und familiengeführte Unternehmen ist führender Hersteller von spritzgegossenen Kunststoffverpackungen und betreibt an drei Standorten mehr als 100 automatisierte Spritzgießanlagen.
Mehr als 1,5 Mrd. Verpackungen zum Beispiel für Eis, Joghurt, Margarine, Frischkäse und Fertigsalate verlassen jedes Jahr die Produktion. Dabei kommen anspruchsvolle Verfahren zum Einsatz, insbesondere das In-Mould-Labeling (IML), bei dem vorbedruckte Etiketten in das Spritzgusswerkzeug eingelegt werden und sich direkt – ohne zusätzliche Klebeschicht – mit der Kunststoffschmelze verbinden. Das sorgt für Premiumoptik und zugleich für einfaches Recycling. Bei diesem Verfahren behauptet Spies die Innovationsführerschaft.

Verantwortung für die Umwelt wird ernst genommen

Im Leitbild des Unternehmens ist neben dem Streben nach höchster Qualität und dem Willen, stets innovative Lösungen umzusetzen, auch der Umweltschutz verankert. Christof Spies, geschäftsführender Gesellschafter in zweiter Generation: „Als mittelständisches Familienunternehmen nehmen wir unsere Verantwortung sehr ernst. Unser Engagement gilt den Menschen, der Umwelt und der Region." Deshalb betreibt Spies zum Beispiel einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zur optimalen Nutzung von Energie und Ressourcen – und setzt auf nachhaltige Lösungen, wenn es um die Investition in neue Maschinen und Anlagen geht.

In zwei Schritten zur Großkälteanlage

Eine solche Investition stand 2018 mit der Anschaffung einer leistungsfähigeren Kälteanlage für die erweiterte Produktion im Stammhaus Melle an. Gewünscht war – im ersten Schritt – eine Anlage, die insgesamt

© L&R

L&R projektierte für Spies zunächst zwei 300 kW-Kälteanlagen für die Werkzeug- und eine 470 kW-Anlage für die Hydraulikkühlung. Diese Anlagen sind bereits in Betrieb. Zwei weitere 300 kW-Anlagen für die Werkzeugkühlung werden zu einem späteren Zeitpunkt installiert. Alle Anlagen sind mit dem HFO-Blend R513A befüllt.

600 kW Kühlleistung für die Werkzeugkühlung bereitstellt und 940 kW für die Hydraulikkühlung.
Nach der gemeinsamen Projektierungsarbeit mit Spies baute und installierte die Firma L&R (**www.l-r.kaelte.de**) eine Kälteanlage zur Versorgung der Werkzeugkreisläufe mit einer Kühlleistung von 600 kW, die in zwei Kältekreisläufen (mit jeweils 2 x 300 kW) montiert wurde. Die Wassertemperatur im Vorlauf beträgt 14 °C, im Rücklauf sind es 16 °C. Für die Hydraulikkühlung wurde eine Anlage mit zwei Freikühlern von je 470 kW installiert, die 30 °C Kühlwasser bereitstellt. Im Winter wird einer der beiden Freikühler für die Winterentlastung der Kältemaschine genutzt.
Eine zweite Tandem-Anlage mit weiteren 2 x 300 kW für die Werkzeugkühlung befindet sich zurzeit bei L&R in Bau. Sie wird im Mai 2019 installiert.

© Spies

Spies gehört zu den Markt- und Technologieführern bei Lebensmittel-Kunststoffverpackungen mit IML-Technologie.

Energieeffiziente Kältetechnik

Bei Spies kommen L&R-Anlagen der Serie „ECOPRO 2.0“ zum Einsatz, deren Effizienz – im Vergleich zu konventionellen Kälteanlagen – durch diverse Konstruktionsmerkmale erheblich gesteigert wurde. Dazu gehört z.B. die gleitende Kondensationsregelung „VariKON“. Sie passt die Kondensationstemperatur an die aktuelle Außentemperatur an und führt damit zu beträchtlichen Energieeinsparungen.

Mit der „PumpDrive“-Serie von KSB kommt eine besonders energiesparende Pumpentechnologie zum Einsatz. Die drehzahlgeregelten „SuPremE“-Antriebe der Pumpen senken den Energiebedarf. Auch die Antriebe der EC-Ventilatoren sind drehzahlgeregelt. Die zentrale Siemens-SPS mit farbigem

Abscheider
Einheiten

individuell
plug
&
play

th-witt.com

Wirtschaftlich durchdachte Lösungen für Kälteanlagenbauer

Die Winterentlastung durch Freikühler trägt wesentlich zum geringen Energiebedarf der Kälteanlagen bei.

Zu den zahlreichen energiesparenden Konstruktionsmerkmalen der „ECOPRO 2.0"-Kälteanlagen gehören bedarfsgerecht regelbare Pumpen.

19"-Touchpanel visualisiert den kompletten Kühlprozess und ermöglicht die energieeffiziente Regelung der wesentlichen Verbraucher entsprechend dem aktuellen Kältebedarf.

Winterentlastung und Wärmerückgewinnung

Einer der beiden Freikühler mit einer Leistung von 470 kW schafft die Voraussetzung dafür, dass die Anlagen bei Temperaturen unterhalb von ca. 10 °C die benötigte Kälteleistung vollständig aus der Umgebung beziehen können. Das senkt den Energiebedarf in den Wintermonaten beträchtlich. Eine integrierte Wärmerückgewinnung (Heizleistung 350 kW) trägt ebenfalls zur Energieeinsparung bei.

Zeitgleich mit der dritten und vierten 300 kW-Anlage für die Werkzeugkühlung werden dann drei weitere Freikühler mit einer Leistung von jeweils 470 kW installiert, so dass die Gesamtkühlleistung der Hydraulikkühlung bei 2,35 MW liegen wird. Im Winter werden entsprechende Freikühler zur Winterentlastung der Kältemaschinen umgeschaltet.

Umgeplant: HFO-Blend statt konventionelles Kältemittel

Kurz nach dem Start der Planungsphase trafen Spies und L&R gemeinsam eine grundsätzliche Entscheidung. Anstatt, wie ursprünglich geplant, mit dem Fluorkohlenwasserstoff (FKW) R134a ein jahrzehntelang bewährtes und erprobtes Kältemittel zu verwenden, sollte in den Kälteanlagen mit R513A ein neues HFO-Blend zum Einsatz kommen.

Grund für diese Entscheidung ist die F-Gas-Verordnung der EU (EU 517/2014). Sie regelt den schrittweisen „Phase-down" der bisher gebräuchlichen Kältemittel wie eben R134a. Ziel ist es, mittelfristig die Umweltbelastung durch Kältemittel mit höherem Erderwärmungspotenzial (das im GWP-Wert erfasst wird) zu reduzieren.

Gute Mischung – für die Kälteerzeugung und den Umweltschutz

Diese Verordnung sorgte anfangs für Verunsicherung bei den Anwendern von Kälteanlagen, weil keine eindeutige Alternative zu den bislang gebräuchlichen Kältemitteln erkennbar war. Rasch stellte sich jedoch heraus, dass sich die Nutzung der relativ neuen HFO-Blends als gängiger Lösungspfad durchsetzen wird.

Bei diesen Blends handelt es sich um eine Mischung aus konventionellen Kältemitteln mit den neu entwickelten „Low GWP-Kältemittel" auf HFO (Hydrofluorolefin)-Basis. Diese neuen Kältemedien – zum Beispiel R1234yf und R1234ze – haben einen sehr geringen GWP-Wert von 4 bzw. 7 und sind (kälte-) technisch den bisher verwendeten Kältemitteln ebenbürtig. Allerdings sind diese Kältemittel nach EN 378 in der Sicherheitsklassifizierung als A2L (schwer entzündbar) gelistet.

Effiziente Kältetechnik unter den Vorgaben der F-Gas-Verordnung

Unter diesen Vorzeichen hat sich L&R entschieden, R513A ins Portfolio aufzunehmen und die Kältemaschinen der „ECOPRO 2.0"-Serie optional damit auszurüsten. Dieses Kältemittel R513A zeichnet sich durch die Sicherheitsklassifizierung A1 sowie einen niedrigen GWP-Wert (GWP = Global Warming Potential) von 631 aus. R513A ist nicht brennbar und besteht zu 44 % aus R134a (GWP: 1430) sowie zu 56 % aus R1234yf (GWP: 4). Es kann als Alternative zu R134a eingesetzt werden und benutzt dieselben Verdichtertypen.

Fazit: Nachhaltige Kältetechnik im XXL-Format

Die Summe dieser Maßnahmen und die Verwendung von R513A führt dazu, dass Spies die für den Spritzgießprozess benötigte Kälte sehr umweltschonend erzeugt. Das ist auch deshalb ein wichtiger Faktor, weil die Kunden preissensibel sind und große Mengen von exakt temperiertem Kühlmedium benötigt werden, wie die Gesamtleistung der Anlagen nach der zweiten Ausbaustufe zeigt: 1,2 MW für die Werkzeugkühlung, 2,35 MW für die Hydraulikkühlung und für die Freikühler zur Winterentlastung. Das entspricht 50 % der Kühlleistung des geplanten Gesamt-Endausbaus.

Mindestens ebenso wichtig ist aber die präzise Regelung des Temperierprozesses: Die genaue und stets bedarfsgerechte Temperaturführung im Werkzeug gehört zu den wesentlichen Voraussetzungen für die Produktion hochwertiger Lebensmittelverpackungen in konstant hoher Qualität. Zugleich reduziert die Kühlung auch die Verweildauer der Spritzgussprodukte im Werkzeug und ermöglicht somit kurze Taktzeiten. Das wiederum erhöht die Produktivität des Maschinenparks bei Spies.

EXPANSIONSVENTIL!

Alles rund um die Kälte- und Klimatechnik finden Sie in jeder KKA.

JETZT ZUGREIFEN!

2 Ausgaben KKA testen zum reduzierten Preis von

NUR € 19,50

inklusive MwSt. und Versandkosten
statt € 40,- im Einzelverkauf

KKA, das Fachmagazin für ausführende Kälte- und Klima-Anlagenbauer.
Freuen Sie sich auf:

- interessante vor Ort-Berichte
- Neues aus der Branche
- Produkte in der Anwendung
- alles zum Thema erfolgreiche Betriebsführung

...und vieles mehr

JETZT ALLE ABO-VORTEILE NUTZEN UND GLEICH BESTELLEN!

www.kka-online.info/abo · 05241/80-90884

Einfache Montage von Leichtgewichten

Be- und Entlüftung großer Hallenbereiche

Udo Rausch,
Technischer Vertrieb Lüftungsgeräte,
Airflow Lufttechnik GmbH, Rheinbach

Das unter dem Namen „b3 campus" fertiggestellte Bürogebäude-Ensemble in Köln-Kalk bietet variablen Raum für Büros, Konferenz- und Mehrzwecknutzungen. Besondere Herausforderung für die am Bau Beteiligten: eine optimale Lösung für die Be- und Entlüftung zu finden – inklusive schneller Installation trotz schwieriger räumlicher Gegebenheiten.

Foto: Airflow Lufttechnik GmbH

Dank des vergleichsweise geringen Gewichts von 600 bzw. 640 kg sind die Geräte ideal für eine Dachinstallation.

Nach zweijähriger Bauphase konnte die Stadt Köln ihre neuen Räumlichkeiten im b3 campus im Kölner Stadtteil Kalk beziehen. Das moderne Bürogebäude-Ensemble besteht aus drei Baukörpern mit einer Gesamtnutzungsfläche von ca. 13.500 m². Zwischen dem ersten und dem zweiten Gebäude besteht eine Verbindungsbrücke, die vom zweiten bis zum vierten Obergeschoss reicht. Die Besonderheit bei der Installation: Die geplanten Lüftungsanlagen dienen gleichzeitig der Heizung und Kühlung über Wärmepumpen.

Leichtgewichte, die es in sich haben

Die eingesetzten Lüftungsgeräte von Airflow verfügen über effiziente Ventilatoren mit einem SFP-Wert < 0,45 W/(m³/h) und wurden wie folgt auf die Flachdächer der drei Gebäude verteilt: Je ein „Duplex 6500 Multi N" pro Gebäude als zentrales Lüftungsgerät, mit dem die Nebenräume bzw. innenliegenden Räumlichkeiten wie Toilettenräume versorgt werden. Dank eines hohen Wärmerückgewinnungsgrades von bis zu 93 % und einem Wärmebrückenfaktor TB2 erfüllen die nur je 600 kg schweren „Leichtgewichte" höchste Anforderungen. Auf Gebäude 1 wurde zusätzlich ein „Duplex 12000 Roto N" mit einem Gewicht von 1,3 t als zentrales Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher installiert, auf Gebäude 2 außerdem ein „Duplex 4000 Roto N" mit einem Gewicht von 640 kg.

Die Geräte dieser Serie weisen einen Wärmerückgewinnungsgrad von bis zu 90 % auf und eignen sich damit ebenfalls überall dort, wo eine effiziente Belüftung mit geringem Kostenaufwand gefordert ist. Jedes Gerät kann, durch die Vielzahl an Montagevarianten, individuell an die baulichen Gegebenheiten angepasst werden. Hinzu kommt das geringe Gewicht.

Foto: Airflow Lufttechnik GmbH

Airflow-Lüftungsgerät „Duplex 4000 Roto N"

Foto: Airflow Lufttechnik GmbH

Großzügige Fenster und Glaselemente in der Fassade des b3 campus in Köln sorgen für ein hohes Maß an natürlichem Lichteinfall und Transparenz. Die offene Architektur wird im Inneren des Gebäudes fortgesetzt – insbesondere durch große Hallenbereiche, die dem Mieter, der Stadt Köln, als Wartezonen für den öffentlichen Publikumsverkehr dienen.

Aufständerung über „Bigfoot": Die flexiblen Systemkomponenten lassen sich aufgrund des geringen Gewichts einfach transportieren und aufbauen, sorgen für eine gute Gewichtsverteilung und minimieren das Risiko, die Dachhaut zu beschädigen.

Die Aufständerung mit dem „Bigfoot"-Montagesystem sorgt für eine gute Gewichtsverteilung und der Grundrahmen unterbricht nicht die homogene Dachhaut. Das senkt das Risiko einer Beschädigung der Dachkonstruktion.

Kühlung und Heizung über Wärmepumpentechnik

Die Inbetriebnahme wurde durch Servicetechniker von Airflow vor Ort begleitet. Da die mit Erdgas betriebene Heizungsanlage des b3 campus durch eine Luft-Luft-Wärmepumpe ergänzt wird und somit Lüftungsanlage und Wärmepumpe über dieselben Kanäle laufen, erforderte die enge Verknüpfung der Lüftungsgeräte mit dem Wärmepumpen-Lieferanten bei der Inbetriebnahme besonderes Augenmerk. Die Luft-Luft-Wärmepumpe entlastet die Heizungsanlage um 300 kW Leistung, indem sie aus Warmluftquellen innerhalb eines Gebäudes oder aus der Umgebung Luft gewinnt, der Abluft Wärme entzieht und diese an die Frischluft weitergibt. Im Zuge der Inbetriebnahme wurde ein 100-Prozent-Abgleich der Systeme durchgeführt und bei dem Register der Wärmepumpen das Kältemittelvolumen individuell abgestimmt. Dank der sehr guten Vorbereitung funktionierte die Verknüpfung mit der Luft-Luft-Wärmepumpe auf Anhieb problemlos.

Gute Luft in den hohen Hallen

Für ein angenehmes und gesundes Raumklima in den großen öffentlichen Wartezonen sorgt zudem ein CO_2-Sensor von Airflow. Auch wenn die Lüftungsanlage auf eine bestimmte Luftmenge eingestellt ist, gibt der externe Sensor Aufschluss darüber, ob die Räume eventuell aufgrund eines steigenden CO_2-Wertes früher oder später mit frischer Luft versorgt werden müssen und regelt die Zufuhr entsprechend bedarfsgeführt.

Das zentrale Lüftungsgerät „Duplex 12000 Roto N" mit Rotationswärmetauscher

Prozesssicher temperieren mit natürlichen Kältemitteln

F-Gas-Verordnung zwingt Anlagenbetreiber zum Umdenken

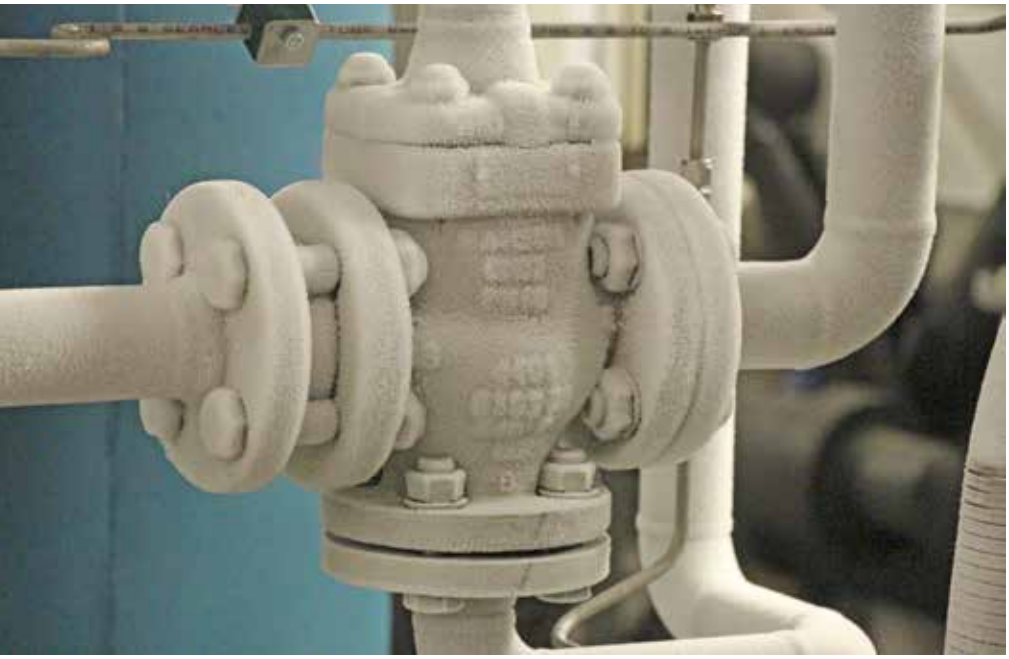
Robert Horn,
Lauda Dr. R. Wobser GmbH,
Lauda-Königshofen

Seit 2015 gilt die aktuelle EU-Verordnung über fluorierte Treibhausgase. Bei Betreibern und Herstellern von Kälteanlagen sind die Konsequenzen dieser Gesetzeslage inzwischen deutlich spürbar. Nicht nur ist die Verfügbarkeit von traditionellen Kältemitteln deutlich gesunken, auch der Bedarf an zukunftssicheren Anlagen, die mit natürlichen Kältemitteln arbeiten, ist deutlich gestiegen. Auch ein Biopharma-Unternehmen aus Deutschland setzte für seine Prozesskühlanlage für Temperaturen bis -60 °C auf eine zweistufige Kältekaskade mit natürlichen Kältemitteln.

Der weltweit tätige Konzern, eines der größten, forschenden Pharmaunternehmen in Deutschland, hat die Prozesskühlanlage bei der Firma Lauda Heiz- und Kühlsysteme in Auftrag gegeben. Eingesetzt wird das System für sogenannte „Freeze & Thaw"-Prozesse, bei dem Wirkstoffe in großen Tanks mit bis zu 200 l Volumen tiefgefroren und zur weiteren Verarbeitung versendet werden. Die Prozesskühlanlage muss in der Lage sein, hochgenau auf -60 °C herunterzukühlen.
In enger Absprache mit dem Kunden wurden während des Pre-Engineering-Prozesses sämtliche Spezifikationen der Prozesskühlanlage festgelegt und die einzelnen Komponenten konzeptioniert. Dabei mussten ebenfalls die Werksspezifikationen des Kunden berücksichtigt werden, etwa der Einsatz von Instrumentierung bestimmter Hersteller. Ausgelegt ist die Prozesskühlanlage für zwei Tanks, wobei jeder Tank eine Kälteleistung von 2,2 kW abführt. Die Anlage verfügt außerdem über eine Volumenstromregelung, um den gesamten Prozess für den Kunden reproduzierbar zu machen und standortübergreifend zu sichern. Um auf die benötigte Arbeitstemperatur von -60 °C zu kommen, setzen die Lauda-Ingenieure auf ein zweistufiges Kaskadensystem. Zwei untereinander verbundene und aufeinander abgestimmte Verdichteranlagen sorgen für die benötigte Temperatur, indem der Verdampfer des ersten Kreislaufs den Kondensator des zweiten Kreislaufs kühlt. Durch diese Verknüpfung von mehreren Kühlkreisläufen können Tieftemperaturen von bis zu -90 °C gefahren werden.

Brennbare Kältemittel fordern spezielle Sensorik

Um einen zukunftssicheren Betrieb zu garantieren, wird die Anlage für das Pharmaunternehmen mit natürlichen Kältemitteln betrieben. Für diesen Zweck setzt Lauda brennbare Kältemittel wie Ethan und Propen



Quelle: Lauda

Die Prozesskühlanlage von Lauda Heiz- und Kühlsysteme temperiert in Freeze & Thaw-Prozessen auf -60 °C. Vor der endgültigen Inbetriebnahme werden die Komponenten von Spezialisten mit einer Isolationsschicht versehen.

Quelle: Lauda

Ein Durchflussmessgerät überwacht die geordnete Abkühlgeschwindigkeit, um den Prozess nachvollziehbar zu machen und standortübergreifend zu sichern.

Quelle: Lauda

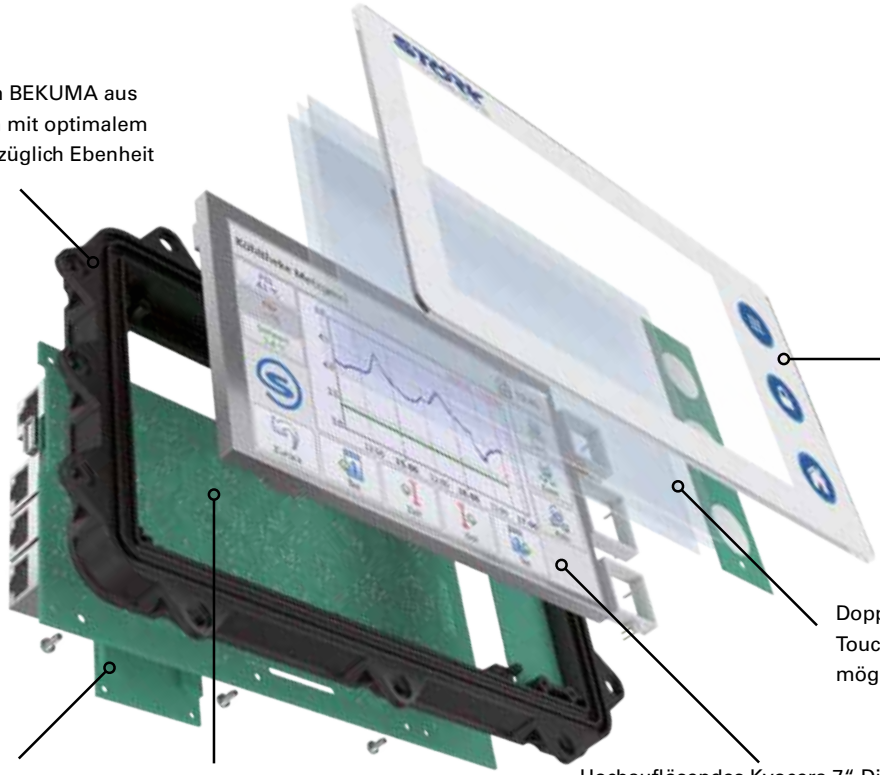
Brennbare Kältemittel erfordern den Einsatz von speziellen Messfühlern zur Überwachung der Konzentration explosionsfähiger Gase.

Quelle: Lauda

Gesteuert wird die Prozesskühlanlage über eine SPS-Steuerung, die unter anderem eine einfache Anbindung an übergeordnete Prozesse und die individuelle Anpassung an die Kundenbedürfnisse erlaubt.

ein. Die Nutzung dieser Gase stellt wiederum besondere Anforderungen an die Anlage. Ab einer Füllmenge von 150 g brennbarem Gas ist der Einsatz einer speziellen Gas-Sensorik vorgeschrieben, welche die Dichtheit der Kältekreise überwacht und die Prozesskühlanlage im Gefahrenfall abschaltet. Darüber hinaus ist die gesamte Kälteanlage mit einem belüfteten Gehäuse ausgestattet, um den Luftaustausch so gering wie möglich zu halten. Ein Ventilator sorgt bei Leckage für ausreichend Unterdruck und sichere Entlüftung ins Freie. Es wurden nur für das jeweilige Kältemittel zugelassene Komponenten und Sicherheitstechnik eingesetzt, streng nach DIN EN 378. Jeder Schritt des Projektes wurde eng mit den Auftraggebern abgestimmt. In der Handhabung entstehen dem Kunden durch den Einsatz von natürlichen Kältemitteln keine Nachteile. Kohlenwasserstoff-Kältemittel sind preisgünstig und zudem aus energetischer Sicht oft effizienter als konventionelle F-Gase oder synthetisch hergestellte Ersatzstoffe. Für die Ingenieure und Konstrukteure von Lauda sind Prozesskühlanlagen dieser Art ein wichtiger Schritt in die Zukunft. Denn der Bedarf an industriellen Lösungen mit natürlichen Kältemitteln wird mit zunehmender Knappheit von traditionellen Kältemitteln weiter steigen.

STÖRK TRONIC



Gehäuse von BEKUMA aus Sigmaringen mit optimalem Verhalten bezüglich Ebenheit und Verzug

Überlappendes, kratzfestes, hochwertiges Glas von Glaswerke Haller in Herford, rückseitig kundenspezifisch bedruckt

Doppeltes Optical Bonding mit kapazitivem Touch von Distec in München für die bestmögliche Qualität

Prozessor-Board von PHYTEC in Mainz

Bestückte Platine 100 % made in Germany von Störk-Tronic in Stuttgart

Hochauflösendes Kyocera 7“ Display mit 800 × 480 Pixeln, einer Helligkeit von 500 cd/m², einem breiten 85° Sichtwinkel und einer Lebensdauer von mindestens 70.000 Stunden

100% made in Germany!

Der **neue Commander von Störk-Tronic** ermöglicht die Verwaltung von Reglernetzwerken per direktem Fernzugriff oder über die Cloud.

Mehr unter **www.stoerk-tronic.com**.

Vermeidung von Korrosion in hydraulischen Systemen

Wasserführende Systeme sicher schützen

Dr. Oliver Opel,
Fachhochschule Westküste,
Fachbereich Technik, Heide
Mani Zargari,
SIZenergie+, Energie- und Qualitätsmanagement, Braunschweig
Marlies Wiegand,
Leuphana Universität Lüneburg,
Fakultät Nachhaltigkeit, Lüneburg

Wasserführende Kreisläufe zur Wärme- und Kältebereitstellung in Gebäuden unterliegen dem Risiko der Korrosion. Es drohen Funktionseinschränkungen und Effizienzverluste bis hin zum Ausfall einzelner Komponenten. Zum besseren Verständnis der Schadensfälle wurden im EnOB-Forschungsprojekt „EQM-Hydraulik" [8] 64 Systeme in 21 Gebäuden wasserchemisch untersucht. Außerdem wird ein neu entwickeltes Sensorsystem getestet, das Korrosionsvorgänge anzeigt, bevor Schäden entstehen.

Typische Anzeichen für Korrosionsvorgänge sind schwarz oder braun gefärbtes Umlaufwasser, sedimentierende Bestandteile im Umlaufwasser, klemmende Ventile, frühzeitig ausfallende Pumpen oder Verstopfungen von Wärmetauschern oder anderen Anlagenteilen. Zur Schadensbeseitigung stehen kostenintensive mechanische oder chemische Spülungen an, die von unternehmerischer Seite häufig als Produkt-Service-Kombination mit einer anschließenden Wasserbehandlung mit einem Korrosionsinhibitor angeboten werden. Die Erfolgsbilanz einer solchen Behandlung nach dem Auftreten von Korrosionserscheinungen fällt gemischt aus. Nicht immer führt eine Inhibitorbehandlung bei bereits vorgeschädigten Systemen zur gewünschten Minimierung der Korrosions- und Belagbildungsrate. Wie es im Einzelfall zum Korrosionsschaden kommen konnte oder wie dieser hätte vermieden werden können, bleibt ungeklärt. Bestehende technische Regeln decken nicht alle Anwendungsfälle adäquat ab.

Für die Planung, Inbetriebnahme und Betrieb stehen Normen- und Regelwerke zur Vermeidung von Korrosion in Wasserkreisläufen zur Verfügung. Dazu zählen

- die VDI 2035 Blatt 2 Vermeidung von Schäden in Warmwasseranlagen, (1)
- die DIN EN 14868 (2005) Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Leitfaden für die Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit in geschlossenen Wasser-Zirkulationssystemen, sowie (2)
- seit April 2017 die BTGA-Regel 3.003 Geschlossene wassergeführte Kalt-/bzw. Kühlwasserkreisläufe in Gebäuden – Zuverlässiger Betrieb unter wassertechnischen Aspekten (3).
- Seit Juli 2018 die BTGA-Regel 3.002 Geschlossene wassergeführte Heiz- und/oder Kalt-/Kühlwasserkreisläufe in Gebäuden – Druckprüfung, Spülen und Befüllen von Neuanlagen

In den Regeln wird der Vermeidung des Sauerstoffeintrags, sowie die Begrenzung der Salzgehalte – insbesondere bei der kombinierten Verwendung von Kupfer und Stahl – besondere Beachtung geschenkt. Die VDI 2035 Blatt 1 (4) begrenzt darüber hinaus den Gehalt an Härtebildnern zur Vermeidung von Steinbildung in Heizungssystemen. Obgleich die VDI 2035 Blatt 2 Maßgaben zur Korrosionsvermeidung in Wasserkreisläufen vorgibt, ist ihre Geltung auf Warmwassersysteme beschränkt. Für Kühlsysteme existieren mit der BTGA 3.003 erst seit Kurzem spezifische Maßgaben für die Anforderungen an das Füllwasser, die weitaus detaillierter sind, als die der VDI 2035 Blatt 2. Auch wenn der Anwendungsbereich Heiz-und kombinierte Systeme ausschließt, so ist die BTGA 3.003 durchaus für diese Systeme anwendbar, sofern zusätzlich der zulässige Gehalt an Härtebildnern eingehalten wird.

Die BTGA-Regel 3.003 schreibt zur Überwachung des Umlaufwassers eine Wasseranalyse im Rahmen der jährlichen Inspektion vor, um die Anforderungen an die Wasserqualität zu gewährleisten und akute Korrosionsvorgänge zu erkennen. Eine kontinuierliche Überwachung des pH-Wertes wird empfohlen. Als weitere Überwachungsmethode bietet sich ein Korrosionscoupon an. An einem in den Wasserkreislauf eingebrachten Werkstück wird die Korrosion in diesem Teil der Anlage dargestellt. Der Coupon reagiert insbesondere auf Sauerstoff, den pH-Wert und korrosionsfördernde Wasserbestandteile. Nachteilig an der Coupon-Methode ist, dass lokale Korrosionsangriffe an anderen Stellen der Anlage, z.B. unter Biofilmen, nicht erkannt werden. Auch Korrosionsursachen können durch den Coupon alleine nicht ermittelt werden. Daher ist es Ziel im Forschungsprojekt geeignete Werkzeuge für ein Qualitätsmanagement zur Korrosionsvermeidung zu entwickeln. Im Mittelpunkt steht das Sensorsystem „FeQuan", das kontinuierlich wasserchemische Parameter erhebt und zusätzlich die aktuelle Korrosionsrate berechnet (5) (6). Aus der Kombination von vier einzelnen Messparametern wird der Gehalt an gelöstem Eisen (II) berechnet. Gelöstes Eisen (II) bildet die Vorstufen zu ungelöstem schwarzen oder braunen Eisen (III)-Verbindungen, die ausfallen und zu Störungen führen können. Der Gehalt an gelöstem Eisen (II) ist daher ein Indikator für aktuelle Korrosionsprozesse.

Das Sensorsystem wurde bisher nur unter Laborbedingungen geprüft (5). Im Forschungsprojekt wurde erstmalig die Anwendung im Gebäudewesen erprobt. Offene

Fragen beziehen sich auf die Langzeitstabilität (Verschmutzung) und Störungen, wenn das Sensormesssystem fest im Realsystem installiert ist.
Im Forschungsprojekt wurden verschiedene Anlagentypen von Heiz- und Kühlsystemen sowie kombinierte Systeme in großen Nichtwohngebäuden aus der Klasse der Büro- und Verwaltungsgebäude untersucht. Schwerpunkt bildet die Feldstudie an 21 Gebäuden mit 64 Systemen. Die Feldstudie gliedert sich in drei Phasen:

I. 64 Kreisläufe wurden durch die Analyse des Umlaufwassers auf Korrosionsvorgänge untersucht
II. Acht Kreisläufe wurden mit dem FeQuan-Sensor für das Korrosionsmonitoring ausgestattet. Die Ergebnisse wurden mit einem Online-Dashboard visualisiert.
III. Drei geschädigte Systeme der mit einem FeQuan-Sensor ausgestatteten Gebäude werden unter wissenschaftlicher Begleitung saniert. Unterschiedliche Abhilfemaßnahmen wurden erprobt und die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen beurteilt.

Untersuchungen und Analysenmethoden

Zur Untersuchung der Korrosionsvorgänge in Wasserkreisläufen wurden Messungen mit dem FeQuan-Sensor, wasserchemische sowie biochemische Laboranalysen vorgenommen.

Der FeQuan-Sensor

Die Parameter Sauerstoff, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Redoxpotential werden mit elektrochemischen Sensoren im Nebenstrom eines Wasserkreislaufes erfasst.

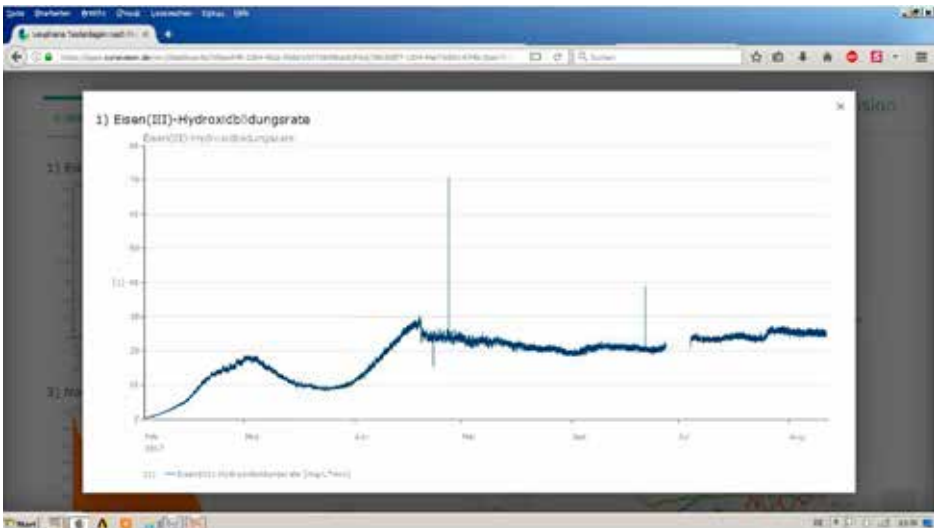


Abbildung 1: Dashboard zur Überwachung des Systemzustands

Aus diesen Sensorwerten wird zusätzlich der Gehalt an gelöstem aktiven Eisen (II) berechnet (5). Die erfassten Daten des Sensorsystems und die berechnete Korrosionsrate werden auf einen Server übertragen und auf einem Dashboard online dargestellt (Abbildung 1).

Wasserchemische Laboranalysen

Im Labor werden die in den Proben enthaltenen Korrosionsprodukte (Eisen, Zink, Kupfer und weitere Legierungsmetalle) sowie gelöste Salze, die aus dem Füllwasser stammen, mittels elementanalytischer Methoden bestimmt. Zur Differenzierung von gelösten und ungelösten Korrosionsprodukten werden gefilterte (0,2 µm-Spritzenfilter) und ungefilterte Proben untersucht.

Biochemische Laboranalysen

Mikrobiologische Vorgänge haben einen direkten Einfluss auf das Korrosionsrisiko. So können mikrobiologische Aktivitäten den pH-Wert absenken oder korrosionsfördernde Stoffe hervorbringen. Unter günstigen Umständen sollte das Umlaufwasser durch anfängliche Korrosionsvorgänge zum Schutz vor weiterer Korrosion selbständig alkalisieren. Doch durch die Aktivität von z.B. Sulfat-atmenden, fermentierenden und Stickstoff-fixierenden Bakterien entstehen jedoch Säuren, die die schützende Eigenalkalisierung verhindern.

