
ENTWICKLUNG VON SOLAR COOLING KITS FÜR DEN EUROPÄISCHEN MARKT

Dr. Uli Jakob, Sven Saulich
SolarNext AG
Nordstrasse 10, D-83253 Rimsting
Tel.: +49-8051 / 6888 -400, Fax: -490
E-Mail: uli.jakob@solarnext.de
www.solarnext.de

1 Kurzfassung / Abstract

Steigender Komfortbedarf und fortschreitender Klimawandel werden in den kommenden Jahren die Zahl der klimatisierten Gebäude voraussichtlich stark ansteigen lassen. Der Einsatz herkömmlicher Kompressorkältemaschinen verursacht Spitzenlasten, die bereits jetzt in Europa Stromnetze an ihre Grenzen bringen. Vor diesem Hintergrund erhält die Gebäudeklimatisierung auf Basis thermisch angetriebener Kältemaschinen einen besonders interessanten Aspekt: Die Ursache für den größten Teil des Klimatisierungsbedarfs, die Intensität der Sonneneinstrahlung, ist durch den Einsatz von Sonnenkollektoren zur Bereitstellung der Antriebswärme gleichzeitig Energiequelle für die Klimaanlage. Dieser grundsätzliche Zusammenhang ist das stärkste Argument für solares Kühlen. Die Absatzzahlen bei der konventionellen Klimatisierung, vor allem von Mini-Split-Geräten, steigen rasant. Die japanische Refrigeration and Air Conditioning Industry Association (JRAIA) gibt für den kleinen Leistungsbereich bis 5 kW für Wohn- sowie Verwaltungsgebäude einen weltweiten Absatz von 74,4 Millionen Geräten im Jahr 2007 an, davon 8,1 Millionen in Europa (cci, 2007). Hinsichtlich dieses großen Marktpotentials für Solar Cooling im kleinen Leistungsbereich werden Solar Cooling Kits für das Produktgeschäft entwickelt. Diese basieren z.B. auf dem chillii® PSC12, einer 12 kW Ammoniak/ Wasser Absorptionskältemaschine. Hier werden sowohl die Sorptionskältemaschinen kleiner Leistung, die Systeme und die dazugehörigen Leistungsdaten als auch erste Installationen vorgestellt. Eine ganzjährige Energienutzung der erneuerbaren Energiequellen zur Warmwasserbereitung, Heizungsunterstützung und solaren Kühlung ist dabei unabdingbar.

Active air-conditioning of buildings is also necessary at European climate conditions, especially in Southern Europe. Therefore the energy consumption for cold and air-conditioning is rising rapidly. Usual electrically driven compressor chillers (split-units) have maximal energy consumptions in peak-load period during the summer. In the last few years even in Europe this regularly leads to overloaded electricity grids. However, the main advantage of solar cooling is the coincidence of solar irradiation and cooling demand. Particularly the sale figures of split-units with a cooling capacity range up to 5 kW are rising rapidly. In Europe the number of sold units has risen about 53% from 5.3 million in 2004 to predicted 8.1 million in 2007 (cci, 2007). The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association (JRAIA) has expected a worldwide sales of 74.4 million units in 2007. The market potential for solar cooling with small capacity is very large, so that different companies are developing solar cooling kits for the product business. These are based for example on the chillii® PSC12, a 12 kW ammonia/ water absorption chiller. Therefore the latest small capacity sorption chillers and solar cooling systems as well as first installations are presented. An all-season use of renewable energy sources for hot water, space heating and solar cooling is here indispensable.

2 Sorptionskältemaschinen kleiner Leistung

2.1 Technologien

Die hauptsächlich eingesetzten Technologien für Solar Cooling im kleinen Leistungsbereich sind die Absorptions- und die Adsorptionskältetechnik.

