

Cooler Sonne

Solar betriebene Kältemaschinen spielen bei Raumklimatisierung und Prozesskälte aktuell keine Rolle. Das könnte sich bald ändern. In den vergangenen Jahren hat die Forschung Fortschritte gemacht, erste marktfähige Konzepte warten auf den Einsatz.

Text: Sascha Rentzing, Fotos: Axel Schmidt

Hätte es Edmond Carré nicht gegeben, wäre die Klima- und Kälteindustrie heute möglicherweise um ein interessantes Gerät ärmer. Der französische Physiker erfand 1868 die Absorptionskältemaschine, eine neue Art Kühlapparat, der – anders als die zu dieser Zeit ebenfalls aufkommenen Kompressionsmaschinen – gänzlich ohne bewegliche Teile, also Lager und Dichtungen, auskam. Der Vorteil dieser ‚geschlossenen‘ Technik: Die verwendeten Kältemittel Ammoniak oder Schwefeldioxid konnten nirgendwo austreten. Anders als bei den Kompressoren, die mit dem Entweichen giftiger Gase große Probleme hatten.

So förderlich die neuen Maschinen für die Gesundheit ihrer Anwender gewesen wären – sie konnten sich nie gegen die elektrisch betriebene Konkurrenz durchsetzen. Im Gegenteil: Durch hohe Investitionen in die Produktverbesserung und gutes Marketing gelang es der Elektroindustrie, die Absorptionsanlagen völlig aus dem Markt zu drängen.

Heute scheint es jedoch, als bekämen diese wie andere sorptionsgestützte Kälte-Technologien (siehe Info-Kasten) eine zweite Chance. Zwar nicht im Haushalt, wo am klassischen Kühlschrank (noch) kein Weg vorbei führt, aber bei der Raum- und Prozesskühlung. Denn während elektrische Klimaanlage immer teurer werdenden Strom benötigen, können diese Anlagen Kälte aus Wärme von der Sonne oder etwa aus Abwärme von Kraftwerken produzieren. Energie also, die nichts oder nur sehr wenig kostet.

Kleine Kältemaschinen in den Kinderschuhen

So wundert es nicht, dass das Interesse an den Alternativ-Frostern in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist. Mittlerweile befassen sich zahlreiche Forschungsinstitute mit der Frage, wie die beiden Technologien, Kälte- und Solarsystem, am effizientesten zusammengebracht werden können (neue energie 4/2005). Dabei geht es im Kern um die Optimierung von Regelung

