

Solare Kühlung in Passivhäusern

von Uli Jakob

Warum kühlen?

Die aktive Klimatisierung von Gebäuden ist auch unter deutschen Klimabedingungen erforderlich, wenn hohe innere und äußere Lasten nicht mehr über passive Nachtlüftung abgeführt werden können oder andere Niedrigenergie-Kühltechniken über Erdsonden oder Erdreichkollektoren nicht verfügbar oder leistungsmäßig ausreichend sind und hohe Komfortansprüche an das sommerliche Raumklima gestellt werden. Die solare Kühlung bietet somit eine nachhaltige, aktive Klimatisierungsmöglichkeit auch für Passivhäuser. Wird aktiv gekühlt, sind lange Laufzeiten der Kältemaschine entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer solarthermischen Kühlung. Während im Wohnungsbau in Mitteleuropa nur etwa 50 bis 200 Kühlstunden auftreten, sind im südlichen Mittelmeerraum sowie in einigen Industrie- und Verwaltungsbauten etwa 1000 Volllaststunden erforderlich. Das Marktpotential für solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich ist sehr groß, so dass derzeit von verschiedenen Firmen „Solare-Kühlung-Kits“ für das Produktgeschäft entwickelt werden.

Sorptionstechnologien

Die Technologie der solaren Kühlung wird schon seit einigen Jahrzehnten eingesetzt, aber es gibt bisher wenig kommerziell erhältliche Solare-Kühlung-Kits. Die solarthermisch betriebenen Kühlverfahren lassen sich grundsätzlich in zwei Hauptgruppen einteilen: die geschlossenen Systeme zur Kaltwassererzeugung und die offenen Systeme zur Klimatisierung der Luft^[2].

Grundsätzlich funktioniert das Prinzip der solaren Kühlung bei den geschlossenen Systemen durch Verdampfung eines Kältemittels im Verdampfer, wo Wärme aus einem zu kühlenden Raum aufgenommen wird. Das Kältemittel wird vorher durch indirekte Beheizung mittels Solarwärme in einem Austreiber/Desorber bei hohen Temperaturen desorbiert und auf den erforderlichen Kondensatordruck gebracht. Bei der Ab- bzw. Adsorption wird Lösungswärme, und bei der Kondensation wird Kondensationswärme frei, die über einen Kühlkreis abgeführt werden müssen.

Auslegungskennwerte

Der Mittelwert der spezifischen Kollektorfläche aller bisher installierten solaren Kühlungsanlagen in Europa beträgt rund 3,0 m²/kW. Ein Wert von 3–3,5 m²/kW kann als Anhaltspunkt für thermisch angetriebene Ab-/Adsorptionskältemaschinen gelten. Bei den offenen Verfahren (DEC, Flüssigsorption) ist eine Angabe bezogen auf die Luftmenge üblicher; hier hat sich ein Wert zwischen 8 und 10 m³ pro 1000 m³/h installierter Luftleistung als sinnvolle Größenordnung herausgestellt^[3]. Diese Werte sind aber nur grobe Anhaltspunkte und ersetzen keinesfalls eine detaillierte Anlagenauslegung. Die spezifischen Gesamtkosten von installierten solaren Kühlungsanlagen liegen heute bei der Verwendung von Ab-/Adsorptionskältemaschinen in einem Bereich zwischen 5000 und 8000 €/kW. Bei den offenen Systemen wurden spezifische Gesamtkosten von 2500 bis 3500 €/kW ermittelt^[2].

Historie und Marktsituation

Die ersten Anlagen des solaren Kühlens zur Raumklimatisierung wurden in Europa und den USA schon in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts unter anderem von den Firmen Dornier-Prinz Solartechnik GmbH^[4] und Arkla Industries Inc., USA (heute Robur SpA, Italien)^[5] entwickelt und in Demonstrationsprojekten verwirklicht. Aufgrund des mangelnden Absatzes wurde die Produktion dieser solaren Kühlsysteme eingestellt. Auch heute sind solar betriebene Kältemaschinen noch nicht wirtschaftlich. Die solarthermische Anlage ist der größte Kostenfaktor, die Betriebs- und Wartungskosten der Kältemaschinen sind niedriger als bei konventionellen Anlagen, die Investitionskosten aufgrund der geringen Stückzahlen höher^[5].

