

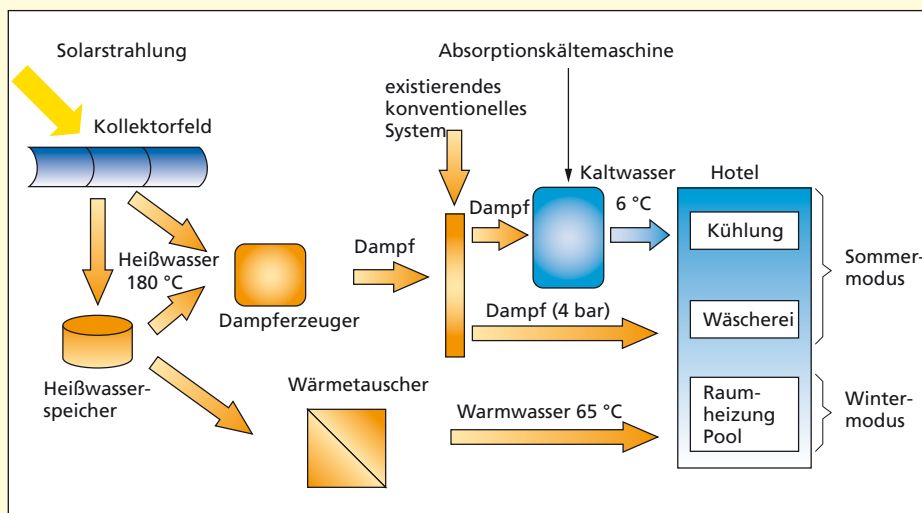
Energie sparen mit solar betriebenen Kälteanlagen

Die Sonne brennt vom Himmel – und erzeugt Kälte! So spektakulär sich das auch anhört, neu ist es nicht: Schon seit vielen Jahren sind Kältemaschinen im Einsatz, die ihre Antriebsenergie aus zugeführter Wärme beziehen. Warum also jetzt nicht auch aus solar aufgeheiztem Wasser?

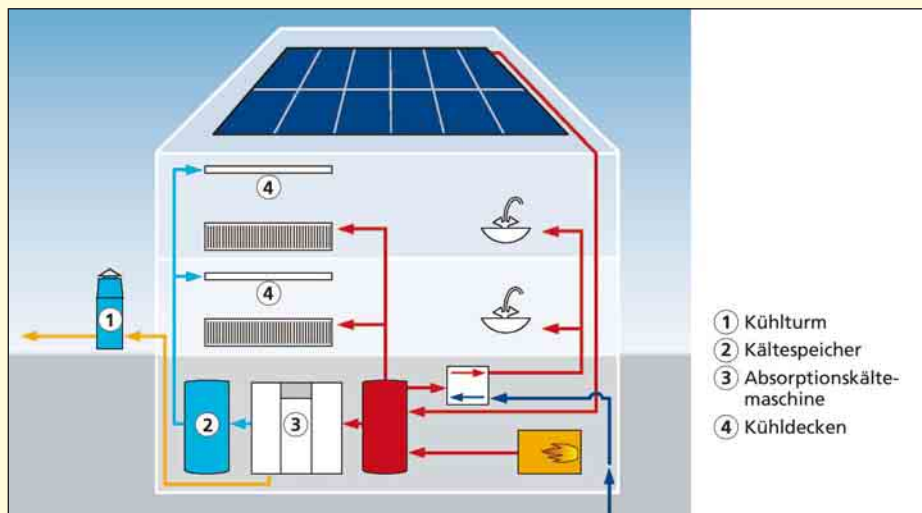
In der Regel kommen heute in Kühlanlagen elektromotorisch angetriebene Kompressions-Kältemaschinen zum Einsatz. Sie haben sich seit Jahrzehnten in unzähligen Anwendungsfällen bewährt. Doch zunehmend rücken auch andere Technologien wie solar betriebene Absorptions- und Adsorptions-Kälteerzeuger sowie Klimaanlage mit Sorptionsrädern in den Blickpunkt der Branche – bedingt durch das staatlich geförderte Ansinnen, möglichst bald die so genannte Energiewende zu schaffen. Zahlreiche bereits installierte Anlagen zeigen, dass die Technik funktioniert.