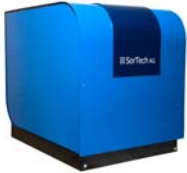



Einstufige Absorptionskältemaschinen mit den Stoffpaaren Wasser/ Lithiumbromid bzw. Ammoniak/ Wasser erzeugen über einen geschlossenen, kontinuierlichen Kreisprozess Kälte. Die Verdampfer Temperatur kann bei Ammoniak Absorptionskältemaschinen bis auf minus 30°C gesenkt werden, so dass industrielle Kälteprozesse möglich sind. Bei der Verwendung von Wasser als Kältemittel ist die Verdampfer Temperatur auf Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes von minimal 5 bis 6°C beschränkt. Bei der Absorptionskältetechnik wird das Kältemittel (Wasser oder Ammoniak) in einem flüssigen Lösungsmittel (Lithiumbromid oder Wasser) absorbiert und durch direkte oder indirekte Beheizung in einem Austreiber bei hohen Temperaturen desorbiert und auf den erforderlichen Kondensatordruck gebracht. Bei der Kondensation bzw. Absorption wird Kondensations- bzw. Lösungswärme frei, die über einen gemeinsamen Kühlkreis abgeführt werden müssen. Die Antriebstemperaturen für die Austreibung liegen je nach Technologie zwischen 70 und 120°C. Grundsätzlich finden Absorptionskältemaschinen Verwendung als zentrale Klimatisierungssysteme mit dezentralen Umluftgeräten (Fan coils) oder Kühldecken für die Klimatisierung der zu kühlenden Räume.

Bei der geschlossenen Adsorptionstechnik wird das Kältemittel Wasser an einem Festkörper wie Silikagel unter Freisetzung von Bindungswärme an der Oberfläche adsorbiert. Die Bindungswärme sinkt bei steigender Anlagerung von Wassermolekülen gegen Null, so dass nur noch Verdampfungswärme abgeführt werden muss. Die Desorption des angelagerten Wassers und die Druckerzeugung für die Kondensation erfolgt bereits bei niedrigen Antriebstemperaturen von 55 bis 70°C, so dass diese Technologie besonders für den Einsatz von Solarenergie geeignet ist. Von geschlossenen Adsorptionskältemaschinen wird durch den periodischen Kreisprozess Kaltwasser von minimal 5 bis 6°C erzeugt. Diese Kältemaschinen können ebenfalls als zentrale Klimatisierungssysteme mit dezentralen Umluftgeräten (Fan coils) oder Kühldecken sowie als eingesetzt werden.

2.2 Marktverfügbarkeit

In den letzten Jahren wurden speziell in Europa viele neue Sorptionskältemaschinen im kleinen Leistungsbereich entwickelt. Viele dieser Absorptionskälte- und Adsorptionskältemaschinen sind nun aus dem Prototypentwicklungsstadium in den Feldtest und die Produktion übergegangen. So gibt es Absorptionskältemaschinen im Leistungsbereich von 4,5 kW bis 30 kW und Adsorptionskältemaschinen mit 7,5 bis 15 kW Kälteleistung (Jakob, 2008). Dies sind beispielhaft für verschiedene Applikationen wie in der Tabelle 1 dargestellt der Adsorber chillii® STC8 mit 7,5 kW Kälteleistung für Einfamilienhäuser, die 12 kW Ammoniak/ Wasser Absorptionskältemaschine chillii® PSC12 für Bürogebäude oder Prozesskühlung z.B. Milchkühlung und der 15 kW Wasser/ Silikagel Adsorber chillii® STC15 bzw. der Wasser/ Lithiumbromid Absorber chillii® WFC18 (17,5 kW Kälteleistung) für die Gebäudeklimatisierung z.B. Bürogebäude, Hotels, öffentliche Einrichtungen, Verwaltungsgebäude, Kreditinstitute und Bäckereien.

Tabelle 1 Sorptionskältemaschinen für Solar Cooling Kits

Firma	SorTech	SolarNext (Pink)	SorTech	Yazaki
Produktname	chillii® STC8, (ACS 08)	chillii® PSC12	chillii® STC15, (ACS 15)	chillii® WFC 18 (WFC-SC5)
Technologie	Adsorption	Absorption	Adsorption	Absorption
Arbeitsstoffpaar	Wasser/ Silikagel	Ammoniak/ Wasser	Wasser/ Silikagel	Wasser/ Lithiumbromid
	 (Quelle: SorTech)	 (Quelle: Pink/SolarNext)	 (Quelle: SorTech)	 (Quelle: Yazaki)
Kälteleistung [kW]	7,5	12	15	17,5
Heizwassertem- peraturen [°C]	75 / 68	85 / 78	75 / 69	88 / 83
Kühlwassertem- peraturen [°C]	27 / 32	24 / 29	27 / 32	31 / 35
Kaltwassertem- peraturen [°C]	18 / 15	12 / 6	18 / 15	12,5 / 7
Leistungszahl COP [-]	0,56	0,62	0,56	0,70
Größe (BxTxH) [m x m x m]	0,79 x 1,06 x 0,94	0,80 x 0,60 x 2,2	0,79 x 1,35 x 1,45	0,60 x 0,80 x 1,94
Gewicht [kg]	260	350	510	420
Max. Leistungs- aufnahme [W]	20	300	30	72