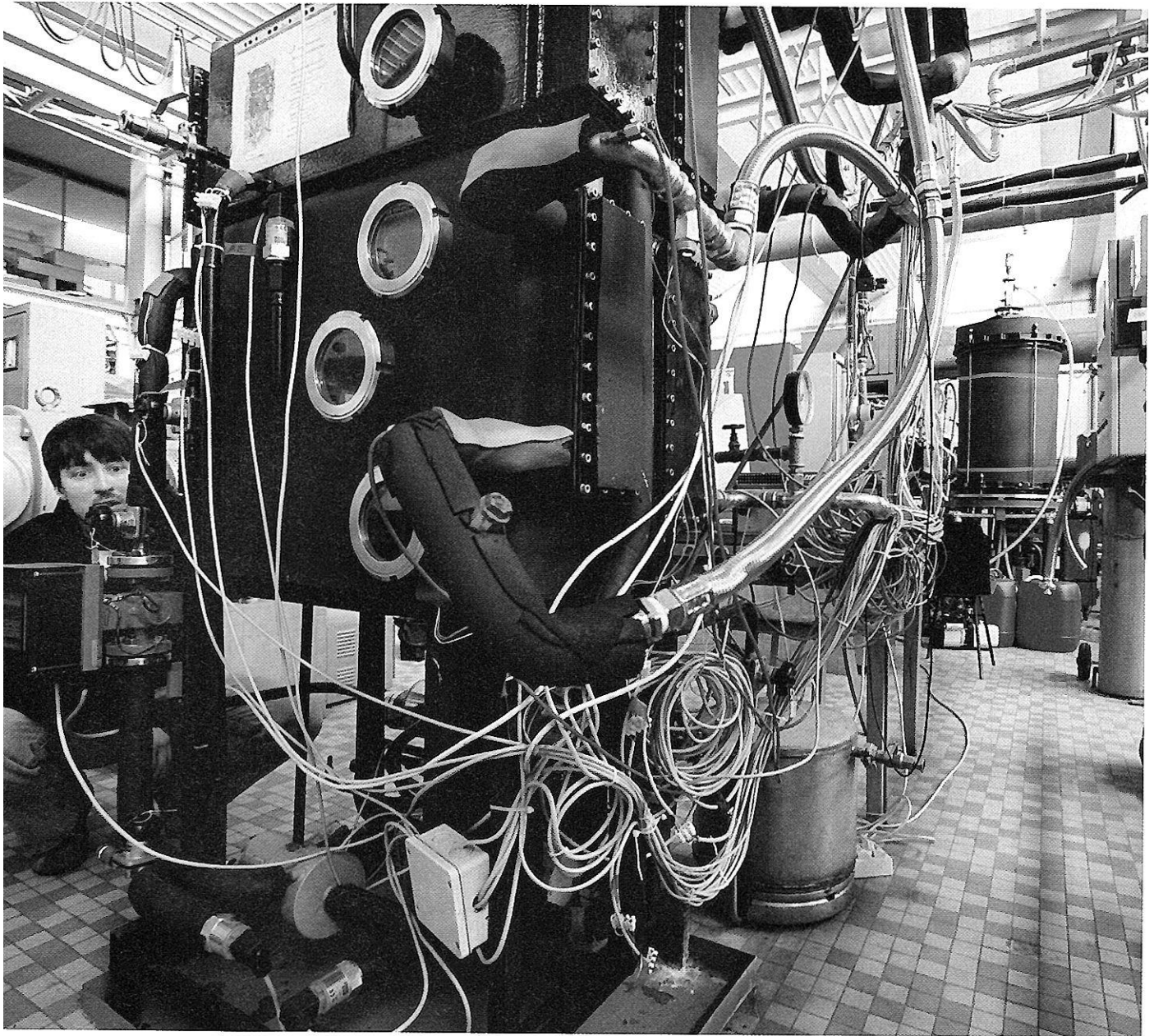
und Hydraulik, wie darum, einfache Systeme zu bauen und so Materialkosten zu senken.

Der Bund trägt seinen – wenn auch bescheidenen – Anteil dazu bei, dass die neue Kältekombi nach vorne kommt. 2004 hat die damalige rot-grüne Bundesregierung das Förderprogramm „Solarthermie2000“ um den Schwerpunkt „solar-unterstützte Klimatisierung“ ergänzt. Die vier bis sechs Millionen Euro, die das Bundesumweltministerium (BMU) bis 2008 über das erweiterte Programm „Solarthermie2000-plus“ jährlich bereitstellt, stehen damit nun explizit auch für Pilot- und Demonstrationsvorhaben im Kältebereich zur Verfügung.

Rund 50 Testanlagen gibt es bisher in Deutschland, die im Prinzip gut laufen; erste Firmen wollen bald sogar in die Serienfertigung einsteigen. Dennoch wird bis zur Markteinführung der Sonnenkühler im großen Stil vermutlich einige Zeit ins Land gehen. Vor allem bei Anlagen mit kleinerer Kälteleistung zwischen einem



ROHR-CHECK: Ein Mitarbeiter von Phönix Sonnenwärme überprüft die Wasserleitungen im firmeneigenen Labor.