Wenn die Sonne scheint, wächst der Bedarf an Kühlung

In einem Beitrag für das Fachpublikum untersuchte die Firma Solitem GmbH aus Aachen die betrieblichen und energiewirtschaftlichen Aspekte der solaren Kühlung mit Parabolkollektoren. Beim Thema „Solare Kühlung“ sei eine ausgeprägte Euphorie zu beobachten, freut sich Solitem's Marketingmanager Alexander Mager, denn die Chance der zeitgleichen Nutzung von Wärme und Kälte erscheine für die Solarenergie nirgends so groß wie bei der solar angetriebenen Kühlung. Und in der Tat: Bei sommerlichen Außentemperaturen tendiert der Wärmebedarf für Heizungsanlagen in Gebäuden gegen null, so dass die überschüssig vorhandene Wärme aus Solarthermieanlagen anderweitig genutzt werden sollte, z. B. für die Erzeugung von Kälte, die ja gerade im Sommer u. a. für Kühl- und Klimatisierungsaufgaben gebraucht wird. Aber auch für kältere Tage eröffnen sich Möglichkeiten, denn dann lässt sich eine solarthermische Kältemaschine als Wärmepumpe betreiben, die dann ihrerseits dafür sorgt, dass der Nutzungsgrad und die Wirtschaftlichkeit der Solarthermieanlage steigt. Marketingmanager Mager nennt einen weiteren vorteilhaften Aspekt: „Mit dem Einsatz thermisch angetriebener Kältemaschinen lassen sich auch Auslastung und Ertrag von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen erhöhen“. Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen wie kleinen BHKWs für Wohn-, Betriebs- und



Schema einer Anlage zur Klimatisierung, Prozesswärmegewinnung sowie Raum- und Poolbeheizung



Funktionsschema der solaren Kühlung

Bürogebäude wächst nämlich mit steigender Wärmeabnahme.

Doch damit sind die Vorteile der solaren Kühlung mit thermisch angetriebenen Kältemaschinen noch nicht erschöpft. Die Geräte arbeiten mit Kältemitteln, meistens mit Wasser, die kein Treibhauspotenzial besitzen, wie Björn Nienborg, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Solare Energiesystem ISE in Freiburg in seinem Solar-Report Februar 2010 für das Solarportal

„Solarserver.de“ schreibt. Da die Systeme lediglich Hilfsenergie für den Betrieb von Pumpen und Rückkühlung benötigten, so Nienborg weiter, verbrauchten sie bei richtiger Auslegung deutlich weniger Strom, womit gleichzeitig die CO₂-Emissionen und der Primärenergieverbrauch sanken. Nienborgs Fazit: „Auch wenn in der Zukunft noch einige Hürden zu meistern sind – die bisherige Entwicklung zeigt, dass es mit der solaren Kühlung voran geht“.

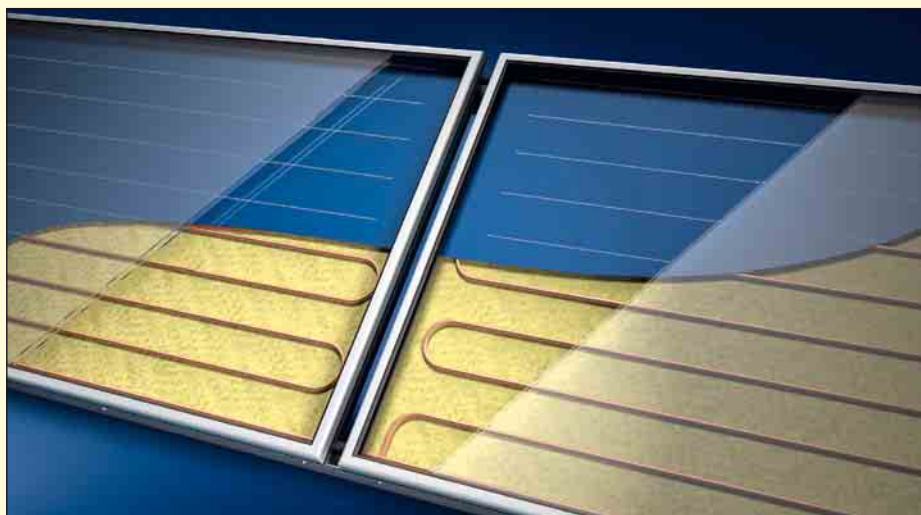
Klimatisierung mit offenen und geschlossenen Verfahren

