

# *Solar betriebene Diffusions-Absorptionskältemaschinen*

## *Solare Kühlung für den Einsatz in Entwicklungsländern*

Dipl.-Ing.(FH) Uli Jakob  
Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik, Fachbereich Bauphysik  
Schellingstraße 24, D-70174 Stuttgart, Germany  
Tel: +49 / (0)711 / 121-2889, Fax: -2698  
e-mail: jakob.fbp@fht-stuttgart.de, Internet: <http://www.fht-stuttgart.de>

### **1. Einleitung**

Der Einsatz von solaren Kühltechnologien leistet einen Beitrag für die Deckung des weltweit wachsenden Kühlbedarfs zur Kälteerzeugung und Klimatisierung, darüber hinaus wird zunehmend auch nach umweltfreundlichen Alternativen zu den elektrisch betriebenen Kälteaggregaten mit FCKW-haltigen Kältemitteln gesucht. In den Entwicklungs- und Schwellenländern können diese solarthermisch betriebenen Kälteaggregate unter anderem zur Verbesserungen der Lebensumstände dieser Menschen beitragen, da ein hoher Bedarf an Lebensmittel- und Medikamentenkühlung, sowie Klimatisierung von Räumen besteht. Da in den Entwicklungsländern die elektrische Energieversorgung oder Brennstoffe (Gas, Öl) meist nur in den größeren Städten vorhanden und dabei oft unerschwinglich sind, sind standortunabhängig solar betriebene Kälteaggregate von Vorteil. Das große Angebot an solarer Einstrahlung in diesen Ländern ist daher geradezu ideal um solare Kühltechnologien einsetzen zu können, da diese Energieform im Überfluss vorhanden ist.

Einen Ansatz dazu stellen solarthermisch betriebene Absorptionskältemaschinen dar. Erste Projekterfahrungen mit Abwärmenutzung und vereinzelt mit Solaranlagen liegen für Großkälteanlagen vor (Kälteleistung ab 30 kW, meist über 100 kW), die entweder ammoniakbeständige Hochleistungspumpen für die Kältemittelverdichtung benötigen oder mit dem Kältemittel Wasser im Vakuum betrieben werden müssen. Für den kleinen und mittleren Kälteleistungsbereich (1-20 kW), der besonders in der Gebäudeklimatisierung einen hohen Marktanteil besitzt, wurden bisher aufgrund der aufwendigen und teuren Technik keine Aggregate entwickelt.

Im Rahmen eines europäischen JOULE-CRAFT-Forschungsprojektes (Laufzeit: 01.04.1999 bis 31.03.2001) hatten sich vor drei Jahren vier mittelständische Firmen, die Ingenieurgesellschaft Schneider&Partner (Koordinator der mittelständischen Firmen) und die Firma SQG Bau GmbH aus Deutschland, die Firma Energy Consulting aus Frankreich sowie die Firma Colibri aus den Niederlanden, zusammengeschlossen und der HfT Stuttgart als Hauptdienstleister und Koordinator sowie der Industriefirma AXIMA Refrigeration GmbH (früher: Sulzer-Escher-Wyss GmbH) und dem ITW Stuttgart als den zwei weiteren Forschungs-Dienstleistern einen umfangreichen Forschungsauftrag zur Entwicklung einer einstufigen solar betriebenen Ammoniak-Wasser (NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O) Diffusions-Absorptionskältemaschine (DAKM) erteilt. Vorarbeiten für die Komponentenentwicklung wurden in einem vom BMBF geförderten Projekt an der HfT Stuttgart durchgeführt. Für den projektierten Leistungsbereich der Kältemaschine von 2,5 kW mussten dafür neue Austreiber / Dampfblasenpumpen mit indirekter Beheizung durch Vakuumröhrenkollektoren sowie neue Wärmetauschergeometrien entwickelt werden.