KOMPLIZIERTE APPARATUR: Ein Mitarbeiter der TU Berlin prüft, ob die Absorptionskältemaschine startklar ist für den Probetrieb.

und 20 Kilowatt (kW) steht die Entwicklung am Anfang. Die Mini-Kältemaschinen laufen noch nicht so effizient wie große thermische Kühlkraftwerke, von denen einige bereits zur Hotelklimatisierung in den Tourismusgebieten Südeuropas eingesetzt werden. „Die Investitionskosten liegen deutlich über denen herkömmlicher Klimaanlage. Da ist ein recht großer Umweltbonus zu zahlen“, schildert Eberhard Lävermann, Projektleiter Flüssigsorptionssysteme am Bayerischen Zentrum für

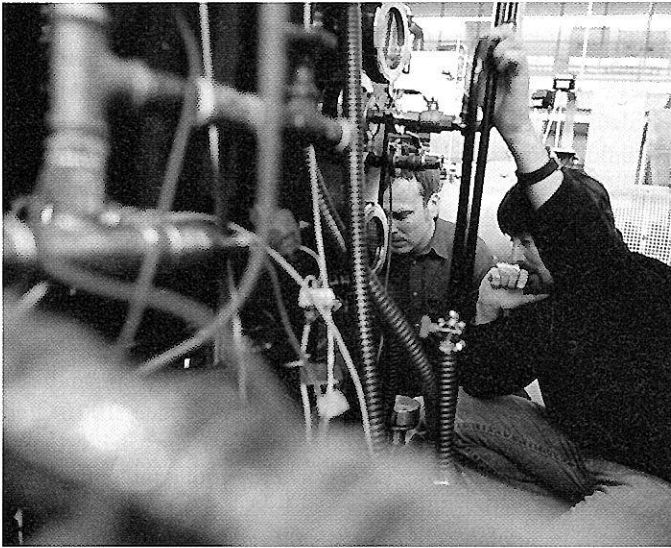
Angewandte Energieforschung (ZAE), das Problem. Hauptkostenpunkt: Die Sonnenkollektoren, die zur bereits nicht billigen thermischen Kühlmaschine angeschafft werden müssen.

Eine weitere Schwierigkeit kommt hinzu: Die großen Klima- und Kältetechnik-Unternehmen wie Viessmann oder Linde haben sich fürs solare Kühlen bisher nicht erwärmen können. Dabei wären Investitionen dieser ‚big player‘ hilfreich, wenn nicht sogar notwendig, um schnell

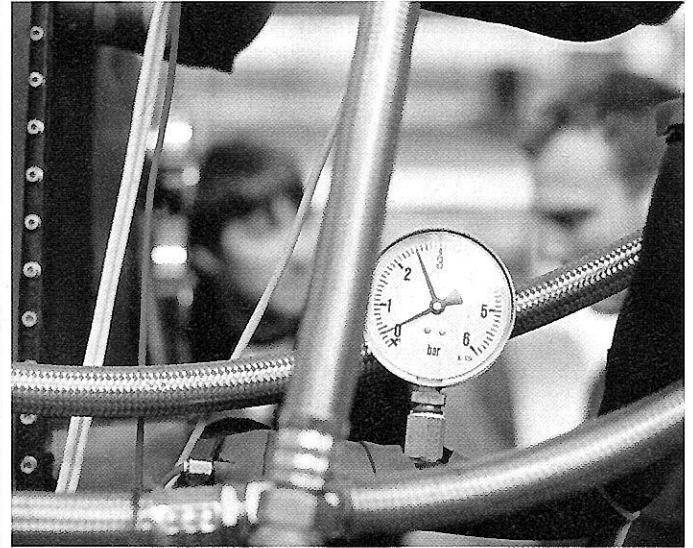
Produktverbesserungen zu erzielen und nennenswerte Fertigungskapazitäten aufbauen zu können.

Phönix plant Serienfertigung

So liegt es vorerst an den Forschungseinrichtungen und einigen mutigen Firmen, das Projekt ‚Kühlen mit der Sonne‘ voranzubringen. Zu den Tempomachern in Deutschland zählt die Phönix Sonnenwärme AG. Gemeinsam mit dem ZAE Bayern hat das Berliner Solarunternehmen eine



GEMEINSAMES TÜFTELN: Phönix und die TU Berlin arbeiten an Verbesserungen der Kältetechnik.