Beurteilungsschema

Die Ergebnisse der wasserchemischen Analysen werden auf der Basis von festgelegten Grenzwerten beurteilt. Diese beruhen auf bereits bekannten Grenzwerten der BTGA Regel 3.003 oder es erfolgte eine Anpassung auf Basis der Erfahrungen im Projektverlauf. Der wichtigste Wert ist der Gehalt an gelöstem Eisen (II), der auf aktive Korrosionsprozesse hindeutet. Im Weiteren spielen

Parameter	Grenzwert für kritische Beurteilung	Grenzwert für schlechte Beurteilung
Gelöste Metalle	*0,5 mg/l*	*>> 0,5 mg/l*
Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat)	*15 mg/l*	*0 mg/l*
Sauerstoffgehalt	*0,1 mg/l*	*0,1 mg/l*
pH-Wert	*pH < 8,2*	*pH < 8,2*
Korrosionsrate (berechnet)	*0,1 mg/(l*min)*	*1 mg/(l*min)*

Tabelle 1: Bewertungskriterien für die Beurteilung der Systemzustände

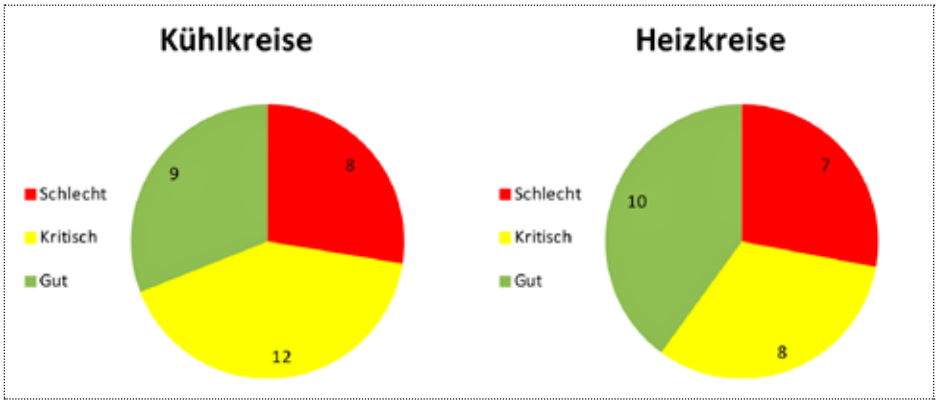


Abbildung 2: Bewertung der untersuchten Systeme

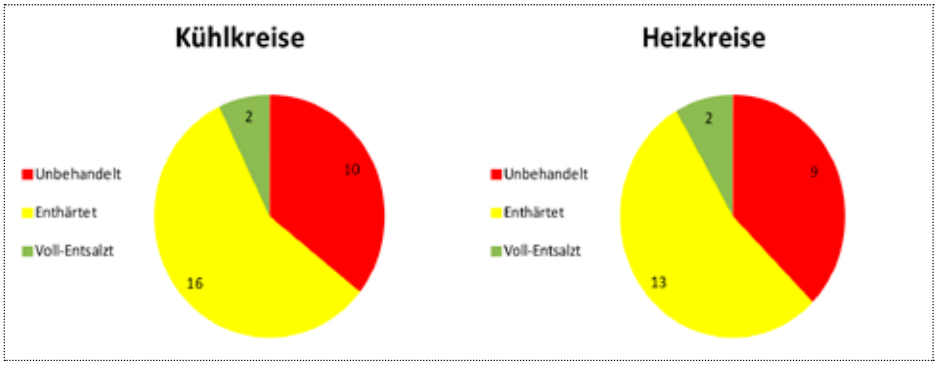


Abbildung 3: Behandlung der Füllwässer

die gemessenen Vor-Ort-Parameter sowie Salzgehalte eine Rolle zur Beurteilung der Korrosionsgeschwindigkeit und der Korrosionswahrscheinlichkeit.
Die Bewertungskriterien wurden nach Tabelle 1 festgelegt.

Ergebnisse

Korrosion in den untersuchten Systemen

Der überwiegende Anteil der vorgefundenen Systeme befindet sich aus korrosionstechnischer Sicht mindestens in einem kritischen Zustand, so dass dort die Wahrscheinlichkeit von Korrosionsschäden deutlich erhöht ist. Die Anteile der gut, kritisch und schlecht bewerteten Systeme sind in etwa gleich verteilt, wobei die Kühlsysteme häufiger Korrosionserscheinungen aufweisen als Heizsysteme. Ein kleiner Teil der Füllwässer ist voll-entsalzt (Abb. 2).

Behandlung der Füllwässer

Über die Hälfte der untersuchten Kühlsysteme wurde mit enthärtetem Wasser befüllt, obwohl es hierzu keine Veranlassung gibt. Offensichtlich geschah dies in Anlehnung an die VDI 2035 Blatt 1 für Heizsysteme und in Ermangelung einer vergleichbaren Vorschrift für Kühlsysteme. Durch die Enthärtung werden aber nur die Kalk-bildenden Magnesium- und Kalzium-Salze entfernt, nicht jedoch die korrosionsfördernden Bestandteile des Umlaufwassers. Es kann kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der Art der Wasserbehandlung und dem Systemzustand ermittelt werden. Es hat sich lediglich gezeigt, dass sich die Systeme mit voll-entsalztem Wasser ausnahmslos in einem guten Zustand befinden, was jedoch aufgrund der geringen Fallzahlen (n=4) nur als Indiz gewertet werden kann. (4)

Wasserchemische Laboranalysen

Bei der Ermittlung der Einflussfaktoren auf die Korrosion erweist sich der Chlorid-Gehalt des Umlaufwassers als die relevanteste Einflussgröße (Abbildung 4): Ab einem Gehalt von 15 g/l Chlorid im Umlaufwasser nehmen Fälle mit einem hohen Gehalt an gelöstem Eisen (Korrosion) deutlich zu. Unterhalb dieses Wertes kommt es zu keiner nennenswerten Korrosion.
Ein hoher Chlorid-Gehalt in Kombination mit einem niedrigen pH-Wert wirkt sich besonders nachteilig aus. Ein pH-Wert < 8,5 neben einem Chlorid-Gehalt > 15 mg/l führt zu einem höheren Eisengehalt als Systeme mit einem pH-Wert > 8,5.
Ein direkter Zusammenhang zwischen Sauerstoff- und Eisengehalt ist nicht erkennbar (Abbildung 5). Die meisten Systeme sind zwischen 0,01 und 0,1 mg/l Sauerstoff angesiedelt. In diesem Bereich finden sich sowohl Systeme mit hohen Gesamteisengehalten (> 100 mg/l) als auch mit sehr niedrigen Gehalten an Korrosionsprodukten (0,01 mg/l). Allerdings ist anzumerken, dass gelöstes Eisen eindringenden Sauerstoff zehrt, so dass nicht zwingend eine Korrelation erwartet werden kann. Unzweifelhaft ist, dass Verfügbarkeit von Sauerstoff Voraussetzung für Korrosion und sein Eindringen in den Wasserkreislauf zu verhindern ist.

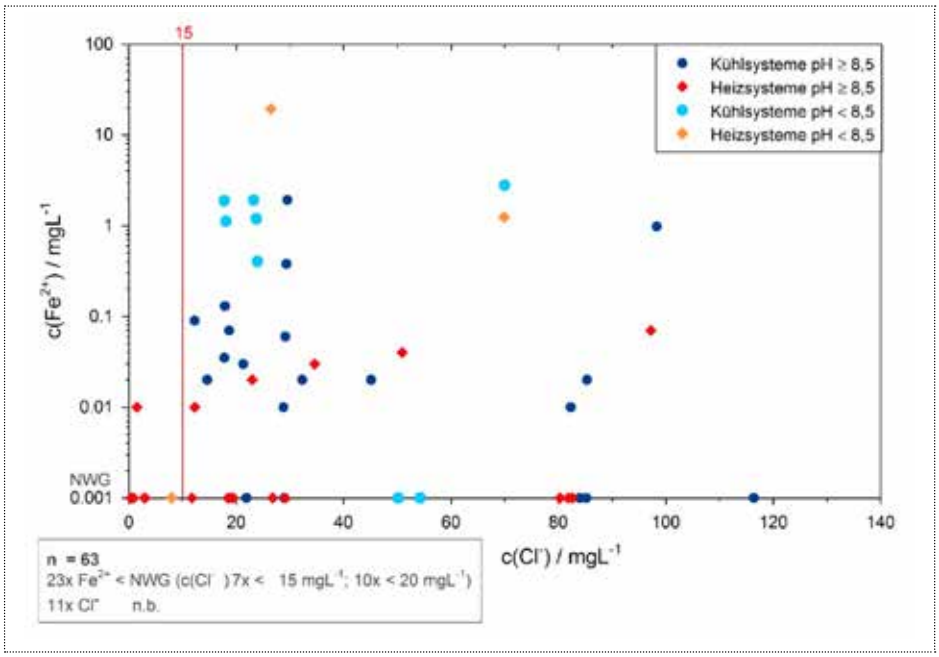


Abbildung 4: Gehalt an gelöstem Eisen in Abhängigkeit vom Chlorid-Gehalt des Umlaufwassers

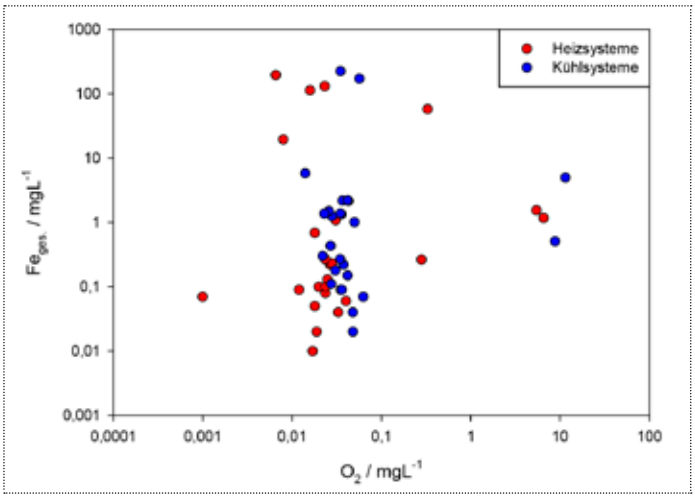


Abbildung 5: Gehalt an gelöstem Eisen in Abhängigkeit vom Sauerstoff-Gehalt des Umlaufwassers

Biochemische Laboranalysen

Nach einer vorab durchgeführten Onlinebefragung ziehen die Befragten mikrobiologische Vorgänge kaum als Korrosionsursache in Betracht. Dennoch wurden rund 800 verschiedene Gattungen an Keimen identifiziert und in vielen Fällen korrosionsfördernde Stoffwechselprozesse nachgewiesen. Die identifizierten Gruppen lassen sich aufgrund ihrer Stoffwechseleigenschaften wie folgt unterteilen:

- Sulfatreduktion und Eisenoxidation (Entstehung von korrosionsförderndem Schwefel und Säuren)
- Nitratreduktion, Stickstofffixierung (Entstehung von Säuren)
- Biofilmbildner (Ausbildung nähstoffreicher Milieus auf den Rohrwandungen)
- Fermentierende, acetogene, zum Teil komplexe, auch halogenierte Organik abbauende Organismen (Abbau von Inhibitoren und Bioziden möglich, Bildung von Säuren)

Vergleich der mit dem FeQuan-Sensor berechneten Eisengehalte mit den analytisch ermittelten Laborwerten

In Abbildung 6 werden die durch den Sensor ermittelten Eisengehalte den analytisch ermittelten Eisengehalten gegenübergestellt. Der Wert des FeQuan-Sensors zeigt grundsätzlich eine hohe Übereinstimmung mit den Laborwerten, Prozesse und wasserchemische Veränderungen, die mit einer veränderten Speziation (Bildung von Komplexen) oder mikrobiologischen Vorgängen zusammenhängen, werden mit höherer Sensitivität erfasst. Andere Metallionen wie z.B. in Lösung gehendes Mangan haben ebenfalls einen Sensorausschlag zur Folge. Da die durch Korrosionsprozesse freigesetzten Metallionen detektiert werden, können an zentraler Stelle auch weiter entfernt stattfindende Prozesse und allgemeine Veränderungen der Wasserchemie erkannt werden.

Auswertung

Korrosionsvorgänge

Die vorgefundenen, mit enthärtetem Wasser befüllten Kühlsysteme zeugen davon, dass in Ermangelung einer geeigneten Vorschrift für Kühlsysteme die Vorgaben der VDI 2035 (für Heizsysteme) angewendet wurden. In Heizsystemen wird Enthärten gegen Steinbildung eingesetzt. Steinbildung tritt auf, wenn Wasser erwärmt wird, das Härtebildner und Hydrogencarbonat enthält (4). In Kaltwassersyste-

Die Dorin CD-Baureihe resultiert aus fast zwei Jahrzehnten Erfahrung und über 35.000+ Verdichtern laufend mit CO2 transkritisch auf dem Feld Zuverlässigkeit und Effizienz machen diese Kompressoren zur natürlichen Lösung für den nachhaltigen globalen Markt.
Dorin setzt die Erweiterung der CD-Baureihe natürlich fort mit nachfolgend neuesten Verdichtern auf dem globalen Markt:

CD500, the largest 6 piston, 39.85 - 98.58 m³/h
CD400 The best seller 4 piston, 9.48 - 35.47 m³/h
CD4, the newest 4 piston, 4.67 - 9.21 m³/h
CD2, the smallest 2 piston, 1.60 - 4.60 m³/h

DORIN DYNAMISCHE INNOVATION
geht auf die Bedürfnisse der Kunden ein - global!

KOMM UND TRIFF UNS IN
10 - 12 Juni | GCCE 2019, Chicago, USA
17 - 18 Juni | ATMO America 2019, Atlanta, USA

DORIN 100
1918 2018
A LEGEND IN PROGRESS

www.dorin.com | dorin@dorin.com

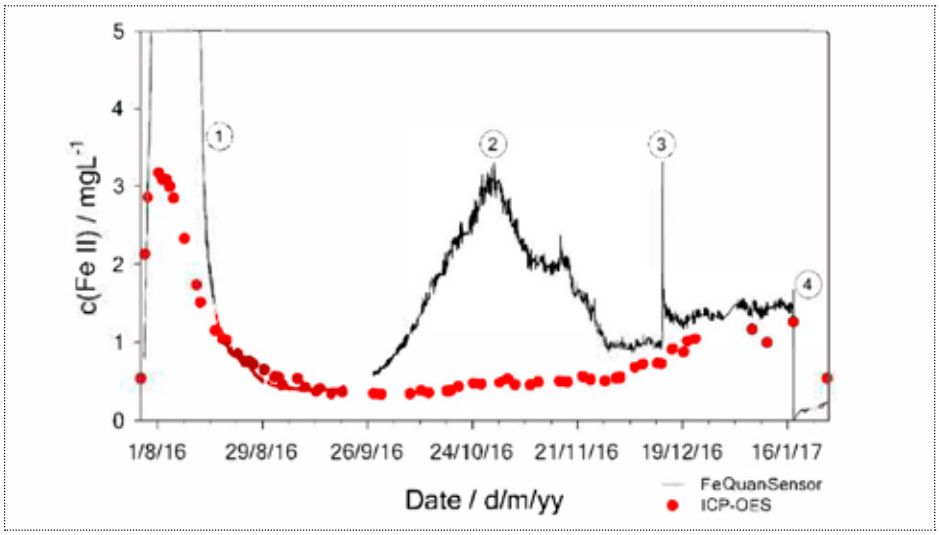


Abbildung 6: Gehalt an Eisen (II) mit dem FeQuan-Sensor und durch Laboranalysen. (1) erhöhte Werte kurz nach Befüllung, (2) mikrobiologisch beeinflusste Wasserveränderungen, (3) Arbeiten an Sensoren, (4) Untersuchung der Mikrobiologie

men bietet diese Aufbereitung jedoch keine Vorteile. Die Leitfähigkeit und die Nährstoffverfügbarkeit für Mikroorganismen bleiben durch Enthärtung unverändert, gleichzeitig wird die Pufferkapazität herabgesetzt. Der Einfluss von Chlorid auf die Korrosionsneigung ist deutlich: Chlorid zeigt sich als der deutlichste Einflussfaktor auf die Korrosionsneigung und zeigt darüber hinaus generell salzarme Wässer an, die auch Bakterien kaum Lebensgrundlage bieten.

Der Einfluss des gemessenen Sauerstoffgehaltes des Umlaufwassers auf die Korrosionswahrscheinlichkeit ist im unteren Konzentrationsbereich scheinbar uneindeutig. Sehr hohe Sauerstoffgehalte > 1 mg/l führen zwar sicher zu Korrosion (Abbildung 5), bei ähnlicher Korrosion werden jedoch ebenso niedrige Sauerstoffgehalte < 0,1 mg/l gefunden. Im Bereich zwischen 0,01 mg/l und 0,1 mg/l, in dem sich die meisten Umlaufwässer befinden, ist kein offenkundiger (linearer) Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt und dem Eisengehalt festzustellen. Dennoch ist eine sauerstoffdiffusionsdichte Ausführung immer zu empfehlen, die Verwendung salz- und nährstoffarmen Wassers schafft darüber hinaus Sicherheiten.

Einfluss der Mikrobiologie und Fallbeispiele

Stickstoff verstoffwechselnde und Sulfat-reduzierende Bakterien beeinflussen die Korrosion eisenhaltiger Werkstoffe. Dies spricht neben der Begrenzung des Chlorid-Gehalts für eine Vollentsalzung des Füllwassers (VE-Wasser). Bakterien wird durch das Fehlen von Salzen die Nährstoffbasis entzogen. Inhibitoren und Restkonzentrationen an Glykol ohne ausreichende Bioziddosierung dienen ebenfalls als Nährstoffgrundlage für Keime. Die am stärksten betroffenen Systeme, die in der Feldstudie vorgefunden wurden, enthielten häufig ein Umlaufwasser mit Inhibitor- oder Glykolrückständen aus vorangegangen Behandlungen.

Abbildung 7 zeigt das wasserchemische Verhalten in einer Test-Anlage im Labormaßstab (Systemvolumen 3 l) nach Inbetriebnahme. Der pH-Wert steigt innerhalb von zwei Monaten von 7,5 auf 9,2, während der Sauerstoffgehalt aufgrund von Zehrung durch die anfänglichen Korrosionsvorgänge von ursprünglich gesättigten Verhältnissen schnell auf 50 µg/l fällt. In den folgenden drei Monaten kommt es durch Temperaturabsenkung zu einer entsprechenden Erhöhung der Sauerstoffkonzentration von 50 auf 68 µg/L innerhalb von 1,5 Monaten. Nach ca. einem Monat beginnt der pH-Wert zu sinken und fällt nach zwei weiteren Monaten unter pH 9,0. Die mikrobiologische Profilanalyse zeigt neben der stickstofffixierenden Gattung Azospira u.a. den nitratabhängigen Eisenoxidierer Acidovorax. Beide kommen im Boden und Grundwasser vor und sind an Temperaturen von 10-18 °C angepasst [3].

Abbildung 8 zeigt das wasserchemische Verhalten in einer Anlage bei stetigem Sauerstoffeintritt und Verkeimung. Der pH-Wert steigt innerhalb kurzer Zeit auf pH 9,3 und fällt dann stetig auf pH 8,4. Die mikrobiologische Analyse zeigt als dominierende Gattungen den aeroben Biofilmbildner Pseudomonas und den Stickstofffixierer Bradyrhizobium (6).

Schlussfolgerung und Ausblick

Kühlsysteme sind häufiger von Korrosion betroffen als Heizsysteme. Ursächlich sind wahrscheinlich die in Kühlsystemen thermisch günstigen Bedingungen für korrosionsfördernde Keime. Darüber hinaus hat sich der Chlorid-Gehalt bzw. allgemein der Salzgehalt des Füllwassers als wesentlicher Einflussfaktor auf die Korrosionsneigung herausgestellt. Ein zu niedriger pH-Wert bedingt

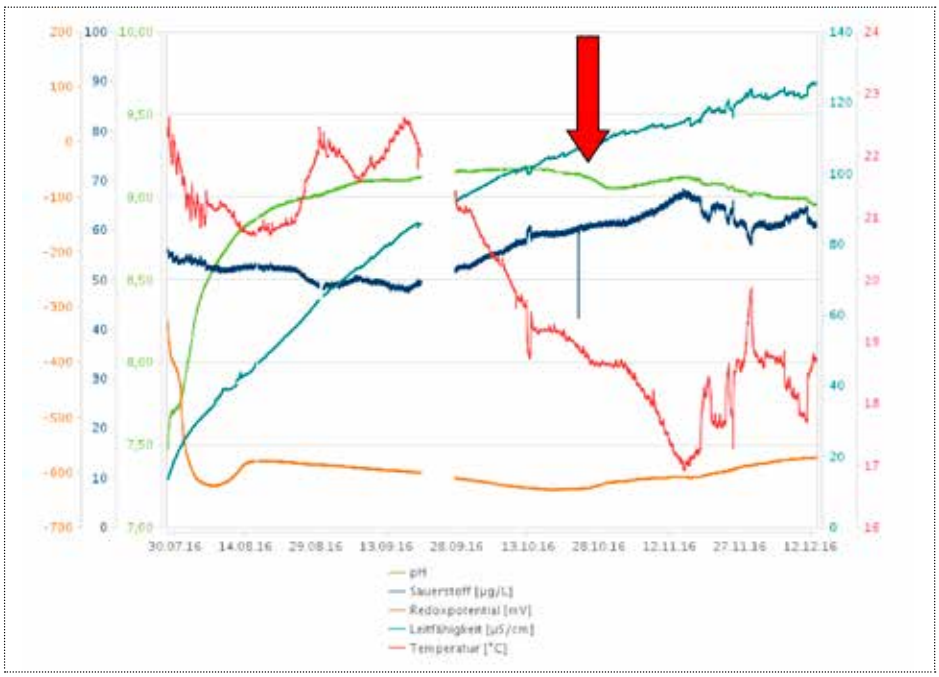


Abbildung 7: Gute Alkalisierung mit späterem mikrobiologischem Wachstum

durch sulfatreduzierende oder stickstofffixierende Bakterien verstärkt die Korrosionsneigung weiter. Zur wirksamen Begrenzung des Chlorid-Gehaltes und anderer Salze als Nährstoffgrundlage für Keime empfiehlt sich sowohl für Heiz- als auch Kühlanlagen die Befüllung und Nachspeisung mit VE-Wasser. Alternativ können salzarme unbehandelte oder mit VE-Wasser verschnittene Standortwässer verwendet werden. Dementsprechende Anforderungen an das Füllwasser enthält die BTGA-Regel 3.003. Obwohl darin der Anwendungsbereich auf Kühlsysteme beschränkt wird, ist ihre Anwendung auch für Heiz- und kombinierte Systeme zu empfehlen. In diesem Fall ist zusätzlich die für Heizsysteme zulässige Gesamthärte nach VDI 2035 einzuhalten. Neben einem geeigneten Füllwasser stellt die chemische Überwachung des Umlaufwassers ein wirksames Werkzeug zur Vermeidung von Schäden durch Korrosion dar. Dabei ist die kontinuierliche, sensorgestützte Überwachung einer jährlichen Kontrolle vorzuziehen. Dies gilt insbesondere für Anlagen mit einem hohen Schadenspotential. Es hat sich gezeigt, dass gesunde Systeme innerhalb weniger Monate kollabieren können, wenn nicht rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Am ehesten empfiehlt sich die Überwachung des pH-Wertes. Andere Parameter wie Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt oder Redoxpotential geben darüber Hinweise auf mögliche Ursachen für unerwünschte Systemänderungen. Die Berechnung der Korrosionsrate mit dem FeQuan-Sensor zur Ermittlung des Korrosionsrisikos hat sich im Praxistest bewährt, ist aber noch verbesserungswürdig. Mit dem FeQuan-Sensor werden gestiegene Korrosionsrisiken schon angezeigt, wenn andere Parameter dies noch nicht vermuten lassen. Es bestehen jedoch noch Unsicherheiten und es ist noch erforderlich, die berechnete Korrosionsrate unter Zuhilfenahme anderer Parameter richtig zu interpretieren. Die weitere Verbesserung des FeQuan-Sensors ist unter anderem Inhalt des Anschlussprojektes KENBOP, einem Verbundprojekt der Partner FH Westküste, SIZenergie+, synavision und EloDrive. Neben der Verbesserung des FeQuan-Sensors wird in dem Forschungsprojekt Best Practices die korrosionssichere Inbetriebnahme an vier Neubauten erprobt. Hierzu gehören die neue Hauptverwaltung von Wilo in Dortmund, das Stadtschloss Berlin und zwei Hotels in Hamburg.

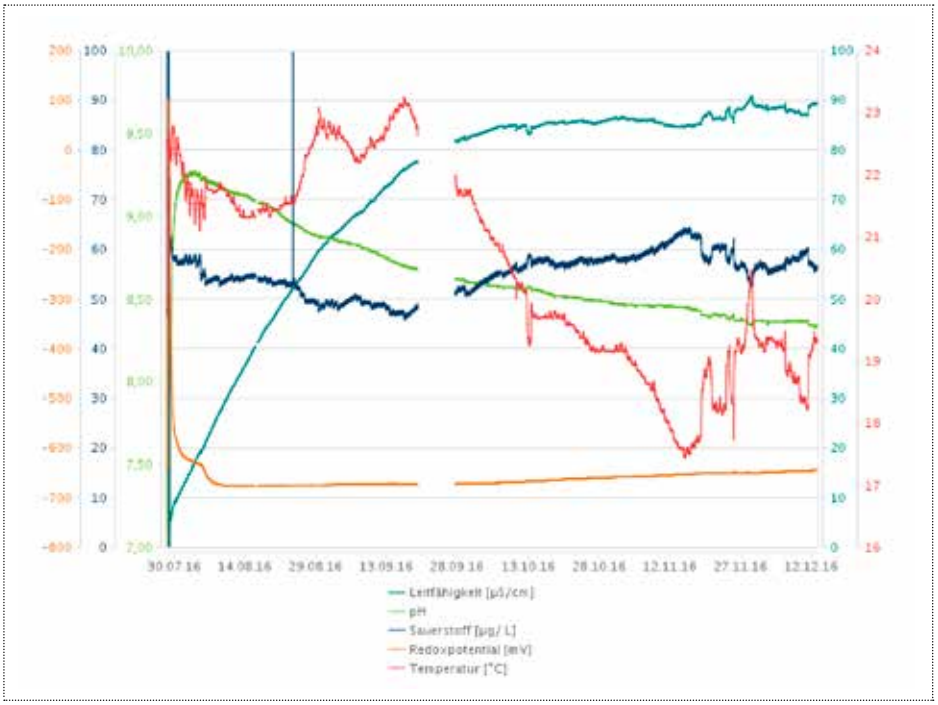


Abbildung 8: Schlechte Alkalisierung (Sauerstoffeintritt und Verkeimung)

Literaturverzeichnis

1. (VDI), Verein Deutscher Ingenieure. VDI 2035, Blatt 2: Vermeidung von Schäden in Warmwasseranlagen. Berlin: Beuth Verlag, 2009.

2. (DIN), Deutsches Institut für Normung. DIN EN 14868 (2005): Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe – Leitfaden für die Ermittlung der Korrosions-wahrscheinlichkeit in geschlossenen Wasser-Zirkulationssystemen. Berlin: Beuth Verlag, 2005.

3. (BTGA), Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. Geschlossene BTGA-Regel 3.003: Geschlossene wassergeführte Kalt-/bzw. Kühlwassserkreisläufe in Gebäuden. Zuverlässiger Betrieb unter wassertechnischen Aspekten. Bonn: s.n., 2017.

4. (VDI), Verein Deutscher Ingenieure. VDI 2035, Blatt 1: Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizungsanlagen. Berlin: Beuth Verlag, 2005.

5. Opel, Oliver.Detektion von Verockerungsprozessen, Korrosion und Belagbildung – Monitoring der Eisenoxidation in Brunnen, Gebäuden, Leitungen und technischen Anlagen mithilfe des Redoxpotentials. Saarbrücken: SVH Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften, 2013.

6. Wiegand, Marlies. Untersuchungen zum Korrosionsverhalten geschlossener hydraulischer Anlagen moderner Installationssysteme mithilfe von wasser- und elektrochemischer Analytik freigesetzter Metallionen. Lüneburg: Unveröffentliche Hochschulschrift, 2017.

7. Fritsche, Olaf.Mikrobiologie. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2016.

8. Energie- und Qualitätsmanagement – Korrosion in hydraulischen Systemen, Förderkennzeichen 03ET1270B, http://siz-energie-plus.de/projekte/eqm-korrosion-in-hydraulischen-systemen

Wärme- und Kälteverteilung im Grand Tower

Klare Systemtrennung und behagliche Temperaturen

Michaela Freytag,
Uponor GmbH,
Haßfurt

Einen der größten Aufträge der Firmengeschichte setzt Uponor derzeit gemeinsam mit dem Tochterunternehmen KaMo um. Im Frankfurter Grand Tower, Deutschlands höchstem Wohnkomplex, werden alle 401 Apartments und Penthouses mit Wohnungsstationen des Herstellers aus Ehingen ausgestattet. Ausschlaggebend hierfür sind die hohen Anforderungen an die Wärme- und Kälteversorgung der luxuriösen Eigentumswohnungen.

Der im Frankfurter Europaviertel entstehende Grand Tower zeichnet sich vor allem durch seine eindrucksvolle, dynamische Architektur und den exklusiven Wohnkomfort aus. Bereits im Vorhinein erhielt das wegweisende Projekt daher zahlreiche renommierte Auszeichnungen, wie etwa den German Design Award oder den International Property Award 2017. In der Tat bekommen die Bewohner des 47 Etagen umfassenden Wohnturms einiges geboten. Zu den Highlights gehören eine Lobby mit Concierge-Service, ein 1.000 m² großer Dachgarten sowie ein Sonnendeck auf 145 m Höhe. Auch die 41 bis 300 m² großen Wohnungen geben mit ihrer raumhohen Verglasung einen beeindruckenden Ausblick auf Frankfurt und den Taunus frei. Die Eigentümer der Penthouses können zudem während der Bauphase Einfluss auf die Gestaltung der Einheiten nehmen.

Diesen hohen Ansprüchen an Flexibilität und Wohnkomfort entspricht auch die Wärme- und Kälteversorgung des Hochhauses. Die Basis bilden hier ein Fernwärmeanschluss mit einer Leistung von 2,5 MW sowie zwei auf dem Dach installierte Kaltwassererzeuger mit Leistungen von jeweils 600 kW. Die Wohnungsstationen dienen als Übergabepunkte für die Wärme und Kälte an die Wohnbereiche. Sie werden über die Steigstränge mit Heiz- und Kühlwasser versorgt und stellen mithilfe integrierter Wärmeübertrager eine klare Systemtrennung sowie die bedarfsgerechte Energieverteilung an die einzelnen Verbraucher sicher. In den unteren Etagen sind die Wohneinhei-

Visualisierung: gsp Städtebau GmbH

Gleich neben dem Einkaufszentrum Skyline Plaza wird in Kürze der mehrfach preiskrönte Grand Tower stehen.

ten mit einer Fußbodentemperierung und einem Badheizkörper sowie in den oberen Stockwerken zusätzlich mit einer Kühldecke und bei Bedarf mit einem Fan Coil ausgestattet.

Die Trennung der primären und sekundären Heiz- und Kühlkreise bringt in dem Wohnturm eine Reihe von Vorteilen mit sich. So können die Bewohner die Raumtemperaturen über die Stationen vollkommen unabhängig vom Gesamtsystem an ihre individuellen Bedürfnisse anpassen, wodurch sich der Wohnkomfort signifikant erhöht. Dabei stellt der in den dezentralen Lösungen integrierte 6-Wege-Kugelhahn sicher, dass die Verbraucher sowohl im Heiz- als auch im Kühlbetrieb jederzeit zuverlässig mit der erforderlichen Durchflussmenge an Warm- bzw. Kaltwasser versorgt werden.

Durch die Entkopplung der Wohneinheiten lässt sich zudem bei einer eventuellen Störung in der komplexen Anlage relativ schnell die Fehlerquelle identifizieren. Liegt diese im Wohnbereich, bleibt bei Reparaturmaßnahmen der Rest des Heizungssystems vollständig in Betrieb. Ebenso ermöglichen die Stationen den einfachen nachträglichen Einbau einer Kühldecke oder eines Fan Coils, da die erforderlichen Anschlüsse bereits vorhanden sind und die Nachrüstung ohne Auswirkungen auf den Rest der Anlage durchgeführt werden kann.

Gleichzeitig sind für die zuverlässige Energieverteilung in dem Komplex hohe Drücke in den Steigleitungen erforderlich, welche durch die Wohnungsstationen zuverlässig ausgeglichen werden. Hierfür ließ der Hersteller umfangreiche Tests mit den Rohren der Lösungen durchführen, um diese für Nenndrücke bis PN 25 zertifizieren zu lassen. Darüber hinaus kommen dynamische Differenzdruckregler zum Einsatz, die den Anlagendruck (PN 16) bei der Übergabe an die Heizkreise auf das für die Sekundärkreise optimale Niveau abmindern.

Die exakte Anpassung der Wohnungsstationen auf die hohen Anforderungen des Gebäudes spielte bei der Auftragsvergabe eine große Rolle. Darüber hinaus erhielten die Projektbeteiligten von Uponor (**www.uponor.de**) und KaMo (**www.kamo.de**) umfassende Beratung und Unterstützung. Hinzu kam die hohe Flexibilität bei der Produktion der Stationen, von denen zu Anfang zehn Einheiten pro Woche auf die Baustelle geliefert werden mussten. Die Fertigstellung des Grand Tower ist für 2019 geplant.

Foto: Roman Gerike

Die eigens für das Projekt entwickelten Wohnungsstationen verfügen über dynamische Differenzdruckregler.

Foto: Roman Gerike

In den 401 luxuriösen Eigentumswohnungen des Bauwerks sorgen hochwertige Wohnungsstationen von KaMo für eine bedarfsgerechte Wärme- und Kälteverteilung.

Effizienz und Flexibilität

FÜR DIE KÄLTE & KLIMATECHNIK

Ihr Partner für industrielle Lösungen weltweit:

- Verflüssiger
- Verdampfer
- Rückkühler
- Isolierkühler
- Luftkühler
- Hybridkühler

thermofin® heat exchangers · Germany

thermofin GmbH · Am Windrad 1 · 08468 Heinsdorfergrund · Germany
Telefon +49 3765 3800 0 · info@thermofin.de · www.thermofin.de

Klimatechnik für weltgrößte Digitaldruckmaschine

Konstante Produktionsbedingungen bei DS Smith, Fulda

Dirk Osterkamp,
Colt International GmbH,
Kleve

Die Zukunft des Drucks ist digital, denn diese Maschinen benötigen keine Druckplatten mehr und können auch kleinste Auflagen in hoher Qualität zu attraktiven Konditionen drucken. DS Smith, ein führender europäischer Hersteller von kundenspezifischen Verpackungen und Displays, hat diesen Trend erkannt und in seinem Werk in Fulda die weltgrößte Digitaldruckmaschine installiert. Diese benötigt konstante Produktionsbedingungen durch eine verlässliche Klimatechnik.

Mit der Digitaldruckmaschine „HP T1100S" eröffnet DS Smith seinen Kunden völlig neue Möglichkeiten. „Das digitale Druckverfahren kommt ohne Druckplatten aus, daher sind auch Änderungen in letzter Minute möglich und schnellste Reaktionen auf aktuelle Promotions und Events", so Stefan Kunzmann, Sales & Marketing Director bei DS Smith in der Region Deutschland und Schweiz. „Das kann insbesondere bei der Umsetzung von Marketing-Kampagnen von großem Vorteil sein. Ein ganz wesentlicher Vorteil des Digitaldrucks ist für unsere Kunden auch die deutlich kürzere Time-to-Market."

Die Digitaldruckmaschine bei DS Smith, 40 m lang und 5 m hoch, stellt hohe Anforderungen an Ab- und Zuluft sowie an das Klima: Nur eine geregelte Belüftung und Klimatisierung der Maschine und des Druckereilokals in der Produktionshalle gewährleisten konstante Produktionsbedingungen mit gleichbleibend hochwertigen und reproduzierbaren Druckergebnissen. Zusätzlich war zu beachten, dass bei längeren Zeiten, an denen die Maschine stillsteht (Wochenende, Feiertage), die Raumtemperatur nicht unter 19 °C sinkt. Colt International sorgte mit einer individuellen Lösung dank des Zuluftgerätes „Tristar", welches in einer Sonderausführung verbaut wurde, für die richtigen klimatischen Bedingungen.

Vielzahl von Anforderungen an die Klimatechnik

Die Druckqualität einer Druckmaschine ist nicht nur von der Technik abhängig, sondern auch von einer Vielzahl weiterer Faktoren, die sich auf die Papierqualität auswirken. So muss in der Produktionshalle eine konstante Temperatur herrschen und die relative Luftfeuchtigkeit sollte bei 50-65 % liegen. Die Zuluft für die Papiertrockner muss je nach anfallender Produktionsmenge variabel sein, zudem ist es unter Umständen erforderlich, dass die Luft entfeuchtet und erwärmt werden muss. Damit der störungsfreie Betrieb der Anlage möglich ist, hat Colt sowohl die Zuluft als auch die Abluft für die Versorgung der Trockner bereitgestellt. Zusätzliche Anforderungen betrafen Prozesssicherheit und Energieeffizienz.

Leistungsstarkes Zuluftgerät

Die Lösung, die Colt beim Kunden imple-

Foto: Colt

Klima- und Lüftungstechnik auf dem Dach der Druckerei

Foto: Colt

Zuluftgerät „Tristar" in einer Sonderausführung

Foto: Colt

In der Produktionshalle muss eine konstante Temperatur herrschen und die relative Luftfeuchtigkeit sollte bei 50-65 % liegen.