### **2. Übersicht solarthermischer Kühlverfahren**

Die Technologie des solaren Kühlens wird seit einigen Jahren schon kommerziell eingesetzt. Dabei findet hauptsächlich die geschlossene Absorptionskältetechnik und DEC-Anlagen (DEC = Desiccant and Evaporative Cooling) in der Gebäudeklimatisierung Verwendung. Vereinzelt werden nun auch geschlossene Adsorptionskälteanlagen für die Gebäudeklimatisierung verwendet. Die ersten Anlagen des solaren Kühlens zur Raumklimatisierung wurden in Europa schon Ende der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts unter anderem von der Firma Dornier-Prinz Solartechnik GmbH entwickelt und Projekte z.B. in der Sahara und in Spanien verwirklicht [1]. Die marktgängigen solarthermisch betriebenen Kühlverfahren lassen sich in drei hauptsächlich angewendete und verbreitete Technologien einteilen (Tabelle 1):

**Tabelle 1:** Solarthermisch beheizbare Kälte- und Klimatisierungsverfahren (\*pro Einheit) [2].

Technologie	Geschlossene Absorption		Geschlossene Adsorption	Offene Adsorption (DEC)
	Wasser	Ammoniak		
Kältemittel	Wasser	Ammoniak	Wasser	-
Sorptionsmittel	Lithiumbromid	Wasser	Silikagel	Silikagel / LiCl
Kälte Träger	Wasser	Wasser-Glykol	Wasser	Luft
Kältetemperaturbereich	6 bis 20 °C	-60 bis +20 °C	6 bis 20 °C	16 bis 20 °C
Heiztemperaturbereich	90 bis 120 °C	100 bis 140 °C	55 bis 100 °C	55 bis 100 °C
Kühlwassertemperatur	30 bis 50 °C	30 bis 50 °C	25 bis 35 °C	nicht erforderlich
Kälteleistungsbereich *	40 bis 5000 kW	10 bis 1000 kW	70 bis 350 kW	6 bis 300 kW
Leistungszahlen (COP)	0.6 bis 0.7	0.6 bis 0.7	0.6 bis 0.7	0.5 bis 1.0

**A) Absorptionskältemaschinen für Gebäudeklimatisierung und Kühlschränke / -container:**

Marktdominierend sind Absorptionskältetechniken mit den Stoffpaaren Wasser- Lithiumbromid (H<sub>2</sub>O-LiBr) bzw. Ammoniak-Wasser (NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O), welche über einen geschlossenen, kontinuierlichen Kreisprozess Kälte erzeugen. Die Verdampfer Temperatur kann bei Ammoniak Absorptionskältemaschinen bis auf minus 60°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 (LiBr oder Wasser) absorbiert und durch direkte oder indirekte Beheizung in einem Austreiber bei hohen Temperaturen desorbiert und auf den erforderlichen Kondensatordruck gebracht. Bei der Absorption wird Lösungswärme frei, die über einen Kühlkreis abgeführt werden muss. Die Antriebstemperaturen für die Austreibung liegen je nach Technologie zwischen 90 und 140°C.

**B) Adsorptionskältemaschinen für Gebäudeklimatisierung und als Kühlschränke:**

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 60 bis 70°C, so dass diese Technologie besonders für den Einsatz von Solarenergie geeignet ist. Bei Verwendung von Zeolith als Adsorptionsmittel erfolgt die Desorption des angelagerten Wassers bei hohen Antriebstemperaturen von 250 bis 350°C, die mittels einem konzentrischen Parabol-Kollektor bereitgestellt werden [3]. Von geschlossenen Adsorptionskältemaschinen wird durch den periodischen Kreisprozess Kaltwasser von minimal 5 bis 6°C erzeugt.

**C) DEC-Anlagen für Gebäudeklimatisierung:**

Offene Adsorptionsanlagen, sogenannte DEC-Anlagen, verwenden die Zuluft direkt als Kälte Träger. Die physikalische Adsorption von Wasser an Silikagel oder Lithiumchlorid (LiCl) dient in diesem Prozess zur Trocknung der Luft. Gekühlt wird anschließend mit einer direkten Verdunstungsbefeuchtung der getrockneten und über einen Wärmetauscher vorgekühlten Luft. Die thermische Antriebsenergie ist zur Regeneration des Sorptionsmittels, d.h. zur Desorption des adsorbierten Wassers, erforderlich. Mit offener Adsorption werden prozessbedingt Lufttemperaturen von minimal etwa 16°C erreichen, so dass der Einsatzbereich auf die Klimatisierung beschränkt ist. Die Antriebstemperaturen können auch bei diesem Verfahren sehr niedrig (60 bis 70°C) gewählt werden.

