

Bild 1: Spezifische elektrische Leistung der Lösungsmittelpumpe in Abhängigkeit des Pumpenwirkungsgrades

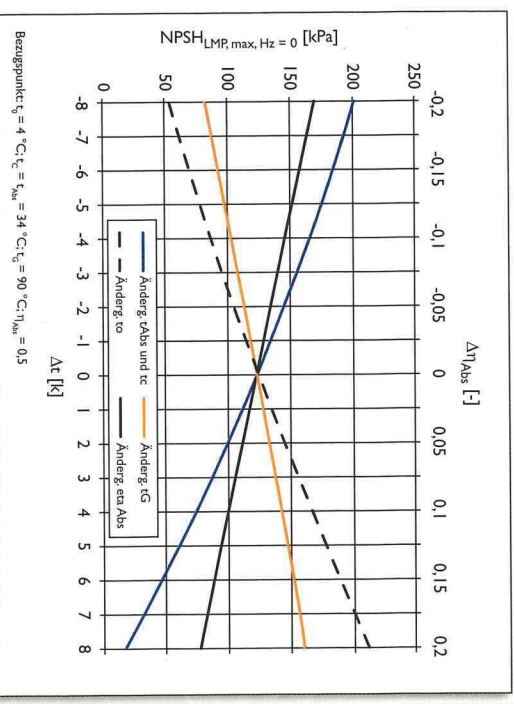


Bild 2: Maximal möglicher NPSH-Wert der Lösungsmittelpumpe in Abhängigkeit der externen Medientemperaturen und des Absorptionseffizienzgrades

NH₃-H₂O-Absorptionskälteanlagen mit Fusionsplattenwärmeübertrager – Aufbau und Anwendung

Lutz Richter,
ILK Dresden,
Sebastian Zürich,
AGO AG, Kulmbach

Nicht nur die Fa. Robur bietet Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen, wenn auch ihre Anlagen ausschließlich mit Gas direkt beheizt werden, auch das holländische Unternehmen Colibri setzt seit Jahren auf solche Anlagen und erweitert ihre Anwendung in der industriellen Kälteerzeugung in Europa kontinuierlich. In den Anlagen der Fa. Colibri werden in der Regel Rohrbündelwärmeübertrager verwendet. Anlagen für eine direkte oder indirekte Beheizung werden ab 150 kW Kälteleistung aufwärts angeboten. Die Fa. Pink (Österreich), in Deutschland über die Fa. Solarnext, bietet seit kurzem eine Heizwasser beheizte Ammoniak-Wasser-Kleinabsorptionskälteanlage mit 12 kW Kälteleistung an. Gegenwärtig ganz neu ist ein Angebot der deutschen Fa. Solarctic hin-

Die Aktivitäten auf dem Gebiet der Sorptionskältetechnik lagen in den letzten Jahren stärker in der Entwicklung und Anwendung von Ab- und Adsorptionskälteanlagen zur Klimakälteerzeugung, die Wasser als Kältemittel verwenden, als bei der Verwendung von Ammoniak innerhalb von Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen. Da jedoch derzeit nur mit dem Arbeitsstoffpaar Ammoniak-Wasser Kälteanlagen unter 0 °C markterfügbar thermisch erzeugt werden können – andere Arbeitsstoffpaare stellen auch weiterhin keine bessere Alternative dar – sind in den letzten Jahren auch einige Entwicklungen durch unterschiedliche Einrichtungen durchgeführt worden, um das Angebot von Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen zu erweitern.

sichtlich einer Anlage mit 25 kW Kälteleistung, die Heizwasser unter 100 °C zum Antrieb verwendet. Neuerdings beschärfte sich auch die Fa. Trane in den USA wieder mit der Entwicklung und Anwendung von Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen.

