

Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen von AGO AG Energie + Anlagen

Beim Kühlen bis zu 80 Prozent Primärenergie einsparen

Wer zur Kälteerzeugung auf Abwärme zugreift, spart jede Menge Primärenergie. Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen für den Nutztemperaturbereich bis minus zehn Grad stellen eine wirtschaftliche Alternative zu Kompressionskälteanlagen dar.



Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Zürich, AGO AG Energie + Anlagen.

Die Technik der Absorptionskälteanlagen (AKA) ist nicht neu, das verwendete Kältemittel aber schon. Bislang setzte man in derartigen Anlagen Lithiumbromid ein. Doch damit lassen sich bestenfalls Temperaturen von plus sechs Grad Celsius erzeugen, was für die Raumklimatisierung ausreicht, aber nicht für Kühlhäuser. Das Kältemittel Ammoniak hingegen ermöglicht einen Nutztemperaturbereich von bis zu minus zehn Grad. Und genau das macht die AKA hochinteressant, denn sie benötigt etwa 80 Prozent weniger Primärenergie als ihr Pendant, die Kompressionskälteanlage.

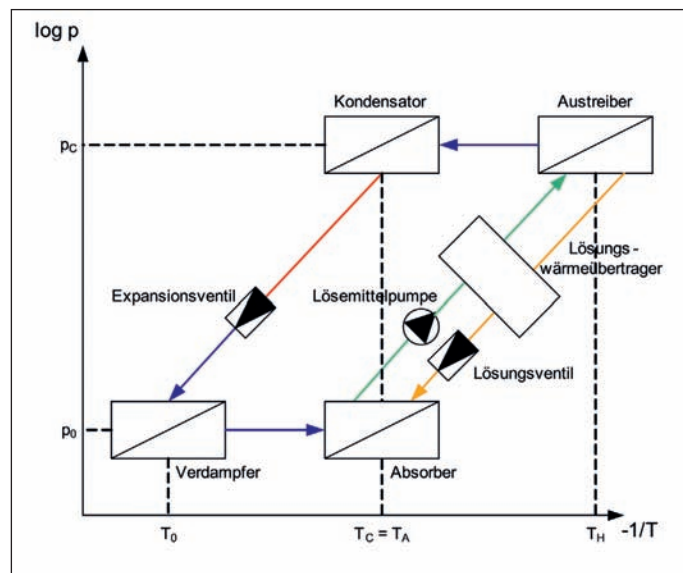
1834 wurde die erste Kompressionskälteanlage von Perkins patentiert und 30 Jahre später wurde von Linde die erste ammoniakbetriebene Kälteanlage entwickelt. Sie wird durch einen mecha-

nischen Verdichter, der durch Elektroenergie in Form einer Turbine angetrieben. Durch die Verdichtung wird das angesaugte Kältemittel aus dem Verdampfer mit dem Saugdruck p_0 auf den Verflüssigungsdruck p_c erhöht. Das Kältemittel im dampfförmigen Aggregatzustand wird in den Kondensator geleitet, wo es unter Abgabe der thermischen Energie, die bei der Kondensation entsteht, verflüssigt und unterkühlt wird. Der Kondensator ist ein Wärmetauscher, der die Wärmeenergie an Luft oder Wasser abgibt. Das flüssige Kältemittel wird aufgrund des Druckabfalles über das Expansionsventil auf den Verdampfungsdruck p_0 expandiert. Durch die Expansion verdampft ein Teil des Käl-