Foto: Colt

Luftkanäle in der Druckerei

mentierte, ist das mechanische Zuluftgerät „Tristar". Dabei handelt es sich um ein kompaktes mechanisches Lüftungssystem (RLT-Anlage) für die Luftzuführung und Klimatisierung industrieller Räume, das den Lüftungsbetrieb mit anteiliger Außenluft und Umluft (Raumluft), die nur im Anfahrtsbetrieb nötig ist, als Zuluftgerät und die Lufterwärmung über ein Heizregisterelement (PWW) ermöglicht. Ein Kühlregister kann im Bedarfsfall die Luft kühlen und entfeuchten, Filter reinigen die Luft zuverlässig. Wegen der hohen Ablufttemperaturen wurden die Motoren der Ventilatoren in diesem Fall außerhalb des Volumenstroms installiert. Die abfallende Wärme wird durch ein Kreislaufverbundsystem für die Vor- und Nacherhitzung genutzt.

Herausforderung: Trocknung in einer Druckerei

Ein besonders sensibler Bereich in der Druckproduktion ist die Trocknung des bedruckten Papiers. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte unter 60 % liegen, optimal sind Werte sogar unter 30 %.
Für die Sauberkeit der Luft empfehlen die Spezifikationen der Anlage die Filterqualität M5 (F5). Die Temperatur der Zuluft muss zwischen 20 und 25 °C betragen. Werden die angegebenen Bereiche für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit nicht eingehalten, hat dies gravierenden Einfluss auf das Trocknungsergebnis und schädigt unter Umständen die Infrarot-Strahler.
Colt entschied sich für den Einsatz von Direktverdampfern und Nachheizregistern sowie für die Installation zweier parallel laufender Zu- und Abluftventilatoren, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Zwei Verflüssigungssätze wurde hier eingebaut.

Maschinenkühlung mit einem adiabatischen Rückkühler

Auch die Kühlung der Maschine wurde von Colt realisiert. Der Volumenstrom beträgt max. 22,1 m^3/h, die benötigte Kälteleistung beläuft sich auf 166,7 kW. Erreicht wurden diese Werte mit einem adiabatischen Rückkühler für die Maschinenkühlung, der über zwei redundant laufende Pumpen versorgt wird.

baelz automatic

Mit Wärme umweltfreundlich kühlen

Baelz Absorptions-kältemaschine:

- kompakt
- energieeffizient
- komfortabel

www.baelz.de
W. Baelz & Sohn GmbH & Co. · Heilbronn

Industriekühlung im Wandel

Interview mit Jared Hendricks, Geschäftsführer von Hyfra

Der Sektor Industriekühlung durchläuft derzeit einen Wandel. Steigende Energiekosten, neue Vorschriften und wachsende Kundenerwartungen setzen Hersteller und Endanwender unter Druck, ihre Produkte und Serviceleistungen zu modernisieren. Jared Hendricks, Geschäftsführer des zu Lennox International gehörenden Bereichs Hyfra Prozesskühlung, erklärt im KKA-Interview, was Anwender bedenken sollten, wenn sie Prioritäten setzen, und wo für Hersteller Verbesserungspotenzial besteht.

Quelle: Hyfra

Jared Hendricks, Geschäftsführer des zu Lennox International gehörenden Bereichs Hyfra Prozesskühlung

KKA: Herr Hendricks, Modernisierung scheint im Bereich der industriellen Prozesskühlung ein wesentliches Thema zu sein. Viele Anwender ersetzen ihre bestehenden Prozesskühlanlagen durch neuere Maschinen. Was ist aus Ihrer Sicht für diese Entwicklung verantwortlich?

Hendricks: Die vorrangigen Faktoren für diesen Wandel in unserer Branche sind steigende Energiekosten sowie die zunehmende Verknappung der bestehenden Kältemittel infolge von EU-Vorschriften und der Quoten für fluorierte Treibhausgase (auch F-Gase genannt). Allein die Energiekosten zwingen viele Anwender, sich nach effizienteren Lösungen umzusehen, selbst wenn sich ihre bestehenden Systeme im jahrelangen Einsatz bewährt haben. Ein Kunde kaufte beispielsweise vor Kurzem ein neues Kühlsystem, um drei Hyfra-Kühler zu ersetzen, die er 1987 von uns bezogen hatte. Dieses 30 Jahre alte System lief zwar nach wie vor gut, aber der Kunde brauchte mehr Platz und Funktionen. Unsere neuesten Produkte boten die gleiche Kühlleistung bei 75 % weniger Standfläche und Volumen. Außerdem ist das neue System energieeffizienter, benötigt weniger Kältemittel und verfügt über modernere Steuerungsfunktionen.

In anderen Fällen geht es den Endanwendern darum, mit Blick auf Industrie 4.0 auf intelligentere und vernetzte Anlagen umzustellen. Was das bedeutet, kann von Kunde zu Kunde unterschiedlich sein. Einige wollen, dass unsere Anlagen in ihre Systeme integrierbar sind und mit ihnen kommunizieren. Andere wiederum wünschen sich erweiterte Überwachungsfunktionen. Durch die Zusammenarbeit mit unseren Kunden sind wir in der Lage, maßgeschneiderte Lösungen zu entwickeln und damit ihren vielfältigen Bedürfnissen gerecht zu werden.

KKA: Abgesehen von diesen Punkten, inwieweit erhöht sich durch die Verknappung von Kältemitteln der Modernisierungsdruck?

Hendricks: Seit der Einführung eines Quotensystems für Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial (GWP = Global Warming Potential) sind die Preise für solche Kältemittel ins Astronomische gestiegen. Darüber hinaus wird der Betrieb vieler bestehender Anlagen, die mit Kältemitteln mit hohem GWP-Wert arbeiten (z. B. R404A oder R507A), zunehmend weniger praktikabel und unrentabler. Wir glauben, dass die Verknappung und die Preise von Kältemitteln in Verbindung mit den zusätzlichen Funktionen neuer Systeme die Endanwender dazu bewegen werden, vorzeitig aufzurüsten.

KKA: Was kann eine neue Prozesskühlanlage im Hinblick auf das F-Gas-Problem bieten?

Hendricks: Bei Hyfra haben wir uns intensiv mit dem F-Gas-Aspekt befasst und sind überzeugt, dass sich sowohl die Knappheit als auch der Preisdruck in den nächsten Jahren weiter verschärfen werden. Deshalb haben wir uns in Sachen Kältemittel zu einer dreigleisigen Strategie entschieden.

Kurzfristig haben wir eine zuverlässige Versorgung mit den bisher verwendeten Kältemitteln gesichert, damit wir unsere Kunden auch weiterhin unterstützen können. Das ist der Vorteil, zu einem größeren Mutterkonzern wie Lennox zu gehören.

Zudem verfügen wir bereits heute über Technologien, die die Kältemittelmengen in unseren Systemen reduzieren. Wir haben als erstes Unternehmen der Branche die Microchannel-Technologie eingeführt. In Verbindung mit unserem hochentwickelten System senkt sie den Kältemittelverbrauch um 70 %.

Als langfristige Lösung entwickeln wir derzeit unsere nächste Generation von Kühlanlagen, die mit neuen Kältemitteln mit extrem niedrigen GWP-Werten arbeiten werden.

Die neuen Vorschriften stellen zwar auf kurze Sicht eine Herausforderung dar, tatsächlich jedoch sehen wir sie als Chance, innovativ zu sein und neue Ansätze zu erforschen.

KKA: Was sonst sollten Anwender berücksichtigen, die ihre Prozesskühlung modernisieren möchten?

Hendricks: Das Thema Industrie 4.0, oder die vernetzte Fabrik, gehört für viele unserer Kunden zu den obersten Prioritäten. Uns ist klar, dass unsere Kunden nicht als Erstes an ihren Prozesskühler denken. In gewisser Hinsicht wollen wir sogar, dass unsere Systeme gegenüber den Kernprozessen unserer Kunden unsichtbar im Hintergrund laufen. Allerdings kann die Leistung der Prozesskühlanlage absolut entscheidend für die Qualität des Endresultats sein. Eine akkurate und präzise Kühlung gewährleistet die Qua-

lität des Laserschnitts, garantiert den Schutz einer kritischen Ressource, erhält Sicherheit und Qualität destillierter Getränke und vieles mehr. Aus diesem Grund sind immer mehr unserer Kunden an unseren intelligenten Steuerungsoptionen interessiert. Diese Lösungen bieten nahtlose Schnittstellen zwischen unserem System und den Anlagen der Kunden, Betriebsdatenerfassung, Fernüberwachung sowie Diagnosefunktionen.

Quelle: Hyfra

Hyfra Industriekühlanlagen ist seit 1997 eine eigenständige Marke von Lennox International.

KKA: Und nun zum Thema Energieeffizienz. Was sollten die Kunden hier tun?

Hendricks: Die Anwender verlangen von uns als Hersteller heute hocheffiziente Systeme. Das ist seit Jahren fester Bestandteil unserer neuen Produktentwicklungsstrategie.
Teillastfähige Komponenten werden zur sinnvollen Antwort auf den Anstieg der Energiepreise. Bei unserer „FleXX"-Technologie beispielsweise erfasst ein SPS-System kontinuierlich die aktuelle thermische Belastung, passt den Betriebspunkt des Verdichters mit variabler Drehzahl sowie des Ventilators an und justiert das elektronische Expansionsventil entsprechend der benötigten Kühlleistung.
Auch hier sind intelligente Steuerungen der Schlüssel. Durch teillastkompatible Komponenten wie Verdichter, Ventilatoren, Pumpen und Expansionsventile ermöglichen sie höhere Wirkungsgrade. Auch wenn diese Lösungen sehr komplexe Algorithmen umfassen, so sind sie tatsächlich installationsfreundlicher und flexibler in der Anwendung als herkömmliche Systeme.

KKA: Könnten Sie uns bitte ein Beispiel nennen?

Hendricks: Sehr gerne. Ein Kunde hat in seinem Werk mehrere Induktionsheizungsanlagen, die jedoch nicht immer gleichzeitig laufen, sodass die thermische Belastung nicht gleichmäßig ist. Die älteren Kühlsysteme – davon gab es drei – ließen sich nur entweder ein- oder ausschalten. Das heißt, wenn der Kühlbedarf etwas über dem lag, was zwei Anlagen abdecken konnten, mussten alle drei bei voller Leistung laufen. Im Endeffekt ist das natürlich Energieverschwendung.
Mit unserer neuesten Technologie werden nun alle Induktionssysteme von einer einzigen Anlage gekühlt, die sich automatisch auf den jeweiligen Kühlbedarf einstellt. Der Anwender profitiert von einer Senkung des Energieverbrauchs, einer geringeren Standfläche und weniger Lärmbelastung.

Westfalen

Kältemittellösungen von Westfalen.
Wir statten Ihre Anlagen mit den passenden Kältemitteln aus, denn es kommt immer auf die richtige Produktauswahl für Ihre individuelle Anforderung an. Sie wollen Ihre gebrauchten Produkte wiederaufarbeiten lassen? Nutzen Sie unser Wissen und lassen Sie sich von uns beraten. Bleiben Sie mit uns auf Kurs und erfahren Sie mehr unter **westfalen.com/kaeltemittel**

KKA: Erfüllen Anwender mit teillastkompatiblen Prozesskühlsystemen automatisch auch die Auflagen der Ökodesign-Richtlinie (EU-Verordnung 2016/2281), die zur Reduzierung der CO_2-Emissionen strikte Anforderungen an die Energieeffizienz moderner Industriekühlanlagen stellt?

Hendricks: Die aktuellen Ökodesign-Vorschriften sind recht komplex. Alle Hersteller müssen sich intensiv mit ihnen befassen, um ihre Bedeutung für ihre Produkte zu verstehen. Teillastsysteme oder variable Systeme können definitiv einen großen Beitrag zur Einhaltung der Ökodesign-Vorgaben in der Produktion leisten.

Die meisten Hyfra-Produkte sind nicht direkt von den neuen Richtlinien betroffen, da ihre Auslasstemperatur über dem definierten Bereich liegt. Wo die Anwenderspezifikationen jedoch Anpassungen verlangen, entwickeln wir in Zusammenarbeit mit dem Kunden maßgeschneiderte Lösungen.

KKA: Sie sagen, die aktuellen Ökodesign-Vorschriften sind recht komplex. Was sollten Anwender und Hersteller tun?

Hendricks: Wie bereits erwähnt, müssen alle Hersteller die Verordnung genau lesen, um zu verstehen, wie die neuen Ökodesign-Bestimmungen ihre Produkte betreffen. Hinzufügen möchte ich noch, dass es wichtig ist, mit Unternehmen zusammenzuarbeiten, die sich mit der Richtlinie auseinandergesetzt haben und sie erfüllen.

Darin liegt für Hyfra ein weiterer Vorteil der Zugehörigkeit zu Lennox International. Wir haben uns intensiv mit der Vorschrift befasst und sind von unserem Ansatz überzeugt. Darüber hinaus verfügen wir über das technische Know-how und die Erprobungskapazitäten, um die Einhaltung der Bestimmungen zu gewährleisten.

Im Moment bereiten wir unsere Produkte schon für die nächste Stufe der Ökodesign-Verordnung vor, die 2021 in Kraft treten wird.

Quelle: Hyfra

Hendricks: „Bei Hyfra haben wir uns intensiv mit dem F-Gas-Aspekt befasst und sind überzeugt, dass sich sowohl die Knappheit als auch der Preisdruck in den nächsten Jahren weiter verschärfen werden."

KKA: Wir haben viel über die Modernisierung und Weiterentwicklung von Produkten gesprochen. Sehen Sie in der Branche auch bei anderen Aspekten Veränderungen?

Hendricks: Absolut. Hyfra entwickelt und fertigt alle seine Produkte in Deutschland nach höchsten Qualitätsstandards und verkauft und vertreibt sie dann weltweit. Unsere Kunden hatten schon immer sehr hohe Erwartungen an unsere Produkte. Nun sind sie im Hinblick auf den Service noch anspruchsvoller geworden. Das liegt zum Teil an den bereits erwähnten Veränderungen bei den Produktmerkmalen. Die Produkte unserer Kunden sind komplexer geworden, und die Kunden verlangen von uns ein tiefgreifendes Verständnis ihrer Anwendung, damit wir maßgeschneiderte Lösungen für sie entwickeln können. Außerdem vertrauen sie darauf, dass wir das komplexe regulatorische Umfeld verstehen und beachten.

Zudem ist ihnen daran gelegen, die Abläufe nach dem Verkauf zu vereinfachen. So u. a. durch Unterstützung beim Projektmanagement, bei der Installation und bei der Inbetriebnahme. Da unsere Produkte weltweit installiert werden, erwarten die Kunden von uns Hotline-Support rund um die Uhr sowie bei Bedarf Wartungs- und Produkt-Support vor Ort. Ich denke, der Trend wird zunehmend weggehen von kleinen, lokalen Herstellern, die keine weltweite Unterstützung bieten können. In den nächsten Jahren wird die Serviceunterstützung sowohl für unser Geschäft als auch für die Branche insgesamt ein Bereich für weitere Verbesserungen und Investitionen sein, da die Erwartungen der Kunden weiter steigen.

KKA: Sehen Sie im Hinblick auf die Modernisierung der Branche noch in anderer Hinsicht Verbesserungsmöglichkeiten?

Hendricks: Meines Erachtens wird es in unserer Branche durch die Veränderung der regulatorischen Landschaft und die wachsenden Kundenerwartungen auch künftig Verwerfungen geben. Bei Hyfra verbringen wir viel Zeit mit der Erörterung unserer digitalen Strategie. Hier hat sich für uns viel verändert. Früher haben wir über Produkte und Serviceleistungen gesprochen und die digitale Strategie den Technologieunternehmen überlassen. Wenn wir eine Softwarelösung brauchten, prüften und kauften wir sie, ohne den großen Zusammenhang zu betrachten. Diese Zeiten sind vorbei!

Wir haben erkannt, dass wir eine digitale Strategie brauchen, mit der wir alle unsere digitalen Initiativen aufeinander abstimmen können. Wir gehen dabei einerseits auf die interne Notwendigkeit ein, Dinge besser, schneller und intelligenter zu tun, andererseits aber auch auf das externe Erfordernis, das Kundenerlebnis aufzuwerten und auf die Bedürfnisse unserer Stakeholder.

Es gibt bereits einige interessante Veränderungen wie eine neue Website, ein modernes Customer Relationship Management-System, ein neues Kundenportal und eine E-Commerce-Plattform. Darüber hinaus haben wir unsere Präsenz in den sozialen Medien neu ausgerichtet.

Eines unserer vorrangigen Ziele besteht in der Aufwertung des Kundenerlebnisses. Das neue Kundenportal „myHYFRA" bietet Kunden die Möglichkeit, Ersatzteile online zu kaufen und den Bestellstatus zu verfolgen. Wir werden dieses Portal kontinuierlich um neue und leistungsstarke Funktionen erweitern.

Nach unserer Überzeugung brauchen Unternehmen eine intelligente und robuste digitale Strategie, wenn sie im 21. Jahrhundert effektiv gegenüber dem Wettbewerb bestehen wollen. Wir freuen uns schon darauf, hierzu im Jahr 2019 einige interessante Aspekte bekanntzugeben.

KKA: Vielen Dank für das Interview!

Hyfra Industriekühlanlagen GmbH

Das Unternehmen aus Krunkel/Westerwald wurde 1981 gegründet und ist auf Systeme für die industrielle Prozesskühlung spezialisiert. 1997 wurde das Unternehmen als eigenständige Marke in Lennox International, Inc. eingegliedert. Im Zentrum der Geschäftstätigkeit von Hyfra stehen Prozesskühllösungen für die Werkzeugmaschinen-, Filtrations- und Laserindustrie. Die Produkte des Unternehmens reichen von kleinen „Plug-and-play"-Tischkühlgeräten bis hin zu großen, kundenspezifisch angepassten Industrieanlagen. Weitere Informationen finden Sie auf www.hyfra.com.

Technische Dämmung im Hilton Schiphol Hotel

Höhere Energieeffizienz durch Hochleistungsdämmstoff

Michaela Störkmann,
Armacell Technical Manager EMEA,
Münster

Wenn in der Hotellerie Sterne für das Kältedämmkonzept vergeben würden, hätte das neue Hilton Amsterdam Airport Schiphol Hotel einen fünften Stern verdient. In dem beeindruckenden Gebäudekomplex kommt ein Hochleistungsdämmstoff zum Einsatz, der die Kühlwasserleitungen vor Tauwasser und Energieverlusten schützt.

Green Hotel

Das Hilton Amsterdam Airport Hotel steuert die Bewertung „Exzellent" nach dem niederländischen BREEAM-NL Standard an und wurde von der weltweit größten Reise-Website TripAdvisor mit dem „GreenLeader Gold"-Zertifikat ausgezeichnet.

Mit dem neuen Hilton Airport Schiphol Hotel ist die niederländische Hauptstadt um ein neues Wahrzeichen reicher. Die geschwungene kubische Struktur und die rautenförmigen Fassadenelemente bestimmen das Erscheinungsbild. Aus der Ferne wirkt das Gebäude mit den scheinbar willkürlich angeordneten gläsernen, grauen und weißen Elementen wie ein riesiger Diamant. Der Hotelturm wurde über dem Sockel um 45 Grad gedreht, wodurch er sich von der angrenzenden Bebauung am Schiphol Boulevard absetzt. Unterstützt wird der Effekt noch durch die abgerundeten Ecken der Gebäude. Weitere Highlights des Hotels mit 433 Gästezimmern und 23 Konferenzräumen sind ein 42 m hohes Atrium mit Glasdach und ein säulenfreier Ballsaal, der Platz für bis zu 640 Personen bietet. Der Flughafen Schiphol liegt in unmittelbarer Nachbarschaft und ist für Gäste in wenigen Minuten über einen überdachten Fußweg erreichbar.

Foto: Armacell

Zur Isolierung der Leitungen und weiterer Anlagenteile in den Technikzentralen setzten die Mitarbeiter des Isolierbetriebs Riweltie BV „AF/Armaflex"-Schläuche und -Platten in Dämmschichtdicken von 16 und 19 mm ein.

BIM-Pioniere in den Niederlanden

Das Hilton Schiphol Hotel ist eines der ersten Großprojekte in den Niederlanden, das als virtuelles Modell mit BIM (Building Information Modeling) geplant wurde. Damit nehmen das Delfter Architekturbüro Mecanoo, die Planungsbüros Deerns (Rijswijk) und ABT (Velp) sowie die Schiphol Hotel Property Company (eine Tochtergesellschaft der Schiphol Real Estate) eine Vorreiterrolle in den Niederlanden ein. Dank der Gebäudeplanung mit BIM kann das Modell jetzt auch für die effiziente Verwaltung und Wartung des Hotels genutzt werden.

Nachhaltiger Hotelbau

Große Bedeutung wurde bei der Planung der Nachhaltigkeit des Gebäudes beigemessen. Der Energieverbrauch liegt 10 % unter dem in den Niederlanden gesetzlich geforderten Gesamtenergiekoeffizienten (EPC). Eine Herausforderung, die das Planungsbüro Deerns durch eine Kombination unterschiedlichster Energiesparmaßnahmen erreichte: Wärme- und Kältespeicherung in wasserführenden Schichten in einer Tiefe von 130 m, Niedertemperaturheizung, Wärmerückgewinnung aus klimatisierter Luft, hocheffiziente Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung durch den Einsatz von Wärmepumpen sowie eine energieeffiziente Beleuchtung und optimierte Belüftung. Eine wichtige Rolle im Konzept spielt das Atrium. Es ermöglicht, dass natürliches Licht ins Gebäudeinnere gelangt und dient gleichzeitig der Klimatisierung. Bevor die Außenluft in das Atrium gelangt, wird sie gefiltert und

Illustration: Unica

Die Installationen der modernen Gebäudetechnik in einem der technischen Räume des Hilton Schiphol Hotels im BIM-Modell ...

... und in der Realität

Hans de Klein von Riweltie BV und Sander Bottenheft, Projektleiter bei Unica Installatietechniek, mit Armacell-Mitarbeiter Remco Hiemstra

Auch Luftkanäle wurden mit einer „AF/Armaflex"-Dämmung vor der Bildung von Tauwasser geschützt.

dort für die Gästezimmer weiter vorbehandelt. Um ein zu starkes Aufheizen des Innenraums zu verhindern, wurde das Glasdach als Sonnenschutzverglasung ausgeführt.

Höhere Energieeffizienz durch Hochleistungsdämmstoffe

Der Wärme- und Kältebedarf wird über Wärmepumpen gewonnen; zur Klimatisierung mit Wärmerückgewinnung wurden Rotations-, Spiral- und Kreuzstromwärmetauscher eingesetzt. 95 % der Ventilatoren und Pumpen des Niedertemperaturheizsystems sind frequenzgeregelt. Insgesamt verbaute der Installationsbetrieb Unica Installatietechniek im Gebäudekomplex 31 km Rohrleitungen, wobei rund die Hälfte des Leitungsnetzes der Gebäudekühlung dient. Es handelt sich um Leitungen mit 10 °C im Vor- und 18 °C im Rücklauf. Um die Kühlwasserleitungen vor Tauwasser und Energieverlusten zu schützen, hatte das Planungsbüro Deerns eine Dämmung mit „AF/Armaflex" ausgeschrieben. Als die Firma Unica den technischen Entwurf 2012 in Autodesk Revit MEP entwickelte, steckte BIM noch in den Kinderschuhen. Heute wird jeder dritte öffentliche Neubau in den Niederlanden mit BIM geplant.

Zur Isolierung der Leitungen und weiterer Anlagenteile in den Technikzentralen setzten die Mitarbeiter des Isolierbetriebs Riweltie BV Schläuche und Platten in Dämmschichtdicken von 16 und 19 mm ein. Auch die Außenluftkanäle, deren Mediumtemperatur im Winter unter und im Sommer über der Umgebungstemperatur liegt, wurden mit einer „AF/Armaflex"-Dämmung vor der Bildung von Tauwasser geschützt. Auf den Kanälen installierten die Isolierer rund 4.000 m² „AF/Armaflex"-Platten in einer Isolierstärke von 25 mm. Der Dämmstoff mit einer besonders niedrigen Wärmeleitfähigkeit und einem hohen Wasserdampfdiffusionswiderstand gewährleistet eine höhere Energieeffizienz und geringere Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer der gedämmten Anlage. Perfekt wird das System durch den parallelen Einsatz des „Armafix AF"-Rohrträgers.

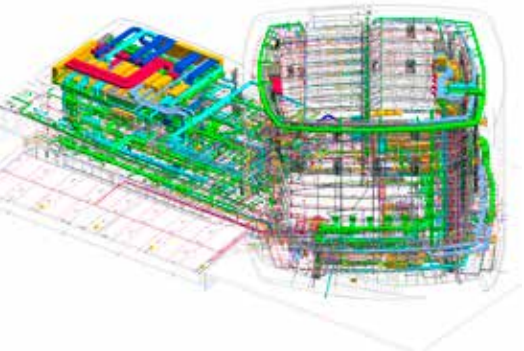


Illustration: Deerns

Das BIM-Gebäudemodell

Systemlösung mit dem „Armafix"-Rohrträger

Nicht korrekt gedämmt, stellen Rohrschellen eine mögliche Schwachstelle bei Kältedämmungen dar. Wird die Rohrleitung nicht thermisch von der Rohraufhängung entkoppelt, entstehen Wärmebrücken und es kann zur Bildung von Tauwasser kommen. Das führt zum einen zu erhöhten Energieverlusten, zum anderen steigen das

Foto: (c) 2016 Hilton Amsterdam Airport Schiphol

Mit dem neuen Hilton Airport Schiphol Hotel ist die niederländische Hauptstadt um ein neues Wahrzeichen reicher.

Korrosionsrisiko und die Gefahr kostenintensiver Folgeschäden. Der „Armafix"-Rohrträger entkoppelt Rohrleitung und Befestigung thermisch voneinander und bildet so zusammen mit der anschließenden „Armaflex"-Dämmung ein langfristig sicheres Dämmsystem bei Kälteanlagen. Der Rohrträger besteht aus „AF/Armaflex", in das Segmente aus druckfestem und umweltfreundlichem PET eingebettet sind. Über den Außenumfang ist der Elastomer-Dämmstoff mit lackierten Aluminiumblechen verklebt, die sowohl zur Lastverteilung als auch als zusätzliche Dampfbremse dienen. Der Rohrträger bietet nicht nur ein Höchstmaß an Sicherheit, er kann auch einfach, schnell und sauber installiert werden. Während bei der Verarbeitung von Standard-Schellen an den Rohraufhängungen aufgedoppelt und mit „Armaflex" überbaut werden muss, wird „Armafix" einfach um die Rohrleitung gelegt und mit dem Selbstklebeverschluss geschlossen und anschließend vom Isolierer nur noch an den Stirnseiten mit dem Schlauchmaterial verklebt. Im Vergleich zur nachträglichen Dämmung von Rohrhalterungen können so Zeit, Material und Geld gespart werden.

Mehr Sicherheit mit der System-Gewährleistung

Die Kältedämmarbeiten im Hilton Schiphol Hotel wurden im Rahmen der „Armaflex System-Gewährleistung" ausgeführt. Bei diesem Partnerkonzept profitieren geschulte und zertifizierte Isolierbetriebe von einer über die gesetzliche Beschaffenheitsgarantie von zwei Jahren hinausgehende Gewährleistung von bis zu zehn Jahren.

Die System-Gewährleistung bringt nicht nur zertifizierten Unternehmen einen unmittelbaren Wettbewerbsvorteil, auch Planer, Handelspartner und Auftraggeber profitieren von diesem Qualitätssiegel. Denn Qualität und Sicherheit ist in der Kältedämmung das A und O. In vielen Märkten nehmen Isolierbetriebe regelmäßig an Armacell-Schulungen teil und haben sich bereits als geschulte „Armaflex"-Verarbeitungsbetriebe zertifizieren lassen.

Für das Hilton Schiphol Hotel bedeutet das Qualitätssiegel höchste Qualität und Sicherheit bei der Kältedämmung.

Hans de Klein, technischer Vertriebsdirektor des Isolierunternehmens Riweltie BV:

„Wir haben dieses Projekt mit der ‚Armaflex System-Gewährleistung' realisiert. Dazu haben wir im vergangenen Jahr unsere Mitarbeiter in der korrekten ‚Armaflex'-Verarbeitung beim niederländischen Ausbildungsfonds OOI schulen und zertifizieren lassen. Beim Einsatz von ‚AF/Armaflex' im System mit dem ‚Armafix AF'-Rohrträger profitieren wir jetzt von einer projektbezogenen Gewährleistung von zehn Jahren."

More than cold.

KÄLTETECHNIK FÜR EXTREME EINSATZFÄLLE

INDIVIDUELLE LÖSUNGEN FÜR TIEFSTTEMPERATUREN BIS -120 °C

- Tieftemperaturflüssigkeitskühler
- Tieftemperaturlagerung bis -80 °C
- Plattenfroster bis -80 °C
- Bodengefrieranlagen
- Gefriertrocknung
- Pulverlacktrocknung
- Umweltsimulationskammern
- Kälte-Therapiekammern bis - 110°C

Auch in **ATEX** und mit förderfähigen natürlichen Kältemitteln verfügbar!

LR Kältetechnik

L&R Kältetechnik GmbH & Co.KG
Hachener Strasse 90a-c
59846 Sundern-Hachen • Germany
T +49 2935 9652 0
info@lr-kaelte.de • **www.lr-kaelte.de**

Detektion von Fouling

Leistungsüberwachung an Verdunstungskühlanlagen mit geschlossenem Kreislauf

Björn Nienborg, Subramanian Santhanam, Lena Schnabel,
Fraunhofer ISE – Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg

Marc Mathieu, Alexander Schwärzler, Katharina Conzelmann,
Dr. O. Hartmann GmbH & Co. KG, Vaihingen/Enz

Verdunstungskühlanlagen (VKA) sind für Fouling (Verschmutzung, Biofilmwachstum) anfällig: Da sie mit unbehandelter Außenluft arbeiten, sind sie natürlichen (z.B. Pollen) und menschgemachten (z.B. Industriestaub) Verschmutzungen ausgesetzt. Zudem fördert die Verdunstung die Bildung von Ablagerungen an den Wärmeübertragungsflächen. Da kaum kongruente Daten zum quantitativen Einfluss von Fouling auf die Übertragungsleistung von VKA verfügbar sind, führte das Fraunhofer ISE eine Versuchsreihe durch, in der eine geschlossene VKA bei unterschiedlichsten Betriebsbedingungen und unterschiedlichen Verkalkungszuständen des Rohrbündels vermessen wurde.

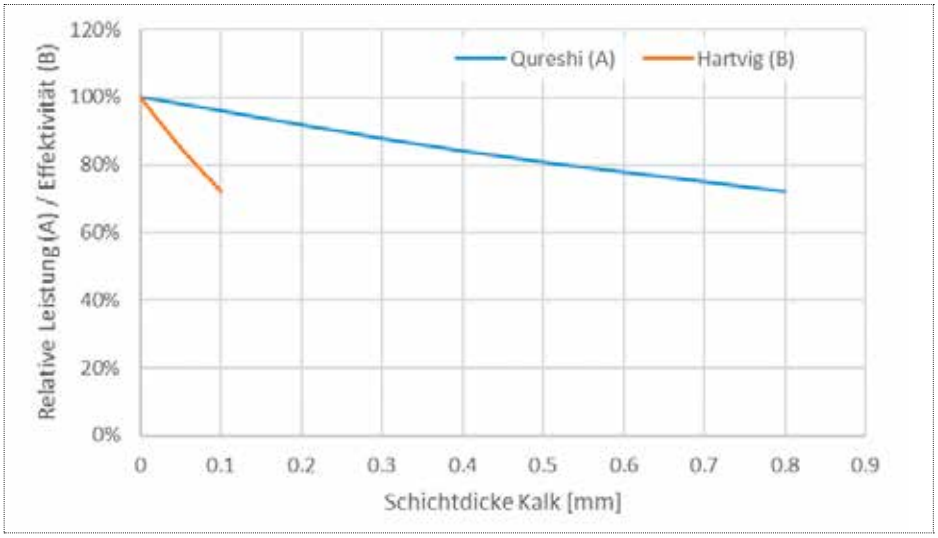


Bild 1: Einfluss von Kalkablagerungen auf die Kühlturmleistung (relativ zum Nennwert) bzw. Effektivität laut Literatur

Fouling ist in der Prozesstechnik ein dauerhaftes Problem und verursacht Schätzungen zufolge Kosten von 0,25 % des Bruttosozialproduktes aufgrund von Überdimensionierung, Stillständen und erhöhtem Energieverbrauch [1]. Auch Verdunstungskühlanlagen (VKA, i.d.R. als Kühltürme bezeichnet), wie sie in Kälteanlagen zum Abführen der Kondensatorwärme an die Umgebung häufig eingesetzt werden, sind für Fouling anfällig. Weil diese Anlagen im Betrieb schlecht zugänglich sind, wird im Folgenden untersucht, ob über eine Messung der Übertragungsleistung eine Detektion von Fouling möglich ist. Die Arbeiten konzentrieren sich dabei auf Kühltürme geschlossener Bauart, d.h. mit durch Wärmeübertrager entkoppeltem Kühlkreis und separatem Sprühkreis.

Zum Einfluss von luftseitigem Fouling auf die Leistungsfähigkeit von geschlossenen Kühltürmen sind in der Literatur wenig belastbare bzw. kongruente Daten zu finden. Angaben aus zwei Quellen sind in Bild 1 dargestellt. Unter der Annahme, dass die Definition von Effektivität in [2] grundsätzlich zu der Leistungsangabe in [3] passt, ergibt sich eine Abweichungen um den Faktor 7 bei 0,1 mm Schichtdicke.

Ziel der vorgestellten Arbeiten ist somit zunächst, den Einfluss von Fouling – hier am Beispiel von Calciumcarbonat (Kalk) – quantitativ zu erfassen.

Methodik

Versuchsaufbau

Um den Einfluss von Fouling über die Übertragungsleistung zu überprüfen, wurde ein Versuchsstand eingerichtet, an dem ein geschlossener Kühlturm im Betrieb kontinuierlich vermessen wird (s. Bild 2). Auf der Kühlwasserseite sind der Volumenstrom bis ca. 5.300 l/h und die Eintrittstemperatur in den Kühlturm bis ca. 60 °C regelbar. Luftseitig wird der Kühlturm mit Umgebungsluft beaufschlagt, d.h. Temperatur und Feuchte können nicht beeinflusst werden. Jedoch ist der Kühlturmventilator über einen Frequenzumrichter im Bereich von 20 % bis 100 % regelbar. Die Sprühpumpe kann an- bzw. ausgeschaltet aber nicht geregelt werden.

Für die Versuche wurde ein marktverfügbarer geschlossener Kühlturm mit 35 kW nennleistung ausgewählt: Gohl VK8/5. Die Wassernachspeisung erfolgt bei diesem Modell über einen Schwimmerschalter im Sumpf, welches ein Magnetventil ansteuert. Die verbaute Sensorik zeichnet 1-Minutenwerte auf. Die Messstellen sitzen einerseits im Kühlkreislauf (Ein-/Austrittstemperatur sowie Volumenstrom), zusätzlich werden auch die Zuluftbedingungen (Temperatur, Feuchte, Druck) sowie der Betriebszustand der Sprühpumpe (an/aus) und die elektrische Leistungsaufnahme des Ventilators gemessen. Die wichtigsten technischen Daten der Messtechnik sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Absalzsteuerung erfolgt anhand der Leitfähigkeit über eine Messeinrichtung der Fa. Dr. Hartmann Chemietechnik. Diese erfasst zudem kontinuierlich den pH-Wert sowie das Redox-Potenzial. Zur Kontrolle des biologischen Wachstums wird regelmäßig

Biozid zum Sprühwasser dosiert. Selbstverständlich werden auch die Anforderungen nach der 42. BImSchV eingehalten.

Versuchsdurchführung

CHARAKTERISIERUNG IM UNVERSCHMUTZTEN (AUSLIEFERUNGS-) ZUSTAND

Zu Beginn der Messkampagne wurde der Kühlturm an einer Reihe von Betriebspunkten vermessen. Hierzu wurden die in Tabelle 1 dargestellten Parameter variiert.

VERMESSUNG BEI VERKALKTEM ROHRBÜNDEL

Im Anschluss an die Messungen im unverschmutzten Zustand ging der Kühlturm in den Dauerbetrieb über. Dabei wurde das Sprühwasser zunächst auf Stadtwasser mit ~12 °dH und die Eindickung auf 4 eingestellt. Da der Aufwuchs von Kalk langsamer als erwartet voranging, wurde später mit höherer Eindickung sowie Zugabe von Natriumhydrogencarbonat und Calciumchloridlösung zum Zusatzwasser experimentiert. Zur Überprüfung der Übertragungsleistung im Nassbetrieb wurde zweimal wöchentlich eine Referenz-Messsequenz, welche auch im unverschmutzten Zustand vermessen wurde, abgefahren (30 °C Wassereintrittstemperatur, 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom, alle vier Ventilatorstufen). Zusätzlich wurde einmal wöchentlich eine Referenzsequenz (39 °C Wassereintrittstemperatur, 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom, alle vier Ventilatorstufen) im Trockenbetrieb durchgemessen.

Ergebnisse und Interpretation

Referenzmessungen im unverschmutzten Zustand

TROCKENBETRIEB

Bild 3 zeigt den zeitlichen Verlauf ausgewählter Messstellen während der Referenzmessungen im Trockenbetrieb. Deutlich zu erkennen sind die vier Ventilatordrehzahlstufen, die ein stufenförmiges Profil der Ventilatorstromaufnahme bewirken (grüne Linie). Die Umgebungstemperatur (blaue Linie) weist die zu erwartenden tageszeitlichen Schwankungen auf, Sprünge sind auf herausgefilterte Unterbrechungen im

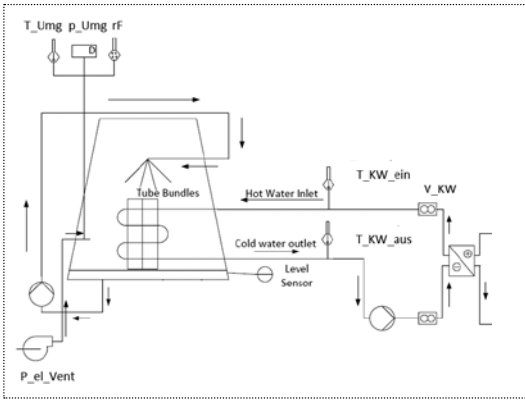


Bild 2: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus inkl. Messstellen

Messbetrieb zurückzuführen. Die Sollwerte für das Kühlwasser werden vom Testaufbau stabil gehalten.