Der Kälteleistungsbereich von mit Abwärme angetriebenen Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen zwischen 30 und 150 kW wurde jedoch in den zurückliegenden Jahren nicht bedient. Nun wird diese Lücke durch die Fa. AGO AG in Kulmbach geschlossen. Die Firma bietet für Kälteleistungen von 30 bis 1000 kW einstufige Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen im Nutztemperaturbereich bis -20 °C, Absorptionskälteanlagen bis -30 °C, auch in Kombination mit Kompressionskälteanlagen,

sowie komplexe Energieverbundsysteme mit integrierten Absorptionskälteanlagen an. Die Absorptionskälteanlagen wurden in Kooperation zwischen der AGO AG (www.ago.ag) und dem ILK Dresden (www.ilkdresden.de) entwickelt und werden entsprechend den spezifischen Erfordernissen angepasst. In den Heizwasser beheizten und Kühlwasser gekühlten Anlagen werden fusionsgeschweißte Plattenwärmeübertrager verwendet.

Gestaltung und Dimensionierung der Bauteile | Bei der Gestaltung und Auslegung von Absorptionskälteanlagen bestehen einige grundlegende Zielstellungen wie minimale Kosten, minimales Gewicht und geringe Ammoniakfüllmenge sowie ausreichende Anlagenkompaktheit und auch mögliche Ver-

wendung von niedrigen Antriebstemperaturen. Ammoniak-Wasser besitzt auf Grund der Siededrucklage von Ammoniak hinsichtlich der Anlagenkompaktheit gegenüber Wasser-Lithiumbromid Vorteile aber hinsichtlich Wärmeverhältnis und Sicherheit eben auch einige Nachteile. Diese Besonderheiten des Arbeitsstoffpaares Ammoniak-Wasser müssen bei der Gestaltung der Absorptionskälteanlage beachtet werden.

Um Kosten und Gewicht der Absorptionskälteanlagen zu reduzieren, können z.B. Fusionsplattenwärmeübertrager des Typs „AlfaNova“ der Fa. Alfa Laval (www.alfalaval.de) als Verdampfer, Absorber, Generator, Kondensator sowie als Lösungs- und Kältewärmeübertrager eingesetzt werden. Sowohl hinsichtlich Kosten als auch entscheidend beim Gewicht sind die Plattenwärmeübertrager „AlfaNova“, die zur Zeit in den Größen 14, 27, 52, 76, 400 und mit unterschiedlichen Platten wie z.B. L₁M, H₁E erhältlich sind, für Ammoniak-Absorptionskälteanlagen günstig. Mit der gegenwärtigen Angebotsbreite der „AlfaNova“ ließen sich Absorptionskälteanlagen bis zu einer Kälteleistung von knapp 1000 kW bauen.

Anders als bei Wasser-Lithiumbromid ist bei Ammoniak-Wasser infolge der höheren Differenz zwischen Verdampfungs- und Kondensationsdruck ein größerer Energieaufwand für die Lösungsmittelpumpen erforderlich. Beträgt bei Wasser-Lithiumbromid die auf die Kälteleistung bezogene erforderliche Pumpenenergie weniger als 0,1 %, sind dies bei Ammoniak-Wasser allgemein 3 bis 5 %. Der



Bild 3: Ansicht der Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlage Typ „congelo 50“ der Fa. AGO AG links mit und rechts ohne Einhausung



Wert ist entscheidend abhängig vom Pumpenwirkungsgrad, der größer 0,3 sein sollte. Aus Bild 1 ist für die Randbedingungen -4 °C Verdampfungs- und 27 °C Kühlwassereintrittstemperatur sowie für 90 bzw. 100 °C Generatorndtemperatur ersichtlich, dass ab Pumpenwirkungsgrade kleiner 0,25, die schnell bei einer ungünstigen Wahl einer Seitenkanalpumpe auftreten können, ein nicht zu vertretender hoher Energiebedarf für die Lösungsmittelpumpen besteht. Als Vergleich ist im Bild 1 die reziproke Kälteleistungszahl einer Kompressionskälteanlage für die angegebenen Bedingungen eingezeichnet. Hohe

Elektroenergieeinsparungen bei der Kälteerzeugung durch Absorptionskälteanlagen erfordern Pumpenwirkungsgrade von größer 0,3. Eine weitere Problemstellung für die Auswahl der Lösungsmittelpumpen ergibt sich aus dem Fakt, dass mit der reichen Lösung nach dem Absorber eine Flüssigkeit gefördert wird, die relativ nah an der Sättigung liegen kann. Wie groß die Unterkühlung der reichen Lösung ist, ist abhängig von den internen Kreisprozessstemperaturen und dem Absorptionswirkungsgrad im Absorber. In Bild 2 wird der Sachverhalt veranschaulicht. Bezogen auf einen Auslegungspunkt von 4 °C