Der Markt für solarthermische Kühlung ist noch klein: Insgesamt sind in Europa heute etwa 12 MW Kälteleistung installiert, das entspricht rund 120 Anlagen^[6]. Die meisten der Anlagen wurden bisher in Deutschland (39,1%), Spanien (27,5%) und Griechenland (8,7%) realisiert. Die insgesamt installierte Kollektorfläche beträgt ungefähr 20 000 m². Rund 60% der Anlagen verwenden Absorptionskältemaschinen, etwa 11% Adsorptionskältemaschinen und rund 29% offene

Marktgängige solarthermische Kälte- und Klimatisierungsverfahren

Technologie	Absorption	Absorption	Absorption	Adsorption	DEC
System	einstufig geschlossen	zweistufig geschlossen	einstufig geschlossen	geschlossen	offen
Kältemittel	Wasser	Wasser	Ammoniak	Wasser	–
Sorptionsmittel	Lithiumbromid	Lithiumbromid	Wasser	Silikagel	Silikagel oder Lithiumchlorid
Kälteträger	Wasser	Wasser	Wasser-Glykol	Wasser	Luft
Kältetemperaturbereich	6 – 20°C	6 – 20°C	-30 – +20°C	6 – 20°C	16 – 20°C
Heiztemperaturbereich	70 – 90°C	130 – 160°C	80 – 180°C	55 – 100°C	55 – 100°C
Kühlwassertemperatur	25 – 40°C	25 – 40°C	25 – 50°C	25 – 35°C	nicht erforderlich
Kälteleistungsbereich pro Einheit [kW]	5 – 20 500	170 – 23 300	10 – 1000	5 – 350	6 – 300
Leistungszahl (COP)	0,6 – 0,7	1,1 – 1,4	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7	0,5 – 1,0



Solar betriebene 5,5 kW Wasser/Silikagel Adsorptionskältemaschine chillii® STC6

Kühlverfahren, wobei hier die Anlagen mit Sorptionsrotoren (DEC-Anlage) dominieren und bislang nur wenige Systeme (4%) mit offener Flüssigsorption arbeiten. Eine ganzjährige Energienutzung der erneuerbaren Energiequellen zur Warmwasserbereitung, Heizungsunterstützung und solaren Kühlung ist unabdingbar. In vielen Demonstrationsprojekten in Deutschland und Europa werden Betriebserfahrungen gesammelt. Dadurch werden die Regelstrategien verbessert und die Planung der Anlagen erleichtert.

Zusammenfassung

Der Energiebedarf für Klimatisierung steigt in Deutschland, Europa und weltweit. Thermische Kühlung mit Solarthermie oder Biomasse kann zu einer deutlichen Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen führen. Allerdings können die niedrigen Leistungszahlen schnell zu hohen Primärenergieverbräuchen führen, wenn mit nicht erneuerbaren Energieträgern nachgeheizt werden kann. Deshalb muss vor allem bei einstufigen Sorptionskältemaschinen der solare Deckungsgrad hoch sein (größer 70%) oder besser ein vollständiges solares Heizsystem vorliegen. Bei einem generellen Trend zu größeren solarthermischen Anlagen für die Heizungsunterstützung bieten kleine thermische Kältemaschinen gute Möglichkeiten, sommerliche Wärme effizient zu nutzen. In den nächsten Jahren können daher vermehrt Solare-Kühlung-Kits im kleinen Leistungsbereich auf dem Markt erwartet werden. ■



Solar betriebene 10 kW Ammoniak/Wasser Absorptionskältemaschine chillii® PSC10 mit Nasskühlturm des Trainingcenter und Bürogebäudes der Bachler Austria GmbH in Gröbming, Österreich

Literaturhinweise

- [1] Nick-Leptin J., Political framework for research and development in the field of renewable energies, Tagungsband 1st International Conference Solar Air-Conditioning, Bad Staffelstein. Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), 6.–7. Oktober 2005, Seite 16–20, ISBN 3-934681-41-7
- [2] Jakob U., Eicker U., Solare Kühlung in Gebäuden, Tagungsband 9. Energietag Rheinland-Pfalz, Bingen, FH Bingen–Transferstelle Bingen, 21. September 2006
- [3] Henning H.-M., Solare Klimatisierung – Stand der Entwicklung, erneuerbare energien, Nr. 2, 2005, Seite 7–11
- [4] Schubert K., Dreyer J., Kühlen mit Sonnenenergie, Dornier Post, Nr. 1, 1977, Seite 9–11
- [5] Grossman G., Solar-powered systems for cooling, dehumidification and air-conditioning, Solar Energy, Vol. 72, Nr. 1, 2002, Seite 53–62
- [6] Henning H.-M., Overview on solar cooling, Tagungsband 3rd European Solar Thermal Energy Conference – estec 2007, Freiburg, 19.–20. Juni 2007

Dr. Uli Jakob

studierte Bauphysik an der Hochschule für Technik (HfT) in Stuttgart und promovierte an der De Montfort University Leicester (U.K.) am Institute of Energy and Sustainable Development (IESD) auf dem Gebiet der Solaren Kühlung (2000–2005). Seit 2006 ist er Bereichsleiter für Solar Cooling bei der SolarNext AG. www.solarnext.de