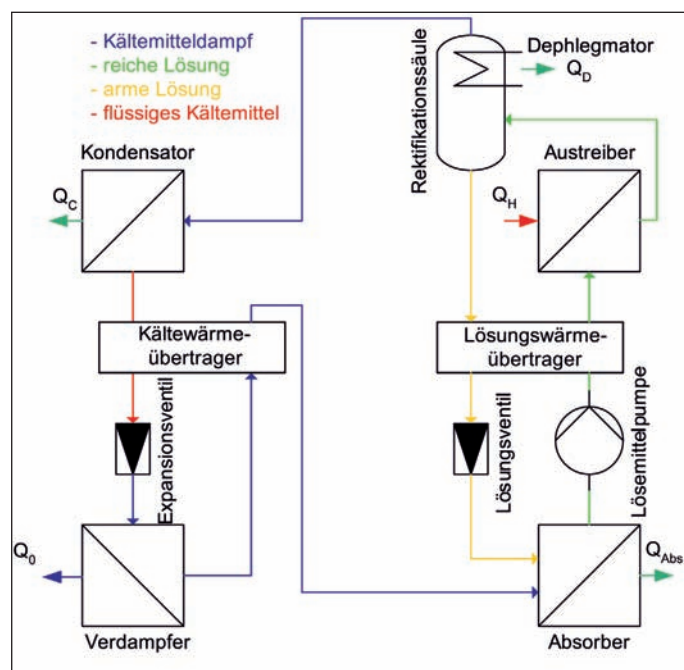
temittels und die Temperatur sinkt ab. Durch den Verdampfer wird dem Kältemittelträger Wärme zugeführt und bis zum Verdampferausgang überhitzt. Das verdampfte Kältemittel wird wieder dem Verdichter zugeführt und schließt damit den Kreisprozess.

Eine Absorptionskälteanlage ist eine Kälteanlage, bei der nicht wie bei einer Kompressionskälteanlage das Kältemittel durch einen Kompressor verdichtet wird, sondern die Verdichtung thermisch abläuft. Die Antriebsenergie von Absorptionskälteanlagen ist die Heizenergie. Im Gegensatz zu einer Kompressionskälteanlage, wo durch mechanischen Antrieb reine Exergie zugeführt wird, ist die Heizenergie abhängig vom

2. Hauptsatz der Thermodynamik. Nur der temperaturabhängige Exergieanteil kann zur Kälteerzeugung genutzt werden. Dadurch ergeben sich ein hoher Geräteaufwand und ein höherer Kühlwasserverbrauch. Die Abwärme und die nichtgenutzte thermische Energie in Form von Abdampf oder Heizwasser sind nutzbar. Die Absorptionskälteanlage ist eine kontinuierlich arbeitende Anlage, die sich zur Kompression nur in der Verdichtung unterscheidet. Der mechanische Verdichter wird durch den thermischen Verdichter, Absorber, Generator und Lösemittelpumpe ersetzt. Die Verdampfer und Kondensationsseite sind mit der Kompressionskälteanlage identisch. Das Stoffpaar Ammoniak und Wasser befindet sich in einem Lösemittelkreislauf, wobei das Kältemittel Ammoniak aus dem Verdampfer kommt und bei niedrigen Temperaturen in Wasser gelöst (absorbiert) wird. Bei höheren Temperaturen wird das Kältemittel aus dem Wasser ausgetrieben. Daher bezeichnet man den Stoff Wasser als Lösungsmittel und Ammoniak als Arbeitsmittel (Kältemittel). Voraussetzung für diesen Prozess ist die temperaturabhängige physikalische Löslichkeit beider Stoffe und dass sie in den betriebenen Temperaturen in jedem Verhältnis löslich sind. Ammoniak und Wasser sind natürliche, preis-



werte Stoffe ohne Ozonabbaupotenzial und weisen keinen Treibhauseffekt auf. Das Kältemittel Ammoniak besitzt hervorragende thermodynamische Eigenschaften. Es ist deshalb eines der klassischen Kältemittel, das bereits Linde in seinen Kältemaschinen verwendete und damit einer breiten Anwendung zugänglich machte. Es hat bis heute seinen Stellenwert behauptet. Trotz Toxizität und Brennbarkeit (in engen Grenzen) sind die Kälteanlagen mit Ammoniak als Kältemittel nach dem Stand der Technik sicher! Die sogenannte reiche Lösung, ein Gemisch aus Ammoniak und Wasser, wird durch die Lösemittelpumpe auf den Kondensationsdruck p_c gepumpt. Unter Zuführung der Heizleistung wird Kältemittel Ammoniak aus der reichen Lösung aus dem Absorber im Generator erwärmt. Durch die Erwärmung wird das Kältemittel Ammoniak aus der reichen Lösung ausgetrieben. Dafür müssen Ammoniak und Wasser verschiedene Siedetemperaturen besitzen. Das aus dem Generator kommende Wasser bezeichnet man als arme heiße Lösung. Diese arme heiße Lösung wird über einen Lösungswärmeübertrager abgekühlt, über das Lösungsventil entspannt und in den Absorber erneut eingespritzt. Der Lösungswärmeübertrager erwärmt die reiche Lösung, bevor sie in den Generator läuft. Der Ammoniakdampf wird dem Kondensator zugeführt, durch die Abgabe der Kondensationswärme verflüssigt und unterkühlt. Die aus der Verflüssigung freiwerdende Wärmeenergie wird mithilfe von Wasser oder Luft abgeführt. Der Kältemittelübertrager ist ein interner Wärmeübertrager. Durch das am Verdampferausgang dampfförmige Kältemittel wird das aus dem Kondensator kommende flüssige Kältemittel weiter unter-