Eines der großen Anwendungsgebiete für solar betriebene Kühlsysteme kleiner bis mittlerer Größe ist die Gebäudeklimatisierung. Dabei sind geschlossene von offenen Systemen zu unterscheiden. Bei geschlossenen Systemen produzieren thermisch betriebene Kälteerzeuger Kaltwasser, das entweder zentral zur Zuluftkühlung

Absorptionskältemaschinen mit klimaneutralen Arbeitsmedien

In kleineren bis mittleren Kühl- und Klimaanlage sind heute am häufigsten einstufige Absorptionskältemaschinen (Absorption: Aufnahme eines Stoffs durch einen anderen) anzutreffen, die mit unbedenklichen und klimaneutralen Arbeitsmedien gefüllt sind. Die AbKM Klimatechnik GmbH beispielsweise setzt als

Da sie thermische Energie benötigen, liegt es für Unternehmen aus der Solarbranche nahe, sich in diesem Bereich zu engagieren und ihre Solarthermieanlagen als Energiequelle anzubieten – oder gleich Gesamtsysteme zu verkaufen, wie die Schüco International KG aus Bielefeld. Das Unternehmen mit nach eigenen Aussagen „weltweiter Kompetenz bei Solarlösungen, Fenstern und Türen sowie Fassaden“ hat



Doppelglaskollektor SchücoSol U.5 DG

und -entfeuchtung genutzt oder zu dezentralen Kühlgeräten transportiert und dort verbraucht wird. Üblicherweise sind solche Anlagen mit Absorptions- oder Adsorptionskältemaschinen ausgerüstet. Offene Systeme hingegen kühlen und entfeuchten direkt die Raumluft und ermöglichen damit eine vollständige Klimatisierung. Sie arbeiten in der Regel mit so genannten Sorptionsrotoren und festen Sorptionsmitteln wie Silikagel oder Lithiumchlorid.

Thermische statt elektrische Energie nutzen

Für die Erzeugung von Kälte sind vorrangig zwei Technologien zu unterscheiden: Bei der einen ist es ein elektromotorisch angetriebener Kompressor (also elektrische Energie), die einen Kompressionskreislauf mit anschließender Entspannung in Gang hält; bei der anderen ist es thermische Energie, die für diesen Prozess sorgt. Die thermische Energie wird in den meisten Fällen durch Verbrennung von Gas oder – wie bei der solaren Kühlung – in Form von heißem Wasser zugeführt. Das bedeutet: Für die Kälteerzeugung mit Hilfe von Solarthermieanlagen kommen nur thermisch angetriebene Kälteprozesse in Betracht. Hier die wichtigsten:

Kältemittel destilliertes Wasser und als Sorptionsmittel Lithiumbromid ein (man spricht dann vom Arbeitspaar $H_2O/LiBr$). Das Funktionsprinzip ist recht einfach: Die zugeführte thermische Antriebsenergie trennt durch Verdampfen das Kältemittel Wasser von seinem Träger, dem Lithiumbromid. Im Kondensator verflüssigt sich das Wasser, kühlt im nachfolgenden Entspannungsbereich stark ab und kann dann Raumwärme aufnehmen (beispielsweise über einen Klimakonvektor) mit der gewünschten Konsequenz, dass es im Raum kühler wird. Die entnommene Wärme und die thermische Energie, die zur Trennung von Wasser und Lithiumbromid nötig ist, werden über einen Kühlturm an die Umgebung abgeführt. Neben Wasser in Verbindung mit Lithiumbromid ($H_2O/LiBr$) findet sich in Absorptionsmaschinen als Arbeitsmittelpaar häufig auch Ammoniak mit Wasser (NH_3/H_2O). Der Einsatz von Ammoniak ist jedoch bedenklich, da es brennbar und giftig ist. Hinzu kommt, dass es sich gegenüber Kupfer stark korrosiv verhält und sich deshalb nur in Anlagen mit Rohrleitungen aus Stahl einsetzen lässt.

Absorptionskältemaschinen sind schon seit vielen Jahren am Markt etabliert und gelten als zuverlässig.