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass der Umgebungstemperatursensor anfangs nicht ausreichend gegen Strahlungseinflüsse abgeschirmt war. Daher wurden Messdaten bei Sonnenschein herausgefiltert und der Sensor für die nachfolgenden Messungen mit einer ventilierten Strahlungshütte versehen. Deutlich instationäre

Messgröße	Sensortyp	Max. Messfehler	Auflösung	Bezeichnung
Lufttemperatur	*Kombinierter T/F-Sensor (Pt100 + kapazitiv); 4...20 mA*	*+/- (0,3 K + 0,3 K)**	*0,02 K*	*T_Umg*
Relative Feuchte		*+/- (2 % + 0,3 %)**	*0,02 %*	*rF*
Luftdruck	*Piezoresistive Druckmesszelle; 4...20 mA*	*+/- (1 hPa + 0,5 hPa)**	*0,04 hPa*	*p_Umg*
Temperatur Kühlmedium (VL/RL)	*Pt100, 4-Leiter*	*+/- 0,05 K*	*0,005 K*	*T_KW_ein/aus*
Volumenstrom Kühlmedium	*Magnetisch-induktiv*	*+/- (0,5 % + 0,3 %)**	*0,1 l/h*	*V_KW*
Elektrische Leistungsaufnahme Ventilator	*Leistungsmessklemme*	*+/- 1,5 %*	*10 mW*	*P_el_Vent*

*Tabelle 1: Beschreibung Messstellen; * (Sensor + Messwerterfassung)*

Betriebsweise	Wassereintrittstemperatur [°C]	Kühlwasservolumenstrom [l/h]	Ventilatorsignal [%]
Trocken	*30, 33, 36, **39***	*3.200, **4.200**, 5.200*	***25, 50, 75, 100***
Nass	*20, 23, 27, **30**, 33, 36*	*3.200, **4.200**, 5.200*	***25, 50, 75, 100***

Tabelle 2: Sollwerte für Kühlwassereintrittstemperatur und -volumenstrom sowie das Ventilatorsignal während der Vermessung im unverschmutzten Auslieferungszustand; hervorgehoben sind die Referenzbedingungen (beschrieben im folgenden Absatz)

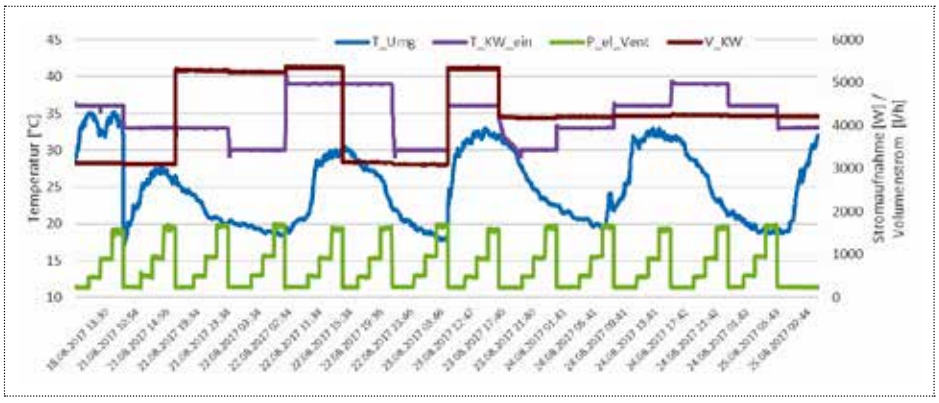


Bild 3: Verlauf von Umgebungs- und Kühlwassereintrittstemperatur (T_Umg / T_KW_ein), Ventilatorstromaufnahme (P_el_Vent) und Kühlwasservolumenstrom (V_KW) über die gesamte Messzeit mit Trockenbetrieb; Minutenwerte, nur Zeiträume mit Messbetrieb sind dargestellt.

Betriebszustände infolge von Sollwertänderungen wurden ebenfalls aus den Daten entfernt. Dazu werden für die Umgebungstemperatur, sowie die Kühlwassereintrittstemperatur die Standardabweichung über drei aufeinander folgende Werte berechnet und Messwerte, die über dem doppelten der mittleren Standardabweichung liegen, herausgefiltert. Danach verbleibt eine Datenbasis von 2.340 1-min-Werten.

Für eine erste Bewertung der Messdatenqualität wurde die in [4] vorgestellte Methode herangezogen. Danach ist für Luft-Wasser-Wärmeübertrager mit erzwungener Luftströmung ein definierter Zusammenhang zwischen erzielbarem Abkühlgrad (= Nutzen) und dafür erforderlicher Ventilatorleistung (= Aufwand) zu erwarten, sofern der Volumenstrom auf der Wasserseite konstant ist. Die absoluten Betriebsbedingungen (insb. Luft- bzw. Wassertemperaturen) haben auf das Ergebnis keinen relevanten Einfluss. In Bild 4 ist dieser Zusammenhang für die Messungen mit 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom eindeutig dargestellt.

Im nächsten Schritt wurde ein einfaches Rechenmodell für Trockenrückkühler in Anlehnung an [5] anhand der Messdaten kalibriert. Der Luftvolumenstrom, welcher nicht gemessen für das Modell aber erforderlich ist, wird unter Annahme eines linearen Zusammenhangs aus dem Steuersignal für den Ventilatorfrequenzumrichter und den Nennluftvolumenstrom aus dem Datenblatt berechnet. Der Einfluss variierender Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte, Druck) sowie der Betriebsweise (nass/trocken) wird dabei vernachlässigt.

Bild 5 zeigt, dass 95 % der berechneten Werte eine relative Abweichung zu den gemessenen unter 10 % aufweisen (min: -16 %, max. +17 %). Die gute Übereinstimmung von berechneten und gemessenen Daten lassen erwarten, dass es zur Detektion von Leistungsabweichungen aufgrund von Fouling geeignet ist.

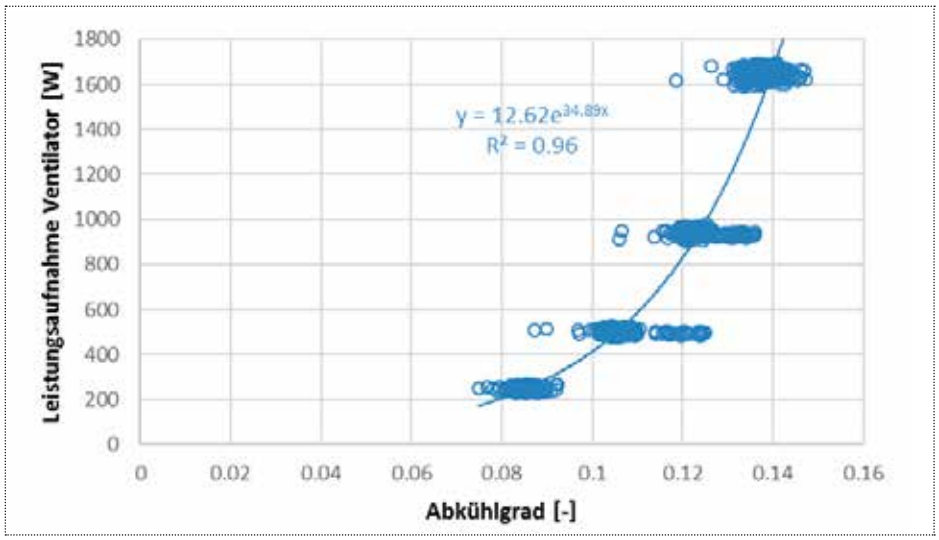


Bild 4: Zusammenhang von Abkühlgrad und elektrischer Leistungsaufnahme des Ventilators bei 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom im Trockenbetrieb

NASSBETRIEB

Die Charakterisierung im unverschmutzten Zustand im Nassbetrieb ist analog zum Trockenbetrieb dargestellt. Bild 6 zeigt wieder den zeitlichen Verlauf einiger relevanter Messgrößen. Dabei ersetzt die Feuchtkugeltemperatur (T_FK), die nun die Kühlgrenztemperatur darstellt, die Trockenkugeltemperatur (T_Umg).

Die graphische Bewertungsmethode nach [4] wird in Bild 7 auch auf diese Messungen angewandt. Da die Wasseraufnahmekapazität der Luft stark temperaturabhängig ist, muss diese in der Darstellung berücksichtigt werden. Daher werden die Ergebnisse gruppiert nach der mittleren spezifischen Wärmekapazität gesättigter Luft bei den jeweiligen Betriebsbedingungen (cp_sat). Trotz der relativ groben Gruppierung stellen sich dabei wieder eindeutige Trends mit relativ geringer Streuung ein.

Im nächsten Schritt wurde wieder das Rechenmodell mit den Messdaten kalibriert. Gegenüber den trockenen Messungen zeigt sich eine etwas größere Streuung (siehe Bild 8, min: -25 %, max: +36 %). Jedoch liegt die Abweichung der berechneten Werte gegenüber den gemessenen in 98 % der Fälle unter 10 %. Ein möglicher Grund für dieses bessere Ergebnis im Gegensatz zum Trockenbetrieb ist die größere Datenbasis, die zur Kalibrierung verwendet wurde (8.365 gegenüber 1.776 Minutenwerte).

Messungen mit verkalktem Rohrbündel

Nach den Messungen im unverschmutzten Zustand wurde der Kühlturm, wie unter Kapitel „Vermessung bei verkalktem Rohrbündel“ beschrieben, mehrere Monate mit kalkhaltigem Wasser betrieben. Der Zuwachs von einer Kalkschicht auf den zugänglichen Rohren wurde regelmäßig sowohl optisch als auch durch Schichtdickenmessungen nach dem Induktionsprinzip verfolgt. Bei den nachfolgend ausgewerteten Messungen beträgt die Kalkschicht in der obersten Rohrreihe ca. 1,6 mm, in der untersten Reihe ca. 0,6 mm. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass das Wasser von oben über dem Rohrbündel versprüht wird, wodurch das Sprühwasser mit der höchsten $CaCO_3$-Konzentration auf die wärmsten Rohre trifft, was den Ausfall von Kalk begünstigt.

Für die folgenden Auswertungen werden die Referenzmessungen (trocken/nass) über einen Zeitraum von vier Wochen am Ende des Versuchszeitraums herangezogen.

TROCKENBETRIEB

Die Auswertung im Trockenbetrieb (nach vorheriger Verschmutzung im Nassbetrieb) erfolgte im ersten Schritt anhand der graphischen Methode durch Auftragen von Abkühlgrad und Ventilatorleistung gegeneinander. Wie in Bild 10 zu sehen ist, lässt sich dabei keine eindeutige Reduktion der Übertragungsleistung (= Verschieben des Trends nach links, zu niedrigeren Abkühlgraden) ausmachen. Jedoch wird deutlich, dass die Leistungsaufnahme des Ventilators deutlich unter den Anfangswerten liegt. Die Auswertung der Messdaten hat gezeigt, dass dies ein kontinuierlicher Trend über den gesamten Versuchszeitraum ist. Grund dafür ist vermutlich der steigende Druckverlust über das Rohrbündel, welcher bei Radialventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Flügeln, wie im Kühlturm verbaut, typischerweise eine Abnahme des Luftvolumenstroms und auch der Leistungsaufnahme bewirkt.

Im nächsten Schritt wurde das Rechenmodell, das zuvor mit den Messdaten des unverschmutzten Betriebs kalibriert wurde, mit den am Eintritt des verschmutzten Kühlturms gemessenen Werten beaufschlagt. Bild 11 zeigt, dass es nun die Übertragungsleistungen deutlich zu hoch (im Mittel 15 %) berechnet. Die Differenz entspricht der Leistungsreduktion, welche auf die Kalkablagerungen am Rohr zurückgeführt werden. Die Tatsache, dass die Abweichungen bei 25 % Ventilatorsignal höher ausfallen als bei den höheren Stufen, deuten darauf hin, dass die vereinfachte Annahme des linearen Zusammenhangs zwischen Stellsignal und Luftmassenstrom im verschmutzten Betrieb und/oder wegen der veränderten Leistungsaufnahme ungenauer wird.

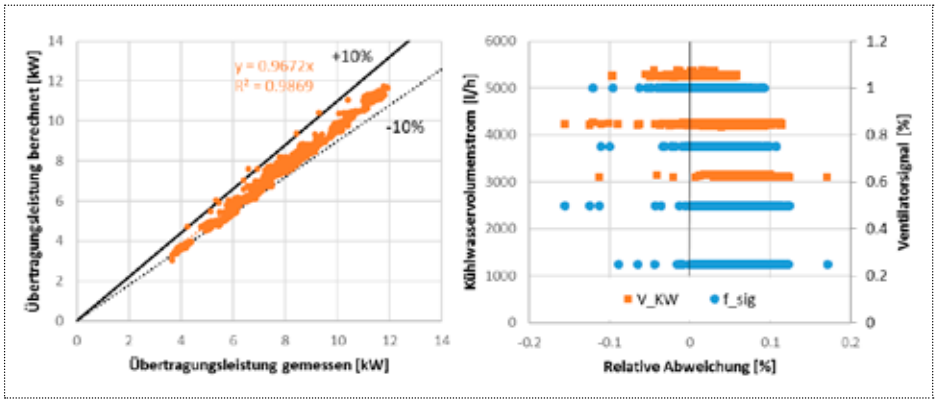


Bild 5: Links: Gegenüberstellung von gemessener und berechneter Übertragungsleistung im Trockenbetrieb; Rechts: Relative Abweichung in Abhängigkeit von Kühlwasservolumenstrom (V_KW) und Ventilatorsignal (f_sig)

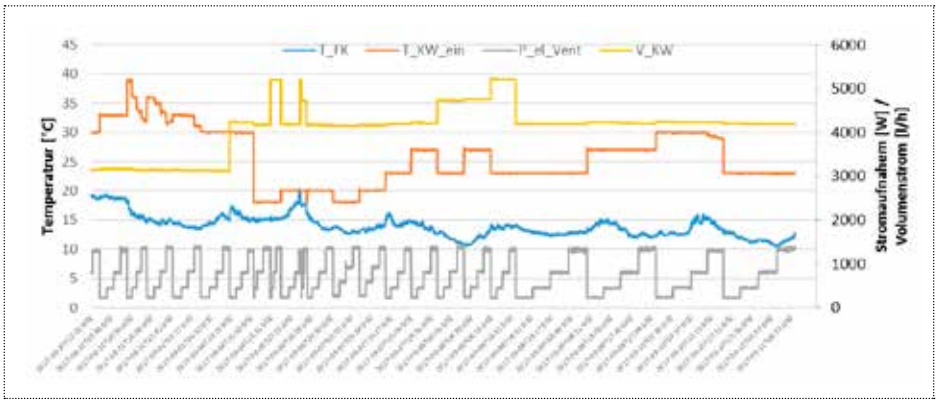


Bild 6: Verlauf von Feuchtkugel- und Kühlwassereintrittstemperatur (T_FK / T_KW_ein), Ventilatorstromaufnahme (P_el_Vent) und Kühlwasservolumenstrom (V_KW) über die gesamte Messzeit mit Nassbetrieb; 1-min-Werte, nur vorgefilterte Zeiträume mit Messbetrieb sind dargestellt.

NASSBETRIEB

Die graphische Auswertungsmethode stößt bereits bei den trockenen Messungen an ihre Grenzen. Aufgrund des zusätzlichen Freiheitsgrades cp_sat, bedingt durch die nichtlinearen Eigenschaften feuchter Luft, ist sie für den Nassbetrieb noch weniger geeignet. Daher wird an dieser Stelle auf eine entsprechende Darstellung verzichtet und direkt die Ergebnisse der modellbasierten Auswertung vorgestellt. Dazu wurde wieder das mit Messdaten aus dem unverschmutzten (Nass-)Betrieb kalibrierte Rechenmodell mit den im verkalkten Zustand gemessenen Eintrittsbedingungen betrieben und in Bild 12 die gemessene der berechneten Übertragungsleistung gegenübergestellt. Analog zu den Ergebnissen im Trockenbetrieb zeigt sich auch hier eine Leistungsabnahme gegenüber den zu erwartenden Werten – diesmal um 16 %. Insgesamt fällt die Streuung dabei geringer aus. Die größten Abweichungen treten wieder bei der geringsten Ventilatorstufe auf. Folglich sollte der Ansatz zur Berechnung der geförderten Luftmenge verfeinert werden.

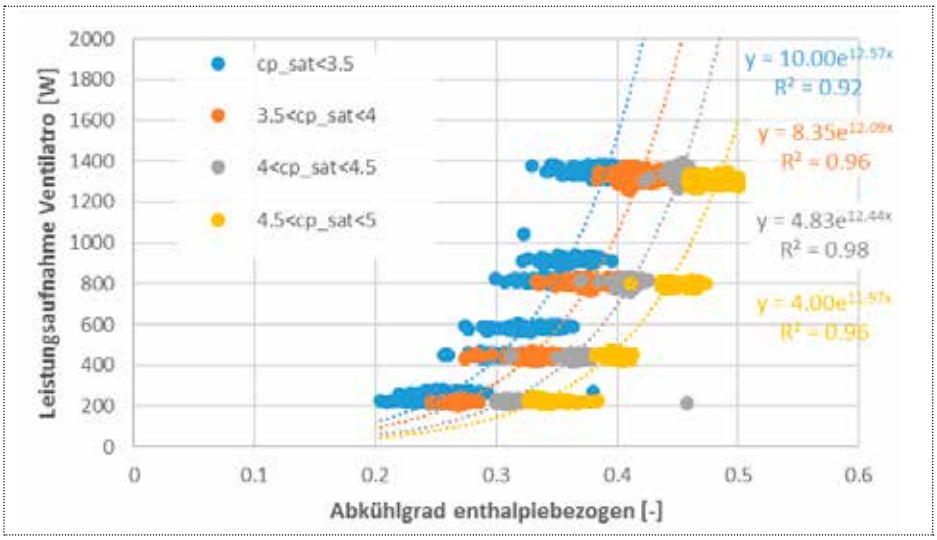


Bild 7: Zusammenhang von enthalpiebezogenem Abkühlgrad und elektrischer Leistungsaufnahme des Ventilators bei 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom im Nassbetrieb, gruppiert nach cp_sat

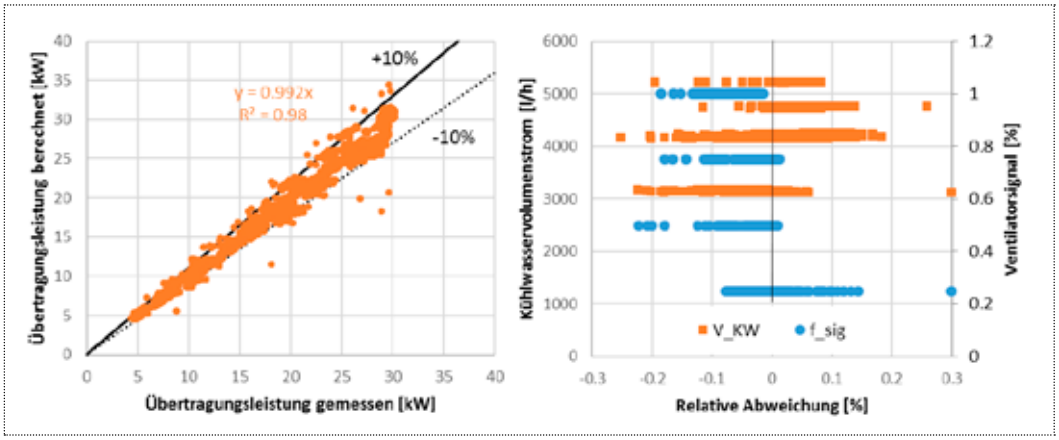


Bild 8: Links: Gegenüberstellung von gemessener und berechneter Übertragungsleistung im Nassbetrieb; Rechts: Relative Abweichung (gemessene abzgl. berechnete Übertragungsleistung) in Abhängigkeit von Kühlwasservolumenstrom (Vdot_w) und Ventilatorsignal (f_sig)

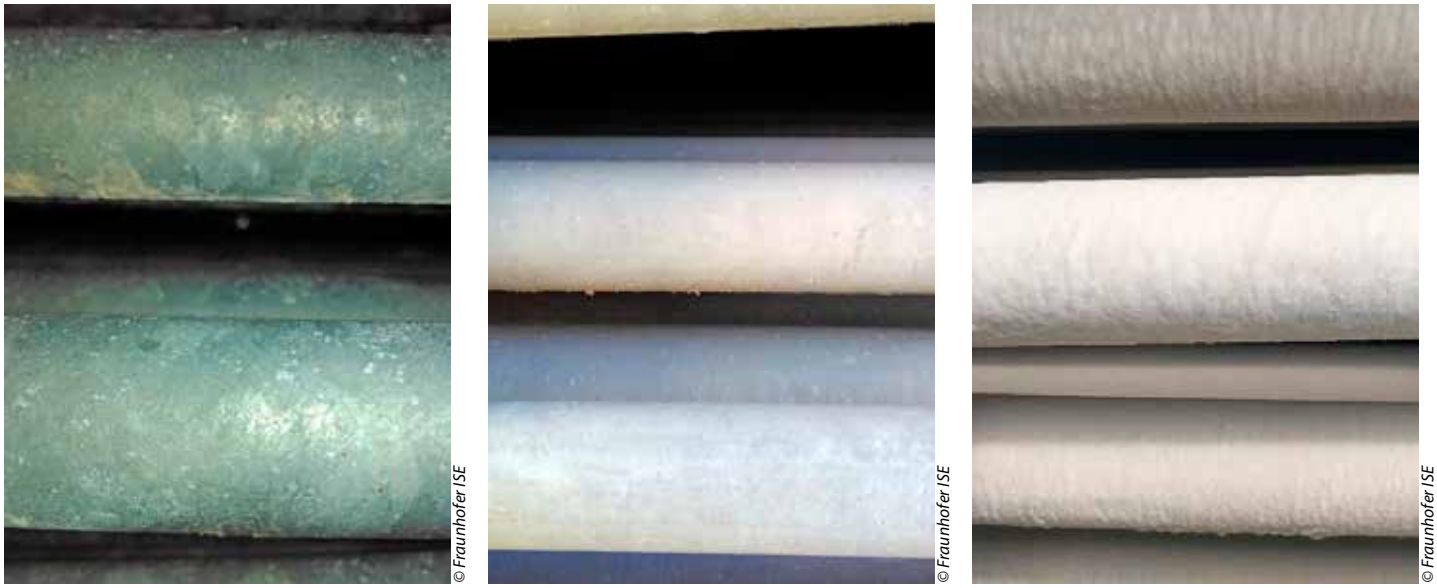


Bild 9: Seitlicher Blick auf das Rohrbündel vor Beginn der Verkalkungsversuche (links), nach ca. einem Monat (Mitte) und nach ca. elf Monaten (rechts);

Zusammenfassung

Am Fraunhofer ISE wurde ein geschlossener Kühlturm über einen Zeitraum von mehreren Monaten betrieben und vermessen, um den Einfluss von typischem Kristallisationsfouling in Form von Kalkablagerungen auf die Übertragungsleistung zu untersuchen. Nach einer messtechnischen Charakterisierung des unverschmutzten Kühlturms zu Beginn des Versuchszeitraums wurde dieser daher gezielt mit Calciumcarbonathaltigem Wasser betrieben und so ein Belag von 0,6 mm bzw. 1,6 mm (unten/oben) auf dem Rohrbündel erzielt.

Durch die modellgestützte Auswertung konnte gezeigt werden, dass sich die Übertragungsleistung dadurch sowohl im Nass- als auch im Trockenbetrieb um rund 15 % reduziert hat. Dieser Wert liegt deutlich unter den in der Literatur veröffentlichten Angaben. Durch eine Anpassung des Modellansatzes besteht zusätzlich Potenzial, die Genauigkeit zu verfeinern. Die graphische Auswertungsmethode nach [4] hat sich dagegen als nicht verlässlich erwiesen.

Nachdem sich eine Detektion von (Kristallisations-)Fouling anhand der Leistungsabnahme als grundsätzlich machbar erwiesen

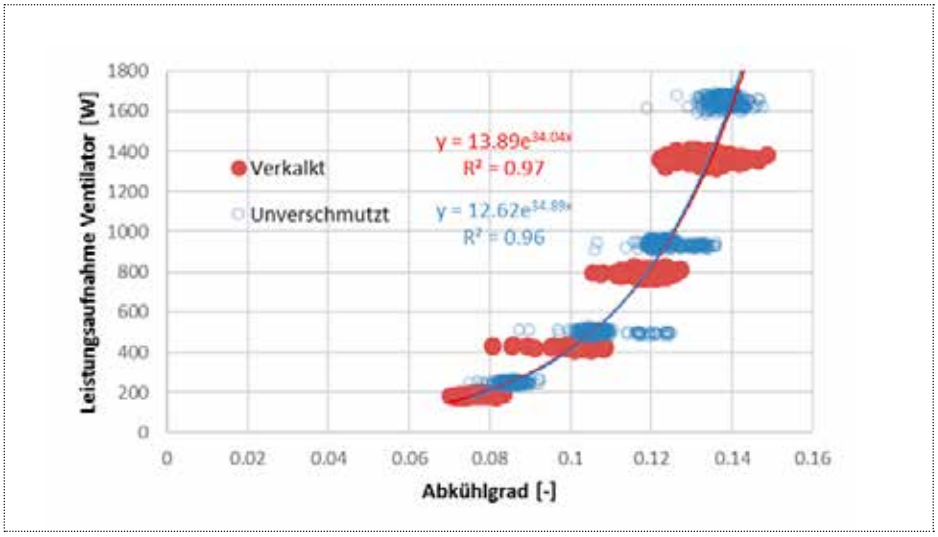


Bild 10: Zusammenhang von Abkühlgrad und elektrischer Leistungsaufnahme des Ventilators bei 4.200 l/h Kühlwasservolumenstrom im Nassbetrieb

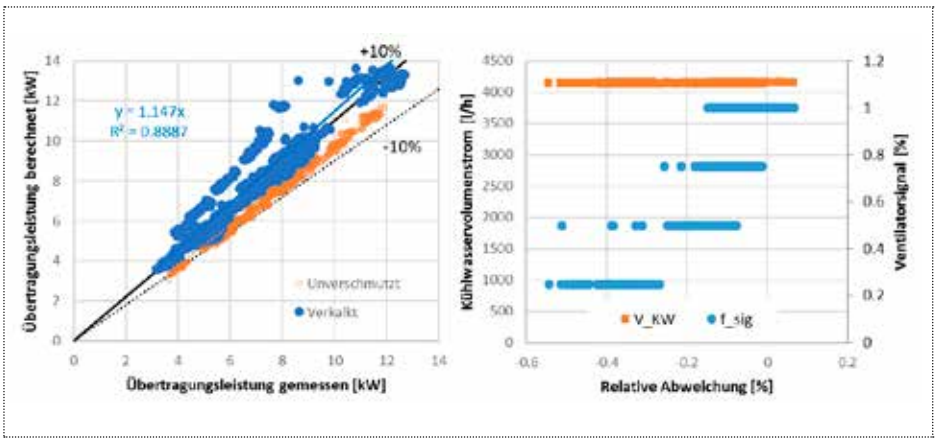


Bild 11: Links: Gegenüberstellung von gemessener und berechneter Übertragungsleistung im Trockenbetrieb; Rechts: Relative Abweichung im verkalkten Zustand in Abhängigkeit von Kühlwasservolumenstrom (V_KW) und Ventilatorsignal (f_sig)

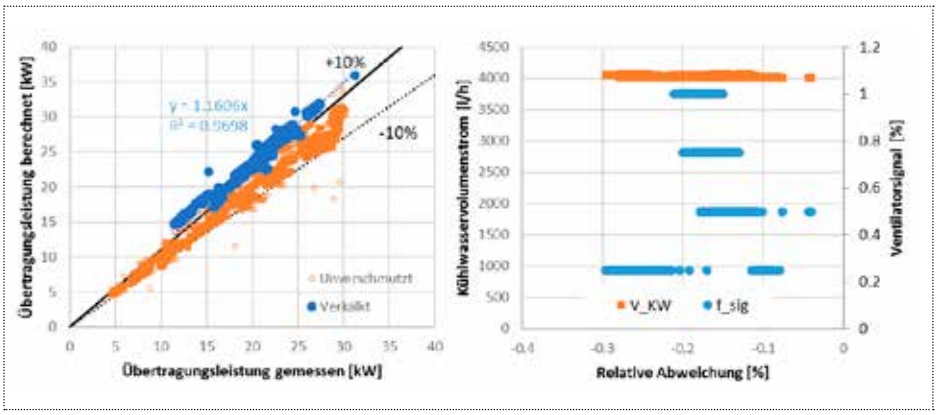


Bild 12: Links: Gegenüberstellung von gemessener und berechneter Übertragungsleistung im Nassbetrieb; Rechts: Relative Abweichung im verkalkten Zustand in Abhängigkeit von Kühlwasservolumenstrom (V_KW) und Ventilatorsignal (f_sig)

hat, kann die Methodik nun auf Messdaten aus dem Feld angepasst und auf weitere Verdunstungskühlanlagen ausgeweitet werden. Gegebenenfalls kann die Betriebsüberwachung auch auf weitere Betriebsparameter ausgeweitet werden.

Danksagung: Die vorgestellten Arbeiten werden im Rahmen des Projekts WCS-energy mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ01LY1618).

Literatur

[1] Heat Exchanger Fouling and Cleaning (09.02.2018). Im Internet: http://www.heatex-changer-fouling.com/; Stand: 03.05.2018

[2] Hartvig A. Biofilm effect on Cooling Towers for industrial purpose; Stand: 03.05.2018

[3] Qureshi BA, Zubair SM. The impact of fouling on performance evaluation of evaporative coolers and condensers. Int. J. Energy Res. 2005; 29: 1313–1330. doi:10.1002/er.1120

[4] Fugmann H, Nienborg B, Trommler G et al. Performance Evaluation of Air-Based Heat Rejection Systems. Energies 2015; 8: 714–741. doi:10.3390/en8020714

[5] Stabat P, Marchio D. Simplified model for indirect-contact evaporative cooling-tower behaviour. Applied Energy 2004; 78: 433–451. doi:10.1016/j.apenergy.2003.09.004

BRANDSCHUTZ KANN SO EINFACH SEIN

Ideale Kombi mit der Armaprotect® 1000 Brandschutzpaste

FLEXIBLE ALL-IN-ONE BRANDABSCHOTTUNG

ArmaFlex® Protect

Mit ArmaFlex Protect lassen sich nichtbrennbare sowie brennbare Leitungen unkomplizierter denn je abschotten. Ob Decken, Massiv- oder Leichtbauwände – ArmaFlex Protect gewährleistet sicheren Brandschutz.

Wärme- und Tauwasserschutz inklusive.

www.armacell.de

armacell® ArmaFlex®

Kältesystem in einem Folienextrusionsbetrieb

Sieger beim Chillventa-Award 2018 in der Kategorie Großkälte

Philipp Helmgens,
Duschl Ingenieure GmbH & Co. KG,
Beratende Ingenieure für Technische Ausrüstung + Energietechnik, Rosenheim

Im Jahr 2015 wurde die Firma Duschl Ingenieure aus Rosenheim für die Konzeption und Planung der neuen Kälteversorgung der Firma Ecoform Multifol Verpackungsfolien GmbH & Co. KG, Tochter der Südpack Verpackungen GmbH & Co. KG, beauftragt. Gemeinsam wurde beschlossen von einer dezentralen Versorgung jeder einzelnen Produktions- und Klimatisierungsanlage auf ein effizienteres zentrales Kälteversorgungsnetz umzurüsten. Der Clou des Projektes besteht in der systemübergreifenden iterativen Optimierung aller Parameter und Anlagenteile auf eine hohe Gesamteffizienz unter Einbezug aller wichtigen Beteiligten. Das Projekt belegte den 1. Platz beim Chillventa Award 2018 (Kategorie Großkälte).

Bei der Planung der neuen Kälteversorgung für die Firma Ecoform Multifol wurde bei jedem Optimierungsschritt die jeweilige Rückwirkung auf das Gesamtsystem berücksichtigt. Gegenüber vergleichbaren in der Branche eingesetzten Systemen werden Einsparungen von 70 % beim Strombedarf mit vergleichsweise geringem Aufwand erreicht, da größtenteils das Zusammenwirken von Standardkomponenten optimiert wurde. Die Industrie benötigt derzeit ca. 10–15 % der elektrischen Energie für die Kältebereitstellung, womit für diesen Energiebedarf weiterhin ein hohes Optimierungspotential für die Zukunft besteht.

Handlungsbedarf

Anfang 2015 stellte sich die Ausgangssituation so dar, dass die Produktionsmaschinen und Klimaanwendungen des Auftraggebers über mehrere Kältemaschinen versorgt wurden, die dezentral bei den jeweiligen Kälteverbrauchern im zugangsbegrenzten Produktionsbereich lokalisiert waren. Einige der Kältemaschinen hatten bereits ihre zu erwartenden Lebensdauern erreicht oder bereits überschritten. Beim Rückkühlnetz handelte es sich um ein ebenfalls sanierungsbedürftiges offenes System. Jede Produktionsmaschine wurde mit nur jeweils einer der dezentralen Kältemaschinen versorgt. Das bedeutete bei Ausfall, Wartung oder Reparatur der Kältemaschinen entweder den teuren Produktionsstillstand oder das aufwändige Beschaffen einer Ersatzkälteanlage. Zusätzlich waren neue Kälteverbraucher in Planung, sodass die Erneuerung der Kälteversorgung in einer Größenordnung von etwa 3 MW angestoßen wurde. Hierzu wurde die Firma Duschl Ingenieure aus Rosenheim vorerst mit der Konzeption beauftragt.

Kältemaschine

Vorteilhaft – aus dezentral wird zentral

Für die Erstellung des Konzeptes wurden verschiedene Umsetzungsvarianten technisch und wirtschaftlich ausgewertet und verglichen. Ein Ergebnis der Untersuchungen war, dass statt der wie bisher und in der Branche üblicherweise eingesetzten dezentralen Kältemaschinen eine Kältezentrale mit Verteilnetz umgesetzt werden sollte. Dies bietet Vorteile beim Produktionsprozess, da die Kältemaschinen nun außerhalb des zugangsbegrenzten Produktionsbereiches in einer eigenen Kältezentrale untergebracht sind und damit deren Wartung und Reparatur außerhalb des Produktionsbereiches durchgeführt werden können. Vorteilhafterweise steht mit der Auslagerung der Kälteerzeugung auch zusätzlicher Platz im Produktionsbereich zur Verfügung. Zur Verbesserung der Ausfallsicherheit lässt sich der Aufbau einer zentralen Kälteanlage mit vergleichsweise geringem Aufwand so gestalten, dass möglichst viele der ausfallgefährdeten Komponenten redundant vorhanden sind. Ein weiteres, dem

Rückkühler

Bauherrn besonders wichtiges Kriterium für die Umstellung auf eine zentrale Kälteversorgung waren signifikante Vorteile bei der Optimierung bezüglich der Energieeffizienz und sonstigen Umweltauswirkungen der Kälteversorgung. So können bei einem zentralen Kältesystem wenige große Kältemaschinen statt vieler kleiner Aggregate eingesetzt werden, womit sich auf Grund von Skaleneffekten effizientere Maschinen mit besseren EER-Werten sowie umweltfreundlicheren Kältemitteln einsetzen lassen. Auch freie Kühlung und Wärmerückgewinnung lassen sich zentral mit wesentlich geringerem Aufwand umsetzen und bieten damit ein hohes Potenzial zur Einsparung von Strom für die Kältebereitstellung und von Gas für die Wärmebereitstellung.