BIG FOOT SYSTEMS

DIE KOMPLETTLÖSUNG FÜR EINE CLEVERE INSTALLATION

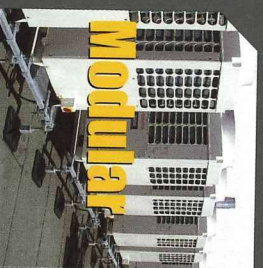
Verteilt geschickt die Punktlast

- **Schont die Dachhaut**
- **Leichter Transport**
- **Einfache Installation**
- **Ansprechende Optik**



BBJ-GENERALVERTRETUNG
MALESSA & SCHÜLLER
Pumpen- und Anlagentechnik

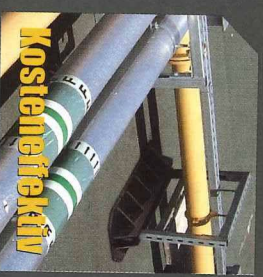
Hoffeldstraße 104 • 40235 Düsseldorf
Tel.: 0211 - 467979 • Fax: 0211 - 466770
E-Mail: info@aspem-pumpen.de
www.aspen-pumpen.de



Variables Baukastensystem
Einzel- abnehmbare Fülbe



Für alle gängigen C-Profile (40 x 40 mm) geeignet
Passgenaue Anti-Vibrations-Matte verfügbar



Kosteneffektiv

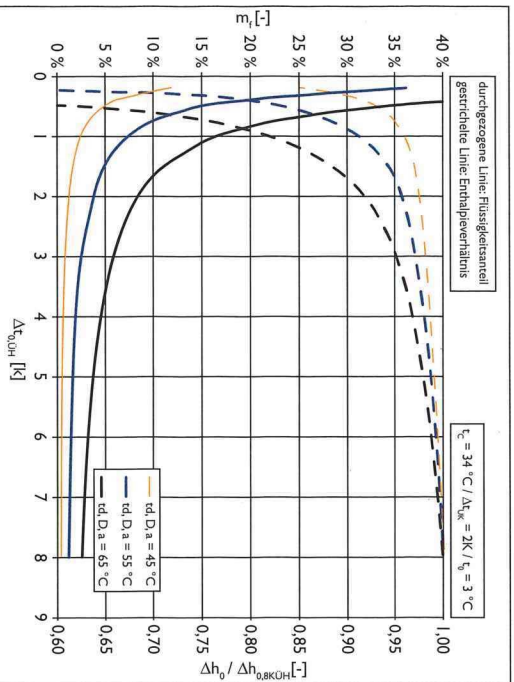


Bild 4: Flüssigkeitsanteil und spezifischer Enthalpiwert des Kältemittels nach dem Verdampfer in Abhängigkeit der Überhitzung und der Dampftemperatur nach dem Dephlegmator

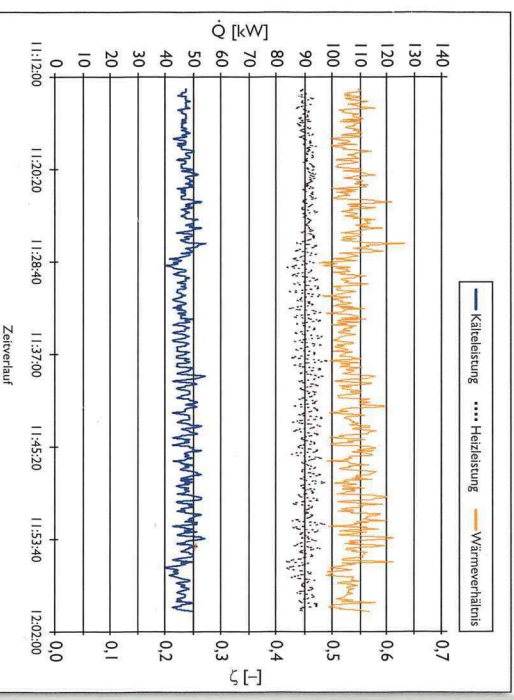


Bild 5: Kälte- und Heizleistung sowie Wärmeverhältnis der Absorptionskälteanlage Typ „congelo 50“ der Fa.AGO AG