In der folgenden Tabelle 2 sind verschiedene Beispiele für Projekte des Solares Kühlens im kleinen und mittleren Kälteleistungsbereich und deren Einsatzbereiche aufgeführt:

**Tabelle 2:** Projekte im kleinen und mittleren Kälteleistungsbereich des solaren Kühlens.

Firma / Institut	Einsatzbereich	Kälteleistung Q <sub>0</sub>	Arbeitsstoffpaar	Heiztemperatur T <sub>H</sub>	Kältetemperatur T <sub>0</sub>
ZEO-Tech GmbH [3]	Kühlschrank (Lebensmittel / Medikamente)	10 W	H <sub>2</sub> O-Zeolith	250 °C bis 350 °C	+6 °C bis 0 °C
ZAE Bayern [4]	Gebäudekühlung	10 kW	H <sub>2</sub> O-LiBr	90 °C	+15 °C
ILK Dresden / FH Köthen [5]	Gebäudekühlung	15 kW	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O	95 °C	+6 °C

TU Ilmenau [6]	Kühlschrank	80 W / 100 W	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O /H <sub>2</sub>	140 °C / 200 °C	-5,5 °C / -18 °C
Solarfrost [7]	Kühlschrank (Milchkühlung)	100 W / 400 W	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O /H <sub>2</sub>	80 °C	-10 °C
HfT Stuttgart [8]	Gebäudekühlung und Kühlcontainer	2,5 kW	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O /He	100 °C bis 150 °C	+10 °C bis -10 °C

### 3. Funktionsprinzip und Einsatzmöglichkeiten der DAKM

Die DAKM besteht aus einem so genannten Austreiber, einem Kondensator, einem Verdampfer und einem Absorber. Hinzu kommen ein Wärmetauscher im Lösungskreislauf und ein Gaswärmetauscher im Hilfsgaskreislauf (Abb. 1). Das verwendete Arbeitsstoffpaar ist eine Ammoniak-Wasser-Mischung, dabei ist Ammoniak das Kältemittel. Das Ammoniak wird im Austreiber aus der kältemittelreichen Lösung ausgetrieben. Dabei wird das druckausgleichende Hilfgas Helium (He) in den Verdampfer und den Absorber verdrängt. Damit mit dem aufsteigenden Ammoniakdampf nicht gleichzeitig Wasserdampf in den Kondensator gelangt wird in einem Abscheider bzw. Dephlegmator der Wasserdampf herauskondensiert. Das geschieht zum Beispiel an einem einfachen wassergekühlten Doppelrohr.

Der zum Kondensator strömende Ammoniakdampf verflüssigt sich bei einer Kondensatortemperatur von 45 Grad Celsius und einem dadurch gegebenen Gesamtdruck von 18,5 bar. Um diese Temperatur erreichen und halten zu können, ist der Kondensator wassergekühlt. Nach dem Kondensator tritt das verflüssigte Ammoniak in den Verdampfer ein. Durch die Wärmezufuhr aus dem Kältekreislauf verdampft es dort bei einer Verdampfertemperatur von fünf Grad Celsius und einem Partialdruck des Ammoniaks von 4,9 bar.

Der Umlauf des Ammoniak-Hilfsgasgemisches zwischen dem Verdampfer und dem Absorber entsteht dadurch, dass im Verdampfer das spezifisch schwerere kalte Ammoniakgas in das Helium eindiffundiert und damit schwerer wird. Über einen Gaswärmetauscher sinkt das Hilfsgasgemisch im Gegenstrom in den unteren Teil des tiefer liegenden Absorbers herab.