3 Systemregler

Für die Entwicklung standardisierter Solar Cooling Kits ist es unabdingbar, dass für das Gesamtsystem ein Systemregler zur Verwendung kommt. Der Status in den bisherigen Demonstrations- und Pilotprojekten der solaren Kühlung ist die Verwendung von mehreren Einzelreglern z.B. für die Solaranlage, die Kältemaschine, den Rückkühler sowie für die Kälte- bzw. Wärmeverteilung, welche zusammen kostenintensiv sind und nicht immer optimal im Betrieb zusammenarbeiten. Die alternative war bisher eine teure SPS Steuerung die im Einzelfall programmiert werden musste. Daher hatte sich die SolarNext im Jahr 2007 entschlossen einen eigenen Systemregler für das Gesamtsystem zu entwickeln (Abb. 1), welcher mit Einflüssen aus dem Automotivbereich eine kostengünstige und systemorientierte Regelung darstellt.

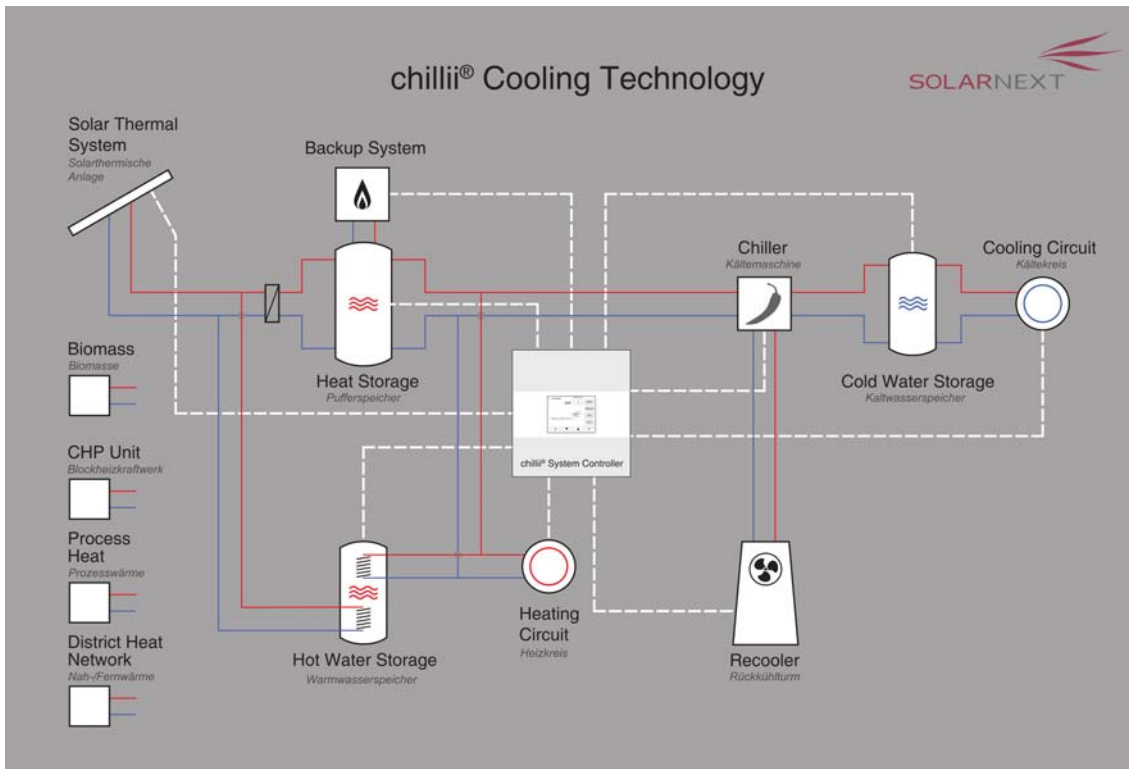


Abb. 1 – chillii® Solar Cooling Kit Schema (Quelle: SolarNext)

Der Funktionsumfang des chillii® System Controllers (Abb. 2) umfasst die Regelung von verschiedenen Wärmequellen (z.B. Solarwärme, BHKW Abwärme, Fern-/Nahwärme, etc.), das Back-up System (z.B. steuerbar Öl-/Gaskessel oder nicht steuerbar Holzvergaser-/Stückholzkessel bzw. Abgasrückgewinnung), das Speichermanagement (Wärme- und Kältespeicher), die Trinkwassererwärmung, die Kältemaschine (z.B. chillii® STC8, PSC12, STC15, WFC18, EAW SE15, Yazaki WFC-SC10, etc.) und die Rückkühlung (z.B. Nass-, Trocken-, und Hybridkühler) sowie Heiz- und Kühlkreise. Der chillii® System Controller ist somit der erste Systemregler für thermische Kühl- und Heizsysteme mit dem viele umfangreiche Hydraulikvarianten mit einem Gerät regelbar sind. Damit wird die höchste Systemeffizienz über bedarfsgerechte Energieerzeugung mit Vorrang der Regenerativen Energiequellen, dem optimierten Betrieb der Kältemaschine sowie der Rückkühlung mit Drehzahlregelung der Pumpen und der Rückkühlflüster erreicht.