Verdampfungs-, 34 °C Kondensations- und Absorptions- sowie 90 °C Generatortemperatur und 0,5 Absorptionswirkungsgrad sind die maximal zulässigen NPSH-Werte für die Lösungsmittelpumpe angegeben, die sich bei der Änderung eines Wertes gegenüber dem Bezugspunkt ergeben. Niedrige NPSH-Werte sind bei höheren Kühlwasser- und tieferen Kälte Träger- bzw. Heizmedientemperaturen erforderlich. Gleiches gilt für steigende Absorptionswirkungsgrade. Allgemein kann eingeschätzt werden, dass bei herkömmlichen Randbedingungen NPSH-Werte für die Lösungsmittelpumpen von <5 mWs ausreichend sind. Verändern sich jedoch gleichzeitig mehrere Werte, zum Beispiel gleichzeitig Sinken von Kühlwasser- und Kälte Trägertemperatur, kann schnell Kavitationsgefahr bestehen. Daher ist die Berücksichtigung niedriger NPSH-Werte, optimal eine Pumpe mit NPSH-Vorstufe, anzustreben.

Zwei Probleme | Im Verdampfer einer Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlage treten zwei Probleme auf: Das eine besteht in der Kältemittelverteilung von Ammoniak bei trockener Verdampfung in Plattenwärmeübertragern wie auch in Ammoniakkompressionskälteanlagen, das andere absorptionspezifisch in dem Restwassergehalt des Ammoniakdampfes nach der Dephlegmation, wodurch Restwasser auch im Verdampfer vorhanden ist. Das führt im Verdampfer zu Nachteilen wie Siedeverzug, Reduzierung von Leistung und Wärmeverhältnis sowie der Gefahr von Flüssigkeitsverstopungen. Daher sind Dampftemperaturen hinter dem Dephlegmator von <55 °C zu realisieren und eine obere Verteilung des Kältemittels in den Verdampfer sowie eine Überhitzung des Kältemittels im Verdampfer von größer 4...5 K ist vorzusehen. Im Bild 4 ist der vorhandene Flüssigkeitsanteil des Kältemittels

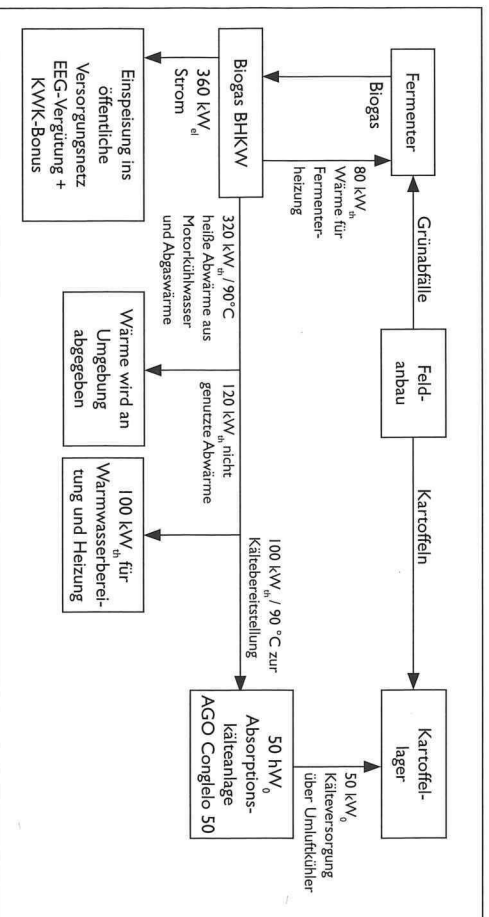


Bild 6: Beispiel einer Einbindung einer NH₃-H₂O-Absorptionskälteanlage mit 50 kW Kälteleistung in ein Kartoffelager