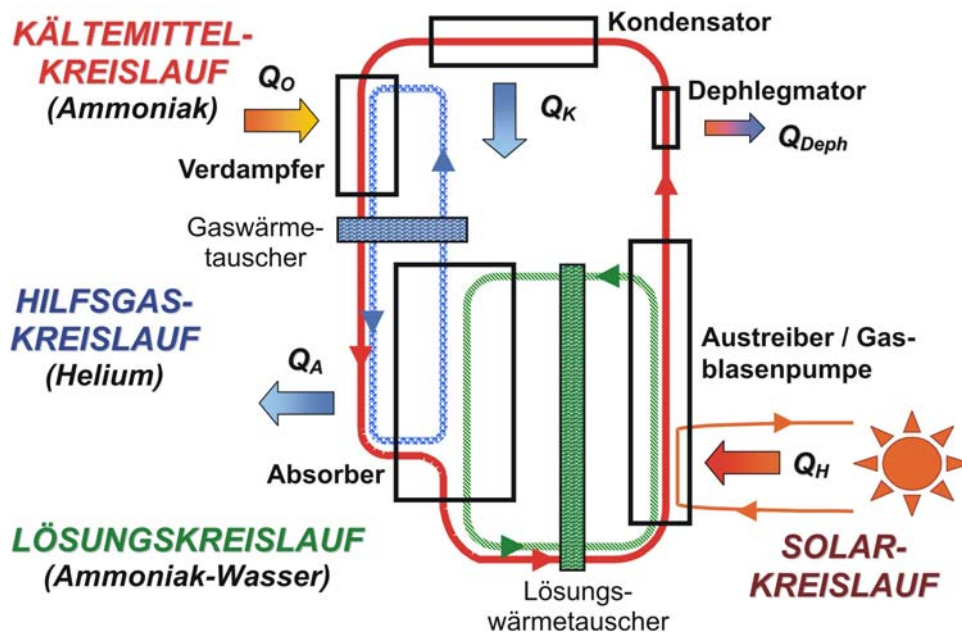


Abb. 1: Prozessablauf einer solar betriebenen DAKM.

Grafik: HfT Stuttgart

Die im Absorber befindliche arme Lösung absorbiert das gasförmige Ammoniak aus der eintretenden Gasmischung, wodurch letztere wieder leichter wird. Das dabei erwärmte ammoniakarme Hilfgas sammelt sich am oberen Ende des Absorbers und steigt durch den Gaswärmetauscher zum Verdampfereingang auf. Das warme arme Hilfgas wird im Gegenstrom von dem kalten ammoniakreichen Gas gekühlt, um nicht durch seine Wärme die Kühlwirkung des Verdampfers zu vermindern. Infolge des nicht unbedeutenden Gewichtsunterschiedes zwischen dem angereicherten und dem ausgewaschenen Gas entsteht ein Umlauf zurück zum Verdampfer und von dort wieder zurück zum Absorber. Ein Kühlwasserkreislauf führt vom Absorber ständig Wärme ab und hält so die Absorption und somit den Gasumlauf aufrecht.

Die im Absorber entstandene reiche und relativ kalte Lösung wird anschließend in einem Lösungswärmetauscher im Gegenstrom durch die vom Austreiber abfließende arme heiße Lösung vorgewärmt. Die arme Lösung kühlt sich dadurch ab und fließt unter Einfluss der Flüssigkeitssäule im Austreiber selbsttätig in den Absorber. Im Austreiber sorgt eine solare Beheizung für den nötigen Flüssigkeitsumlauf. Durch die zugeführte Solarwärme bilden sich Dampfblasen an Keimzellen in den Steigleitungen der reichen Lösung.

Durch die Dampfblasen wird Lösung in den Steigleitungen hochgepumpt und anschließend in den Absorber geleitet. Der Prozess arbeitet ohne mechanische Pumpe im Lösungskreislauf und ohne Drosselglieder im Gas- sowie im Lösungskreislauf. Eine kontinuierliche Diffusions-Absorptionskälteanlage lässt sich damit ohne jegliche beweglichen Teile herstellen.