UNTER DRUCK: Damit Kälte produziert werden kann, sind in der Maschine unterschiedliche Drücke vonnöten.

SOLARES KÜHLEN –DIE GÄNGIGEN VERFAHREN

Die Absorption

Bei der Verwendung von geschlossenen Kältemaschinen wird Kaltwasser erzeugt, das auf unterschiedliche Weise – etwa in Kühldecken, in Fußböden oder Wänden – zur Raumklimatisierung eingesetzt werden kann. Das Prinzip: In einem Verdampfer verdampft das Kältemittel Wasser bei niedrigem Druck bereits bei 4 bis 7 Grad. Dabei entsteht die nutzbare Kälte. Der entstandene Kältemitteldampf wird im Absorber durch konzentrierte Lithiumbromid-Lösung absorbiert und mit einer Lösungsmittelpumpe auf ein höheres Druckniveau gefördert. Durch Zufuhr von Solarwärme wird der Kältemitteldampf wieder aus dieser Lösung ausgetrieben und anschließend durch zugeführtes Kühlwasser verflüssigt. Das Kältemittel kann nun – nach Drosselung auf niedriges Druckniveau – im Verdampfer erneut verdampfen. In Deutschland beschäftigen sich unter anderem die FH Gelsenkirchen, die HfT Stuttgart und die TU Berlin mit dieser Technologie. Ziel ist es, Anlagen kleinerer Leistungen für den Einsatz in Bürogebäuden oder „Eismaschinen“ zur Lebensmittellagerung zu entwickeln. Letztgenannte sind die neueste Errungenschaft der Forschung. Als Kältemittel nutzen diese Geräte Ammoniak statt Wasser, was Kälteleistungen von unter null Grad ermöglicht. Während die Markteinführung dieser Öko-Froster jedoch noch dauern dürfte, werden die herkömmlichen Wasser/Lithium-basierten Anlagen möglicherweise schon 2007 in Serie angeboten – die Phönix Sonnenwärme AG hat dies jedenfalls in Aussicht gestellt.

Die sorptionsgestützte Klimatisierung (SGK)

Die SGK-Technologie arbeitet mit Luft statt mit Flüssigkeiten. Warme Außenluft wird angesaugt und durch ein Sorptionsrad geleitet. Das dort in einer Matrix angeordnete Sorptionsmittel, meist Silikagel, fungiert wie eine Art Schwamm und entzieht der Luft Feuchtigkeit. Die getrocknete Luft wird anschließend mit Wasser besprüht, kühlt sich ab und wird im Gebäude verteilt. Das feuchte Silikagel muss regeneriert werden, um für weitere Kühlzyklen nutzbar zu sein. Hierzu wird Sonnenwärme benötigt: Ein solar erhitzter Luftstrom trocknet das mit Wasser vollgeseogene Material – der Kreislauf kann von vorn beginnen. Das Verfahren bietet sich vor allem dort an, wo Räume nicht nur gekühlt, sondern auch entfeuchtet werden müssen, also in Büros, aber beispielsweise auch in Diskotheken oder in der Gastronomie. Diesem breiten Anwendungsfeld entsprechend besteht auch großes Forschungsinteresse an dieser Technologie. Im Rahmen von EU-Vorhaben wurden in Europa bereits einige Testanlagen installiert. Mit dessen Monitoring befasst sich unter anderem das Fraunhofer ISE. Neben der Prozess-Optimierung zählt das Institut aber auch die Materialforschung zu ihren Kernaufgaben. Dabei geht es hauptsächlich um die Verbesserung der Sorbentien wie des Silikagels. Obwohl die Forschung in den letzten Jahren bereits gute Fortschritte in der sorptionsgestützten Klimatisierung gemacht hat, hält sich das Interesse der Industrie jedoch noch in Grenzen.