nach dem Verdampfer in Abhängigkeit der Überhitzung und der Dampftemperatur nach dem Dephlegmator dargestellt. Beträgt z.B. bei den angegebenen Randbedingungen die Austrittstemperatur des Dephlegmator-dampfes 55 °C, ist der Flüssigkeitsgehalt nach dem Verdampfer bei 5 K Überhitzung immer noch 1,5 %. Diese Restflüssigkeit muss dann im Kältemittelwärmeübertrager nachverdampfen. Der Vollständigkeit halber sind in Bild 4 auch die spezifischen Enthalpiwerte des Kältemittels bezogen auf den Wert bei 8 K Überhitzung dargestellt. Beim betrachteten Punkt von 5 K Überhitzung werden rund 98 % der Kälteleistung erreicht, die restlichen 2 % müssen über Nachverdampfung im Kältemittelwärmeübertrager und eine höhere Unterkühlung des Kältemittelkondensats in Kälteleistung umgesetzt werden.

Alfa Laval bietet für Ammoniakplattenverdampfer Kältemittelverleihnrichtungen an. Ein im Zuge der Entwicklung gesteuerter erbrachte jedoch keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Es wurde daher ein eigener Kältemittelverteiler dimensioniert und nach positivem Test installiert.

Um den Kältemitteldampf nach dem Generator zu reinigen, Kopfkondensation und interner Wärme- und Stoffaustausch in einem Rektifikator, bestehen mehrere Möglichkeiten. Ziel ist ein ausreichend reines Kopfprodukt bei gutem Wärmeverhältnis und geringem Installationsaufwand. Günstigste Lösung bei allgemein üblichen Einsatzbedingungen zur Kälteerzeugung ist eine Kühlung des Dephlegmators über einen Teilstrom der kalten reichen Lösung und eine zusammengeführte Einbringung in den Generator und

dessen Abscheider, der den Verärkungsanteil der Rektifikation integriert.

Der Absorptionsswirkungsgrad im Absorber besitzt Einfluss auf das Wärmeverhältnis der Absorptionssäule. Hohe Absorptionsswirkungsgrade sind anzustreben und diese sind in Reseelfilm- bzw. Basenabsorbern abhängig von den geometrischen Verhältnissen wie Reseelfilmlänge L_{RF} und -breite B_{RF} . Für die Bedingungen der Auslegung der „AKM con-gelo 50“ mit 50 kW Kälteleistung wurden diesbezüglich Berechnungen durchgeführt. Könnte man bei den Dimensionen des Plattenabsorbers und der Gesamthöhe der Absorptionssäule frei wählen, wäre ein Reseelfilmabsorber mit einem Verhältnis L_{RF}/B_{RF} von 0,1 günstig. Da die Wärmeüber-träger aber in ihren Maßen festgelegt sind und einer Gesamtbauhöhe auch Grenzen gesetzt sind, wird mit dem ausgewählten Fusionsplattenabsorber nur ein Verhältnis von 0,027 erreicht und ein etwas geringerer Absorptionsswirkungsgrad muss akzeptiert werden.

Beim Einsatz von Absorptionssäulen ist natürlich auch der höhere Rückkühlbedarf gegenüber den Kompressionskälteanlagen zu berücksichtigen. Dieser lässt sich mit folgendem Mehrbedarfskfaktor K_{RK} berechnen, indem die jeweiligen Rückkühlleistungen bzw. das Wärmeverhältnis der Absorptionss- und die Kälteleistungszahl der Kompressionskälteanlage einfließen: $K_{RK} = \frac{Q_{RK,AKM}}{Q_{RK,KKM}} = \frac{(1 + 1/\epsilon_{SAKM})}{(1 + 1/\epsilon_{KKM})}$.

Offene Verdunstungskühler benötigen einen Strombedarf von 0,006 bis 0,018 kW_{el}/kW_{RK} . Dieser Wert richtet sich nach Gestaltung, Ventilatorpressung und Schalldämmung. Hinsichtlich der Leistungsregelung einer Absorptionssäule ist zu beachten, welche Anforderungen bei Teillast an das Wärmeverhältnis gestellt werden. Wird z.B. für die Teillast nur eine Regelung der Heizmedieneintrittstemperatur entsprechend der Kälteerzeugertrittstemperatur gewählt, verringert sich das Wärmeverhältnis bei Teillast sehr erheblich. Bei Abwärmeeüberschuss ist dies unter Umständen kein Problem. Wird jedoch ein gleichbleibend hohes Wärmeverhältnis angestrebt, sollte eine Regelung des Lösungsmassenstromes über die Lösungsmit-
telpumpe vorgesehen werden.