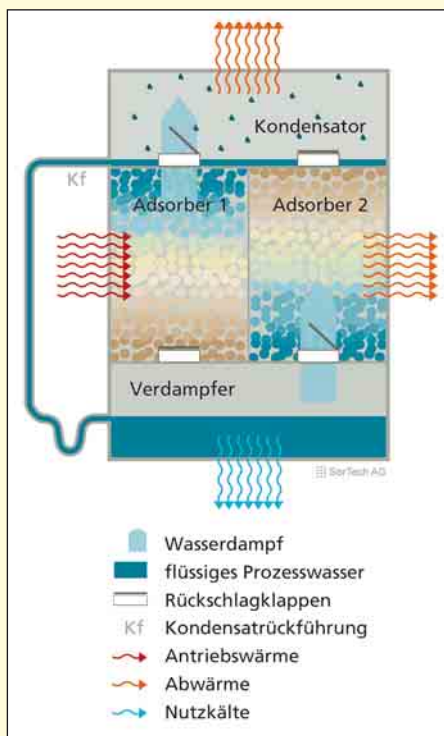


Adsorptionskältemaschine ACS 08/RCS 08 mit 8 kW Nennkälteleistung

zwei vorkonfigurierte Anlagen entwickelt. Die Kältemaschine LB 15 mit einer Kühlleistung von 15 kW ermöglicht die Kühlung von 200 bis 300 m² großen Flächen; ihr Pendant, die LB 30, kühlt mit 30 kW und eignet sich für Gebäudeflächen zwischen 300 und 600 m². Die solare Energie liefern Doppelglaskollektoren vom Typ SchücoSol U.5 DG aus der eigenen Fertigung. Zum Gesamtsystem mit 30 kW Kühlleistung gehören außerdem zwei 2.000 l-Wärmespeicher und ein 1.500 l fassender Kältespeicher.

Absorptionskältemaschinen für niedrige Antriebstemperaturen ab 55 °C

Wie Adsorption funktioniert, beschreibt die Firma SorTec AG aus Halle an der Saale. Ihre Maschinen erzeugen Kälte durch die Adsorption (Anlagerung) von Wasserdampf an porösen Feststoffen. Im ersten Schritt (der Desorption) wird das Adsorptionsmittel, meistens Zeolith oder Silikagel, getrocknet. Dabei entsteht Wasserdampf, der anschließend in den Kondensator strömt und dort unter Abgabe von Wärme zu Wasser kondensiert. Ist das Material ausreichend getrocknet, wird die Wärmezufuhr in den Adsorber gestoppt. Den zweiten Schritt bildet die Adsorption – die Anlagerung von Was-

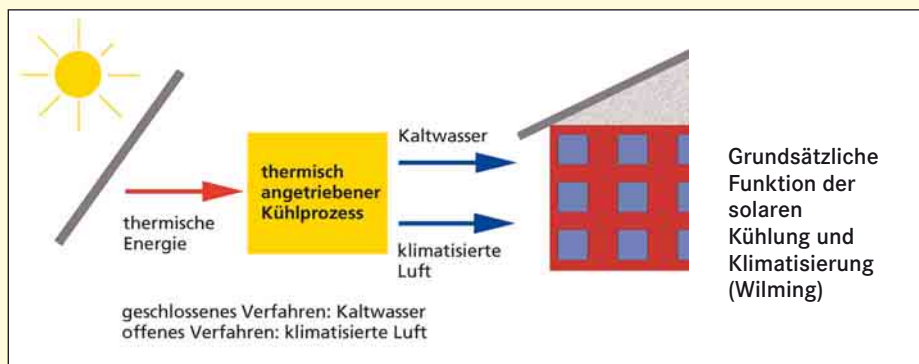


Funktion der Adsorption

serdampf an der Oberfläche des adsorbierenden Materials. Nach einer Abkühlungsphase erfolgen die Rückreaktion und die Verdampfung des flüssigen Kondensats; das Adsorptionsmittel saugt Wasserdampf an. Durch die Verdampfung wird Kaltwasser erzeugt, das sich für die Klimatisierung nutzen lässt. Während des Adsorptionsprozesses entsteht Wärme, die abgeführt werden muss. In einem abschließenden Schritt führt man das Kondensat wieder dem Verdampfer zu, der Kreislauf ist geschlossen. Um kontinuierlich Kälte zu erzeugen, kommen zwei Adsorber zum Einsatz, die dann antizyklisch arbeiten, das heißt: Während der eine desorbiert, adsorbiert der andere und erzeugt Kälte.