Absorptionskältemaschine speziell für den Einsatz in Büros entwickelt. Nun soll es nicht mehr lange dauern, bis das Kleingerät mit zehn Kilowatt (kW) Leistung in die Serienfertigung geht. Dessen Funktionsweise: In einem Generator erhitzt vom Solarkollektor kommendes Wasser ein Gemisch aus Lithiumbromid (LiBr) und Wasser. Das Wasser verdampft, wird in einem Kondensator wieder verflüssigt, verdampft in einem Verdampfer bei niedrigem Druck erneut und kühlt dabei das Kaltwasser für die Klimatisierung. Die nun stark konzentrierte LiBr-Lösung wird währenddessen wieder mit Wasserdampf vermischt und in den Absorber zurückgeführt.

„Unsere Feldtestgeräte laufen rund und die Leistung stimmt“, sagt Phönix-Projektleiter Frank Göbel. In der Tat: Um 15 Grad Celsius kaltes Kühlwasser bereitzustellen, reicht laut Datenblatt des Unternehmens eine Antriebstemperatur von 72 Grad aus. Das ist – verglichen mit

anderen Solarkühlmaschinen – nicht viel und lässt sich leicht mit relativ günstigen Flachkollektoren erzielen.

Billig wird das System damit aber noch nicht. Zwar soll es unter 10.000 Euro kosten, für 5.000 Euro – das ist der Preis für eine konventionelle Klimaanlage mit gleicher Leistung – wird es aber sicher nicht zu haben sein. Doch Göbel ist überzeugt: „Die Preisdifferenz wird schrumpfen. Bei den Behältern, Wärmetauschern und der Sensorik sehen wir noch Kostensenkungspotenzial.“

Während sich Phönix nun gemeinsam mit der Technischen Universität Berlin um Detailverbesserungen seiner Lithiumbromid/Wasser-gestützten Technologie kümmert, gehen andere Institute bei der Absorptionskälte bereits einen Schritt weiter. So arbeiten beispielsweise die Fachhochschule Gelsenkirchen und die Hochschule für Technik Stuttgart an Maschinen kleiner Leistung, in denen anstelle von Lithiumbromid/Wasser die Kältemittel-

paarung Ammoniak/Wasser zum Einsatz kommt. Der Vorteil dieses Gemischs: Aufgrund des niedrigen Gefrierpunkts des Ammoniaks (minus 77,8 Grad) können Nutzttemperaturen deutlich unter 0 Grad erreicht werden. Damit sind die Geräte für den Einsatz in Kühlhäusern geradezu prädestiniert.

Solares Eis für den Süden

Allerdings müssen in diese Eisproduzenten auch deutlich höhere Temperaturen gesteckt werden: An die 100 Grad sind Minimum. Ein Wert, der sich nur mit einer hocheffizienten und teuren Kollektortechnik erzielen lässt, also Vakuumröhren oder Parabolrinnen. Außerdem arbeiten die Ammoniak/Wasser-Absorber mit deutlich höherem Druck als die Lithiumbromid/Wasser-Variante, was sie schwieriger beherrschbar macht und hohe Anforderungen an die technischen Komponenten stellt. Der FH Gelsenkirchen ist es offenbar gelungen, diese Schwierigkei-

ten in den Griff zu bekommen. Geleitet von der Idee, netzferne Regionen der Erde mit kleinen Kühl- und Gefriereinheiten für die Lebensmittellagerung auszustatten, hat die Hochschule eine 25 kW-Kältemaschine entwickelt. Der Prototyp kann Kälte bei Temperaturen von minus zwei bis drei Grad bereitstellen und benötigt hierfür eine Heißwassertemperatur für den thermischen Antrieb von 85 bis 95 Grad.

„Theoretisch wäre die Anlage jetzt reif für die industrielle Fertigung – die Technik ist ausgereift“, sagt Rainer Braun, Professor im Fachbereich Versorgung und Entsorgung der FH. Eine wesentliche Herausforderung bleibt jedoch auch hier: Nach Berechnungen der Forscher liegen die spezifischen Kühlkosten dieser Technologie bei rund 18 Cent je Kilowattstunde (kWh). Zum Vergleich: Konventionelle Geräte gleicher Leistung produzieren für rund zwölf bis 14 Cent/kWh.