Aufbau und Betrieb | Unter Berücksichtigung aller bisher genannten Randbedingungen wurde die Absorptionssäuleanlage Typ „congelco“ gestaltet und ausgelegt. Die erste einstufige Absorptionssäuleanlage der Baureihe wurde für folgende Bedingungen dimensioniert:

- Kälteleistung 50 kW,
- Soletemperatur Verdampfeintritt 1 °C, und Verdampferaustritt -3 °C,
- die Anlage ist Wasser gekühlt und Heizwasser beheizt,
- Kühlwassertemperatur Absorbereintritt 25 °C und Kondensatoraustritt 30 °C,

- Heizwassertemperatur Generatoreintritt 95 °C und Generatoreaustritt 85 °C.

Die Anlage soll zur Kühlraumkühlung (Kartoffellager) mit einer Lagertemperatur von 4 °C und einer relativen Luftfeuchte von 98 % genutzt werden und kann über Brunnenwasser rückgekühlt werden. Die internen Auslegungsbedingungen wurden wie folgt festgelegt:

- Kühlwasserfluss in Reihe zuerst durch den Absorber und nachfolgend durch den Kondensator;
- Verdampfungstemperatur -5 °C,
- Absorptionstemperatur 30 °C und Kondensationstemperatur 32 °C,
- Generatoratemperatur 90 °C,
- Absorptionsswirkungsgrad $\eta_{Abs} = 0,5$,
- Güte der Absorptionssäule $n = 0,95$,
- erreichbares Wärmeverhältnis rd. 0,55.

Für die Wärme- und Stoffübertrager wurden fusionsgeschweißte Plattenwärmeübertrager Typ „AlfaNova“ ausgewählt, die für eine Nenndruckstufe PN 25 geeignet sind. Als Lösungsmittelpumpe wurde eine hermetisch dichte Seitenkanalpumpe mit Magnetkupplung und einem NPSH-Wert von 0,7 mWs ausgewählt. Der Pumpenwirkungsgrad wird vom Hersteller mit 0,38 angegeben. Damit ist für die Förderung der Lösung eine elektrische Leistungsaufnahme von 1,63 kW erforderlich, d.h. 3,3 % der Kälteleistung. Nach