Die DAKM hat dabei durch ihre Konstruktion bzgl. herkömmlicher Kompressionskältemaschinen folgende Vorteile:

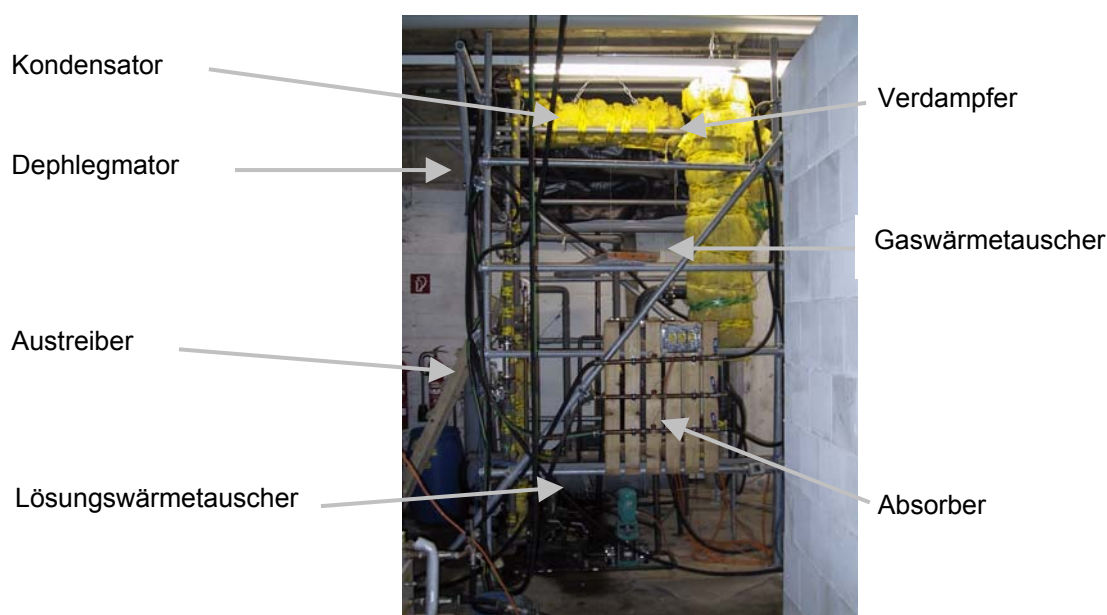
- Verwendung von Solarenergie als Antrieb  $\Rightarrow$  Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- zeitlich weitgehende Deckungsgleichheit vom thermischen Solarenergieangebot und Kälteleistungsbedarf  $\Rightarrow$  kein elektrischer Energiebedarf
- ozonfreundliches Kältemittel Ammoniak  $\Rightarrow$  keine FCKW-Problematik
- keine beweglichen, mechanischen Komponenten  $\Rightarrow$  wartungsfrei
- hohe Betriebssicherheit durch einfache Technik  $\Rightarrow$  ruhigen geräuschlosen Betrieb
- standortunabhängig, dezentral

Diese Vorteile zeigen die Stärken für eine Kälteerzeugung durch eine DAKM im Verbund mit Solarenergienutzung, da dies kostengünstig ist und keine elektrische oder gasförmige erzeugte Kälteleistung benötigt wird. Die entwickelten Diffusions-Absorptionskältemaschinen sind in der Lage Verdampfertemperaturen bis -30°C zu erzeugen. Aus diesem Grund sind theoretisch sämtliche Kälteerzeugungsformen denkbar. Unter Berücksichtigung besonders wirtschaftlicher Betriebsweise sind als Beispiele unmittelbarer Einsatzmöglichkeiten folgende Anwendungen zu nennen:

- Einsatz als Kälte- bzw. Klimaaggregat in Mittelmeerländern bzw. in anderen Regionen mit hoher solarer Einstrahlung und Klimatisierungs- und/oder Kältebedarf
- Einsatz als solarunterstütztes Klimaaggregat in Mitteleuropa (Nutzung der Solarkollektorfläche im Sommer zur Klimatisierung und Brauchwassererwärmung, im Winter zur Heizungsunterstützung)
- Einsatz als standortunabhängiges Kälteaggregat in Entwicklungsländern (Als solar- bzw. gasbetriebenes Kühlaggregat für standortunabhängige Kühlcontainer)