kühlt und vergrößert die Kälteleistung.

Der nachfolgende Kreisprozess ist mit der Kompressionskälteanlage identisch. Das flüssige Kältemittel wird aufgrund des Druckabfalls über dem Expansionsventil auf den Verdampfungsdruck expandiert. Durch die Expansion verdampft das Kältemittel und die Temperatur sinkt ab. Durch den Verdampfer wird dem Kältemittel Wärme zugeführt und überhitzt. Das verdampfte Kältemittel gelangt wieder in den Absorber zurück. Im Absorber wird das dampfförmige Kältemittel in der armen kalten Lösung wieder gelöst, wobei Kondensations- und Lösungswärme, auch Absorptionwärme genannt, frei werden. Diese müssen über ein Kühlmedium abgeführt werden. Am Ende dieses Vorganges liegt wieder reiche Lösung vor, die wieder über die Lösemittelpumpe auf Kondensationsdruck gefördert wird. Durch die Förderung einer nahezu inkompressiblen Flüssigkeit, wird keine Verdichtungsarbeit geleistet, wie bei einer Kompressionskälteanlage. Daher wird bei

einer Absorptionskälteanlage wesentlich weniger elektrische Energie benötigt, als bei einer Kompressionskälteanlage.

Kein Wunder also, wenn in der Lebensmittelindustrie parallel zu den steigenden Energiekosten das Interesse an Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen kontinuierlich zunimmt.

Die meisten Anlagen dieser Art entstehen derzeit in den Vereinigten Staaten und in Asien. Aber auch ein deutscher Anlagenbauer setzt auf die zukunftssträchtige Technologie, die für einen energie- und umweltbewussten Markt wie geschaffen ist. Die AGO AG Energie + Anlagen (Kulmbach) hat gemeinsam mit dem Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) in Dresden eine AKA entwickelt, die den aktuellen Stand der Technik für kältehungrige Unternehmen nutzbar macht.

Bis zu minus zehn Grad Kälte aus der vorhandenen Abwärme

Grundvoraussetzung für den Betrieb einer Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage ist ein „Rohstoff“, den zahl-

reiche Unternehmen in Hülle und Fülle besitzen und viel zu häufig nur unzureichend verwerten. Die Rede ist von Abwärme, genauer gesagt von einer Abwärme mit mindestens 85 Grad. In der Lebensmittelindustrie sind solche Temperaturen völlig normal. Wer Obst oder Gemüse verarbeitet, wer eine Backstraße betreibt, Fisch zubereitet oder Pfandflaschen reinigt, der verfügt in aller Regel über diese Wärme. Im Winter nutzt man sie gerne für die Heizung und akzeptiert dabei auch eine äußerst geringe Energieausbeute, weil es sich ja um Abfall, den man ohnehin entsorgen muss.

Doch gerade diese Denkweise, die der Energievergeudung Vorschub leistet, gilt heutzutage als überholt, wie Helmut Peetz, Vorstand der AGO AG Energie + Anlagen, betont: „Betriebswirtschaftlich und auch energiepolitisch ist es unverzeihlich, wenn wir das Potenzial von Abwärme fahrlässig ignorieren. Denn Energie, die man auf der einen Seite zum Fenster hinauswirft, muss man auf der anderen Seite teuer einkaufen.“

Anmerkungen zur Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit einer Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage kann nur unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien ermittelt werden. Es ist stets eine individuelle Betrachtung des Gesamtsystems notwendig.