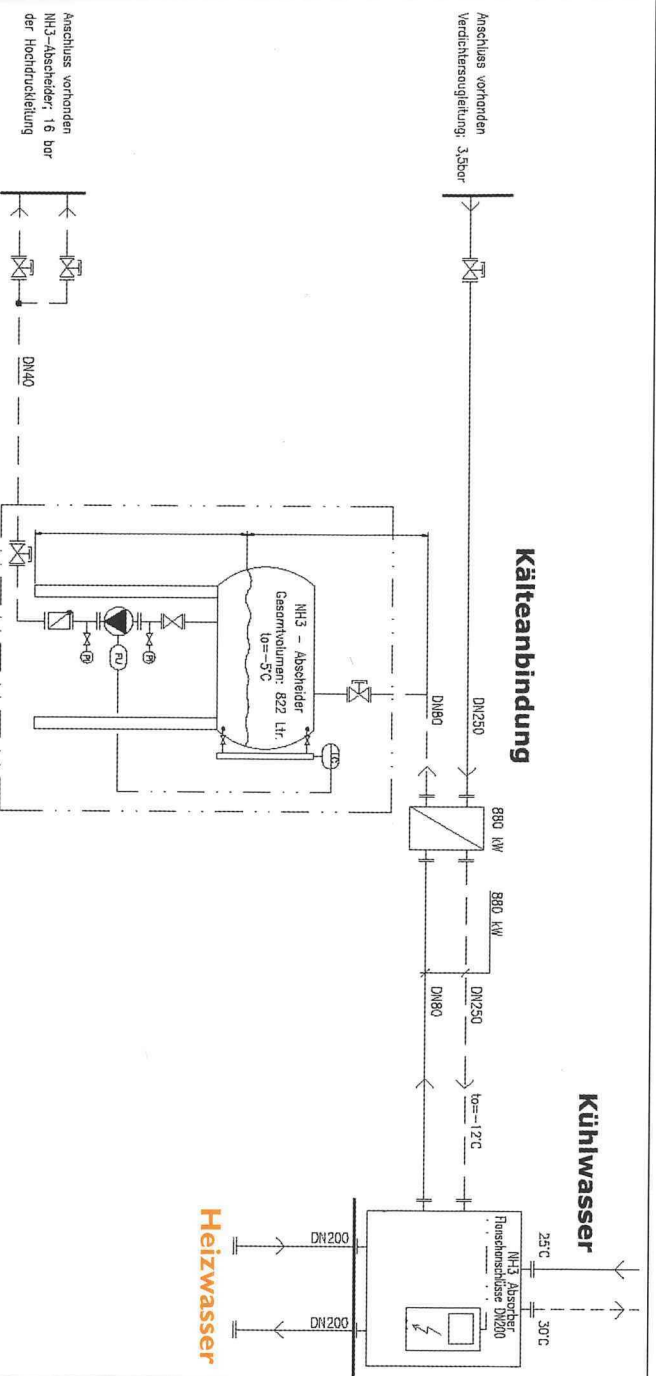


Bild 7: Beispiel einer Einbindung einer NH_3-H_2O -Absorptionssäuleanlage mit 880 kW Kälteleistung in ein bestehendes Kälteversorgungssystem einer Brauerei

eigenen Erfahrungen liegen jedoch die realen Wirkungsgrade etwas unter den Herstellerangaben. Der Verdampfer integriert eine obere Kältemittelverteileinrichtung, der Absorber eine obere Lösungsverteilung. Der Dephlegmator ist ein Rohr-Platten-Wärmeübertrager der Fa. Vahtrus. In der Anlage sind ein Kältemittelsammler, ein Abscheidebehälter nach dem Generator mit integrierter Füllkörper-Schüttung und ein Abscheidebehälter als Flüssigkeitsvorlage für die Lösungsmittelpumpe installiert. Die interne Anlagenregelung erfolgt über ein Elektronisches Einspritzventil und ein Motordrosselventil mit elektrischem Stellantrieb. Des Weiteren sind Schmutzsammler, Magnet- und Serviceventile sowie ein Sicherheitsventil vorhanden.

Im Schaltkasten der Anlage ist ein einfach zu bedienender Touchscreen-Bildschirm mit Anzeige des RI-Schemas integriert. Die Abmessung der 50 kW-Anlage betragen 2350 mm x 1650 mm x 2630 mm. Der Hochdruckbegrenzer ist auf 15 bar(a), der Niederdruckwächter auf 1,5 bar(a) und das Sicherheitsventil auf 15,5 bar(a) eingestellt. Die Heizmedientemperatur ist auf 105 °C begrenzt. Die Anlage ist mit 40 kg Ammoniak und 28 kg Wasser gefüllt. Die wasser- und soleseitigen Druckverluste betragen: Kühlwasser im Reihendurchfluss durch Absorber und Kondensator 43 kPa, Heizwasser 12 kPa und Sole 30 kPa.

Bild 5 zeigt Ergebnisse des Leistungstests der „congeo 50“ bei -3 °C Soleaustritts-, 25 °C Kühlwassereintritts und 95 °C Heizwassereintrittstemperatur. Dargestellt sind das Wärmeverhältnis sowie die Kälte- und Heizleistung. Die Absorptionskälteanlage besitzt eine gute exergetische Ausnutzung des Heiztemperaturniveaus, da sich die Temperaturen im Generator überschneiden. Die innere Generatoratemperatur liegt über der Heizwasseraustritts- und nur 5 K unter der Heizwassereintrittstemperatur. Das Wärmeverhältnis soll bei weiteren Vor-Ort-Messungen durch die Optimierung des Lösungsumlaufs und der Reglerstellungen des EEV und der Lösungs-drossel verbessert werden.

Anwendungsbeispiel | Die Anwendungsbereiche der Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen liegen in der Industrie, im Lebensmittelbereich, in Brauereien, in Bäckereien und auch in der Obst- und Gemüselagerung. Die Absorptionskälteanlagen können unterschiedlich an Kälteversorgungsanlagen angeschlossen werden.