Abb. 2 – chillii® System Controller (Quelle: SolarNext)

4 Solar Cooling Kits

In den letzten Jahren haben sich ein paar wenige Solarfirmen auf dem Markt als Systemanbieter für Solar Cooling positioniert. Dies ist für den kleinen Leistungsbereich bis 30 kW Kälteleistung z.B. SolarNext mit ihren chillii® Solar Cooling Kits basierend auf dem chillii® STC8, chillii® PSC12, chillii® STC 15, chillii® WFC18 und Absorptionskältemaschinen von EAW. Weitere Firmen wie zum Beispiel CitrinSolar, Enus, Phoenix Solaire, Schüco und Solution bieten ebenfalls Solar Cooling Systeme mit den verschiedensten Kältemaschinen an. Die Solar Cooling Kits beinhalten grundsätzlich Solarkollektoren mit Zubehör, Warmwasserspeicher, Pumpen-Sets, Kältemaschine, Rückkühler, teilweise Kaltwasserspeicher und die Regelung. Beispielhaft ist in Abb. 3 ein chillii® Cooling Kit 12 kW abgebildet, welches optional noch durch ein Solarpaket, Kältespeicherpaket, Kälteverteilungspakete, etc. ergänzt werden kann. Die Cooling Kits sind für den europäischen Markt entwickelt, wobei länderspezifisch auch andere Rückkühler (z.B. für Spanien mit Trockenrückkühler) angeboten werden.



Abb. 3 – chillii® Cooling Kit 12 kW (Quelle: SolarNext)

Der Mittelwert der spezifischen Kollektorfläche aller bis zum Jahr 2006 installierten Solar Cooling Systeme kleiner bis großer Leistung in Europa beträgt rund 3 m²/kW. Ein Wert von 3-3,5 m²/kW kann als Anhaltspunkt für thermisch angetriebene Absorptions-/ Adsorptionskältemaschinen gelten (Henning, 2005). Diese Werte sind aber nur grobe Anhaltspunkte und ersetzen keinesfalls eine detaillierte Anlagenauslegung. Die spezifischen Gesamtkosten von installierten Solar Cooling Systemen in Europa (Absorptions-/ Adsorptionskältemaschinen) lagen bisher im Bereich zwischen 5.000 und 8.000 EUR/kW. Für 2008 werden Systempreise von 4.500 EUR/kW erzielt und zukünftig sollen 3.000 EUR/kW erreicht werden.

5 Realisierte Projekte

Für das neue Trainingscenter und Bürogebäude der BachlerAustria GmbH in Gröbming, Österreich wurde ein Solar Cooling System mit einem Biomasse Back-up im Frühjahr 2007 in Betrieb genommen. Als Kältemaschine ist ein chillii® PSC10 (Abb. 4) für eine Kältebelastung von 9 kW installiert und zur Rückkühlung wird ein 26 kW Nasskühlturm sowie zusätzlich ein Schwimmbad verwendet. Der Nasskühlturm wird für den Mitteleuropäischen Einsatzbereich mit sehr niedrigen Rückkühltemperaturen von 24/29°C betrieben. Die benötigte Solarwärme wird von 40 m² Flachkollektoren geliefert, die sich nicht wie üblich

auf dem Dach sondern an der Fassade und auf dem Boden vor dem Gebäude befinden (Abb. 4) und in drei 1,5 m³ großen Warmwasserspeicher gespeichert. Die Kälteverteilung wurde mittels Bauteilaktivierung (ähnlich Kühldecken) mit Kaltwassertemperaturen von 19/16°C realisiert.



Abb. 4 – Solarkollektoren an Fassade und Boden sowie Absorptionskältemaschine chillii® PSC10 des Trainingscenter und Bürogebäudes BachlerAustria (Quellen: SolarNext)

Weitere chillii® PSC10 Absorptionskältemaschinen sind in verschiedenen thermisch betriebenen Systemen weltweit installiert, z.B. Clausthal-Zellerfeld (D), Miesbach (D, zwei Stück), Quebec (Kanada), Kordin (Malta) und Valetta (Malta). Die aktuelle chillii® PSC12 wurde erstmals im Rahmen eines chillii® Solar Cooling Kit 12 kW in Palermo (Italien) installiert.