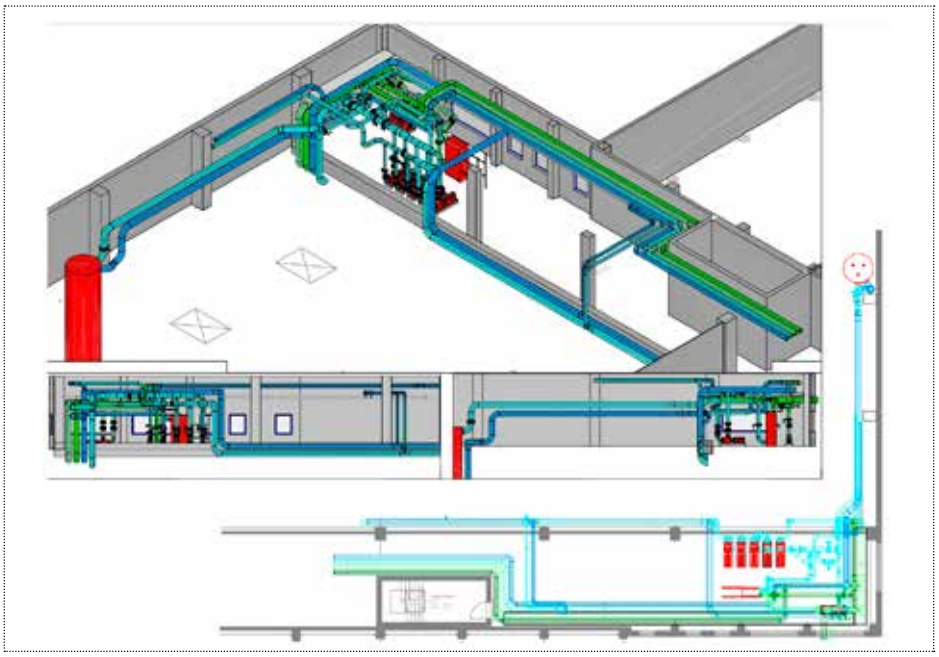
Ganzheitliche Systembetrachtung und enge Zusammenarbeit

Der eigentliche Clou des Projektes besteht in der systemübergreifenden Optimierung aller Parameter auf eine hohe Gesamtenergieeffizienz, ohne den Produktionsprozess negativ zu beeinflussen. Dies war nur durch das intensive und iterative Zusammenwirken mit der Produktion und den Anlagenherstellern möglich. Bei der Auslegung der einzelnen Anlagenteile wie Kältemaschinen, Rückkühler, Komponenten des Verteilnetzes, etc., sowie deren Regelung wurde immer die Rückwirkung der jeweiligen Optimierung auf das Gesamtsystem einschließlich der Produktionsmaschinen berücksichtigt. Durch vorausschauende Planung wurde die Kältezentrale im Bestand mit einer sehr hohen Installationsdichte integriert, ohne die Wartbarkeit zu gefährden.

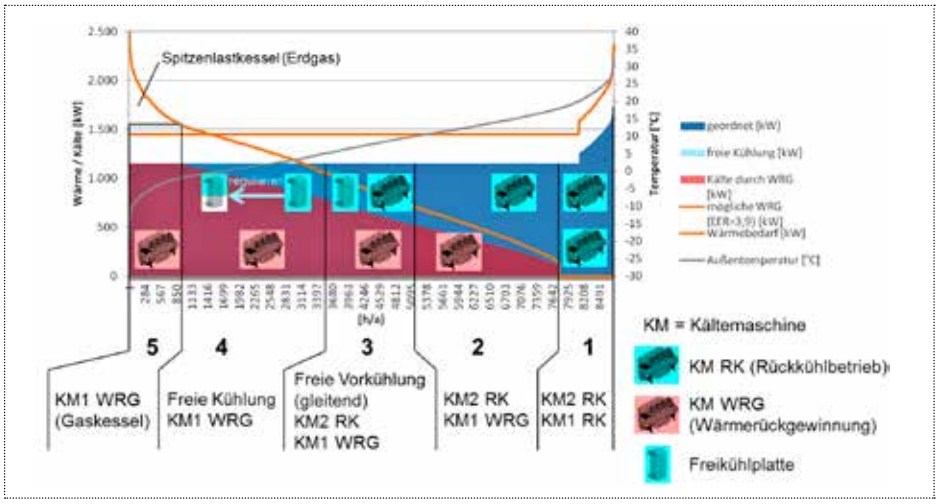
Teillast – Betriebsoptimierung Nebenaggregate

Um schon während der Konzeptphase weitere Stellschrauben für einen energieoptimierten Betrieb des Gesamtsystems in seinen wesentlichen Betriebspunkten zu ermitteln, wurden diese mithilfe von mathematischen Modellen für die Hauptkomponenten simuliert und iterativ analysiert. Wie sich herausstellte, machen die Nebenaggregate, wie Pumpen und Ventilatoren, in Betriebszuständen nahe dem Auslegungsfall (32 °C Außentemperatur; Kältebedarf ≥ 2 MW; wenige Stunden im Jahr) wie üblich nur etwa 10-20 % des Gesamtenergiebedarfs des Kältesystems aus. Dieser niedrige Anteil ist der Grund, warum Nebenaggregate in zentralen Kältesystemen üblicherweise gar nicht oder nur sehr einfach geregelt werden. Die Ergebnisse der Simulation zeigten allerdings auch, dass zum Beispiel im häufigsten zu erwartenden Betriebsfall der Kältemaschinen (10 bis 20 °C Außentemperatur; Kältebedarf ≈ 1,2 MW; 2.800 h im Jahr), die Nebenaggregate bei üblichen Regelstrategien in Kombination mit Kältemaschinen mit entsprechend gutem Teillastverhalten mehr als 50 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Folglich wurde die Optimierung des Betriebs der Nebenaggregate für dieses Projekt als energetisch relevant eingestuft und durchgeführt.

Vor diesem Hintergrund werden die Verbraucherpumpen nach dem Differenzdruck an einem je nach Lastsituation variierenden Schlechtpunkt geregelt. So wird sichergestellt, dass die Verbrauchernetzpumpen nur den Druck und Volumenstrom zur Verfügung stellen, der aktuell benötigt wird. Die Erzeugerkreispumpen und Kältemaschinen werden nach dem Volumenstrom und den Systemtemperaturen im Verbraucherkreis geregelt. Die Rückkühlkreispumpen, welche die höchsten Volumenströme und Druckverluste zu bewältigen haben, werden nach der anfallenden Rückkühlleistung geregelt. Die Ventilatoren der Kühltürme werden je



Ausschnitt des Verteilnetzplans



Betriebsfälle der Kälteerzeugung

nach Betriebsmodus und in Abhängigkeit der Außentemperatur auf die wasserseitige Austrittstemperatur der Kühltürme geregelt.

Kälteerzeugung mit 3 MW Kälteleistung

Bei der Anlage handelt es sich um eine Kälteerzeugungs- und -verteilungsanlage mit einer Erzeugerleistung von 2.920 kW, aufgeteilt auf zwei technisch gleiche Kältemaschinen der Fa. Engie Refrigeration (vormals Cofely Refrigeration). Jede der Maschinen arbeitet mit vier hocheffizienten ölfreien Turboverdichtern, deren Antriebswellen frei schwebend magnetgelagert sind. In den Kältemaschinen wird das zum Planungszeitpunkt (2015) noch neuartige Kältemittel R1234ze mit niedrigem Treibhausgaspotenzial eingesetzt (GWP = 7, vgl. Standard-Kältemittel R134a: GWP = 1.430).

Bedarfsgerechtes Verteilsystem

Über das Verteilsystem werden Folienextrusionsmaschinen, Kälteregister von Lüftungsanlagen, Umluftkühlgeräte und Schaltschränke mit Kälte versorgt. Es wurde das für den Betrieb der Verbraucher höchstmögliche Temperaturniveau eruiert und eine sinnvoll umsetzbare Temperaturspreizung von 10 °C/16 °C ermittelt. Gegenüber den üblichen 6 °C/12 °C werden hierdurch niedrigere Verluste der Verteilleitungen, ein höherer Freikühlanteil und eine höhere Effizienz der Kältemaschinen erreicht. Die Anbindung der Verbraucher wurde so konzipiert, dass die Einhaltung der Temperaturspreizung von 6 K nicht gefährdet wird. Hiermit kann die Pumpenleistung, besonders im Teillastfall, reduziert werden. Alle Pumpen im Verteilnetz werden nach dem aktuellen Kältebedarf geregelt. Da nach dem aktuellen Bedarf der Verbraucher geregelt wird und durch die Größe des Systems nennenswerte Totzeiten zwischen Kälteerzeugung und Kälteverbrauch entstehen, sorgt ein Kältepufferspeicher mit etwa 15 m³ Fassungsvermögen für die notwendige Leistungspufferung.

Wärmerückgewinnung und Freie Kühlung

Die Rückkühlung der Kältemaschinen kann entweder über eine Wärmerückgewinnung oder vier trockene Rückkühler der Fa. Evapco mit jeweils 14 Einzelventilatoren erfolgen. Diese haben im Auslegungsfall eine Gesamtleistung von 4.200 kW. Für einen effizienten Teillastbetrieb können einzelne Kühltürme vom System getrennt werden und die Ventilatordrehzahlen werden außentemperaturgeführt auf die Austrittstemperaturen der Kühltürme geregelt. Es können bis zu 1.500 kW mit einem Temperaturniveau von bis zu 50 °C aus dem Rückkühlnetz für die Wärmerückgewinnung ausgekoppelt werden. Bei kälteren Außentemperaturen ist eine freie Kühlung über die Rückkühlwerke mit bis zu 1.600 kW Kälteleistung vorgesehen. Diese kann zur Vorkühlung vor den Kältemaschinen oder als alleiniger Kälteerzeuger eingesetzt werden. Die Drehzahlen der Rückkühlkreispumpen werden auf die aktuell abzuführende Abwärmeleistung geregelt.

Kältepuffer

Der Aufbau des Kälteversorgungssystems ist so konzipiert, dass in den Übergangsjahreszeiten eine der Kältemaschinen im Wärmerückgewinnungsbetrieb laufen kann, während die in Reihe geschaltete freie (Vor-) Kühlung und die zweite Kältemaschine die restliche nicht benötigte Abwärme an die Umgebung abführen.

Messdatenauswertung bestätigt Hocheffizienz

Das Kälteversorgungssystem ist seit Mai 2017 in Betrieb und wird seit Juli 2017 vollständig messtechnisch erfasst, wobei die Kälteleistung der ersten Ausbaustufe noch nicht vollständig ausgeschöpft wird. Das Gesamtsystem hat im Zeitraum von Dezember 2017 bis November 2018 eine Strommenge von 890 MWh verbraucht und damit 5.680 MWh Kälte über das Verteilnetz bereitgestellt. Damit ergibt sich eine Gesamtsystemarbeitszahl von 6,4 – und das im, laut Deutschem Wetterdienst (DWD), heißesten Jahr seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Es sind dabei alle elektrischen Verbräuche des Gesamtsystems von den Rückkühlventilatoren über die Kältemaschinen bis hin zu den Verbrauchernetzpumpen inklusive der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, sowie der Verbrauch in Standby-Zeiten und die Verluste über den Kältespeicher enthalten. Das heißt, mit einer kWh eingesetztem Strom werden am Verbraucher im Durchschnitt 6,4 kWh Kälte zur Verfügung gestellt. Die o.g. Gesamtsystemarbeitszahl ist nicht mit der üblicherweise bei Kältemaschinen angegebenen Jahresarbeitszahl (SEER) vergleichbar, da hier lediglich der Stromverbrauch der Kältemaschine ohne Kaltwasserverteilung, etc. angesetzt wird. Vergleichbare Kältesysteme für die Kunststoff- und Gummiindustrie, welche Extrusionsprozesse verwenden, werden in der Studie „Nachhaltige Kälteversorgung in

Quelle: Südpack Verpackungen GmbH & Co. KG

Luftaufnahme der Firma Südpack Verpackungen GmbH & Co. KG

Das Projektteam bei der Preisverleihung des Chillventa Awards 2018

Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie", die im Jahr 2014 vom Umweltbundesamt herausgegeben wurde, mit realistischen Gesamtsystemarbeitszahlen von 2,0 bewertet. Gegenüber diesem Wert liefert das hier vorgestellte System Einsparungen von nahezu 70 % beim elektrischen Energieaufwand.

Energieeinsparung und CO_2-Emissions-Reduktion

Mit der ersten Ausbaustufe sollen mit diesem System in Zukunft ca. 10.500 MWh Kälte und ca. 5.600 MWh Wärme aus Wärmerückgewinnung pro Jahr bereitgestellt werden. Das bedeutet, dass mit der eingesparten Strommenge ca. 800 Haushalte mit je 4.000 kWh Strom und mit der eingesparten Gasmenge ca. 400 Haushalte mit je 15.000 kWh Gas jährlich versorgt werden können. In Summe werden ca. 3.000 Tonnen CO_2-Äquivalente an Emissionen pro Jahr vermieden.

Ökologische und wirtschaftliche Vorteile laufen Hand in Hand

Besonders hervorzuheben ist, dass ein Großteil der genannten Einsparungen auf Grund der optimierten Betriebsweisen der Nebenaggregate zustande kommt, die keine nennenswerten Mehrinvestitionen für den Bauherren bedeuten. Leider wird in der Praxis allzu oft bei der energetischen Optimierung eines Kältesystems nur die zentrale Kälteerzeugung mit einem hohen investiven Aufwand ausgetauscht. Dieses Projekt zeigt aber, dass mit dem entsprechenden Know-how, erhöhtem Aufwand beim Engineering und mit vergleichsweise geringem finanziellem Aufwand für den Bauherrn zusätzliche hohe Energieeinsparungen bei der Kälteversorgung möglich sind. Mit dem Wissen, dass in der Industrie ca. 10-15 % der eingesetzten elektrischen Energie für die Kältebereitstellung benötigt werden, besteht hier für den Energieverbrauch der Industrie auch weiterhin ein hohes Optimierungspotential.

Kaltwasser-Verbundanlage im Stahlwerk

F-Gas-freie Klimaanlage zur Klimatisierung von Leitwarten und Messständen

Vilim Mergl,
CoolTool Technology GmbH,
Duisburg

Durch Erweiterungen der Produktionskapazitäten bestand im Jahr 2016 im Bereich einer neu errichten Kaltwalzstraße für Edelstahlbleche in einem Stahlwerk im Ruhrgebiet ein erhöhter Bedarf an Klimatisierung. Die unterschiedlichen Anwendungen gingen von Humanklima für menschliche Aufenthaltsbereiche über Maschinenkühlung bis zur Permanent-Klimatisierung von Schalthäusern. Statt der ursprünglich geplanten R410A-Anlage bekam letztlich ein Konzept mit einem Propan-Flüssigkeitskühlsatz den Zuschlag.

Die Anforderungen sahen eine besondere Korrosionsbeständig gegenüber den in einem Stahlwerk vorhandenen Atmosphären, Verschmutzungen und hohen Temperaturen vor. Diese erschwerten Betriebsbedingungen innerhalb der Werkshallen stellten den Einsatz von Standard-Klimageräten in Frage. Eine weitere Anforderung war, dass die neu zu errichtende Anlage im Betrieb einfach durch weitere Verbraucher zu erweitern sein sollte, da sich die Anforderung an die Klimatisierung laufend ändern können.

Quelle: CoolTool

Bild 1: Position des Maschinencontainers zwischen Altbestand auf dem Dach des Stahlwerkes mit Abgang der mit Blechmantel umhüllten Rohrleitung

Ursprüngliche Planung

Der Betreiberfirma lag zunächst ein Angebot vor, das mit 50 Standard-Klimageräten die Klimatisierung der Schalthäuser, Leitwarten und Messständen jeweils lokal mit Anlagen in klassischer Splitbauweise vorsah. Die Aufstellung der Außenteile sollte oberhalb der Verbraucher innerhalb der Halle erfolgen, um die Rohrwege und damit die Füllmengen gering zu halten. Die im Stahlwerk ansässige, interne Kälte- und Klimaabteilung, die für Instandhaltung und Reparaturen verantwortlich ist, sah diese Konzeption jedoch grundsätzlich für die Anwendungen und Aufstellungsorte als problematisch an. Die Vergabe wurde in der Angebotsphase mit folgenden Argumenten angehalten:

- Standard-Klimageräte sind für die an den vorgesehenen Aufstellungsorten herrschenden Atmosphären nicht ausreichend korrosionsbeständig.
- Standard-Klimageräte schalten bei zu hohen Umgebungstemperaturen automatisch ab, was innerhalb der Halle zu erwartenden 45 °C im Sommer problematisch werden könnte.
- Die Luft innerhalb von Stahlwerken ist sehr partikelhaltig. Die Filter der Innenteile und die Lamellenpakete der Außenteile, die nur über sehr kleine Lamellenabständen verfügen, würden sich schnell zusetzen, was den Betrieb zusätzlich erschweren würde.
- Kaltwalzstraßen können nicht einfach angehalten werden. Ein Produktionsstopp aufgrund von mangelnder Kühlung der Schalthäuser ist auf jeden Fall zu vermeiden.
- Trotz der kurzen Rohrwege war mit einer Füllmenge von ca. 400 kg R410A zu rechnen.

Besonders die Verfügbarkeit der Betriebsstoffe war dem Betreiber, insbesondere der internen Kälte- und Klimaabteilung, wichtig, da am Standort im Anlagenbestand bedingt durch die Korrosionsproblematik ständig Probleme mit Undichtigkeiten auftreten können.

Kältemittelsituation im Jahre 2016

Aufgrund der zu erwartenden Verknappung von durch die F-Gas-Verordnung geregelten

Stoffen wurde von der internen Kälte- und Klimaabteilung der Vorschlag gemacht, das Projekt mit natürlichen Betriebsstoffen zu realisieren. Der Betreiber willigte schnell in die ausschließliche Verwendung von natürlichen Kältemitteln ein. Hier spielten von der Betreiberseite, insbesondere von der Kälte- und Klimaabteilung, gemachte negative Erfahrungen mit Undichtigkeiten, die aufgrund der Vielzahl der auf dem Werksgelände installierten Kälte- und Klimaanlagen auftreten, eine entscheidende Rolle bei der Vergabe des Auftrages.
Die Verantwortung für die Durchführung des Baus der Kaltwalzstraße lag bei einer internen Bauabteilung, die im Dialog mit der Kälte- und Klimaabteilung die zwingend notwendige Klimatisierung realisieren musste.
Schließlich wurde die in Duisburg ansässige CoolTool Technology GmbH mit der Planung bzw. Ausarbeitung eines F-Gas-freien Konzeptes beauftragt, das alle Anforderungen des Betreibers für die Klimatisierung der verschiedenen Schalthäuser, Leitwarten und Messstände erfüllen sollte. Da die Klimatechnik einen großen Einfluss auf die Betriebssicherheit der Kaltwalzstraße hat, wurde ein besonderes Augenmerk auf Redundanz, die Korrosionsbeständigkeit und langfristige Nutzung gelegt. Im Rahmen der Vorbetrachtungen wurden Alternativen wie freie Kühlung ebenfalls betrachtet und durchgerechnet.
Die Standard-Klimaanlagen innerhalb der Werkshallen konnten insgesamt nur als mittelfristige Lösung angesehen werden. Nicht nur die Verfügbarkeit der Betriebsstoffe ist ein klarer Vorteil, auch die errechnete Jahresarbeitszahl von 8,51 (R410A ca. 5) und der Energiebedarf von 120.000 kWh/a (R410A = 200.000 kWh/a) sprachen für die Lösung mit natürlichen Kältemitteln. Nach ersten Lösungsansätzen mit freier Kühlung und Simulation des jeweiligen Energiebedarfs der verschiedenen Ansätze wurde das F-Gas-freie Konzept mit einem R290-Flüssigkeitskühlsatz mit zwei redundanten Kreisläufen favorisiert, da hier die besten Resultate hinsichtlich des Verhältnisses Investitions- zu Betriebskosten, aber auch Betriebssicherheit zu erwarten waren.
Das bis März 2016 erstellte Leistungsverzeichnis wurde an verschiedene potentielle ausführende Firmen versendet. Nach Sichtung der Angebote fielen Investitions-Mehrkosten nicht an. Bedingt durch einen Gleichzeitigkeitsfaktor von 80 % konnte der Kälteerzeuger mit 376 kW Nennleistung realisiert werden. Damit waren die Investitionskosten für die F-Gas-freie Lösung zunächst nicht höher als für die ursprünglichen 50 DX-Anlagen mit R410A.

Quelle: CoolTool

Bild 2: Invertergeregelte, hermetisierte Kälteerzeuger mit R290 als Kältemittel, die im Betrieb keiner ATEX-Zone zugerechnet werden

Förderfähigkeit durch das Bafa durch hohe Effizienz

Im Dialog mit der internen Kälte- und Klimaabteilung, dem Planer CoolTool Technology und der ausführenden Firma Kälte-Klima-Peters wurden anschließend einige technische Änderungen an der ursprünglichen Planung sowie einige sinnvolle Ergänzungen vorgenommen, um den Energiebedarf weiter zu senken und insbesondere die Betriebssicherheit zu erhöhen.
Erfreulich war für den Betreiber, dass die Anlage nach der 2016 geltenden Förderrichtlinie förderfähig war und er dafür nach Inbetriebnahme einen einmaligen Zuschuss von € 95.000,- erhielt.
Um das Potential zur Energiekostenreduzierung optimal zu nutzen, wurden folgende Punkte für Haupt- und Nebenaggregate konsequent umgesetzt:

- Invertersteuerung aller Verdichter mit bis zu 70 Hz/kurzfristig 80 Hz
- Invertersteuerung der EC-Motoren aller Luftkühlerlüfter und Verdampfer
- Invertersteuerung der EC-Motoren der Verflüssigerlüfter
- Einsatz von elektronisch geregelten Expansionsventilen
- Einstellung Winterregelung der Verdichter auf 18 °C Verflüssigung
- Umwälzpumpen mit Drehzahlregelung
- hydraulischer Abgleich aller Verbraucher

Die Kälteerzeugung verfügt über vollständig drehzahlgeregelte Verdichter und kann im Teillastbetrieb die Verdampfungstemperatur gleitend anheben. Abrupte Schaltvorgänge, die die Regelung negativ beeinflussen, entfallen durch diese elegante Art des Verdichterantriebs. Ferner sind auch die Verflüssigerlüfter und alle Umwälzpumpen drehzahlgeregelt, womit die Leistungsaufnahme im vorherrschenden Teillastbetrieb deutlich gesenkt werden kann.
Die Installation der R290-Kälteerzeuger erfolgte in einem separaten Maschinencontainer auf dem Dach der Halle, die die neue, fast 400 m lange Kaltwalzstraße aufnimmt. Damit konnten, im Gegensatz zur Aufstellung im Inneren der Halle, die tiefen Außenlufttemperaturen im Winter zur Absenkung der Verflüssigungstemperatur genutzt werden. Die Kältekreisläufe sind vollständig hermetisiert und gelten als dauerhaft technisch dicht. Sie sind vom restlichen Bereich mit dem Pufferspeicher sowie den Pumpen räumlich getrennt aufgestellt.
Der im Bereich der Verdichter schwadendicht ausgeführte Maschinencontainer verfügt dennoch über eine einfache zusätzliche Absicherung, wie Gaswarnsensor und Belüftung. Lediglich innerhalb des Containers, der nur während Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten als ATEX-Zone 2 eingestuft wird, mussten einige wenige Bauteile einfache Auflagen erfüllen. Während des Normalbetriebes ist auch der Maschinenraum mit den Verdichtern keine ATEX-Zone.

Quelle: CoolTool

Bild 3: Pufferbehälter als Hydraulische Weiche, Ausdehnungsgefäß, Umwälzpumpen und Schaltschrank

Quelle: CoolTool

Bild 4: Robuster, korrosionsbeständiger Luftkühler mit 7 mm Lamellenabstand und drehzahlgeregeltem Lüfter im Schalthaus zwischen den Schaltschränken

Quelle: CoolTool

Bild 5: Ende der insgesamt 240 m Doppel-Edelstahl-Rohrleitung mit permanent arbeitenden Überströmventil in der Bypass-Leitung

Als Kälteträger wurde Wasser ohne den Zusatz von Frostschutz genommen. Durch die Anforderung einer Betriebszeit von 365 Tagen in Jahr und 24 Stunden am Tag für die Kaltwalzstraße ist eine permanente Wärmequelle vorhanden.

Das insgesamt 240 m umfassende Edelstahl-Rohrnetz mit industrieller Schäumung der Dämmung und Blechmantel zum Schutz vor äußeren Beschädigungen wurde auf dem Hallendach im Freien installiert. Alle Endbereiche des Rohrnetzes wurden mit Überstromventilen ausgestattet, damit keine Totzonen in der Strömung im Rohrnetz entstehen können. Mehrere Abgänge gehen oberhalb der Schalthäuser, Leitwarten und Messstände durch Deckendurchbrüche in die Halle, die die neue Kaltwalzstraße aufnimmt. Die Anbindung der unterschiedlichen Verbraucher erfolgte mit gepressten Edelstahlrohren. Dadurch konnte auf die Ausführung von Löt- und Schweißarbeiten innerhalb des Gebäudes vollständig verzichtet werden. An mehreren Stellen wurden Blindflansche für schnelle, einfache, zukünftige Erweiterungen vorgesehen, die dadurch im Betrieb vorgenommen werden können. Ein als Hydraulische Weiche eingebundener Pufferspeicher und insbesondere die Verwendung von Primär- und Sekundärpumpen halten den Leistungsbedarf der Pumpen sehr gering.

Kompressionskälte mindestens so effizient wie freie Kühlung

Die Verdichter können, bei entsprechender Außentemperatur und Auslastung, die Verflüssigungstemperatur auf einen Wert von +18 °C absenken. Dies wird durch die Verwendung von elektronischen Expansionsventilen möglich, die auch bei geringen Druckdifferenzen noch präzise arbeiten können.

Die Arbeitszahl ist bei so tiefen Verflüssigungstemperaturen so hoch, dass sie die Effizienzwerte einer freien Kühlung erreicht. Freie Kühlung benötigt neben hohen Ventilatorleistungen auch hohe Pumpenleistungen für die Strömung im Rückkühler, um einen zuverlässigen Wärmeübergang von Luft auf das Medium Wasser zu gewährleisten. Die ausgeführte Anlage benötigt, bedingt durch die guten Wärmeübergänge von R290, insbesondere bei der Verflüssigung wesentlich kleinere Antriebsleistungen für die Ventilatoren im Verflüssiger.

Ein weiterer Vorteil von R290 ist, dass es als azeotropes Kältemittel keinen Temperatur-Glide aufweist. Somit ist die Regelung der Überhitzung, auch bei Teillast und bei wechselnden Betriebszuständen, vollkommen unproblematisch. Auch die Verdampfungstemperatur kann bei Teillast gleitend angehoben werden.

Durch die großzügige Dimensionierung aller Wärmeübertrager können alle notwendigen Leistungen sicher übertragen werden. Der COP für den reinen Kältemittelkreislauf kann dadurch, bei Außentemperaturen unter 14 °C, einen Wert von bis zu 16 erreichen. Dies wird noch durch das kurze Rohrnetz im Kälteerzeuger, die geringen Druckverluste kältemittelseitig, die elektronischen Expansionsventile und die guten Wärmeübertragungseigenschaften des natürlichen Kältemittels R290 unterstützt. Damit wäre eine freie Kühlung, bedingt durch die relativ niedrige Zieltemperatur in den zu kühlenden Räumen von 20 bis 22 °C, nur ein unnötiger Investitionspunkt und wurde so schon im Vorfeld verworfen. Ein weiterer Vorteil der durch eine Kompressionskälteanlage erzeugten Vorlauftemperatur von bis zu 6 °C ist die definierte Entfeuchtung der Luft. Damit lässt sich die vorgegebene relative Feuchte in den Schalthäusern und beim Humanklima über einen definierten Taupunkt in den Luftkühlern zuverlässig einhalten.

Bedingt durch die geregelten Ventilatoren und Pumpen wird für die Gesamtanlage inklusive aller Nebenaggregate eine Jahresarbeitszahl SEPR (Seasonal Energy Performance Ratio) von 8,51 erreicht. Nach der heute gültigen Eco-Design-Richtlinie wird für den Leistungsbereich und den Anwendungsfall ein MEPS-Wert (Minimum Efficiency Performance Standard) von 3,8 gefordert. Damit wurde die 2016 zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme noch nicht gültige Eco-Design-Richtlinie um mehr als die Hälfte übertroffen.

Monitoring-System

Durch die integrierten Monitoring- und Energie-Erfassungssysteme können alle Energieflüsse transparent aufgezeigt werden. Ferner können die für den Kunden wichtigen Benchmark-Zahlen einfach zur Verfügung gestellt werden. Evtl. Fehlfunktionen, die im Laufe der Jahre auftreten,

können so schnell lokalisiert und behoben werden, bevor hohe und unnötige Energiekosten anfallen.
Als Sonderfunktion wurde in die SPS-Steuerung eine Siemens S7 – ein Online-Monitoring-Tool – integriert. Dieses kann in Echtzeit Leistungsmessung, Effizienzüberwachung und Darstellung aller relevanten Betriebspunkte wie COP, Verdichterwirkungsgrad, Verdichterliefergrad und ordnungsgemäße Unterkühlungen und Überhitzungen vornehmen. Diese können in Echtzeit in Messkurven aber auch im h,log p-Diagramm dargestellt werden. Die im System enthaltene Plausibilitäts-Überprüfung aller Prozesspunkte zeigt dem Wartungspersonal evtl. ungünstige Betriebspunkte auf.
Da sich alle relevanten und sensiblen Teile der Kälteerzeugung in den separaten Maschinencontainern befinden, ist ein Sicherstellen eines ordnungsgemäßen Betriebs einfach zu realisieren. Die bisherigen Erfahrungen des Betreibers, der am bisherigen Standort, aufgrund der Vielzahl der direkt verdampfenden Kältekreisläufe, permanent Probleme mit Kältemittelmangel und defekten Bauteilen hatte, sind seit der Inbetriebnahme nicht aufgetreten.
Die Anlage läuft seit der Inbetriebnahme störungsfrei. Dies ist auf durch die konsequente Ausführung der Anlage mit geregelten Pumpen, Ventilatoren und Verdichtern zurückzuführen. Die beiden Kältekreisläufe sind einfach aufgebaut. Es gibt durch die konstruktive Gestaltung keinerlei Probleme mit Ölrückführung oder mit lösbaren Verbindungen wie Bördelverschraubungen, die langfristig potentielle Undichtigkeiten darstellen.
Im Vergleich zu vielen anderen Anlagen ist das R290-System dicht und musste bislang nicht nachgefüllt werden. Das aktive Monitoring-System erlaubt, bevor Temperaturen ansteigen, evtl. Fehlerfunktionen durch Verschleiß oder Bauteildefekt zu erkennen und Reparaturen einzuleiten.

Technische Daten

AC-Stufe mit zwei R290-Kompressionskältekreisläufen

Kälteleistung AC:	*376 kW*
Max. Leistungsaufnahme AC:	*2 x 65 kW,*
Verdampfungstemperatur	*t_o = +3 °C gleitend auf +6 °C im Teillastbereich,*
Verflüssigungstemperatur	*t_c = 18 bis 42 °C*
Kälteleistungszahl im Auslegungspunkt	*5,8 für R290 NK +3/+42 °C*
Jahresarbeitszahl SEER	*8,51 inkl. Nebenaggregate (MEPS = 3,8)*
Verdichter AC:	*2 x Bock „EX-HG7/2110-4S 3GHC“, beide mit Inverter „FC-102P75“*
Verflüssiger AC:	*2 x Thermofin, Verflüssigungsleistung Q_c = 225 kW, mittlere Temperaturdifferenz dtm = 7 K, ausgestattet mit EC-Ventilatoren, Energieeffizienzklasse B*
Verdampfer AC:	*Alfa Laval, Platten-Wärmeübertrager mit dtm = 6 K*
Expansionsventile:	*„E2V30BSM00“ von Carel für tiefe Verflüssigungstemperaturen im Winter und gleitende Verdampfungstemperatur*
Primärpumpen:	*KSB, mit auf den Druckverlust des Platten-Wärmeübertragers abgestimmtem Druck von 5 m/50 kPa*
Rohrnetz:	*Edelstahl mit exakt berechneten Rohrdimensionen für geringen Druckverlust, Hydraulische Weiche zur Trennung von Primär-/Sekundärkreis, hydraulischer Abgleich mittels dynamischen Volumenstromreglern von Caleffi oder geregelten Motor-Kugelventilen von Belimo über Siemens S7 (SPS)*
Luftkühler AC:	*Schalthäuser:12 x Güntner, 7 mm Lamellenabstand, große Lamellenfläche, geringer Druckverlust auf der Glykolseite und EC-Ventilatoren, die alle separat drehzahlgeregelt sind. Alle mindestens Energieeffizienzklasse B*
Humanklima:	*Carrier, Kaltwasser-Wandgeräte/ Deckenkassetten mit geringen Druckverlusten*
Sekundärpumpen:	*KSB, drehzahlgeregelt mit auf den Druckverlust des Rohrnetzes und der Luftkühler abgestimmtem Druckverlust von 14 m/140 kPa*
Expansionsventile:	*Carel, „E2V18B“ elektronisch*

Zentrale NH_3-Kälteanlagen mit Trockenexpansion

Funktionsweise, Anwendungen und Betriebserfahrungen

Stefan Jensen,
Geschäftsführer Scantec Refrigeration Technologies Pty. Ltd.

Eric Gerstenberger,
thermofin GmbH, Heinsdorfergrund

Anhand von fünfzehn realen Anlagen wird in diesem Beitrag exemplarisch dargestellt, wie zentrale NH_3-Kälteanlagen mit geringer Füllmenge funktionieren, welche Mindestkälteleistungen praktisch und tatsächlich realisierbar sind, wie niedrig die NH_3-Kältemittelbestände sein können, welche Energieleistungen diese Systeme erbringen können, welche langjährigen Betriebserfahrungen vorliegen, welche Anwendungen geeignet sind und wie diese Systeme im Vergleich zu anderen Konzepten mit natürlichen Kältemitteln abschneiden.

Die globale Klimatechnik-Industrie steht in den nächsten zwei Jahrzehnten vor einem beispiellosen Wandel. In einigen Ländern begannen diese Veränderungen vor mehr als zwei Jahrzehnten, ausgelöst durch die lokale Umweltgesetzgebung. Der globale Technologiewandel wird sich in den kommenden fünf bis zehn Jahren beschleunigen, aber die Industrie muss sich jetzt auf die weitere technologische Entwicklung nach 2040 vorbereiten. Dieser Technologiewechsel wird von zwei großen Ereignissen angetrieben, die im Oktober 2016 stattfanden. Dies sind zum einen die Kigali-Änderungen zum Montrealer Protokoll und zum anderen der Pariser

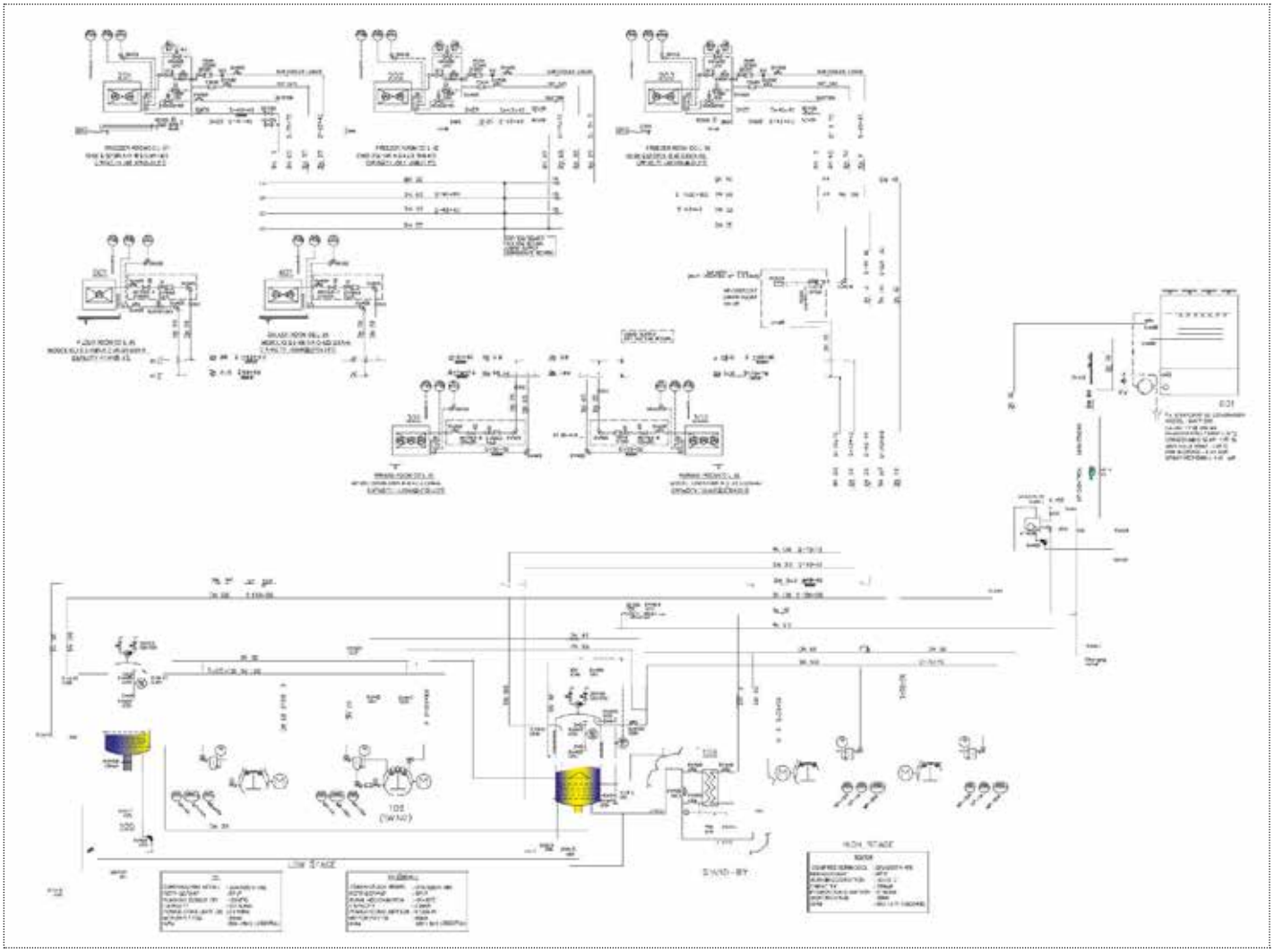


Bild 1: R&I-Schema für ein typisches zentrales, niedrig befülltes NH_3-Kühlsystem

Klimavertrag, der inzwischen von einer großen Anzahl von (mehr als 60) entwickelten Volkswirtschaften weltweit ratifiziert wurde. Der globale FKW-Abbau, der 2019 gemäß den Kigali-Änderungen beginnen soll, ist viel mehr als ein Kältemittelwechsel. Der Übergang des Kältemittels muss gleichzeitig den Pariser Klimavertrag berücksichtigen, der eine maximale Temperaturanomalie von 2 K bis zum Jahr 2100 und eine Klimaneutralität bis 2050 vorsieht.