Ein Kälte Träger oder ein Produktstrom kann direkt im Verdampfer der Absorptionskälteanlage gekühlt werden (Solekühlung). Die Absorptionskälteanlage kann aber auch direkt an einen Niederdruckabscheider angeschlossen werden (direkte Kopplung an einen Niederdruckabscheider), wenn keine Kompressionskältemaschine auf denselben Abscheider arbeitet. Für den Fall, dass noch andere Kälteerzeuger (z.B. Ammoniakkompressoren) auf denselben Niederdruckabscheider wie die Absorptionskälteanlage arbeiten, ist ein Kaskadenwärmetauscher zwischenzuschalten (indirekte Kopplung an einen Niederdruckabscheider). In diesem verdampft auf der einen Seite das Ammoniak der Absorptionskälteanlagen, während auf der anderen Seite das Kältemittel des anderen Kälteerzeugers kondensiert. Damit wird vermieden, dass sich die Kältemittel der verschiedenen Systeme mischen, da das Ammoniak der Absorptionskälteanlage immer einen gewissen Wasseranteil enthält, der negativ für die Kompressoren wäre, und das das Ammoniak aus den Kompressionskälteanlagen immer etwas Öl enthält, welches sich wiederum negativ im Absorptionsprozess auswirken würde. Daher ist zu vermeiden, dass sich Ammoniak aus Kompressionsanlagen und Absorptionskälteanlagen mischen. In einer ersten Anwendung der „congeo 50“ (Kälteleistung 50 kW) erfolgt eine Solekühlung in einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Kartoffelanbau. Ganzjährlich müssen Kartoffeln bei 2 °C und 98 % relativer Luftfeuchtigkeit gekühlt werden. Die Kühlsole muss auf -3 °C temperiert werden. Die Abwärme liefert ein Biogas-BHKW mit 360 kW elektrischer Leistung und ca. 400 kW Wärmeleistung. Die Fernertheizung benötigt ca. 80 kW thermische Leistung und 100 kW

werden für die Heizung im Winter und die Warmwasserbereitung verwendet. Nicht genutzt stünden für die Absorptionskälteanlage im Winter 220 kW und im Sommer 320 kW Wärme zur Verfügung. Davon werden jedoch nur maximal 100 kW zur Kälteerzeugung gebraucht.

Bild 7 zeigt ein Beispiel, dass die Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen auch in bestehende Kälteerzeugungsanlagen integriert werden können. Diese Absorptionskälteanlagen mit 880 kW Kälteleistung dient der Grundlastkälteversorgung in einer Brauerei und wurde in ein vorhandenes Ammoniakversorgungsnetz eingebunden. Die Kopplung erfolgte über einen Kaskadenwärmetauscher (indirekte Kopplung an einen Niederdruckabscheider). Zur Deckung des Spitzenbedarfs werden Kältemittelkompressoren hinzugeschaltet, die auf denselben Niederdruckabscheider arbeiten. Bei der Anwendung werden sehr hohe Volllaststunden erreicht.

Fazit | Durch die Fa. AGO AG werden seit kurzem Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen im Kälteleistungsbereich zwischen 30 bis 1000 kW angeboren, die in Kooperation mit dem ILK Dresden entwickelt wurden. Die wassergekühlten Absorptionskälteanlagen sind für eine Heizwasserbeheizung konzipiert und integrieren Fusionsplattenwärmeübertrager der Fa. Alfa Laval. Bei der Gestaltung und Auslegung der Absorptionskälteanlagen sind die Besonderheiten des Arbeitsstoffpaares Ammoniak-Wasser zu beachten. Mit dem Angebot wird die bisherige Lücke an markverfügbaren, mit Abwärme angetriebenen Ammoniak-Wasser-Absorptionskälteanlagen zwischen 30 und 150 kW Kälteleistung geschlossen. Erste Anwendungen existieren bzw. werden gegenwärtig vorbereitet.

Für die Entwicklung einer 50 kW-Absorptionskälteanlage erhielt die Fa. AGO AG im April 2008 eine Auszeichnung im Rahmen des Industriepreises 2008 des BMWI auf der Hannover Messe.

Verbrannt?

Cool bleiben – mit Antifrogen® SOLar Fluiden.

www.antifrogen.de

What do you need?



Exactly your chemistry.