Kosten der Kälteanlagen sind abhängig von den Auslegungsbedingungen wie:

- Kälteleistung,
 - Heizmedientemperatur (abhängig von der Kälte-träger-temperatur),
 - Kälte-träger-temperatur,
 - Rückkühltemperatur oder Kühlwassertemperatur,
 - Rektifikationsaufwand usw.
- Die Wirtschaftlichkeit einer NH_3 -Absorptionskälteanlage

kann nur ermittelt werden unter Berücksichtigung der:

- konkreten Standortbedingungen,
- derzeitigen Betriebskosten (wie Gaspreis, Wasserkosten, Abwasserkosten und Stromkosten),
- Wärmepreise, Stromgutschriften bei BHKW-Abwärme (KWK-Bonus),
- Kosten des eingesparten Stromes und Betriebskosten,
- eingesparten Kosten durch kleinere Elektroanschlussleistung,
- Festlegung der Vergleichsanlage,
- Redundanznotwendigkeit etc.

Projektbeispiel: Lohwiesenhof

Dass sich eine Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage gleich mehrfach rentiert, kann Frank Burghardt bestätigen. Der Betreiber des Lohwiesenhofes in Pforzheim gewinnt Strom aus eigenem Biogas. Mit der quasi gratis anfallenden Wärme beheizt er Stallungen, Wohnräume und Hofladen. Aber trotz dieser umfassenden Abwärmennutzung ginge 70 Prozent der Energie verloren, sofern Burghardt die Wärme nicht für die Kältegewinnung einsetzen würde. Aber genau das tut er!

Zu den Lebensmitteln, die er auf seinem Biohof erzeugt und selbst vermarktet, gehören neben Eiern und Geflügelprodukten vor allen Dingen Kartoffeln. Da die meisten Verbraucher die Erdfrüchte heutzutage nicht mehr selbst einkellern, lagern die Knollen das ganze Jahr über in den Kühlräumen des Lohwiesenhofes – bei vier bis fünf Grad und einer Luftfeuchtigkeit von 95 bis 98 Prozent. „In Anbetracht der erheblichen Stromkosten rechnet sich die Lagerung mit konventioneller Kühlung kaum noch“, weiß Burghardt – es sei denn, man



erhält die Kälte zu einem äußerst günstigen Tarif. Und genau hier kommt die Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage von AGO ins Spiel. Die Wärmeenergie aus der Stromerzeugung reicht aus, um seine 50-kW-Anlage das ganze Jahr über zu versorgen und eine Kühlsoletemperatur von minus drei Grad zu erzeugen. Damit wird eine 200 qm große Lagerhalle gekühlt, die so dimensioniert ist, dass dort bis zu 300 Tonnen Kartoffeln Platz finden. Auch vier Kühlräume beziehen ihre Kälte von der AKA. „Auf eine zusätzliche Kompressionskälteanlage kann der Lohwiesenhof problemlos verzichten, weil Kartoffeln im Falle einer Betriebsstörung leichte Temperaturschwankungen ohne Weiteres verkraften. Bei manchen anderen Lebensmitteln muss man den Einbau von Redundanzen erwägen“, sagt Sebastian Zürich, der das Installationsprojekt seitens der AGO AG geleitet hat.

Kälte aus eigener Wärme bei minimalem Stromverbrauch. Dieser Grundgedanke allein schon lieferte überzeugende Gründe für die Installation der AKA namens Ago Congelo im Herbst 2008. Darüber hinaus boten die politischen Rahmenbedingungen zwei weitere Anreize für die effiziente Wärmenutzung. Zum einen erhält Frank Burghardt seit 2009 mehr Geld für den ins Netz eingespeisten Strom, weil die Neuregelung des Bundesumweltministeriums

den sinnvollen Wärmeinsatz mit drei zusätzlichen Cent pro Kilowattstunde honoriert. Zum anderen fördert auch das Wirtschaftsministerium von Baden-Württemberg umweltfreundliche Energiekonzepte und hat 20 Prozent der Kosten für die AGO Congelo des Lohwiesenhofes übernommen.