In der Praxis bedeutet dies nicht nur die Minimierung des FKW-Einsatzes. Es bedeutet auch, gleichzeitig die Energieeffizienz zu maximieren. Direkte Emissionen aus leckagefreien FKW-basierten Kälteanlagen machen etwa 10 % der Gesamtemissionen über die gesamte Lebensdauer der Anlage aus [1]. Der Rest von den verbleibenden 90 % wird durch indirekte Emissionen verursacht, wenn diese Kühlsysteme durch Elektrizität angetrieben werden, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt wird.

Es gibt synthetische Kältemittelalternativen zu FKWs mit niedrigem Treibhauspotenzial (Low GWP). Diese werden oft als Kältemittel der vierten Generation bezeichnet und gehören im Allgemeinen der Kategorie Hydrofluoroolefin (HFO) oder deren Derivaten an. Die Umweltauswirkungen von HFO-Kältemitteln sind noch nicht vollständig erforscht. Darüber hinaus bieten HFO-Kältemittel im Vergleich zu natürlichen Kältemittelalternativen keine Verbesserung der Effizienz des Kältekreises [2]. Der Einsatz von HFO-Kältemitteln als langfristiges, zukunftssicheres Arbeitsfluid ist daher fraglich.

Synthetische Kältemittel mit niedrigem GWP-Wert sind bis auf wenige Ausnahmen brennbar. Dies ist eine Eigenschaft, die sie mit natürlichen Kältemitteln wie Ammoniak und Kohlenwasserstoffen gemeinsam haben. Die zunehmende Verbreitung von brennbaren Kältemitteln wird den Fokus auf die Füllmengen einzelner Systeme verstärken. Dies ist eine Entwicklung, die bereits heute in vielen Ländern und Branchen zu beobachten ist – insbesondere in Ländern, in denen die Füllmengen an Kältemitteln über bestimmte Grenzwerte hinaus kostspielige Compliance-Maßnahmen für Eigentümer/Verwender von Kälteanlagen auslösen.

Der Fokus auf die Minimierung der Kältemittelbestände im System führt zu einem Phänomen, das oft als Multiplexing bezeichnet wird. Multiplexing ist, wenn eine relativ große Anzahl von kleinen Systemen zusammengenommen eine ausreichende Kühlleistung bereitstellen, um eine große Anlage zu kühlen, die sonst über eine zentrale Anlage mit identischer Kapazität wie die Summe der einzelnen Anlagenkapazitäten hätte gekühlt werden können.

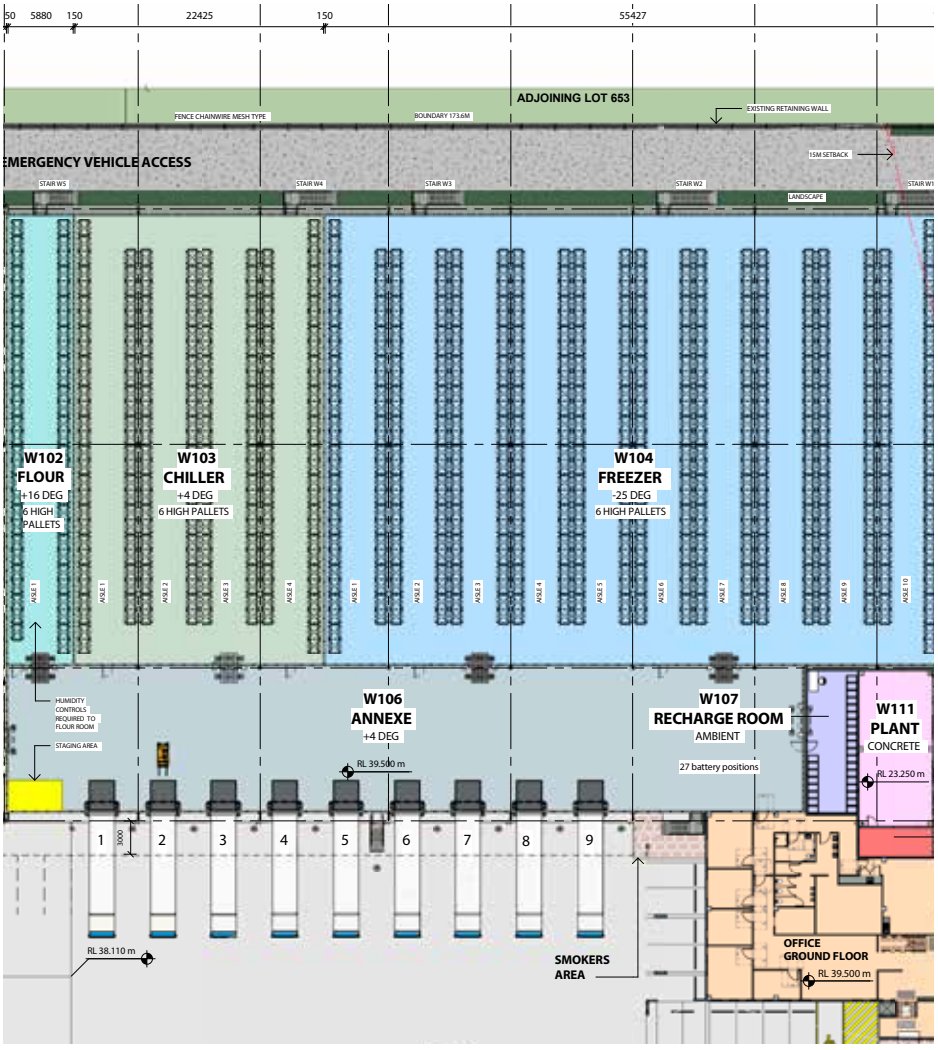


Bild 2: Plananordnung des Verteilzentrums, das von der in Bild 1 dargestellten Anlage bedient wird.

Beispiele für solche Multiplex-Konzepte sind 1.) mehrere transkritische CO_2-Systeme, die kombiniert werden, um relativ große Kühlhäuser zu versorgen, oder 2.) NH_3-Systeme mit niedriger Befüllung im US-Stil, die kombiniert werden, um relativ große Verteilzentren mit Schockfrostung zu bedienen.

Wenn Multiplexsysteme nicht in der Lage sind, insgesamt die gleiche oder bessere Energieleistung wie eine gleichwertige Zentralanlage zu erbringen, verstoßen sie gegen die Absicht des Pariser Klimavertrags, es sei denn, diese Systeme werden mit erneuerbaren Energiequellen betrieben, wodurch indirekte Emissionen vermieden werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich die zentrale Anlage mit minimalen NH_3-Kältemittelbeständen als potenziell überlegene Lösung dar. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Energieeffizienz als auch in Bezug auf Sicherheit, Zukunftsrelevanz, Branchenwissen und Umweltverträglichkeit.

Ammoniak ist schließlich Selbstalarm-auslösend; es gehört zur Brennbarkeitskategorie 2L (wie R32 und HFO1234yf); es wird weit verbreitet für andere Anwendungen als die Kältetechnik verwendet; seine Kälteanwendungen unterliegen ausgereiften und gut entwickelten technischen Sicherheitsstandards und es wird oft als „der andere Wasserstoff" bezeichnet, welcher der einzige andere Brennstoff neben dem reinen Wasserstoff ist, der ohne CO_2-Emission verbrennt.

Zentrale NH_3-Kälteanlagen mit geringer Füllmenge – Arbeitsprinzipien

Die einfachste Erklärung, was in diesem Zusammenhang eine zentrale NH_3-Kälteanlage mit geringer Füllmenge darstellt, ist die Betrachtung einer konventionellen,

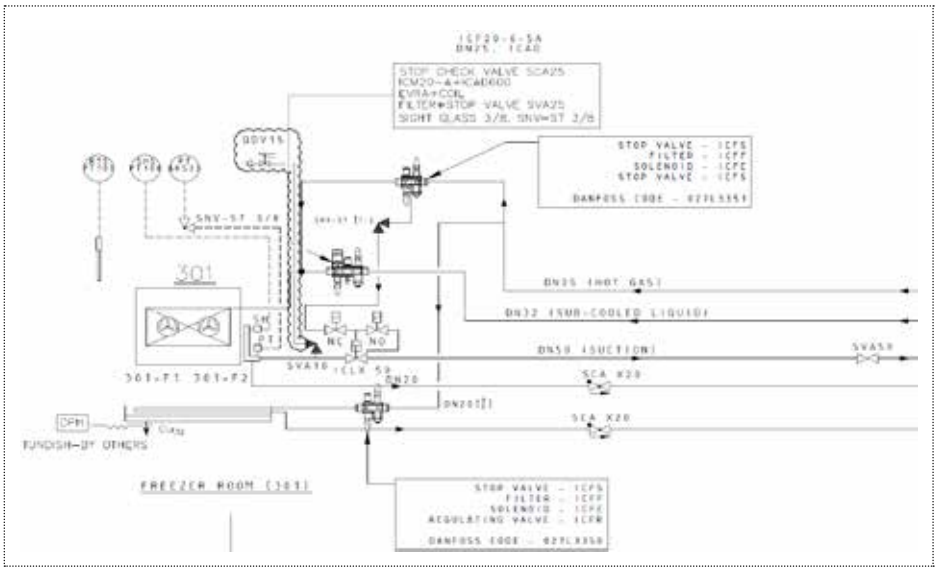


Bild 3: R&I-Schema für einen typischen TK-Verdampfer mit Heißgasabtauung

zweistufigen Ammoniak-Kälteanlage ohne Ammoniakpumpen.

Die Verdampfer des Systems sind vom Typ der Trockenexpansion. Die Kältemittelvernetzung vom zentralen Maschinenraum zu allen Verdampfern der Anlage und zurück nutzt die von den Kompressoren erzeugten Druckdifferenzen.

Es gibt noch einige andere Elemente, welche zu den Energieeffizienzen beitragen, die über mehrere Jahre für diese Art von Systemen erfasst wurden. Diese werden im Folgenden näher beschrieben. In Bild 1 ist ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema für ein typisches System dargestellt. Das Verteilzentrum, das von dem in Bild 1 dargestellten Kühlsystem bedient wird, umfasst Gefrierlager (-25 °C), Kühlraum (2-4 °C), Gebäckraum (16 °C) und Vorraum (4-6 °C). Das Lager befindet sich in Perth, Westaustralien. Das gesamte Kühlvolumen beträgt ca. 43.000 m³. Die Anlage wurde 2013 in Betrieb genommen und läuft seitdem problemlos. Ein Layout der Anlage ist in Bild 2 dargestellt. Die Kälteleistungen für niedrige und mittlere Temperaturen betragen 174 bzw. 228 kW. Der NH_3-Bestand beträgt 480 kg oder ca. 1,2 kg/kW. Alle Verdampfer (niedrige und mittlere Temperatur) werden über eine gemeinsame Flüssigkeitszuleitung versorgt. Derzeit sind vierzehn zentrale NH_3-Systeme mit geringer Füllmenge in Australien und eines in China in Betrieb. Weitere fünf Systeme befinden sich in der Inbetriebnahme oder im Bau. Alle Systeme wurden nach den in Bild 1 beschriebenen allgemeinen Prinzipien konzipiert, wobei kontinuierliche Verbesserungen, die auf den Erfahrungen aus den einzelnen Installationen basieren, schrittweise umgesetzt wurden.

Die Konstruktionsmerkmale dieser Systeme können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Verdampfer sind aus Aluminium gefertigt und für Trockenexpansion mit vergleichsweise hohen Druckabfällen ausgelegt. Für Tieftemperaturanwendungen kommt ein spezieller Tankverteiler zum Einsatz, der nach dem Prinzip der Schwerkraft arbeitet. Die Einspritzung wird nach der Dampfqualität geregelt.
- Hubkolbenverdichter mit minimiertem Ölverbrauch, Drehzahlregelung und großen Drehzahlbereichen
- Drehzahlregelung an allen Verdampfer- und Kondensatorventilatoren – in einigen Fällen mit integrierter Drehzahloptimierung
- Überdimensionierte Verflüssiger und Verflüssigungstemperaturen, die sich den Außentemperaturen zur Minimierung des durchschnittlichen Verflüssigungsdrucks angleichen
- Eliminierung von Flüssigkeit in allen Saugleitungen, wodurch Druckverluste in den Saugleitungen minimiert werden
- NH_3-Rohrleitungen aus Edelstahl V2A mit absoluten Rauheitswerten, die 20- bis 40-mal niedriger sind als bei Rohrleitungen aus Stahl
- Einsatz von Hochdruck-Schwimmerventilen zur Kältemittelentspannung und zur Kondensatrückführung in den Zwischenkühler während der Heißgasabtauung
- Abtauen nach Bedarf (in einigen Fällen).

Typische Ventilstation für Niedrigtemperatur

In Bild 3 ist das Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema einer Ventilstation, die einen typischen Tiefkühl-Verdampfer mit Heißgasabtauung versorgt, detailliert dargestellt. Zwei Heißgas-Magnetventile sind vorgesehen: eines für die Erwärmung der Tropfwanne und ein zweites Ventil für den Verdampferblock. Das Ventil für die Tropfwanne ermöglicht das Vorwärmen der Wanne, bevor Heißgas in den Block eingespritzt wird. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Blockmaterials und der Tatsache, dass der Verdampfer zu Beginn des Abtauvorgangs fast kein unterkühltes flüssiges NH_3 enthält, erfolgt die Abtauung relativ schnell. Ohne Vorwärmung der Tropfwanne besteht die Gefahr, dass die großen Mengen an Wasser und Schneematsch, die beim Abtauen in kurzer Zeit aus dem Verdampfer gelöst werden, nicht aufgenommen werden können.

Flüssigkeitsverteilung und Kältemitteleinspritzung

Für eine gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit in Tiefkühlverdampfern werden Tankverteiler verwendet. Diese sind in Bild 4 dargestellt.

Die Steuerung der Kältemitteleinspritzung erfolgt über das am Verdampfer-Austritt gemessene Qualitätssignal (Kältemitteltrockenheit). Das Steuerungssystem beinhaltet auch eine Überhitzungsmessung als zweite Option, falls die Qualitätsmessung nicht funktioniert oder sich der Verdampfer im Temperaturabsenkungsmodus befindet. Die Verwendung der Qualitätskontrolle in letzterem Fall kann aufgrund der maximalen Auslastung des Verdampfers zu einer Überlastung des Verdichters führen. Bild 5 zeigt die Sensoranordnung am Verdampfer-Sauganschluss. Der Sensor ist so positioniert, dass

Bild 4: Tankverteiler für TK-Verdampfer

Bild 5: Typische Qualitätssensor-anordnung

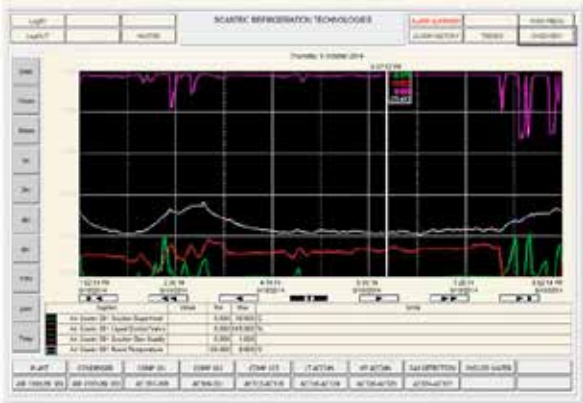


Abbildung 6: SCADA-System – Screenshot mit Darstellung der Position des Expansionsventils, der Überhitzung und der Qualitätssignale

die Wahrscheinlichkeit des Eintauchens des Sensors in Flüssigkeit minimiert wird. Der Kondensatrücklauf bei der Heißgasabtauung erfolgt über einen separaten Anschluss, um die korrekte Steiggeschwindigkeit zu gewährleisten. Dieses Rohr ist rechts neben dem Qualitätssensor (blau) zu sehen.

In Bild 6 wird ein typischer Screenshot des SCADA-Systems gezeigt. Dies beschreibt das Phänomen, das häufig in der Praxis vorkommt, d.h. Qualität <1,0 bei gleichzeitiger Überhitzung >0 K.

Es gibt mehrere mögliche Erklärungen dafür. Eine Möglichkeit ist der Feuchtigkeitsgehalt im Kältemittel. Ein weiterer Grund ist, dass die vom Qualitätssensor identifizierten Flüssigkeitströpfchen in überhitztem Dampf schweben. Es ist auch ersichtlich, dass die Position des Expansionsventils relativ stabil ist. Es ist daher unwahrscheinlich, dass die schwankenden Überhitzungssignale durch die Einspritzregelung verursacht werden. Es ist wahrscheinlicher, dass sich diese Beobachtungen auf die interne Verdampferdynamik beziehen.

Anlagenbeispiele

Die bisher größte gebaute NH_3-Anlage mit geringer Füllmenge bedient ein Verteilzentrum für Fleischprodukte und befindet sich in Brisbane, Australien. Das gesamte Kühlvolumen beträgt 114.000 m³. Die projektierten Kälteleistungen betragen 500 kW (Tiefkühlung) und 600 kW (Normalkühlung). Der gesamte NH_3-Bestand beträgt 750 kg oder ca. 0,7 kg/kW. Der erfasste spezifische Energieverbrauch (SEC) beträgt 17 kWh/m³a. In diesem Energieverbrauch ist das tägliche Frosten von 50 t an Fleischprodukten eingeschlossen. Ohne Einfrieren (nur Lagerung) beträgt der theoretisch errechnete spezifische Energieverbrauch 10 kWh/m³a. Bild 7 zeigt die Installation der Verdampfer des Bereitstellungsbereichs mit einer Kühlerleistung von jeweils 140 kW.

Bild 8 zeigt den Maschinenraum während des Baus. Zu beachten ist die Verrohrung aus Edelstahl.

Die bisher kleinste Anlage wurde im September/Oktober 2018 in Betrieb genommen – daher gibt es noch keine zuverlässigen Energieeffizienznachweise im Realbetrieb. Die Anlage versorgt ein Lebensmittelverteilzentrum in North Queensland, Australien. Das Kühlvolumen des Lagers beträgt ca. 5.250 m³ und die Niedertemperatur-/Mitteltemperatur-Auslegungskälteleistungen sind 45 bzw. 49 kW. Die neue Anlage ersetzte ein bestehendes, luftgekühltes auf R404A-basierendes System mit elektrischer Abtauung. Die prognostizierten Energiekosteneinsparungen betragen 8.000 AUD pro Monat. Der Maschinenraum ist, wie in Bild 9 dargestellt, vorgefertigt (während des Baus und der Fertigstellung). Dadurch verkürzt sich die Installationszeit vor Ort auf ca. drei Wochen ohne die Temperatursenkungsperiode des Gefrierlagers.

Energieeffizienz

Beispiele für gemessene Energieleistungen einer Auswahl zentraler NH_3-Anlagen mit geringer Füllmenge sind in Bild 10 dargestellt. Die gelben Kreuze stellen zentrale, niedrig befüllte NH_3-Anlagen mit geringer Füllmenge dar; das rote Kreuz stellt ein überflutetes NH_3-basiertes System mit zwei einstufigen Schraubenkompressoren dar, die parallel mit Economizer betrieben werden, und das grüne Kreuz stellt ein transkritisches CO_2-System mit elektrischer Abtauung dar, das ein 11.000 m³ großes Vertriebszentrum in Melbourne, Australien versorgt.

Die oberste blaue Grafik (gleitender Durch-

GEA Verdichter für natürliche Kältemittel

Das nachhaltige Kolben- und Schraubenverdichter-Portfolio für Industrie-, Gewerbe- und Klimakälte.

Mit GEA Bock HG CO_2, GEA Bock HG CO_2 T, GEA Bock HG HC, GEA Grasso M, GEA Grasso LT, GEA Compax, GEA Grasso V und GEA Grasso 5HP bietet GEA Verdichter mit den natürlichen Kältemitteln Ammoniak (NH_3), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Kohlenwasserstoffen (HC/R290/R1270) für jeden Zweck. Seit Jahrzehnten steht unser nachhaltiges Programm für Effizienz, Zuverlässigkeit und einfachen Service.
gea.com

GEA engineering for a better world

Bild 7: Installation von Bereitstellungsbereichsverdampfern mit einer Kühlerleistung von 140 kW

Bild 8: Maschinenraum während des Baus

schnitt) ist das Ergebnis einer Untersuchung der California Energy Commission im Jahr 2008 über die Energieeffizienz von 163 öffentlichen und privaten Kühlhäusern [3]. Die untere blaue Grafik stellt die beste Vorgehensweise dar.

Es ist offensichtlich, dass zentrale, niedrig befüllte NH_3-Anlagen konstant spezifische Energieverbrauchswerte liefern, die das 0,4- bis 0,6-fache der durchschnittlichen Praxis betragen. Es ist auch ersichtlich, dass das hier vorgestellte NH_3-Konzept mit niedriger Kältemittelfüllung eine deutlich verbesserte Energieeffizienz im Vergleich zu transkritischem CO_2 und einstufigen NH_3-Schraubenkompressoranlagen mit Economizer für Kühlhäuser liefert.

Anlagenprobleme

Die in jüngster Vergangenheit ab 2012/13 fertiggestellten NH_3-Anlagen mit geringer Füllmenge haben bei der Inbetriebnahme und dem anschließenden kommerziellen Betrieb relativ wenig Probleme verursacht. Die aufgetretenen Probleme können wie folgt zusammengefasst werden:

- Flüssigkeitszufuhrprobleme für den letzten Verdampfer, der an die Flüssigkeitszufuhrleitung angeschlossen ist
- Ausfälle der Frequenzumrichter, die an Verdampferlüfter angeschlossen sind
- Eisbildung an Verdampfern und in Tropfwannen durch falsch programmiertes Abtaumanagement
- Fehlerhafte Wellendichtungen der Verdichter
- Übermäßiger Ölaustritt von den Kompressoren
- Übermäßige Überhitzung der Verdichteransaugung durch niedrige Zwischenkühler-Flüssigkeitsstände
- Falsche Platzierung von Druck-, Temperatur- und Qualitätssensoren
- Sensorausfälle
- Füllstandsschwankungen im Hochdrucksammler
- Verdichtervibrationen

Nur wenige dieser Probleme sind darauf zurückzuführen, dass die betreffenden Anlagen zum Typ der zentralen NH_3-Anlagen mit geringer Füllmenge gehören. Die meisten Probleme unterscheiden sich nicht von den Problemen, die bei der Inbetriebnahme von Ammoniak-Kälteanlagen konventioneller Bauart mit Pumpenumwälzung auftreten können.

Zwischen 2013 und 2018 musste nur für eine der fünfzehn Anlagen eine Inspektion an den Zylinderköpfen der Kolbenverdichter durchgeführt werden. Die meisten installierten Systeme sind mit eigenen Verschleißüberwachungsvorrichtungen für die Verdichter ausgestattet. Die präventiven Instandhaltungskosten der Anlage liegen statistisch gesehen bei etwa 1,5-2 % der Anlageninvestitionskosten ohne Kompressorüberholungen.

Weitere Entwicklungen

Es bestehen vielfältige Möglichkeiten für zukünftige Entwicklungen, um den Ammoniakbestand an Systemen mit geringer Füllmenge, die den aktuellen Stand der technologischen Entwicklung darstellen, weiter zu reduzieren.

Eine dieser Entwicklungen ist die LOGAS-Heißgasabtauanlage. Das LOGAS-Abtausystem verwendet niedrige Temperaturen (7-15 °C) und Wärmerückgewinnung aus dem Ammoniak-Kühlsystem, um die Abtauung durchzuführen. Gleichzeitig eliminiert das System den Rücklauf des Ammoniakkondensats zum Zwischenkühler während des Abtauvorgangs und ermöglicht so die Beseitigung des größten Teils der Flüssigkeitsmenge, die sich im Zwischenkühler eines zweistufigen Ammoniak-Kühlsystems befindet. Das Ergebnis ist eine Reduzierung des NH_3-Bestands der hierin beschriebenen Systeme um rund ein Drittel.

Das LOGAS-Abtausystem verwendet eine flüchtige Abtauflüssigkeit, die in einem Abtaukreislauf zirkuliert, der sich vom Hauptkühlmittelkreislauf des Kühlsystems unterscheidet. Das Abtaufluid kann das gleiche wie das Kältemittel sein, aber wenn das Kältemittel NH_3 ist und eines der Designziele die Minimierung des NH_3-Bestands anstrebt, ist die Verwendung eines nicht brennbaren Abtaufluids eine schlüssige Wahl, z.B. CO_2.

Das System ist in Bild 11 dargestellt. Der Verdampfer oder Kühlkörper ist ein Zweikreisverdampfer mit getrennten Kreisläufen für das Kältemittel und die Abtauflüssigkeit. Der Wärmeübertrager, der die Wärme aus der Wärmequelle aufnimmt, ist ein CO_2/Glykol-Wärmeübertrager. Um eine Abtauung einzuleiten, wird die Zufuhr von Glykol bei einer Temperatur von 7-15 °C zur Glykolseite des Wärmeübertragers eingeleitet. Der erzeugte CO_2-Dampf steigt zum Verdampfer auf, wo er kondensiert und nach dem Thermosiphonprinzip in den Wärmeübertrager zurückkehrt.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei wie oben beschrieben gesteuerten Verdampfern Temperaturunterschiede zwischen Luft und Kältemittel von weniger als 3K erreicht werden

Bild 9a: „ScanPAC"-Maschinenraum während der Bauzeit ...

Bild 9b: ... und während der Fertigstellung – TK/NK-Leistungen 45/49 kW

können. Dies eröffnet Möglichkeiten für Anwendungen mit hoher Luftfeuchtigkeit wie Schlachtkörperkühlung, Gemüselagerung und Schockfrostung mittels einer zentralen, niedrig befüllten NH_3-Anlage. Dies kann die Sicherheit der Mitarbeiter in vielen Lebensmittelverarbeitungsbetrieben und Schlachthöfen erheblich verbessern.

Die in Bild 12 dargestellten NH_3-Trockenexpansiongefrierplatten [4] sind eine weitere Entwicklung, die in der Lage ist, die Sicherheit des Bedieners und die Betriebswirtschaft in Fleischverarbeitungsbetrieben deutlich zu verbessern. In Australien und Neuseeland werden 80 % des in Schlachthöfen verarbeiteten Fleisches in großformatigen Plattenfrostern gefroren. Bild 12 zeigt hierfür eine typische Installation, bei der jeder Plattenfroster etwa 1750 Kartons mit einer Stückmasse von 27,2 kg enthält.

Zusammenfassung

Die Popularität der in diesem Beitrag beschriebenen zentralen NH_3-Kühlsysteme mit niedriger Kältemittelfüllung ist im Wesentlichen das Ergebnis folgender Tatsachen:

- Die Energieleistungen sind weitaus besser als bei jedem anderen Konzept einer Kälteanlage, d.h. eine Reduzierung des jährlichen Energieverbrauchs um den Faktor 2,5 bis 3 im Vergleich zu herkömmlichen FKW-basierten Systemen mit einstufiger Verdichtung, luftgekühlten Kondensatoren, elektrischer Abtauung und ohne Drehzahlregelung an Kompressoren und Ventilatoren
- NH_3-Füllmemge in den Verdampfern eines typischen Gefrierlagers, die 30 bis 40 Mal niedriger sind als in herkömmlichen Pumpenumwälzungssystemen; in einem typischen Gefrierlager mit drei Verdampfern ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Freisetzung der NH_3-Füllmenge von einem Verdampfer dazu führt, dass NH_3-Konzentrationen innerhalb des Lagers den IDLH-Wert von 300 ppm überschreiten, vorausgesetzt, dass die NH_3-Versorgung des undichten Verdampfers durch den NH_3-Detektor abgeschaltet wird
- Insgesamt sind die NH_3-Füllmengen vier- bis fünfmal niedriger (bei LOGAS-Abtauung 7-9-mal niedriger) als bei herkömmlichen Pumpenumwälzungsanlagen; das bedeutet, dass innerhalb der Füllmengengrenze von z.B. der deutschen Störfallverordnung die Kälteleistung, die durch ein NH_3-System mit geringer Füllmenge bereitgestellt werden kann, bis zu 7- bis 9-mal höher ist als bei herkömmlichen Pumpenumwälzungssystemen
- Das Nonplusultra in der Zukunftssicherheit; bei richtiger Anwendung ist Ammoniak in der Lage, die niedrigsten indirekten Emissionen aller Kältemittel zu liefern, NH_3 führt nicht zum Abbau der Ozonschicht, NH_3 hat keine Auswirkungen auf die globale Erwärmung, NH_3 ist Selbstalarm-auslösend im Falle von Leckagen, es gibt sehr gut entwickelte Sicherheitsstandards für alle NH_3-Anwendungen, NH_3 ist als Kältemittel seit mehr als 150 Jahren im Dauereinsatz und es gibt weltweit ein gut entwickeltes Beschaffungssystem für Ammoniak.

Bezogen auf das Kühlhausvolumen wird die Wirtschaftlichkeit von zentralen, niedrig befüllten NH_3-Systemen im Vergleich zu anderen natürlichen Kältemittellösungen wie transkritischen CO_2-Systemen bei Kühlvolumen unter 7.000 - 10.000 m³ fraglich. Dies basiert auf dem aktuellen Stand der technologischen Entwicklung und liegt daran, dass

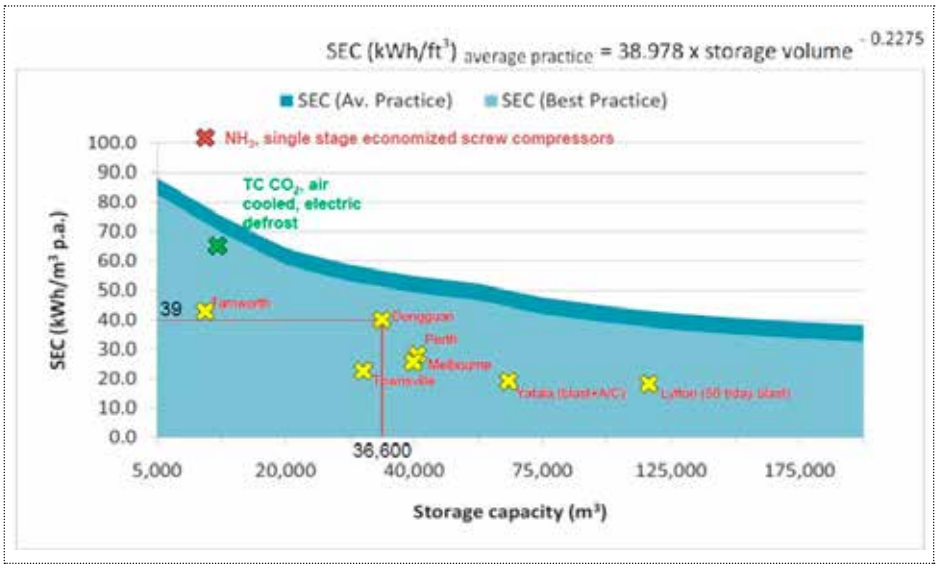


Bild 10: Typische gemessene spezifische Energieverbrauchswerte (SEC) für drei Anlagentypen

Bild 11: LOGAS-Heißgasabtauung im Feldtest

Bild 12: Großplattenfroster während der Installation

die jährlichen Energiekosteneinsparungen, die mit der niedrigen NH_3-Füllung im Vergleich zu transkritischem CO_2 verbunden sind, nicht ausreichen, um eine angemessene Rendite aus der unterschiedlichen Investition zwischen den beiden technischen Konzepten zu erzielen.

Dieser volumetrische Richtwert wird durch die klimatischen Bedingungen des Anlagenstandorts beeinflusst. In heißen subtropischen und tropischen Klimazonen nimmt der Unterschied im jährlichen Energieverbrauch zwischen NH_3 mit geringer Füllmenge und transkritischen CO_2-Lösungen zu, denn die Verflüssigungstemperatur von CO_2-basierten Systemen nähert sich dem kritischen Punkt dieses Kältemittels (31,1 °C) für einen zunehmenden Prozentsatz der Zeit oder überschreitet ihn, je höher die Umgebungstemperaturen sind.

Ein weiterer Faktor, der den oben genannten volumetrischen Richtwert beeinflusst, sind die Investitionskosten für NH_3-Kälteanlagen mit niedriger Füllung und dem aktuellen technischen Stand. Komponentenentwicklung, höhere Fertigungszahlen sowie Schulung, Weiterbildung und Sensibilisierung der Endverbraucher sind Faktoren, die in der Lage sind, die Investitionskosten zu senken.

Was bei unternehmerischen Entscheidungen oft übersehen wird (oder vielleicht nur von begrenzter Relevanz ist), ist die Tatsache, dass eine zentrale NH_3-Anlage mit geringer Füllmenge im Grunde genommen eine industrielle Kälteanlage aus industriellen Komponenten darstellt. Die technische Lebensdauer dieser Art von Industriesystemen kann voraussichtlich mindestens doppelt so lang sein wie die der anderen Arten von Systemen auf Basis natürlicher Kältemittel, die aus halbindustriellen und/oder gewerblichen Komponenten bestehen. Ammoniak ist kein universelles Kältemittel, das für alle Anwendungen geeignet ist, aber kein Kältemittel ist für alle Anwendungen geeignet. Es besteht kein Zweifel daran, dass die hier vorgestellten NH_3-Systeme mit Trockenexpansion gut positioniert sind, um viele bestehende FKW-basierte Systeme zu ersetzen, die unter kommerziellem und gesetzlichem Druck aufgrund des Kigali-Abkommens stehen.

Was die Gesellschaft im Allgemeinen braucht, um die Vorteile des NH_3-Angebots voll auszuschöpfen, ist ein viel größeres Bewusstsein der Endverbraucher. Weltweit verbrauchen HLKK-Anlagen etwa 40 % des gesamten erzeugten Stroms. Die Kälte- und Klimatechnik muss besser kommunizieren, inwieweit sie in der Lage ist, diesen Prozentsatz zu reduzieren und dies auf glaubwürdige Weise zu tun. Dies kann eine globale Allianz erfordern, die sich auf genau dieses gemeinsame Interesse konzentriert.

Literaturverzeichnis

[1] Guus J.M. Velders et al, Future atmospheric abundances and climate forcings from scenarios of global and regional hydrofluorocarbon (HFC) emissions, Atmospheric Environment 123 (2015) 200-209, Elsevier Ltd.

[2] McLinden, M.O. et al, Hitting the Boundaries of Chemistry: Limits and Trade-Offs for Low-GWP Refrigerants, Proceedings International Congress of Refrigeration 2015, August 16-22, Yokohama, Japan.

[3] Singh, Paul, R., Benchmarking Study of the Refrigerated Warehousing Industry Sector in California, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, Davis CA 95616 for California Energy Commission, Public Interest Energy Research Program.

[4] Australian Patent No. AU 2013202295 B2, Heat Exchanger.

Zuverlässige und praxisgerechte Ventillösungen

Einsatz- und Wirkungsweisen von Ventilen in der Großkälte

Stephan Bachmann,
Senior Team Leader Applications & Technical Support GSA,
Danfoss, Offenbach

In klassischen Industriekälteanlagen kommt Ventilen eine zentrale Rolle zu. So werden Hauptventile beispielsweise im Bereich der Verdampfungs-, Verflüssigungs- und Differenzdruckregelung eingesetzt – zumeist in Kombination mit verschiedenen Pilotventilen. Ventile werden aber auch als Leistungs- oder Startregler verwendet. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen sie zum einen möglichst flexibel, zum anderen aber auch sehr zuverlässig sein. Nur so können sie für die multiplen Einsatzszenarien in der Großkälte verwendet werden und für effiziente und zuverlässige Abläufe sorgen.

Im Folgenden werden verschiedene Einsatz- und Wirkungsweisen von Ventilen im Rahmen von Großkälteanwendungen vorgestellt, u.a. in der Funktion als Magnetventil, Verdampfungs- oder Verflüssigungsdruckregler sowie Start- oder Leistungsregelung. Um diese Szenarien besser nachvollziehen zu können, gilt das erste Augenmerk den Basiselementen von Ventilen, die entsprechend der Anwendung kombiniert werden können.

Bestandteile eines Ventils

Um die mannigfaltige Funktionsweise zu verstehen, wird exemplarisch ein ICS-Hauptventil vorgestellt. Grundsätzlich gibt es derartige Ventile in verschiedenen Versionen, so dass sie in Kombination mit einem oder mehreren Piloten für unterschiedliche Anwendungsszenarien zum Einsatz kommen. Man unterscheidet dabei zwischen Hauptventilen, die mit nur einem Piloten bestückt werden, und solchen, die über bis zu drei Pilotanschlüsse verfügen. Bei einer sogenannten 1-Pilot-Version wird ein einziges Pilotventil direkt auf das ICS-Hauptventil aufgeschraubt; beim 3-Pilot-Ventil hingegen sogar bis zu drei. Die 1-Pilot-Version ist daher in ihrer Funktionsweise einfach – sie realisiert eine einzige Regelaufgabe, etwa den Verdampfungs- oder Verflüssigungsdruck zu regeln. Logischerweise kann das 3-Pilot-Ventil mehr: Es besitzt zwei in Reihe geschaltete Anschlüsse sowie einen weiteren Pilotanschluss, der zu den beiden anderen parallel geschaltet ist. Dank dieser Konstruktion lassen sich unterschiedliche Schaltungsvarianten, wie beispielsweise eine Verflüssigungsdruckregelung mittels zusätzlichem Zwangsöffnen oder -schließen, bewerkstelligen.