#### 4. Untersuchungsergebnisse

Die komplette Testanlage des ersten Prototyps der DAKM wurde im Oktober 2000 aufgebaut und von November 2000 bis März 2002 im Labor der HfT Stuttgart mit einer indirekten Flüssigkeitsbeheizung betrieben und getestet (Abb. 2). Die bisher erreichten Leistungszahlen liegen zwischen 0,20 und 0,35 und die bisher erreichte kontinuierliche Kälteleistung des Prototyps beträgt 1,4 kW. Bei Generatorausgangstemperaturen von 130 - 140 °C können Verdampfertemperaturen von 0 °C erzeugt werden. Umfangreiche Untersuchungen zu real möglichen Leistungszahlen (COP) mit einem stationären Simulationsmodell ergaben für die DAKM eine Leistungszahl von 0,53 und bei Rückgewinnung der Rektifikationswärmeverluste von 0,72. Die Leistungszahlen gelten für den Einsatzbereich der Raumklimatisierung für eine Verdampfertemperatur von +5 °C, Absorber-/Kondensatortemperaturen von +45 °C und eine Austreibertemperatur von 117 °C [8].



**Abb. 2:** Prototyp der Diffusions-Absorptionskältemaschine.

*Foto: HfT Stuttgart*

Um die für den Kreisprozess der Diffusions-Absorptionskältemaschine benötigten Austreibertemperaturen von bis zu 150 °C bereitstellen zu können, sind leistungsfähige Vakuumröhrenkollektoren notwendig. Diese können

Temperaturen von 100 bis 150 °C mit einem akzeptablen Wirkungsgrad erreichen. Bei 100°C wird ein Wirkungsgrad von 52 bis 65 % erreicht, bei 150°C liegt der Wirkungsgrad zwischen 35 und 47 %, jeweils 800 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung. Der Einsatzbereich erstreckt sich somit von +10 °C bei 100 °C Austreibertemperatur bis -10 °C bei 150 °C Austreibertemperatur. Die ersten Erfahrungen für einen kontinuierlichen Betrieb der Anlage zeigen, dass kurzzeitige Temperatursprünge der indirekten Flüssigkeitsbeheizung (spätere Solarkollektoranlage) von größer 5 K die Flüssigkeitsförderung der bisher konstruierten Austreiber mindern oder zum Erliegen bringen können. Für einen praktischen Betrieb wird es daher notwendig sein, dass ein Wärmespeicher zwischen Solaranlage und DAKM geschaltet wird, um Temperaturschwankungen der Solaranlage abzumildern.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die bisher erreichte Kälteleistung des ersten Prototyps der DAKM beträgt 1,4 kW. Um eine Steigerung der Kälteleistung auf den geplanten Wert von 2,5 kW zu ermöglichen, ist eine weitere Optimierung der Stoffkreisläufe und eine Minderung der Wärmeverluste notwendig. Ein zweiter Prototyp wurde im Labor der HfT Stuttgart aufgebaut, unter teilweiser Verwendung von Standardkomponenten wie Plattenwärmetauschern. Dieser wird momentan getestet und vermessen.