Leistungsbereich bis 1.000 kW

Die Lohwiesenhof-Anlage mit einer Kälteleistung von 50 kW markiert die untere Leistungsskala von Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen, die AGO standardmäßig auch mit 100, 250, 500 und 1.000 kW anbietet. Zudem baut und installiert das Kulmbacher Unternehmen individuell ausgelegte Anlagen mit einer Kälteleistung von bis zu einem Megawatt. Verrechnet man die Investitionskosten mit der Energieersparnis, so amortisiert sich eine AKA AGO Congelo binnen weniger Jahre. „Generell gilt die Faustregel: je höher die Leistung einer Anlage, umso größer die Wirtschaftlichkeit. Eine 1 MW-Anlage erreicht unter günstigen Bedingungen schon nach zwei Jahren den Return of Investment“, rechnet Sebastian Zürich seinen Kunden vor. Außerdem darf man nicht übersehen, dass eine AKA zu den eher anspruchslosen Maschinen gehört, die weder Antriebsenergie noch weitere Betriebs- oder Verbrauchsstoffe benötigen. Ganz anders als bei einer Kompressionsanlage, deren mechanische Komponenten ständig unter Druck stehen und dementsprechend verschleifen, hält sich der Wartungsaufwand für Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen in sehr überschaubaren Grenzen. Die Installation der Anlage ist in zwei, drei Tagen erledigt, bauliche Eingriffe sind meistens nicht erforderlich. Der Platzbedarf für eine 50 kW Einheit liegt bei ca. 4 qm.

CO₂-Reduktion in Brauerei Gebr. Maisel

Auch die Brauerei Gebr. Maisel in Bayreuth hat sich 2008 für das Prinzip „Kälte aus Wärme“ entschieden. Das nach der Würzkechung zur Abkühlung verwendete Wasser (85 Grad) wird in die Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage geleitet, die Kälte mit einer Verdampfungstemperatur von minus drei Grad erzeugt. Damit kühlt die Traditionsbrauerei ihre Gär- und Biertanks, wozu früher elektrischer Strom verbraucht wurde. „Unser Ziel besteht darin, künftig CO₂-neutral zu brauen, wozu wir den Verbrauch von Primärenergie kontinuierlich senken müssen. Die Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlage von AGO stellt einen weiteren Meilenstein auf dem Weg dorthin dar“, erläutert Rainer Seifert, Leiter Brautechnik bei Maisel, die auf Nachhaltigkeit angelegte Strategie des Unternehmens.

Gewaltiges Einsparpotenzial allerorten

Potenzial für die Vermarktung von AKAs gibt es reichlich, wie das Institut für Luft- und Kältetechnik ermittelt hat. Allein die Lebensmittelindustrie inklusive Molkeereien und Brauereien betreibt in Deutschland fast 16.500 Kälteanlagen, von denen sich prinzipiell ein Großteil durch Ammoniak/Wasser-Absorptionskälteanlagen ersetzen ließe. Es gibt also landauf, landab viele Möglichkeiten, die Ressourcen zu schonen, CO₂-Emissionen zu verringern und „ganz nebenbei“ seine Energiekosten beträchtlich zu senken. ◀

www.ago.ag

Geberit DuoFresh

■ GEBERIT

Geruchs- absau- gung integriert.



**KNOW
HOW
INSTALLED**

Geruch im Bad ist ein Problem. Geberit hat eine Lösung entwickelt und die bewährten Geberit Installationselemente Duofix und GIS mit einer Geruchsabsaugung ausgestattet. Gerüche werden direkt in der Keramik abgesaugt, unabhängig von einer Raumentlüftung. Für frische Luft sorgt der integrierte und einfach austauschbare Aktivkohlefilter. Die Montage ist gewohnt einfach und schnell. Erfahren Sie mehr über Geberit DuoFresh auf → www.geberit.de