Um das ICS-Hauptventil bei der Inbetriebnahme zu öffnen, verfügt es über die Möglichkeit einer manuellen Zwangsöffnung, d.h. am Ventilkopf befindet sich eine zentral angebrachte Handspindel, mit der das Ventil manuell geöffnet werden kann. Der Gehäusekörper von modernen Hauptventilen verfügt zudem über ein Funktionsmodul, das im Servicefall einfach ausgetauscht werden kann, ohne dass die Anschlüsse an der jeweiligen Rohrleitung betroffen sind. Diese Eigenschaft ist besonders in unserer westlichen Welt wichtig, damit kostspielige und langwierige Monteuraufenthalte an der Anlage vermieden werden. Bei der Auslegung eines Hauptventils sollte zudem darauf geachtet werden, dass es sich um ein Servoventil handelt, das einen Mindestdruckabfall benötigt, um wunschgemäß zu funktionieren. In der Praxis ist dies allerdings kaum ein Problem, da bei der Unterschreitung des minimalen Druckabfalls der Vollöffnung von ca. 0,2 bar die Teilöffnung den aktuellen kV-Wert des Ventils verkleinert und damit der Druckabfall gegenüber der Vollöffnung ansteigt. Das Feature der stabilen Teilöffnung, also dass ein ICS-Hauptventil auch dauerhaft in Teilöffnung gefahren werden kann, macht den minimalen Druckabfall von 0,09 bar zu einem Wert, der in der Praxis selbst ohne genaue Überprüfung so gut wie nie unterschritten wird.

Foto: Danfoss

CVP-Produktfamilie von Danfoss

Sollte bei einer Tiefkühlung dennoch ein Ventil ohne Mindestdruckabfall benötigt werden, ist dies mit einem ICS-Ventil und externer Ansteuerung durch einen höheren Druck durchaus möglich. Für diesen Zweck kann ein externer Pilotanschluss am ICS montiert werden, so dass das Ventil, das üblicherweise in der Saugleitung montiert ist, sich dann durch den Heißgas- oder Kaltgasdruck, der durch eine Steuerleitung herangeführt wird, öffnet.

Einfach und effektiv – die Magnetventilfunktion

Eine einfache und weit verbreitete Anwendung ist die Nutzung eines Hauptventils als

Magnetventil. Dabei wird ein Hauptventil mit einem Magnet-Pilotventil (z.B. EVM) ausgestattet, das direkt auf das Hauptventil aufgeschraubt wird. Generell unterscheidet man dabei zwei Anwendungsarten. Zum einen die nc-Anwendung (normally closed), bei der das Ventil im stromlosen Zustand geschlossen ist und zum anderen die no-Anwendung (normally open), bei der das Ventil ohne Strom offen ist.

Bei der nc-Anwendung handelt es sich um das gebräuchlichste Einsatzszenario für Magnetventile. Dieses funktioniert so: Wird die Spule des EVM-Pilotventils aktiviert, öffnet sich das Ventil, so dass der interne Regelkanal im ICS zwischen Ventileintritt und internem Druckraum über dem ICS-Leistungskolben geöffnet wird und der höhere Druck vom Eintritt des Hauptventils in den Druckraum über dem Leistungskolben strömt und diesen nach unten drückt. In Folge dessen wird das Hauptventil geöffnet. Beim Schließen wiederum wird der Kanal durch das EVM geschlossen und der höhere Druck wird über den Leistungskolben durch eine kleine Bohrung zum Ausgang des Ventils wieder abgebaut. Will man die entgegengesetzte Wirkungsweise erzielen, muss man nur ein EVM-Ventil einsetzen, das normally open ist – also sich ohne Strom im offenen Zustand befindet.

Verdampfungsdruck nach unten begrenzen

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass sich Ventile, die zur Regelung des Verdampfungsdrucks dienen, bei mehreren Verdampfern stets hinter den Verdampfern mit dem höheren Druck befinden. Das wird in der Regel bei kleineren Verdampfern gemacht, die an einem Verbund mit niedrigerem Saugniveau „hängen". Mit großen Leistungen ist dies keine gute Idee, da dies eindeutig Energieverschwendung ist. Oft findet man Verdampferdruckregler aber auch in Kaltwassersätzen, insbesondere dann, wenn sie für zusätzliche Sicherheit sorgen und das Einfrieren des Wassers im Verdampfer verhindern sollen.

Man muss wissen, dass ein Verdampfungsdruckregler bei größeren Leistungsbereichen oft aus einem Hauptventil ICS sowie einem aufgeschraubtem Pilotventil CVP besteht. Zur Einstellung des Sollwerts empfiehlt sich ein Niederdruckmanometer, ideal sind zwei. Das eine wird zu diesem Zweck an den Saugstutzen des Verdichters angeschlossen und das andere – das noch wichtigere – mit dem Serviceanschluss am Hauptventil verbunden und dient zur Anzeige des Drucks, der zwischen Verdampfer und Verdampfungsdruckregler besteht. Dabei ist es egal, ob sich der Serviceanschluss am ICS ein- oder ausgangsseitig befindet, es wird immer der Eintrittsdruck des Hauptventils gemessen.

Vorsicht ist geboten, wenn die Ist-Werte beim Verdampfungsdruck höher sind als der gewünschte Sollwert. Hier ist eine sofortige Einstellung nicht ohne weiteres möglich, weil das Pilotventil nun grundsätzlich bei allen Sollwerten, die unter den Istwerten liegen, das Ventil geöffnet hält. Sollte ein solches Szenario eintreten, muss deshalb zunächst der Verdampfungsdruck gesenkt werden. Das ist bei zwangsbelüfteten Verdampfern ganz einfach durch das Abschalten der Lüfter (ggf. auch eines Lüfters) möglich. Nach Einstellung des CVP sollte der Lüfter natürlich wieder im Normalmodus betrieben werden.

Verflüssigungsdruckregler und warum?

Verflüssigungsdruckregler werden verwendet, um ein zu tiefes Absinken der Verflüssigungstemperatur innerhalb einer Kälteanlage – insbesondere im Winter – zu verhindern. In diesem Anwendungsfall wird der Regler in der Heißgasleitung – und zwar in Flussrichtung – nach dem T-Stückabgang zum Sammlerdruckregler oder der Kondensatleitung angebracht. Wichtig ist, dass beim Einbau in die Heißgasleitung auf keinen Fall auf das Rückschlagventil in der Kondensatleitung verzichtet wird. Anderenfalls würde das Kältemittel von hinten in den kalten Verflüssiger einströmen und einen schnellen Druckaufbau vor dem Expansionsventil verhindern.

Am häufigsten jedoch werden Verflüssigungsdruckregler unmittelbar in die Kondensatleitungen eingebaut. Man beachte, dass der Verflüssigungsdruckregler für größere Leistungen in diesem Fall mit dem Verdampfungsdruckregler fast identisch ist – allein der Einstellbereich und der zulässige Betriebsüberdruck ist in beiden Anwendungsfällen unterschiedlich. Für die Einstellung des Ventils sollte mindestens ein Hochdruckmanometer an den eingangsseitigen Manometeranschluss des ICS angeschlossen werden.

Die weitere Vorgehensweise ist identisch mit dem bereits beschriebenen Vorgang beim Verdampfungsdruckregler. Ideal ist, wenn sich beim Betrieb der Anlage mit einem

Gesellschaft für Kältetechnik-Klimatechnik mbH
GfKK
ERFAHRUNG INNOVATION
Kälteanlagen + Komponenten
• Klimakälte
• Industriekälte
• Eissportkälte
• Kalt-/ Klimawasser
• IT-Klima
• Eisspeicher
BERATUNG MONTAGE SERVICE
Dieselstr. 7
50859 Köln
Tel: 02234 / 4006-0
Fax: 02234 / 48303
Gradestr. 113-119
12347 Berlin
Tel: 030 / 600994-0
Fax: 030 / 600994-99
www.gfkk.de - Mail: info@gfkk.de

Praxisnahe, regelkonforme Lösungsvorschläge
42. BImSchV
VDI 2047 Blatt 2
Kühlwassermanagement
- Betriebstagebuch
- Probenahme
- Laboruntersuchung
- Fristeneinhaltung
- Mitarbeiterschulung
- Desinfektion
- Systemwartung
- Wasseroptimierung
- Anlagenüberwachung
- Ferndiagnose
dr.hartmann
DIE WASSERPROFIS
chemie technik

dr-hartmann-chemie.eu

niedrigen Sollwert eine deutlich unter dem gewünschten Einstellwert liegende Verflüssigungstemperatur einstellt. Bei Erhöhung des Drucks, bzw. bei deutlicher Erhöhung des Druckabfalls durch die mechanische Einstellung eines höheren Sollwerts am Pilotventil CVP, kann hier direkt der gewünschte Sollwert eingestellt werden.

Ist das Druckniveau auf der Hochdruckseite zu hoch, um eine Einstellung vorzunehmen, ist es hilfreich, wenn die Inbetriebnahme von einem besonders heißen Tag auf einen kühleren Tag verlegt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, z.B. bei einem Verdichterverbund nur einen Verdichter während der Einstellung des Verflüssigungsdruckreglers laufen zu lassen; in schwierigen Fällen kann auch eine Absenkung des Druckniveaus auf der Niederdruckseite sinnvoll sein. Dies ist beispielweise durch Ab- oder Teilabschaltung der Verdampferlüfter möglich. Durch eine solche Maßnahme wird in aller Regel auch auf der Hochdruckseite die Drucklage abgesenkt. Falls die Verflüssigerlüfter nicht alle in Betrieb sind, bzw. nur mit langsamer Drehzahl, so kann auch an dieser Stelle mit dem weiteren Zuschalten von Stufen bzw. der Anhebung der Drehzahl eine Absenkung des Hochdruckniveaus erreicht werden. Auch hier kann eine Umschaltung – wie beim Verdampfungsdruck – zwischen zwei verschiedenen Verflüssigungstemperaturen realisiert werden, indem man ein ICS 3 mit zwei CVP und einem Pilotmagnetventil verbaut.

Startfunktion von Hauptventilen

Ein weiteres Einsatzszenario von Ventilen in der Großkälte ist ihre Funktion als Startregler. Eine Startregelung ist dann sinnvoll, wenn der Verdichter einer Anlage – oft ein Tiefkühlverdichter – vor allzu hohen Drücken geschützt werden soll. Für größere Leistungsbereiche empfiehlt sich daher der Einbau eines ICS-Hauptventils mit aufgeschraubtem Pilotventil CVC. An das Pilotventil muss in Flussrichtung nach dem Hauptventil noch eine Stichleitung von der Hauptleitung herangeführt werden.

Die Justierung des Startreglers ist bei laufender Anlage kein Problem, vorausgesetzt die Verdampfungstemperatur liegt über dem gewünschten Sollwert. Der Pilot benötigt keinen gesonderten Messanschluss, weil der Verdichtersaugstutzen im Allgemeinen bereits einen solchen besitzt. Dieser Messanschluss dient zur Einstellung. Hier

Foto: Danfoss

ICS-Ventil in der 3-Pilot-Version

gilt die gleiche Vorgehensweise wie bei den CVP-Varianten – allerdings in umgekehrter Weise: Wenn also der Saugdruck vor dem Verdichter bei laufender Anlage durch die mechanische Sollwertverstellung des Pilotventils in Richtung „niedrigerer Druck" direkt absinkt, lässt sich der gewünschte Sollwert einstellen und der Tiefkühlverdichter ist vor zu hohen Drücken geschützt.

Die Funktionsweise wird noch deutlicher, wenn ein weiteres Niederdruckmanometer z.B. am Verdampferausgang angeschlossen wird. Hier zeigt sich, dass es ohne CVC nicht zum Druckabfall kommen würde und dass mit dem einjustierten Wert ein Druckabfall auf den gewünschten Sollwert vorliegt. Problematisch sind nur sehr niedrige Saugdrücke für die Einstellung des Startreglers, wofür es jedoch eine einfache Lösung gibt: Da es sich in einem solchen Szenario meist um Tiefkühlung handelt, kann z.B. die Abtauheizung genutzt werden, um den Saugdruck zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Tiefkühlraum auf höhere Temperaturen als die Betriebstemperatur zu erwärmen – eine Vorgehensweise, die während der Bauphase im Normalfall kein Problem ist.

Spannende Kombinationen und praktisch endlose Möglichkeiten

Ergänzend zu diesen sehr oft auftretenden Anwendungen gibt es in der Großkälte weitere Funktionen, die durch die richtige Kombination aus Hauptventilen und Piloten ermöglicht werden. So kann beispielsweise ein ICS-Hauptventil auch die beiden Funktionen Verdampfungsdruck- und Startregelung kombinieren, indem CVP-L und CVC in Reihe geschaltet werden. Gleiches ist auch mit Verflüssigungsdruck- und Differenzdruckregelung möglich, wenn man CVP-M (oder CVP-H) mit CVPP kombiniert, falls man mit mehreren Verdampfern – abwechselnd – Heißgasabtauung realisieren möchte. Das ICS sorgt dann – auch im Winter – für einen Mindestverflüssigungs- und Mindestdifferenzdruck am Hauptventil, damit sich das Heißgas zur Abtauung auch in der benötigten Menge durch den Verdampfer durchsetzt.

Wenn gerade keine Abtauung gefahren wird, dann ist das zusätzliche EVM-Pilotmagnetventil, welches parallel zu den beiden anderen Piloten angeordnet ist (auf Port „P"), geöffnet, damit in diesem Betriebszustand kein unnötiger Druckabfall über das Hauptventil entsteht. Da SPS-Regelung besonders in der Industriekälte wichtig ist, gibt es für die ICS-Ventile nun auch ein Pilotmagnetventil, das CVE. Das CVE wird mit dem ICAD1200A-Motor ausgerüstet und kann damit direkt über eine SPS zentral angesteuert werden. So hat man die Wahl zwischen einem ausschließlich als Motorventil nutzbaren ICM und einem Motorpilotventil, das mit noch weiteren Piloten kombiniert werden kann.

Sollten einmal die drei Pilotplätze auf einem ICS 3 nicht ausreichen, so kann man beliebig viele externe Gehäuse CVH in externe Pilotleitungen einbauen, so dass der Kombinationsvielfalt von Pilotventilen keine Grenzen gesetzt sind. Pilotventile werden einfach in CVH eingeschraubt und das CVH kann in eine Pilotleitung eingeschweißt werden. Dies ist nicht zuletzt durch den externen Pilotanschluss möglich, durch den man entweder einen höheren externen Druck, oder auch den Eingangsdruck des Ventils, der durch mehrere externe Piloten mit CVH gegangen ist, heranführen kann.

Fazit

ICS-Hauptventile sind DIE Alleskönner in der Groß- bzw. Industriekälte. Durch die neuen Piloten, die nun noch höhere Drücke beherrschen, und den neuen Motorventil-Piloten sind jetzt praktisch alle Anwendungen in der Anlagentechnik umsetzbar.

Propen als Ersatzkältemittel für R507A

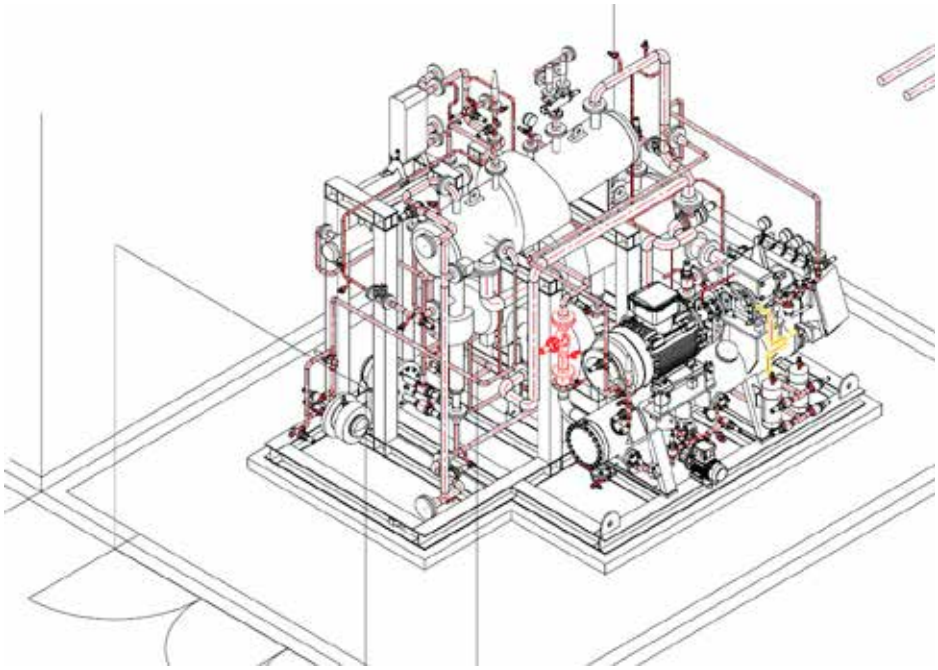
Einsatz in industriellen Kälteanlagen

Anja Winzer,
Johnson Controls Systems & Service GmbH,
IREF, Mannheim

Im Zuge des Phase Down-Szenarios der europäischen F-Gas-Verordnung ist gerade für Betreiber im industriellen Umfeld das Problem der Verfügbarkeit von R507A mit hohem Ausfallrisiko für die davon abhängenden Produktionsprozesse verbunden. Die Anwendung von Alternativkältemitteln unter den gegebenen baulichen Voraussetzungen stellt Betreiber und Anlagenbauer vor große Herausforderungen. In einem konkreten Anwendungsfall fiel die Entscheidung, Propen (R1270) als Alternativkältemittel einzusetzen. Die bei brennbaren Alternativkältemitteln zu betrachtenden betrieblichen Sicherheitsvorkehrungen wurden vom Betreiber so geplant, dass die komplette Kälteanlage als Baugruppe für den Einsatz in Explosionsfähiger Atmosphäre auszurüsten war.

Die Verwendung fluorierter Treibhausgase ist seit 2006 in der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 und in der Richtlinie 2006/40/EG geregelt. Seit dem 1. Januar 2015 gilt die Verordnung (EU) Nr. 517/2014 über fluorierte Treibhausgase. Damit ist die Verordnung (EG) Nr. 842/2006 aufgehoben.
Die aktuelle Fassung der F-Gas-Verordnung ist ein Beitrag, um die Emissionen des Industriesektors bis zum Jahr 2030 um 70 % gegenüber 1990 zu verringern. Die Emissionsreduktion fluorierter Treibhausgase soll durch drei wesentliche Regelungsansätze erreicht werden:

1.) Einführung einer schrittweisen Beschränkung (Phase Down) der am Markt verfügbaren Mengen an teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) bis zum Jahr 2030 auf ein Fünftel der heutigen Verkaufsmengen.
2.) Erlass von Verwendungs- und Inverkehrbringungsverboten, wenn technisch machbare, klima-freundlichere Alternativen vorhanden sind.
3.) Beibehaltung und Ergänzung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung, Entsorgung und Kennzeichnung.



Schraubenverdichter- und Apparatesatz im Modell

Die F-Gas-Verordnung besagt u.a., dass das Nachfüllen von neuem Kältemittel mit GWP>2500 in bestehenden Kälteanlagen ab dem 01.01.2020 nicht mehr erlaubt ist und ab dem Jahr 2029 auch recycelte Kältemittel mit GWP > 2500 nicht mehr verwendet werden dürfen. Ausnahmen bilden stationäre Kälteanlagen mit einer Produkttemperatur unterhalb -50 °C.

Das verwendete Kältemittel der Bestandskälteanlage war R507A mit einem GWP von ca. 3.985 und ist damit unmittelbar von dem Phase Down der F-Gas-Verordnung betroffen, so dass unter folgenden Aspekten wie

- langfristige Verfügbarkeit,
- hohe Betriebssicherheit und damit Sicherstellung der Produktion,
- zu erwartende Einschränkung hinsichtlich Servicemöglichkeiten,
- nachhaltige umwelttechnische Gesichtspunkte,

eine Umstellung des Kältemittels notwendig wurde.

Die Anwendung eines Alternativkältemittels mit geringerem Treibhauspotentials und mindestens gleichwertiger bzw. verbesserter Energieeffizienz unter den baulichen Gegebenheiten stellt sowohl Betreiber als auch Kälteanlagenbauer vor große Herausforderungen. Für die prozesstechnisch erforderliche Kälteleistung von 70 kW bei Verdampfungstemperatur von t_o = -45 °C stehen als Ersatzkältemittel für das bisher

hier verwendete R507A nicht viele Alternativkältemittel zur Verfügung, welche Sicherheit für eine langfristige Investition bietet.

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund der F-Gas-Verordnung wurde es notwendig, eine Bestandskälteanlage hinsichtlich langfristiger Verfügbarkeit zu prüfen. Die bestehende Kälteanlage wurde mit dem Kältemittel R507A betrieben, welches mit seinem GWP-Wert von ca. 3.985 von der Phase Down der europäischen F-Gase Verordnung betroffen ist.
Die Randbedingungen für die Auswahl eines neuen Kältemittels waren

- neben der Beachtung der europäischen Verordnung (EU) Nr. 517/2014
- und der gleichwertigen bzw. verbesserten Energieeffizienz,
- die gegebenen Prozessbedingungen,
- die gleichbleibenden örtlichen Gegebenheiten in Bezug auf Einbringung und Aufstellung
- und die kurzen Zeitvorgaben für Montage vor Ort und Inbetriebnahme aufgrund schneller Verfügbarkeit
- sowie Investitionssicherheit.

Für die Ermittlung eines geeigneten Alternativkältemittels wurden zunächst die prozesstechnischen Bedingungen bestimmt. Mit einer erforderlichen Kälteleistung von 70 kW bei Verdampfungstemperatur von t_o = -45 °C stehen als Ersatzkältemittel für das bisher hier verwendete R507A nicht viele Alternativkältemittel zur Verfügung.

Auswahl Kältemittel

In diesem Anwendungsfall fiel die Wahl, unter Berücksichtigung der Prozessbedingungen, den örtlichen Gegebenheiten sowie der Anforderungen der F-Gas-Verordnung, auf das Kältemittel R1270 (Propen, Propylen). Mit einem Treibhauspotential (GWP) von 2 erfüllt das Alternativkältemittel R1270 die Anforderungen der F-Gas-Verordnung und kann somit langfristig eingesetzt werden.
Wesentliche Unterscheidungsmerkmale der beiden Kältemittel gehen aus der Übersicht in der Tabelle hervor. Vorwegzunehmen ist, dass sich die geringe Dampf- und Flüssigkeitsdichte von R1270 positiv auf die Druckverluste im System auswirken.
Das Ergebnis sind der Einsatz von kleineren Kältemittelleitungen bei Verwendung des Kältemittels R1270 und damit Einsparung des benötigten Platzbedarfs.

Nachteilig gegenüber R507A wirkt sich die hohe Entzündbarkeit von R1270 hinsichtlich der Explosions-Bestimmungen aus. Demnach erfolgt die Eingruppierung nach DIN EN 378 der Sicherheitsgruppe A3, hingegen R507A der Sicherheitsklasse A1 angehört.
Die bei brennbaren Alternativkältemitteln zu betrachtenden betrieblichen Sicherheitsvorkehrungen wurden vom Betreiber so geplant, dass die komplette Kälteanlage als Baugruppe für den Betrieb in einer explosionsfähigen Atmosphäre geeignet sein sollte.
Der Hersteller der Kälteanlage muss in diesem Fall für die gesamte Baugruppe die Anforderungen der EU-ATEX-Produktrichtlinie (2014/34/EU) erfüllen und hierfür ein spezielles Konformitätsbewertungsverfahren anwenden. So wurden gleichzeitig betriebliche Sicherheitsaspekte berücksichtigt und eine verbesserte Verfügbarkeit der Kälteanlage erreicht.

KONFORMITÄTSBEWERTUNGSVERFAHREN NACH ATEX-PRODUKTRICHTLINIE (2014/34/EU)

Die EU Richtlinie 2014/34/EU bezieht sich nicht nur auf den elektrischen Ex-Schutz. Zusätzlich sind die mechanischen Zündquellen zu betrachten und zu bewerten. Die Richtlinie und deren technische Bestimmungen erfordern eine weitere Betrachtung der Bewertung des Ex-Schutzes. Die Bewertung der Zündgefahren kann zu ergänzenden Sicherheitsmaßnahmen an der Kälteanlage zur Verhinderung des Wirksamwerdens von Zündquellen führen.
Die Sicherheitsmaßnahmen sind zu klassifizieren und nachzuweisen (Sicherheitsintegritätslevel – SIL).
Der Hersteller der Kälteanlage hat nach ATEX-Produktrichtlinie (2014/34/EU) einiges bei der Planung, Herstellung und Inverkehrbringen einer Kälteanlage zu beachten. Hier gilt das wie von anderen Richtlinien wie der Maschinenrichtlinie und der Druckgeräterichtlinie her bekannte Verfahren: Risikoanalyse, Konformitätsbewertungsverfahren, CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung.
Das Konformitätsbewertungsverfahren nach ATEX-Produktrichtlinie (2014/34/EU) beinhaltet folgende Punkte:

- ATEX-Risikoanalyse,
- Interne Fertigungskontrolle gemäß 2014/34/EU,
- Hinterlegung der Technischen Dokumentation bei einer Notifizierten Stelle,
- ATEX-Kennzeichnung,
- CE-Kennzeichnung mit Nummer der Notifizierten Stelle,

› EU-Konformitätserklärung für 2014/34/EU (ATEX) mit Hinterlegungsnummer der gesamten Baugruppe.

ÖL UND DICHTUNGEN

Kohlenwasserstoffe verfügen grundsätzlich über eine hohe Löslichkeit mit Schmierstoffen. Daraus ergeben sich „besondere" Anforderungen sowohl an den Schmierstoff als auch die Ausführung und Betriebsweise der Kälteanlage.
Beim Einsatz des Kältemittels R507A empfehlen wir die Verwendung des POE-Öls (POE=Polyolester) z.B. „Frick #13b", hingegen wir für den Einsatz des Alternativkältemittels R1270 die Verwendung des PAO-Öls (PAO=Polyalphaolefin) z.B. „Frick #19" empfehlen.
Kohlenwasserstoffe weisen eine hohe Verträglichkeit zu Werkstoffen auf. In Abhängigkeit der verwendeten Werkstoffe kommen als Dichtungsmaterialien u.a. PTFE (Polytetrafluorethylen), HNBR (hydrierter Acrylnitrilbutadien-Kautschuk), FPM (Fluor-Kautschuk) oder eingeschränkt auch CR (Chloropren-Kautschuk) zur Anwendung.

Konstruktion und Ausführung der Kälteanlage

BETREIBER-VORGABEN

Die wichtigsten Betreiber-Vorgaben hinsichtlich der Konstruktion der Kälteanlage waren die örtlich gleichbleibenden Gegebenheiten in Bezug auf Einbringung und Aufstellung sowie eine kurze Zeitspanne für Einbringung, vor Ort Montage und Inbetriebnahme.

Weitere Vorgaben des Betreibers waren:
› Zugänglichkeit für Betreiber und zu Servicearbeiten (z.B. Ölwechsel),
› Wartungsfreundlichkeit,
› Kälteanlage als Baugruppe für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre.

Neben den Betreiber-Vorgaben bestehen grundsätzlich auch immer die gesetzlichen Vorgaben z.B. hinsichtlich Vorhandensein von ausreichend bemessenen Fluchtwegen.

LÖSUNG VON JOHNSON CONTROLS

Die Lösung von Johnson Controls war, die Kälteanlage, bestehend aus einem separatem Schraubenverdichter- und Apparatesatz, auf einem gemeinsamen Rahmen zu montieren, so dass die Kältemittelleitungen extrem kurz ausgeführt werden konnten.
Des Weiteren wurde die R1270-Kälteanlage mit Platten- und Shell&Plate-Wärmeübertrager ausgestattet. Der Verflüssiger ist als Plattenwärmeübertrager und der Verdampfer als Shell&Plate-Wärmeübertrager ausgeführt. Durch den Einsatz von Platten- und Shell&Plate-Wärmeübertragern kann ein geringeres ΔT erreicht und damit die Energieeffizienz verbessert werden. Zudem bedeutet der Einsatz von Platten- und Shell&Plate-Wärmeübertragern eine Minimierung der Kältemittelfüllmenge aber auch einen geringeren Platzbedarf.
Das Herzstück jeder Kälteanlage ist der Verdichter. Der Verdichter der R507A-Kälteanlage war ein Kolbenverdichter. Für die Neuanlage wurde als Verdichter ein Schraubenverdichter gewählt, u.a. um den Wartungsaufwand geringer zu halten.

Der Verdichter der neugeplanten R1270-Kälteanlage ist mit einem frequenzgeregelten Antriebsmotor auf der Verdichterseite ausgerüstet. Der Einsatz eines Frequenzumrichters bedeutet vor allem im Teillastbereich eine Reduzierung der Antriebsleistung. Die geplante Kälteanlage wird i.d.R. in einem Bereich von 60-80 % Teillast betrieben.
Die Expansionsorgane der R1270-Kälteanlage wurden als Hochdruckschwimmer ausgeführt.
Um weiterhin das beschränkte Platzangebot zu berücksichtigen, wurde bei der Konstruktion der Kälteanlage zudem auf folgendes geachtet:
a) einen 100%-igen Vorfertigungsgrad für die werksseitig hergestellte Kälteanlage zu realisieren,
b) die Transportmaße von Lkw
c) und die Einbringmaße einzuhalten.

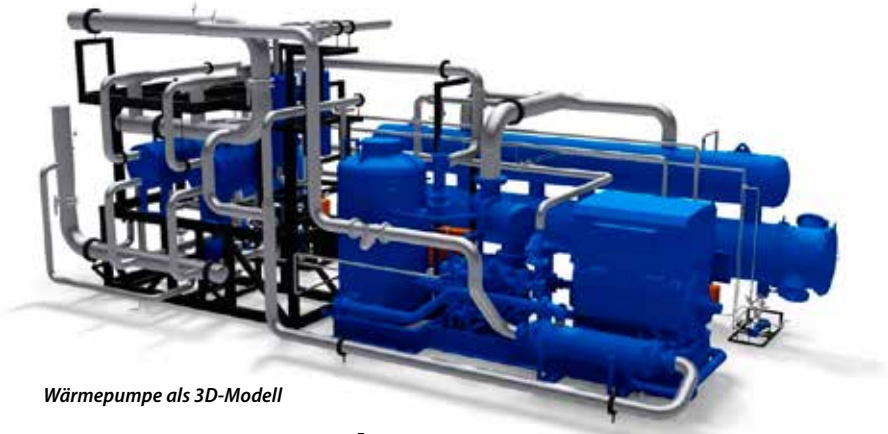
Das Ergebnis war, dass die Kälteanlage im zusammengebauten Zustand zum Kunden transportiert wurde, so dass die Kälteanlage in kürzester Zeit beim Kunden eingebracht, installiert und in Betrieb genommen werden konnte.

Schlussfolgerung

Der Beitrag, der im Rahmen der DKV-Tagung in Aachen 2018 als Vortrag gehalten wurde, zeigt beispielhaft EINE Lösung des Verfügbarkeitsproblems für R507A durch Verwendung des Alternativkältemittels Propen für Kälteanlagen im industriellen Umfeld auf.

		Kältemittel Bestandskälteanlage	Kältemittel Neuanlage
Kältemittelnr.		*R507A*	*R1270*
Chemische Bezeichnung		*Gemisch aus 50 % R143a (1,1,1-Trifluorethan) 50 % R125 (Pentafluorethan)*	*Propen, früher: Propylen*
Chemische Formel		$C_2H_3F_3$ C_2HF_5	C_3H_6
		Gemisch von Hydrogen-Fluor-Kohlen-Wasserstoffen HFKW-Kältemittel TEIL halogeniert	*Kohlen-Wasserstoff KW-Kältemittel NICHT halogeniert*
Sicherheitsklasse		*A1*	*A3*
Fluidgruppe PED		*2*	*1*
Praktischer Grenzwert	*[kg/m³]*	*0,53*	*0,008*
ATEL/ODL	*[kg/m³]*	*0,53*	*0,0017*
LFL	*[kg/m³]*	*nicht brennbar*	*0,046*
Dampfdichte 25 °C, 101,3 kPa	*[kg/m³]*	*4,04*	*1,72*
Molare Masse	*[g/mol]*	*98,9*	*42,1*
Normaler Siedepunkt	*[°C]*	*-46,7*	*-48*
ODP		*0*	*0*
GWP (Global Warming Potential)		*3985*	*2*
Selbstentzündungstempertur	*[°C]*	*nicht bestimmt*	*455*
Verdampfungsdruck bei t_0= -45 °C	*[bara]*	*1,1011*	*1,1397*
Verflüssigungsdruck bei t_c= +30 °C	*[bara]*	*14,600*	*13,050*
Eigenschaften		*ungiftig, nicht brennbar*	*hochentzündlich*
Temperatureinsatzbereich		*-5 bis -45 °C, Tieftemperatur*	*bis -45 °C, Tieftemperatur*

Eigenschaften, Daten und Fakten der beiden Kältemittel R507A und R1270 im Überblick



Wärmepumpe als 3D-Modell

Wärmepumpenanlage spart 50.000 t CO_2

Malmö nutzt Abwasser als Wärmequelle

Kenneth Hoffmann,
GEA, Berlin

Viele Städte wollen über die nächsten Jahre ihre Heizsysteme dekarbonisieren und die Stickoxidemissionen in der unmittelbaren Umgebung reduzieren. In einigen Gemeinden wurden dazu bereits hocheffiziente Wärmepumpensysteme installiert. In diesem Zusammenhang setzt der Fernwärmesektor in Schweden Maßstäbe – mit modernsten Technologien, die höchste Standards in puncto Wirkungsgrad aufstellen.

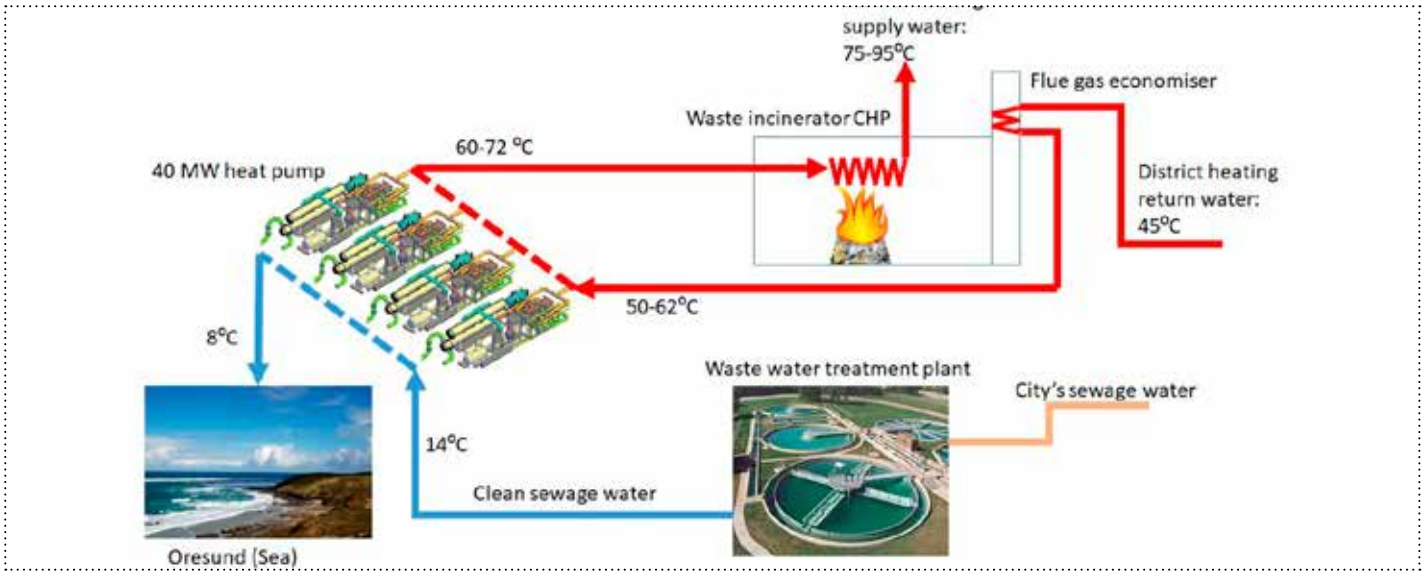
E.ON, einer der weltweit größten privaten Energieversorger, hat neben der Kläranlage und Müllverbrennungsanlage im Hafengebiet von Malmö vier GEA-Wärmepumpen mit jeweils fast 10 MW Heizleistung installiert. E.ON Sweden will die Kunden des Unternehmens bis 2025 zu 100 % mit wiedergewonnener oder erneuerbarer Energie versorgen. Eine intensive Untersuchung der Möglichkeiten zur Minimierung des Erdgasverbrauchs im Fernwärmenetz in Südschweden ergab als eine der vorrangigen Lösungen die Installation großer Wärmepumpen. Die Wärmepumpenanlage entzieht dem Abwasser ca. 28 MW Wärme. Die Energie, die früher als Abwärme ungenutzt ins Meer lief, wird nun aus dem geklärten, sauberen Abwasser gewonnen, bevor es ins Meer geleitet wird. Das Abwasser wird durchschnittlich von 14 °C auf 8 °C gekühlt und die gewonnene Energie über die Wärmepumpen in Nutzwärme für das Fernwärmenetz umgewandelt.