## 6. Literatur

- [1] Hrsg. (1993). „Solarwärme sorgt für angenehme Kühlung“. Sonnenenergie & Wärmetechnik. Nr. 1, Seite 29, ISSN: 0944-8772.
- [2] EICKER, U. (2001). „Solares Kühlen: Einführung in die Technologie“. Tagungsband Erstes Symposium Solares Kühlen in der Praxis. Veröffentlichungen der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik. Band 53, Seite 5-21.
- [3] FRANK, R. und ZECH, S. (1998). „Kühlschrank mit solarem Antrieb“. Erneuerbare Energien. 8. Jahrgang. Nr. 3, Seite 20-22. ISSN 1436-8773. (weiterführende Infos unter: [http://www.eg-solar.de/solares\\_kuehlen.htm](http://www.eg-solar.de/solares_kuehlen.htm)).
- [4] SCHWEIGLER, C. und COSTA, A. und HÖGENAUER-LEGO, M. und HARM, M. und ZIEGLER, F. (2001). „Adsorptionskaltwassersatz zur solaren Kühlung mit 10 kW Kälteleistung“. DKV-Tagungsbericht Ulm. Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e.V.. 28. Jahrgang, Band II.1, Seite 83-94. ISBN 3-932715-33-0.
- [5] ALBRING, P. (2001). „Anlagen und Systeme der solaren Kälteerzeugung“. Tagungsband Erstes Symposium Solares Kühlen in der Praxis. Veröffentlichungen der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik. Band 53, Seite 105-123.
- [6] AJIB, S. und SCHULTHEIS, P. (1998). „Untersuchungsergebnisse einer solarthermisch betriebenen Absorptionskälteanlage“. TAB Technik am Bau. Nr. 2, Seite 49-54. ISSN 0341-2032.
- [7] KUNZE, G. (2000). „Efficient Solar Cooling with an improved Ammonia-Absorption System“. Renewable Energy World. 3. Jahrgang, Nr. 6, Seite 111-112. ISSN 1462-6381. (weiterführende Infos unter: <http://members.aon.at/solarfrost>).
- [8] JAKOB, U. und SCHNEIDER, D. und EICKER, U. (2001). „Entwicklung einer solar betriebenen Kältemaschine basierend auf dem Diffusions-Absorptionsprinzip“. Forschungsbericht 2001 des Joseph-von-Egle Institut für angewandte Forschung. Veröffentlichungen der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik. Band 55, Seite 7-11. (weiterführende Infos unter: [http://www.fht-stuttgart.de/fbp/fbpweb/forschung/res\\_solar/solarcool.shtml](http://www.fht-stuttgart.de/fbp/fbpweb/forschung/res_solar/solarcool.shtml)).

# *Solar Powered Diffusion Absorption Cooling Machines*

## *Solar Cooling for the Use in Developing Countries*

Dipl.-Ing.(FH) Uli Jakob  
Department of Building Physics, University of Applied Sciences Stuttgart  
Schellingstraße 24, D-70174 Stuttgart, Germany  
Tel.: +49 (0) 711 121-2889, Fax: -2698  
e-mail: jakob.fbp@fht-stuttgart.de, Internet: <http://www.fht-stuttgart.de>

### **Abstract**

At present thermally driven cooling machines and air-conditioning plants experience a renaissance, as both the environmental compatibility of conventional refrigerants and the energy demand of electrically driven compressor plants are critical discussed. For the small and medium cooling performance range between 1 kW and 20 kW cooling capacity there are no thermally driven cooling machines on the market up to now to provide cold at low temperatures.

A new route for the development of such cooling machines is the use of the well-known Diffusion-Absorption technique from the Swedish engineers von Platen and Munters (1928). The principle of this technique is based on the pressure equilibration between the high and low pressure side through an inert auxiliary gas (in this case helium), so that inside the unit no mechanically moving parts are necessary. Due to the thermosyphon operation of the auxiliary gas circuit the pressure losses in the heat exchanger and in the evaporator have to be extremely low. A further special request on this type of cooling machine is the indirect heating through a solar collector field at temperature levels as low as possible. In contrast to a directly heated generator using gas or electricity there are only low heat flux densities available from indirectly heated generators using temperatures between 100 °C and 150 °C which makes the operation of a thermally driven gas bubble pump more difficult.

In an European JOULE-CRAFT research project (duration of project: 01.04.1999 to 31.03.2001) a single-stage solar heated ammonia-water (NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O) Diffusion-Absorption Cooling Machine (DACM) was developed. The designed cooling capacity of the cooling machine is 2.5 kW at evaporator temperatures between -10 and +5 °C with indirect heating through CPC vacuum tubes collectors. The indirectly heated, solar powered generator (bubble pump) represents the main new feature of this cooling machine. The first prototypes are realised at the University of Applied Sciences Stuttgart, Germany and the first measurement results of the pilot plant of the DACM are available. Up to now the reached COP's are between 0.2 and 0.3 and the cooling capacity of the pilot plant amounts to 1.4 kW. To increase the cooling capacity and the COP, a further optimisation of the material cycles and a reduction of the heat losses are necessary.

The development and the first experience gained in the operation of the indirectly heated Diffusion-Absorption Cooling Machine represents an extremely promising basis for the further use of this technology. A second pilot plant of the DACM was set up using partly standard components like plate heat exchangers.