Braun merkt aber an, dass ein solcher Vergleich hinkt. Denn wieso soll sich die solare Kälte mit einer Technologie messen, die sich in netzfernen Regionen nicht, oder nur mit erheblichem finanziellen Aufwand realisieren lässt? „In vielen Gegenden Nordafrikas gibt es keine Alternative: Entweder es wird solar oder überhaupt nicht gekühlt“, betont Braun. Der Forscher hofft, dass die Unternehmen diese Marktlücke erkennen und sich möglichst bald für die regenerativen Froster begeistern.

Solare Frischluft für Diskos

Eine Technologie, die aus Sonnenenergie zwar kein Eis machen kann, sich dafür aber ideal für die Raumklimatisierung eignet, ist das sorptionsgestützte oder offene Verfahren. In Deutschland befassen sich mit dieser Variante der Sonnenkälte unter anderem das Fraunhofer ISE und das ZAE Bayern. Der Unterschied zur geschlossenen Ab- oder Adsorption: Das Verfahren basiert generell auf einer Kombination von Verdunstungskühlung und Luftentfeuchtung. Die Funktion solcher Lüftungsanlagen geht also über die Kältebereitstellung hinaus. Dabei ist das Kältemittel Wasser in direktem Kontakt mit der Atmosphäre.

Herzstück der Technologie sind so genannte Sorptionsrotoren, also große Räder, in denen ein Sorptionsmittel wie Silikagel – ein poröses Silikat – in einer

Matrix eingebracht ist. Diese werden von der feuchten Außenluft durchströmt, wobei sich Wasserdampf an dem Material ablagert. Da die Aufnahmekapazität des Sorptionsmittels allerdings begrenzt ist, muss das Wasser beizeiten wieder entfernt werden. Hier kommt die Solarenergie ins Spiel: Kollektoren erhitzen einen Luftstrom, so dass der Wasserdampf ausgetragen wird und das Sorptionsmittel regeneriert.

Hört sich einfach an, ist es im Prinzip auch. Das Manko dieser Technologie ist allerdings, dass es im Vergleich zu geschlossenen Systemen viel Energie verbraucht. So müssen beispielsweise die Zuluft-Ventilatoren, die die warme, feuchte Luft aus der Umgebung in die Rotoren saugen, mit Strom betrieben werden. Außerdem gilt es, wie bei den anderen Technologien auch, das Zusammenspiel der einzelnen Systemkomponenten weiter zu verbessern, um die Effizienz zu steigern. Einige Forschungsvorhaben, die ebendies zum Ziel haben, sind bereits gelaufen oder noch im Gange. Etwa das EU-Projekt „Modesto“, in dem es darum geht, neue Anwendungsgebiete für die Technologie, etwa zum Heizen und zur Wärmespeicherung, ausfindig zu machen. Oder das Projekt „Asodeco“, in dessen Rahmen vier verschiedene Anlagen-Konzepte in vier europäischen Ländern aufgebaut wurden und nun wissenschaftlich ausgewertet werden.

Auch das Fraunhofer ISE oder das ZAE Bayern machen bei diesen Vorhaben mit und betreiben darüber hinaus eigene Teststände für sorptionsgestützte Klimatisierungssysteme. Ihre Meinung zu diesen Anlagen ist – bis auf den Hinweis, dass bei den Sorptionsmaterialien und Prozessen noch Optimierungsbedarf besteht – grundsätzlich positiv. „Im großen wie im kleinen Leistungsbereich liegen mittlerweile aussichtsreiche Ansätze vor, die die Industrie nun zur Marktreife bringen muss“, sagt ZAE-Experte Lävermann.

Die Chancen, dass dies mit dieser, aber auch mit den anderen Sonnen-Technologien tatsächlich passiert, sind günstiger denn je. Denn zahlreiche Studien belegen: Das Bedürfnis der Menschen nach Raumkomfort steigt. Was hingegen künftig immer mehr Kältekunden ablehnen werden, ist, in Klimageräte zu investieren, die immer teureren Strom fressen. ◀