Blick in die Wärmepumpenzentrale von Malmö

Hoher Wirkungsgrad

Bei Auslegungsbedingungen erzielt die Wärmepumpenanlage einen COP-Wert von 3,5 (1 kWh Strom zur Erzeugung von 3,5 kWh Warmwasser). Dank des hohen Wirkungsgrads des Systems werden jährlich 50.000 Tonnen CO_2 eingespart.

Die Nutzung der Wärme aus dem Abwasser mit seiner im Vergleich zu Meerwasser oder auch Grundwasser höheren durchschnittlichen Temperatur führt zu einem besseren Wirkungsgrad (Grundwasser -10 % / Meerwasser -15 %) als bei Verwendung dieser Quellen.In der See vor Malmö kühlt das Meerwasser im Winter soweit ab, dass bei der Nutzung von Meerwasser Frostschutz und ein höherer Temperaturhub der Wärmepumpen nötig wären. Da sich im Abwasser immer ein wenig organisches Material befinden kann, arbeiten die Rohrbündelverdampfer mit einem automatisierten Rohrreinigungssystem, das die Edelstahlrohre kontinuierlich reinigt. So wird der hohe Wirkungsgrad kontinuierlichaufrechterhalten, ohne die Wärmepumpe stoppen zu müssen. Die Wärmepumpenanlage wurde für eine direkte Vernetzung mit der nahe gelegenen Müllverbrennungsanlage ins Fernwärmenetz integriert. Das Rücklaufwasser aus der Stadt kommt mit ca. 50 °C zur



Einbindung der Wärmepumpen in das Fernwärmenetz

Müllverbrennungsanlage zurück, wird im Rauchgas-Economiser auf rund 57 °C und dann in den Wärmepumpen auf 65 bis 70 °C erwärmt. Das Wasser wird dann zur Müllverbrennungsanlage gepumpt, wo es je nach Wärmebedarf der Fernwärmeversorgung auf endgültige 70 bis 95 °C erhitzt wird. Die Wärmepumpe selbst ist von ihrem Design auf Wassertemperaturen bis 80 °C ausgelegt, wird aber in der Praxis bei ca. 70 bis 72 °C Heizwasservorlauf gefahren.

Ammoniak als Kältemittel

Für einen optimalen Wirkungsgrad wird in den Wärmepumpen Ammoniak als Kältemittel eingesetzt. Da Ammoniak ein sogenanntes natürliches Kältemittel ist, gibt es keine umweltrelevanten Wirkungen des Kältemittels. Es hat einen GWP (CO_2-Äquivalent) von 0. Bei einer erwarteten Lebensdauer der Anlage von 20 bis 30 Jahren ist es von großer Bedeutung, ein Kältemittel zu wählen, das auch über die gesamte Lebensdauer verfügbar sein wird, also zukunftssicher ist. Nach eingehender Betrachtung aller Parameter fiel die Entscheidung auf die Installation von vier identischen Wärmepumpen. Die Hauptmotoren arbeiten mit fester Drehzahl und DOL-Start. Eine geringere Anzahl von Wärmepumpen mit dann größeren Elektromotoren würde zu hohen Spannungsspitzen im Versorgungsnetz führen. Die Aufteilung der Wärmeleistung auf noch mehr Wärmepumpen wäre wirtschaftlich ungünstig. Für eine optimale Leistung der Anlage werden die einzelnen Wärmeübertrager selektiv und gerichtet auf eine hohe Effizienz der Anlage ausgewählt. Die Installation umfasst jeweils Enthitzer und Unterkühler. Um optimale COP-Werte zu erreichen, wird ein Teil des Heizwassers durch den Unterkühler gepumpt und mit dem Hauptstrom vor dem Kondensator gemischt. Der volle Wasserstrom läuft durch den Kondensator und wird anschließend mit der Wärme aus dem Ölkühler und dem Enthitzer weiter erwärmt. Um den besten Wirkungsgrad zu erzielen, wird die Öltemperatur auf über 70 °C gehalten. Der Wirkungsgrad und die Kapazität des Schraubenverdichters werden mit einem Open-Flash-Economiser optimiert, der Flash-Gas bei 18 °C aufnimmt. Da die Flüssigkeit aus dem Unterkühler bei 59 °C liegt, ergibt sich eine beträchtliche Menge an Flash-Gas bei 18 °C.

Um die maximale Heizleistung zu erreichen und Verluste zu minimieren, arbeiten die 10 kV-Hauptmotoren mit einer Wasserkühlung. Das Kaltwasser zur Kühlung der Motoren wird als Seitenlast über den Economiser gekühlt, was die Leistung und den COP-Wert steigert. Gleichzeitig wird dadurch der Wärmeeintrag in den Maschinenraum minimiert.

Diese Investition in Höhe von 20 Mio. € wird den Fernwärmekunden in Malmö in den kommenden 20 Jahren kostengünstige Wärme bei niedrigen CO_2-Emissionen sichern.

Das Projekt wurde beim Chillventa Award 2018 eingereicht und schaffte es auf die Shortlist der Jury. Auch 2020 wird es wieder einen Chillventa Award geben. Halten Sie schon 2019 Ausschau nach würdigen Projekten, die Sie einreichen können!

Eine der GEA-Wärmepumpen in der Montagephase

Mehr Effizienz bei der Verflüssigung

Expansion mit Hochdruck-Schwimmerreglern

Stephan Alpmann,
TH. WITT Kältemaschinenfabrik GmbH, Aachen

Begrenzte Stellflächen, ein geringer Installationsaufwand und energetisch effiziente Komponenten sind heute bei vielen Projekten im Kälteanlagenbau die Voraussetzung für die Planung. Bei der Kältemittelexpansion nach der Verflüssigung wird in der Praxis jedoch häufig beobachtet, dass mehrere Verflüssigerausgänge über eine gemeinsame Leitung zu einem gemeinsamen Expansionsorgan geführt werden. Um Leistungsverluste im Verflüssiger zu meiden, bedingt diese Bauweise allerdings einen hohen Konstruktions- und auch Regelungsaufwand. Doch es gibt eine Alternative.

Quelle: Witt

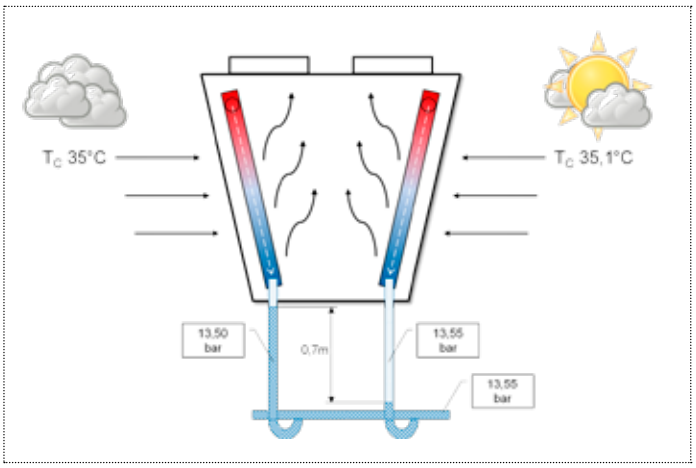
V-Verflüssiger mit je einem Hochdruck-Schwimmerregler „Typ HR2" der Firma Witt

Verflüssiger mit mehreren parallelgeschalteten Wärmetauscherpaketen arbeiten nicht selten mit minimal abweichenden Verflüssigungstemperaturen t_c. Ist ein Paket bspw. intensiverer Sonneneinstrahlung ausgesetzt, bewirkt dies eine Druckdifferenz an den Ausgängen. Bereits eine Abweichung der t_c zwischen den Verflüssigerflächen von lediglich 0,1 K bedingt eine Erhöhung der Ausgleichsleitung um ca. 0,7 m. Diese Höhen stehen jedoch häufig nicht zur Verfügung, sodass eine aufwendig und kostenintensiv verrohrte Ausgleichsleitung und komplexe Steuerung die Folge sind.

Ein Schwimmerregler je Ausgang empfohlen

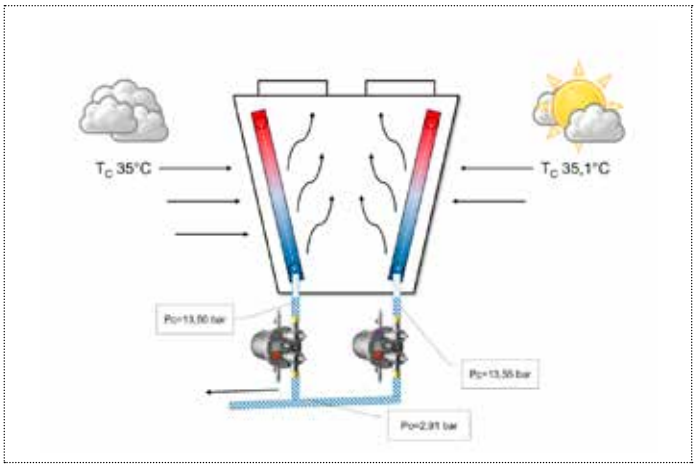
Die Firma Wijbenga B.V. in den Niederlanden hat das Potential der Hochdruck-Schwimmerregler von Witt schnell erkannt und empfiehlt konsequent je Ausgang der Verflüssiger einen separaten Schwimmerregler zu installieren.

Wijbenga B.V. zählt in der industriellen Kältetechnik BeNeLux zu den technologischen Marktführern für die Entwicklung von kältetechnischen Lösungen und vertreibt u.a. Witt-Komponenten und Baugruppen. Jeroen Schröer, Managing Director bei Wijbenga erklärt: „V-Verflüssiger nutzen bei gleichem Platzbedarf mehr Fläche zur Verflüssigung und sind auch bei den Geräuschemissionen im Vorteil. Hinzukommt in BeNeLux eine steuerliche Vergünstigung für Verflüssiger, deren t_c maximal 10 K von der Außentemperatur abweicht. Dies ist mit Witt-Schwimmerreglern in Kombination mit



Quelle: Witt

Druckdifferenz in Ausgleichsleitungen der Kondensationsflächen bei unterschiedlichen Kondensationstemperaturen



Quelle: Witt

Druckverlust-Ausgleich: Kondensator mit Schwimmerventilen

einem V-Verflüssiger sehr einfach zu realisieren. Da man dazu kleinere Schwimmer nutzen kann, amortisiert sich der Invest in kürzester Zeit."

Auf die Frage, was genau der Vorteil von Hochdruck-Schwimmerreglern gegenüber elektrischen Expansionsorganen sei, antwortet Herr Schröer: „Die Schwimmerregler benötigen nur eine sehr geringe Druckdifferenz, sodass immer verflüssigtes Kältemittel sicher expandiert und so ein Rückstau in den Verflüssiger vermieden wird. Sie ermöglichen zudem niedrigere Verflüssigungstemperaturen und sind wartungsfrei. Das spart je Grad Kelvin geringerer t_c ca. 3 % Antriebsenergie des Verdichters. Hinzu kommt, dass durch diese Bauweise unterschiedliche Verflüssigungstemperaturen an den Wärmetauscherpaketen vernachlässigt werden können. Expansionsventile benötigen entweder eine sichere Unterkühlung im Verflüssiger oder einen extra Hochdrucksammler. Zudem ist die benötigte Druckdifferenz höher."

Quelle: Witt

„HR"-Schwimmerregler

Auch andere große Anlagenbauer der Industriekälte haben das Potential erkannt und installieren in ihren Kälteanlagen je Kondensator-Ausgang einen Hochdruck-Schwimmerregler von Witt (**www.th-witt.com**).

KKA Kälte Klima Aktuell

Newsletter

Erhalten Sie monatlich aktuelle Meldungen und Fachartikel aus der Branche.

Direkt anmelden unter
www.kka-online.info

Luftgekühlte Wärmepumpen

Quelle: Galletti S.p.A.

Alfred Kaut/Galetti

Die luftgekühlten Hochleistungswärmepumpen „EvitecH“ von Galetti, vertrieben durch die Alfred Kaut GmbH, sind für den Einsatz in gewerblichen sowie industriellen Bereichen konzipiert und u.a. mit Dampfeinspritzung ausgestattet, die auch unter ungünstigen Einsatzbedingungen das Halten der Solltemperatur innerhalb der Verdichterkurve ermöglicht. Die Baureihe umfasst zehn Leistungsgrößen (Kühlbetrieb von 50 bis 180 kW); eine weitere Stärke der Multi-Scroll-Einheiten ist der erweiterte Arbeitsbereich, sowohl hinsichtlich der Höchsttemperatur des erzeugten Warmwassers bis zu 65 °C als auch der Mindestaußentemperatur von bis zu -20 °C.

Durch zahlreiches Zubehör zur Reduktion der Schallemissionen lassen sich die Geräte individuell konfigurieren. Die modulare Bauweise mit V-förmigen Registern sorgt für einen optimierten Wärmetausch an der Luftseite und gewährt einen einfachen Zugang zu wesentlichen Bauteilen. Die gesamte Baureihe besteht aus Tandem-Lösungen mit zwei Verdichtern pro Kältekreislauf.

Alfred Kaut GmbH & Co.
42277 Wuppertal
0202 2682-0
info@kaut.de
www.kaut.de

Vollinverterkonzept und HFO R1234ze

Climaveneta/Mitsubishi Electric

Die luftgekühlten Kaltwassersätze „i-FX-G04“ zur Außenaufstellung mit dem Kältemittel HFO R1234ze von Climaveneta – eine Marke der Mitsubishi Electric-Gruppe – sind mit einem Kompakt-Schraubenverdichter, Microchannel-Wärmetauscher sowie Vollinverterkonzept ausgerüstet und – in verschiedenen Varianten – für den Komfort-, Prozess- und IT-Bereich geeignet. Die Kälteleistungen erstrecken sich von 382 bis 1.458 kW, die Einsatzgrenzen für die Außenluft reichen von -15 bis +52 °C und Kaltwasser kann im Temperaturbereich zwischen -2 und +20 °C erzeugt werden; der SEER von bis zu 5,26 spricht für die Effizienz der Geräte.

Quelle: Mitsubishi Electric

Die Kaltwassersätze sind standardmäßig in einer Hocheffizienzausführung mit EC-Ventilatoren erhältlich. Neben der Standardversion stehen des Weiteren eine schallreduzierte und eine extra schallreduzierte SL-Ausstattung zur Verfügung. Die Schallemissionen können damit um bis zu 9 dB(A) verringert werden.

Zusätzlich ist eine teilweise Wärmerückgewinnung möglich, deren Regelung serienmäßig vor Ort über eine App und mobile Endgeräte erfolgt. Optional sind ein LC-Display oder ein Touchscreen einsetzbar.

Climaveneta Deutschland GmbH
40882 Ratingen
02102 486-8710
info@climaveneta.de
www.climaveneta.de

Ammoniak-Verdichteraggregate

Teko

Seit 2018 fertigt Teko neben den NH_3-Verbundmaschinen „Ammon“ auch NH_3-Einzelverdichteraggregate. Diese können optimal auf den Leistungsbedarf zugeschnitten als kältetechnische Einheit installiert werden. Die Aggregate sind speziell für NK-, TK- und Klimaanwendungen konzipiert und decken einen Leistungsbereich von 188 bis 800 kW (t_0 -10 °C / t_c +35 °C) ab. Für kleinere Leistungsbereiche bis rund 400 kW (-10/+35 °C) setzt Teko auf die offene Schraubenverdichter-Serie „OSKA-85“ von Bitzer und auf die „i-Serie“ von Mycom. Größere Leistungen bis ca. 800 kW (-10/+35 °C) sind mit den größten, offenen Schraubenverdichtern „OSKA-9593“ und „OSKA-95103“ von Bitzer ausgestattet.

Der Antrieb der Schraubenverdichter erfolgt über angeflanschte 1-tourige Drehstrommotoren, welche generell für den Betrieb mit Frequenzumformer ausgestattet sind. Alle verbauten Motoren besitzen die Energieeffizienzklasse IE3 und sind in der Schutzklasse IP23 und/oder IP55 erhältlich. Zudem bietet Teko die Wahl zwischen einem stehenden und liegenden Ölabscheider. Bei der Wahl des Ölkühlers setzt Teko auf Rohrbündelwärmeübertrager.

Zur Schwingungsentkopplung und Schallreduktion erfolgt die Aufnahme aller Komponenten auf einer verwindungssteifen Rahmenkonstruktion. Unterhalb des Verdichterblocks ist eine Edelstahl-Auffangwanne montiert, die gegebenenfalls anfallendes Kondenswasser aufnimmt und bei Wartungsarbeiten an dem Schraubenverdichter als Ölauffangwanne dient. Die Aufstellung der Maschineneinheit erfolgt auf höhenverstellbaren Schwingmetallfüßen.

Teko Gesellschaft für Kältetechnik mbH
63674 Altenstadt
06047 9630-0
info@teko-gmbh.com
www.teko-gmbh.com

Kühlung für leistungsintensive Anlagen

Jaeggi

Bei der Entwicklung des „ADC High Density" von Jaeggi wurde vor allem auf eine maximale Leistungsdichte Wert gelegt. Daher sind diese Geräte gerade für leistungsintensive Anwendungen wie die Kühlung von IT-Anlagen usw. geeignet. Der kompakte Kubus mit minimalem Footprint bietet bereits im Trockenbetrieb eine große Leistung und damit einen hohen Umschaltpunkt für die Aktivierung der adiabatischen Vorkühleinheit. Alle Anbauteile und Komponenten sind im Gehäuse integriert. Sollte der Trockenbetrieb nicht mehr ausreichen, z.B. bei hohen Außentemperaturen, wird mit der adiabatischen Vorkühlung der Leistungsturbo eingeschaltet. Damit ist auch eine medienseitige Abkühlung unter die Umgebungstemperatur möglich. Die Regelungseinheit „Hybrimatic" erfasst permanent die aufgegebene Wassermenge, die Drehzahl der Ventilatoren und den Zustand der Umgebungsluft. Alternativ kann diese Drehzahlinformation über ein 0-10 V-Signal übermittelt werden. Die Regelungseinheit ist darüber hinaus in der Lage, während des Betriebs eine Überprüfung der Betriebskosten vorzunehmen.

Jaeggi Hybridtechnologie AG
CH-4051 Basel
061 560 91 00
info@jaeggi-hybrid.ch
www.jaeggi-hybrid.ch

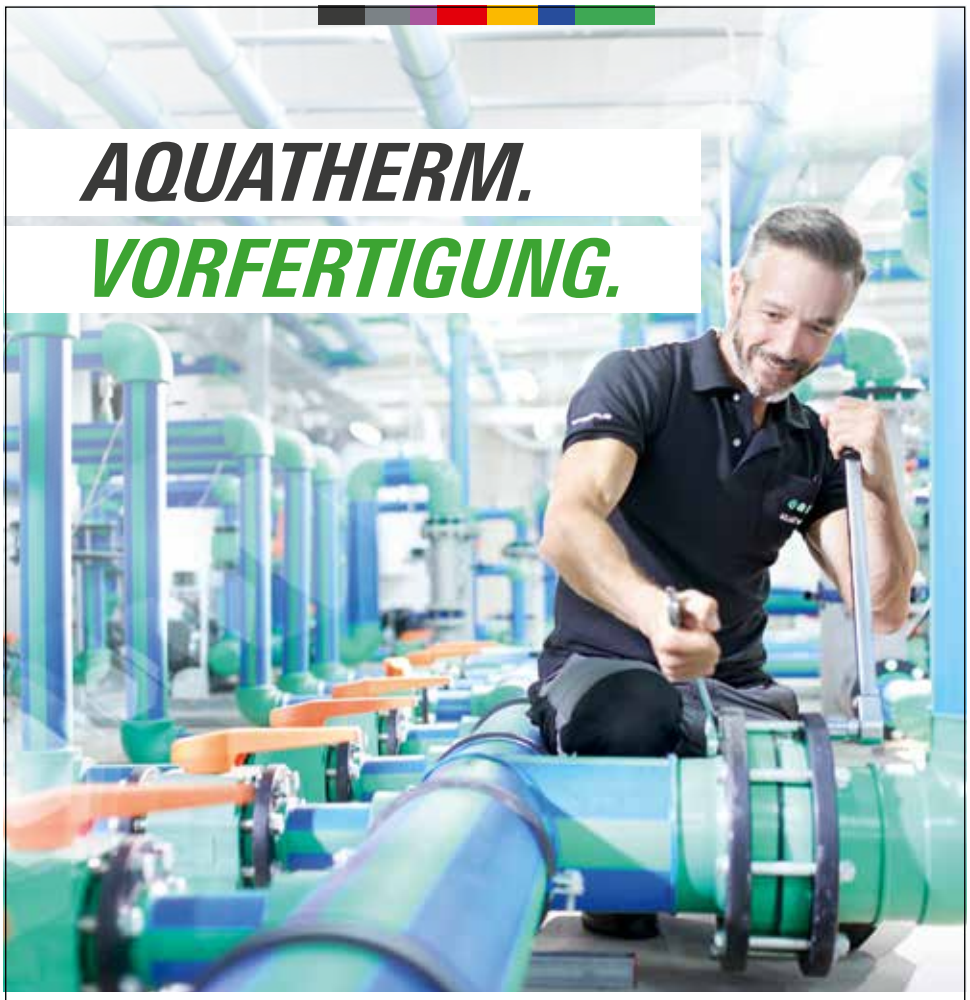
Luftgekühlte Verdicher

GEA

Quelle: GEA

Die halbhermetischen luftgekühlten „HA44e"-Verdichter von GEA werden die Kompressorbaureihe „HA4" ersetzen. Das Programm bietet drei Baugrößen mit zehn Hubraumstufen von 11,1 bis 57,7 m^3/h (50 Hz). Das „HA-Prinzip" (Hermetic Air-Cooled) für luftgekühlte Verdichter bietet eine effiziente halbhermetische Lösung für Tiefkühlanwendungen. Dabei arbeitet der Verdichter direktansaugend und der Motor wird luftgekühlt. Das Sauggas wird nicht zusätzlich vom Motor aufgeheizt, sondern direkt über den Motor vom Verdichter angesaugt. Die Motorkühlung erfolgt über eine kompakte Belüftungseinheit, die durch gezielte Luftkühlung nicht nur den Motor selbst, sondern auch die Zylinderköpfe kühlt.

GEA Group Aktiengesellschaft
40468 Düsseldorf
0211 9136-0
info@gea.com
www.gea.com



Wir denken als Ihr Lösungspartner mit, damit Sie schneller und effizienter zum Ziel kommen. Mit der aquatherm Vorfertigung für Sonderbauteile. Individuell geplant, hochpräzise gefertigt, montagebereit geliefert – in höchster Qualität. Minimieren Sie Ihren Planungs- und Montageaufwand. Maximieren Sie Ihre Wertschöpfung.

Informationen unter www.aquatherm.de/vorfertigung

www.aquatherm.de

INNOVATIVE ROHR LEITUNGS SYSTEME AUS KUNSTSTOFF

aquatherm
state of the pipe

Geregelte Inline-Pumpen

Grundfos

Die geregelten Inline-Pumpen der Baureihe „TPE“ von Grundfos können im Objektbau oder in der Industrie mit einer maximalen Leistung von 55 kW eingesetzt werden. Solche Pumpen fördern Heiz- oder Kühlwasser bis zu einer Fördermenge von 1.100 m^3/h (max. Förderhöhe: 92 m) und sie bewältigen dies mit IE3- bzw. IE4-Antrieben sehr effizient. Des Weiteren wird dadurch, dass die Druck- und Saugstutzen geradlinig gegenüberliegen, die Rohrleitungsmontage vereinfacht. Die Trockenläuferpumpen sind in Blockausführung gefertigt und weit weniger empfindlich gegenüber Verunreinigungen im Fördermedium als Nassläufer-Umwälzpumpen. Diese Pumpen fördern nicht einfach Medium von A nach B; vielmehr handelt es sich um Systemlösungen: Mit intelligenten Regelungen, optimierten Algorithmen und zahlreichen weiteren Funktionen können sie eine zentrale Rolle in Heizungs-, Klimatisierungs- und Wärmerückgewinnungsanlagen übernehmen. Zu haben sind Inline-Pumpen dieser Leistungsklasse optional in drei Konfigurationen: „Serie 1000“ (ohne Differenzdrucksensor) mit integriertem Frequenzumrichter, „Serie 2000“ (mit Differenzdrucksensor) mit integriertem Frequenzumrichter und „TP“ mit separatem Frequenzumrichter (ab Werk getestet und als Komplettsystem geliefert).

Grundfos GmbH
40699 Erkrath
0211 92969-0
infoservice@grundfos.de
www.grundfos.de

Absalz- und Dosiersteuerung

WWT

Die Absalz- und Dosiersteuerung „CyCon Wave“ der Water & Wastewater Technic WWT GmbH misst, überwacht, regelt und dokumentiert wesentliche Parameter von Wasserbehandlung und Wasserqualität kontinuierlich. Sie erfasst analoge sowie digitale Werte vor Ort und speichert diese Daten in einem Betriebstagebuch. Eine graphische Darstellung der aktuellen Daten kann Störungen im System, die Bildung von Belägen, Biofilmen oder Korrosion vermeiden. Die automatisierte, bedarfsgerechte Dosierung von zwei Bioziden, die entsprechende Verriegelung der Absalzung, das Erfassen der Verbrauchsmengen, wie Konditionierungsmittel, Biozide und Wasser, erhöhen die Betriebssicherheit und die Systemstabilität. Da die Verarbeitung der Messwerte sowie die Speicherung direkt in der „CyCon Wave“ erfolgen, ist sowohl die Verwaltung als auch die Verfügbarkeit der Daten sichergestellt. Es sind drei Ebenen von Zugriffsrechten vorhanden.

Die Bedienung erfolgt über ein berührungsempfindliches Farbdisplay. Die vollständigen Protokolle von je acht analogen und digitalen Eingängen sind auf einer SD-Karte gespeichert. Schnittstellen wie RS485 (Modbus), RJ 45, USB und optional CAN-Bus oder GSM ermöglichen sowohl externen Zugriff, problemlose Datenfernübertragung als auch die unkomplizierte Anbindung an eine bestehende Gebäudeleittechnik.

Water & Wastewater Technic WWT GmbH
74385 Pleidelsheim
07144 8188-0
info@wwt.eu
www.wwt.eu

NH_3-Verdichter-Packs mit hoher Leistung

Bitzer

Bitzer hat nun Ammonia Compressor Packs (ACP) mit höherer Kälteleistung im Angebot. Die ACPs enthalten Verdichter, Motoren, Ölabscheider und einen optionalen Ölkühlkreis sowie optionale Steuereinheiten und Frequenzumrichter. ACPs können bis zu drei Verdichter enthalten und eine Kälteleistung von bis zu 3 MW (-10/35 °C) erreichen. Zusätzlich verfügen sie serienmäßig über einen Hochdruckregler und werden mit Optionen wie etwa einem Economiser angeboten. Eine ACP-Steuereinheit sorgt in Verbindung mit der integrierten Bitzer IQ-Technologie für einen zuverlässigen Betrieb. Die Steuereinheit und die wichtigsten Sensoren sind redundant und mit proaktiven Steuerschichten ausgelegt, um die Systemzuverlässigkeit zu steigern.

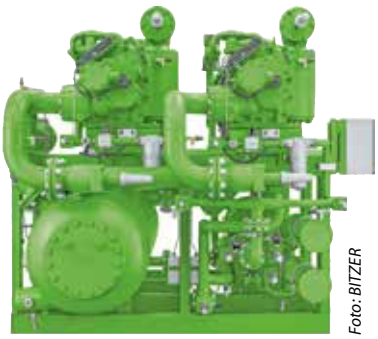


Foto: BITZER

Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH
71065 Sindelfingen
070 31 932-0
bitzer@bitzer.de
www.bitzer.de

Gedichtete Plattenwärmetauscher

Kelvion Refrigeration

Gedichtete Plattenwärmetauscher müssen Höchstleistungen in punkto Wärmeübertragung vollbringen und dabei hohen Drücken widerstehen. Der Plattenwärmetauscher „NP150X“ der Kelvion Refrigeration ist auf diese Anforderungen aufgrund der geringen Tiefe seiner Fischgrätprägung und der kürzeren Wellenlänge speziell zugeschnitten. Diese sorgen für hochturbulente Strömung und somit für einen guten Wärmeübergang bei sehr niedrigen Temperaturdifferenzen. Das „OptiWave“-Design verstärkt diesen Effekt, indem es eine gleichmäßige Beströmung der gesamten Plattenbreite bewirkt. „NP150X“ ist in den Materialien 1.4301 und 1.4404 sowie in den Stärken 0,4, 0,5 und 0,6 mm verfügbar und für einen Testdruck von bis zu 42 barg geeignet. Er passt in dieselben Universalgestelle wie die gleichgroßen Platten der „NX“- und „NT“-Serie. Mit diesen hat die „NP“-Reihe noch weitere Vorteile: das „EcoLoc“-System für einen perfekten Sitz der kleberlosen Dichtungen oder das „PosLoc“-Design, das die Platten bei der Montage automatisch ausrichtet.

Kelvion Refrigeration GmbH
82065 Baierbrunn
089 74473-0
info@kelvion.com
www.kelvion.com

Ohne CO_2-Emissionen

Trane

Die kompakten Geräte der Modellreihe „City“ von Trane umfassen drei Wasserkühlmaschinen und Wärmepumpenprodukte unter 400 kW für effizientes Heizen und Kühlen. Sie wurden mit einem Treibhauspotential von nahezu null und nicht entzündlichem Kältemittel, R1234ze, konzipiert und nutzen erneuerbare Energie, Wasser und Abwasser aus geothermischer Quelle. Die Variante „Comfort“ ist eine Wasserkühlmaschine für Bürogebäude, das Gastgewerbe, Fernkühlung und -heizung sowie Rechenzentren, die auch in kleinen Industrieprozessen wie in der Lebensmittelbranche und kleinen landwirtschaftlichen Betrieben (Weingüter) eingesetzt werden kann. „Process“ ist eine Prozesskühlmaschine, die mit bis zu -12 °C eine effiziente Prozesskühlung für die Lebensmittelbranche, Lagerhäuser, Kühlhäuser und Eisbahnen bieten kann. Version „Booster“ ist eine Wasser-zu-Wasser-Wärmepumpe und liefert Heißwasser mit Temperaturen zwischen 50 und 80 °C für Anwendungen wie Heizen mit hohen Temperaturen, die Versorgung mit heißem Brauchwasser, Fernheizen und Kaskaden zur Wärmerückgewinnung. „Booster“ bezieht Energie aus Abwasser oder geothermischen Systemen mit 5 bis 30 °C.

Trane Deutschland GmbH
46049 Oberhausen
0208 9994-0
info@trane.de
www.trane.de

VORSCHAU › 3/2019

Moderne Arbeitswelten mit hohem thermischem Komfort

Quelle: Stadtwerke Karlsruhe

Wie sich ein typisches Bürogebäude der 1970er Jahre mit bis zu 30 m tiefen Großraumbüros in eine atmosphärische Open Space-Arbeitswelt verwandeln lässt, zeigt die energetische Sanierung der Hauptverwaltung der Stadtwerke Karlsruhe. Ein wesentlicher Baustein des Energie- und Gestaltungskonzepts war der Einsatz von Kühldeckenpaneelen.

Quelle: Mitsubishi Electric

Kältemittel für Kaltwassersätze

Die F-Gas-Verordnung mit ihrer Verdrängung etablierter Kältemittel stellt alle Marktteilnehmer vor große Herausforderungen. Sowohl mittel- als auch langfristig gilt es, Kältemittel mit einem möglichst niedrigen Global Warming Potential (GWP) einzusetzen, die vergleichbare Sicherheitsmerkmale der bisherigen Kältemittel aufweisen. Doch welche Kältemittel bieten Antworten im Bereich Nachhaltigkeit, Verfügbarkeit, Effizienz und Wirtschaftlichkeit für Kaltwassererzeuger? Der Beitrag stellt zwei Lösungen vor.

Brandabschottungen mit elastomeren Dämmstoffen

Gebäudetechnische Installationen wie Leitungs- und Lüftungsanlagen stellen im Gebäude aus brandschutztechnischer Sicht eine mögliche Schwachstelle dar. Sie durchdringen raumabschließende Bauteile und haben einen erheblichen Einfluss auf die Sicherheit in Gebäuden. Korrekt geplante und sauber ausgeführte Rohrabschottungssysteme verhindern die Weiterleitung von Feuer und Rauch in benachbarte Räume. Der Beitrag beschreibt die Einsatzmöglichkeiten von Abschottungen mit elastomeren Dämmstoffen.

Quelle: Armacell

bauverlag
Wir geben Ideen Raum

KKA – Kälte Klima Aktuell
38. Jahrgang 2019

ISSN 0722-4605
Fachmagazin für alle Bereiche des Anlagenbaus sowie des System- und Gerätevertriebs auf dem Sektor der Kälte- und Klimatechnik inkl. der damit verbundenen Gebiete wie Energieeinsparung, Umweltschutz usw. „KKA – Kälte Klima Aktuell" ist offizielles Organ der Verbände:

- ÜWG Überwachungsgemeinschaft Kälte- und Klimatechnik e.V.
- Kälte- und Klimatechnik-Innung Nordrhein
- Fachinnung für Kälte- und Klimatechnik für den Regierungsbezirk Arnsberg
- Innung für Kälte- und Klimatechnik Bremen-Oldenburg
- Innung für Kälte- und Klimatechnik Berlin-Brandenburg

Bauverlag BV GmbH
Avenwedder Straße 55, Postfach 120
33311 Gütersloh, Deutschland,
www.bauverlag.de

Redaktion
Chefredakteur:
Christoph Brauneis, Telefon: +49 5241 80-75029,
Fax +49 5241 80-9313
christoph.brauneis@bauverlag.de

stellvertretender Chefredakteur:
Marcus Lauster, Telefon: +49 5241 80-74286,
marcus.lauster@bauverlag.de

Sascha Brakmüller, Telefon: +49 5241 80-2648,
sascha.brakmueller@bauverlag.de

Marlene Klocke, Telefon: +49 5241 80-82982,
marlene.klocke@bauverlag.de

Stefanie Schnippenkötter, Telefon: +49 5241 80-1036,
stefanie.schnippenkoetter@bauverlag.de.

Nina Lechthoff, Telefon: +49 5241 80-46491
nina.lechthoff@bauverlag.de

Redaktionsbüro
Cornelia Otto,
Telefon: +49 5241 80-2132,
cornelia.otto@bauverlag.de

Layout
Jutta Parnitzke, Telefon: +49 5241 80-40779,
jutta.parnitzke@bauverlag.de

Leitung Werbemarkt
Volker Winzer
Telefon: +49 5241 80-2513
volker.winzer@bauverlag.de

Head of Digital Sales
Axel Gase-Jochens
Telefon: +49 5241 807938
Telefax: +49 5241 8067938
Axel.Gase-Jochens@bauverlag.de

Auslandsvertretungen
Italien:
Ediconsult Internazionale S.r.l.
Piazza Fontane Marose, 3
16123 Genova
Telefon: +39 010 583684
Telefax: +39 010 5566578
costruzioni@ediconsult.com

Anzeigenpreisliste Nr. 32 vom 1.10.2018, Advertisement Price List No. 32 dated Oct. 1, 2018 is currently valid

Geschäftsführer
Michael Voss, Telefon: +49 5241 80-2476

Abonnentenbetreuung & Leserservice
Abonnements können direkt beim Verlag oder bei jeder Buchhandlung bestellt werden. Bauverlag BV GmbH, Avenwedder Straße 55, 33311 Gütersloh, Deutschland

Der Leserservice ist von Montag bis Freitag persönlich erreichbar von 9.00 bis 12.00 und von 13.00 bis 17.00 Uhr (freitags bis 16.00 Uhr).
Telefon: +49 5241 80-90884, Fax: +49 5241 80-97109,
leserservice@bauverlag.de

Marketing & Vertrieb
Michael Osterkamp

Bezugspreise und -zeit
KKA – Kälte Klima Aktuell erscheint mit 6 Ausgaben sowie 1 Ausgabe KKA Großkältetechnik pro Jahr.
Jahresabonnements (inklusive Versandkosten):

Inland	Euro 89,00
Studenten	Euro 56,00
Ausland	Euro 94,00

Die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag
Einzelheft Euro 20,00 (inklusive Versandkosten)
Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums gekündigt wird.

Veröffentlichungen
Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verbreitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gezeichneter Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlags finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de.

Druck
wentker druck GmbH, Greven

Keep it fresh!

cab Ammoniak Kältemaschinen mit offenen Schraubenverdichtern als Einzelverdichter oder Parallelverbund, bis 1500 kW.

Anwendung als Industrielösung:

- ✓ Lager
- ✓ Prozesskühlungen
- ✓ Produktionsbetriebe
- ✓ Kaltwassersysteme

cab - SZ 1070

Ammoniak
Schraubenverbund
luftgekühlt

im Einsatz bei
einem namenhaften
Metzgereibetrieb
in Deutschland

to/tc = -17/+42°C
Kälteleistung 670 kW

compact KÄLTETECHNIK

compact Kältetechnik GmbH
Dieselstraße 3 | 01257 Dresden | Tel. +49 (0) 351 207970
www.compact-kaeltetechnik.de

SCHIESSL

WEGWEISEND

Zukunftsweisende Projekte!

Nachhaltigkeit ist das dominante Thema im Kälte- und Klimaanlagenbereich.

Mit unserem Know-how im Bereich der natürlichen Kältemittel öffnen wir Ihnen und Ihren Kunden die Tür, für eine langfristige und sichere Zukunft in eine grünere Welt.

www.schiessl-kaelte.com