Die SorTech AG hat zwei solarthermisch angetriebene Kompakt-Adsorptionskältemaschinen im Programm: die ACS 08 mit 8 kW und die ACS 15 mit 15 kW Nennkälteleistung. Sie sind für den kleinen und mittleren Leistungsbereich von 5 bis 75 kW konzipiert. Mit modularem Aufbau sind auch größere Leistungen möglich. Die Maschinen arbeiten mit dem Stoffpaar Silikagel/Wasser, wobei das Wasser als Kältemittel fungiert.

Einen wesentlichen Vorteil gegenüber der Absorptionstechnologie sieht SorTech darin, dass sich Adsorptionsgeräte bereits mit Antriebstemperaturen ab 55 °C und infolgedessen mit preisgünstigen Flachkollektoren betreiben lassen. Hauptanwendungsgebiet sei die Klimatisierung von kleinen und mit-



telgroßen Gebäuden, schreibt das Unternehmen. Aber auch ein Einsatz in Gewerbe oder Industrie sei denkbar.

Sorptionskältemaschinen in offenen Systemen

Während Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen für die Versorgung klimatischer Geräte Kaltwasser bereitstellen, konditioniert ein offenes Sorptionssystem die Raumluft direkt. Als Kältemittel dient ausnahmslos Wasser. Die meisten Systeme arbeiten mit einem so genannten Sorptionsrad, bei dem das Sorptionsmittel (Silikagel oder Lithiumchlorid) in eine Trägermatrix eingebracht ist und von Luft durchströmt werden kann. Ein Bereich des Sorptionsrotors durchläuft zunächst die Zuluftseite, auf der die angesaugte Außenluft entfeuchtet wird, und dann die Abluftseite, auf der das angelagerte Wasser unter Zufuhr von warmer Luft wieder desorbiert wird. Neben offenen Systemen mit Sorptionsrädern sind noch solche zu nennen, die alternativ mit flüssigen Sorptionsmitteln arbeiten (üblicherweise mit wässrigen Lithiumchloridlösungen), dabei aber dem Prinzip aller offenen Verfahren folgen: Außenluft wird sorptiv entfeuchtet und durch Verdunstung von Wasser gekühlt.

Parabolrinnenkollektor am besten geeignet

„Nicht nur die Kältemaschine, sondern auch die Auswahl der Kollektoren spielt eine große Rolle“, betont Marketingmanager Mager von Solitem. Die Klimatisierung von Gebäuden verlange auf jeden Fall eine Kollektorbauform, die für die Dachmontage geeignet ist. Ein Vergleich der verfügbaren Systeme zeige, dass sich eine effiziente Kälteerzeugung am besten mit einem Parabolrinnenkollektor in Kombination mit einer zweistufigen Absorptionskältemaschine realisieren lässt. Die weiteren Anforderungen laut Mager: „Es muss eine geeignete Kollektorgeometrie gefunden werden. Das entscheidende Maß ist die Kollektorbreite, das

heißt die Länge der das Parabelstück überspannenden Sehne. Diese wird als Aperturbreite bezeichnet“. Neben den rein geometrischen Merkmalen müsse eine Vielzahl von weiteren elementaren Konstruktionsmerkmalen beachtet werden, so Mager weiter, beispielsweise die Art der reflektierenden Schicht, die Konstruktion des Kollektors im Hinblick auf Fertigung und Stabilität, das Absorberrohr mit selektiver Beschichtung und Wärmeschutzglashüllrohr und die Frage der Kollektornachführung.

Fazit

Die Technik der solaren Kühlung bzw. Klimatisierung basiert in großen Teilen auf gängigem Wissen, ist also nicht grundsätzlich neu. Doch wie sieht es mit den Marktchancen aus? Ohne Zweifel bestünden noch einige Herausforderungen, gibt Björn Nienborg vom Freiburger ISE zu bedenken. So berge die Komplexität der System- und der Regelungstechnik das Risiko von Installationsfehlern und Fehlfunktionen in sich. Auch bei den Kosten sieht er Probleme: „Weil es bisher noch kaum Standardsysteme gibt, werden die Anlagen häufig individuell ausgelegt. Dadurch fallen vergleichsweise hohe Planungskosten an“. Hinzu kämen hohe Investitionskosten, die bei kleinen Systemen bis zu 5.100 €/kW betragen könnten. Nienborg gibt sich aber dennoch optimistisch: „Trotz der bestehenden Probleme verspricht die Zukunft für die solare Kühlung ein beträchtliches Potenzial“.



Der Autor
Wilhelm Wilming