Im Mai 2008 wurde die weltweite Erstinstallation eines chillii® Cooling Kit 8 kW für ein Zweifamilienwohnhaus in Alzenau (D) basierend auf der chillii® STC8 (Abb. 5) erfolgreich in Betrieb genommen. Die notwendige Wärme für den Antrieb der Maschine wird durch 24 m² Flachkollektoren (Abb. 5) und einem Biomasse Back-up bereitgestellt. Ein 2.000 Liter Warmwasserspeicher dient als Puffer. Ein elektrisch hocheffizienter Trockenkühler mit Besprühung dient zur effektiven Rückkühlung der 22 kW Abwärme der Adsorptionskältemaschine. Die Kälteverteilung erfolgt durch eine Lüftungsanlage.



Abb. 5 – Flachkollektoren auf dem Dach des Zweifamilienwohnhauses sowie chillii® STC8 Adsorptionskältemaschine und Trockenrückkühler (Quellen: SolarNext)

Das chillii® Cooling Kit 8 kW wurde bisher u.a. an folgenden Standorten installiert: Wiesloch (D), Bad Waldsee (D), Schörfling am Attersee (A, zwei Stück), Pescia (Italien) und Peking (China).

Mit der chillii® WFC18 Wasser/ Lithiumbromid Absorptionskältemaschine wurden bisher zwei chillii® Cooling Kit 18 kW zur Gebäudeklimatisierungen realisiert, einmal in Neckarsulm (D) und Newcastle (Australien).

6 Fazit

Der Energiebedarf für Klimatisierung steigt in Europa und weltweit. Thermische Kühlung mit Solarthermie, Fern-/Nahwärme, Prozessabwärme, BHKW-Abwärme oder Biomasse kann zu einer deutlichen Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂ Emissionen führen. Wird allerdings auf ein Backup-System zurückgegriffen, das nicht auf erneuerbaren Energieträgern basiert, so steigt der Primärenergieverbrauch schnell wieder an. Grundsätzlich sollte der solare Deckungsgrad von Solar Cooling Kits über 70% liegen oder besser ein vollständiges solares Heizsystem vorliegen. Die derzeit eingesetzten Kältemittel in den herkömmlichen elektrisch betriebenen Split-Geräten haben zwar kein Ozongefährdungspotenzial (ODP) mehr, aber besitzen aufgrund von Leckagen des Kältemittels im Bereich von 5 bis 15 % pro Jahr ein deutliches Global Warming Potential (GWP). Die Solar Cooling Kits hingegen bietet eine nachhaltige, aktive Klimatisierungsmöglichkeit. Die eingesetzten Sorptionskältemaschinen verwenden natürliche Kältemittel und haben nur einen sehr geringen Stromverbrauch. Die Betriebskosten dieser Maschinen sind somit sehr niedrig und die CO₂ Bilanz ist gegenüber Split-Geräten deutlich besser.

Der Hauptvorteil von Solar Cooling liegt in der Deckungsgleichheit von Solarangebot und Klimatisierungsbedarf. Wird aktiv gekühlt, sind lange Laufzeiten der Kältemaschine entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von Solar Cooling. Während im Wohnungsbau in Mitteleuropa nur etwa 50 bis 200 Kühlstunden auftreten, sind im südlichen Mittelmeerraum sowie in einigen Industrie- und Verwaltungsbauten etwa 1.000 Volllaststunden erforderlich. Im kleinen Leistungsbereich bis 30 kW Kälte sind nun seit kurzem verschiedene Wasser/ Lithiumbromid Absorptionskältemaschinen, ein Ammoniak/ Wasser Absorber sowie zwei Wasser/ Silikagel Adsorptionskältemaschinen in Europa marktverfügbar. Daher sind erste Systemanbieter mit Solar Cooling Kits im kleinen Leistungsbereich am Markt vertreten und es können in den nächsten Jahren vermehrt weitere erwartet werden.

7 Referenzen

cci, (2007), 71 Mio. Klimageräte – neuer Weltrekord, cci, Nr. 9, Seite 30

Henning, H.-M., (2005), Solare Klimatisierung – Stand der Entwicklung, erneuerbare energien, Nr. 2, Seite 7-11

Jakob, U., (2008), Auch die Sonne kann kühlen – Ein Überblick über Sorptionskältemaschinen kleiner Leistung, Erneuerbare Energien, Vol. 18, Nr. 6, Seite 64-70