

Kühlen mit der Sonne

Reinhard Frank
Stephan Zech¹⁾

In den meisten Entwicklungsländern gibt's zwar viel Sonne, doch sind Kühlschränke oft Luxusgüter. Dabei besteht großer Bedarf an der Kühlung von Lebensmitteln, vor allem aber an Medikamenten. Wie kann man die Sonnenenergie auf wirtschaftlich vertretbare Art für den Betrieb eines Kühlgerätes nutzen? Die Entwicklungshilfegruppe EG Solar entwickelte in Zusammenarbeit mit der Firma Zeo-Tech²⁾ den Prototyp eines Solar-Kühlschranks.



55 l fasst die Kühlbox, die uns Reinhard Frank auf der Spezialmesse Solar '99 vorführte. Im Deckel ist der Verdampfer zu sehen, rechts neben der Box die Vakuumpumpe und der Zeolith-Behälter

Kühlschränke können auf verschiedene Art betrieben werden. Dazu braucht man aber elektrische Energie, die es oft nur in Ballungszentren gibt oder Brennstoffe, die entweder schwer zu beschaffen, umständlich zu transportieren oder kaum erschwinglich sind. Doch die Sonne scheint überall und liefert – besonders in südlichen Ländern – Wärme im Überfluss. Mit Hilfe eines Kühlaggregats und eines Parabol-Sonnenkollektors kann diese solare Wärme in Kälte umgewandelt werden.

Wunderkristall Zeolith

Der von der Entwicklungshilfegruppe EG Solar entwickelte Solarkühlschrank arbeitet auf

Basis der Adsorption von Wasser durch Zeolith (siehe auch den Kastentext). Zeolith ist chemisch gesehen gewöhnlichem Sand ähnlich, bildet jedoch keine kompakten Moleküle, sondern besitzt eine Kristallstruktur mit sehr großer innerer Oberfläche.

In der Natur kommen ca. 40 verschiedene Zeolith-Arten vor. Diese sind meist durch vulkanische Aktivitäten entstanden und weisen starke Verunreinigungen auf, was dazu führt, dass sie für kältetechnische Anwendungen ungeeignet sind.

Die chemische Industrie stellt verschiedene Zeolithtypen künstlich her. Die synthetischen Zeolithe werden hauptsächlich als Phosphatersatz im

¹⁾ Dipl.-Ing. Reinhard Frank und Dipl.-Ing. Stephan Zech sind Mitarbeiter bei der EG Solar e. V., Entwicklungshilfegruppe an der Staatlichen Berufsschule Altötting, 84558 Kirchweidach, Tel. und Fax (0 86 23) 91 99 23, E-Mail: EG-Solar@t-online.de

²⁾ Zeo-Tech, Zeolith-Technologie GmbH, 85716 Unterschleißheim, Tel. (0 89) 310 44 84, Fax (0 89) 3 10 44 85, E-Mail: info@zeo-tech.de, ist Lizenzgeber des Kühlsystems

Waschmittel oder beispielsweise als Trockenmittel in Doppelglasfenstern verwendet. Der Einsatz großer Mengen Zeolith in Waschmitteln führte zu umfangreichen Untersuchungen der Umweltverträglichkeit. Dabei erwies sich, dass von Zeolithen keinerlei Umweltgefährdung ausgeht und sie keine toxische Wirkung haben. Hinzu kommt, dass der Preis des Zeoliths durch die Massenproduktion mit 1 bis 15 DM/kg recht niedrig ist.

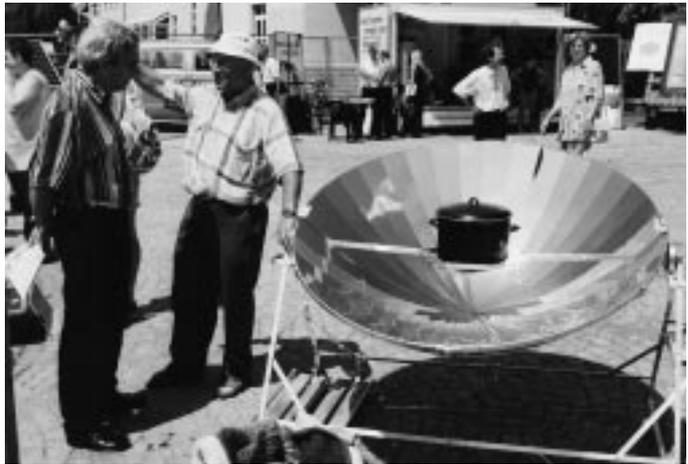
Durstige Kristalle

Grundlegend für die Verwendung des Zeoliths ist seine sehr große innere Oberfläche von 800 bis 1200 m²/g. Innerhalb der Hohlräume wirken starke elektrostatische Kräfte. Dadurch werden polare Moleküle wie z. B. Wasser heftig angesaugt und unter Wärmeabgabe in die Kristallstruktur eingebunden (Adsorption). Erfolgt der Prozess in luftleeren Behältern, geschieht das Ansaugen des Dampfes mit solcher Heftigkeit, dass sich auf Grund der hohen Verdunstungskälte der Rest des Wassers stark abkühlt und zu Eis gefriert. Dieser Prozess vollzieht sich so lange, bis der Zeolith mit Wasser gesättigt ist. Zeolith kann je nach Typ bis zu 25 % des Eigengewichts an Wasser aufnehmen.

Zur weiteren Verwendung muss der Zeolith wieder getrocknet werden und erhält dabei seine volle Funktionsfähigkeit zurück. Diese Regeneration erfolgt durch Zufuhr von Heizwärme hoher Temperatur. Dabei wird Wasser als Dampf aus dem Zeolith ausgetrieben (Desorption). Dies kann durch elektrische Energie, fossile Brennstoffe oder – was energetisch besonders günstig ist – durch Sonnen-

Solares Kühlsystem

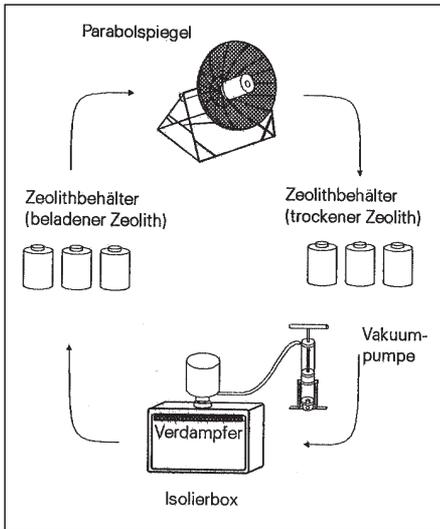
Das solar angetriebene Kühlsystem besteht aus einem Kühlbehälter mit einem im Deckel integrierten Verdampfer, in dem sich Wasser als Kühlmittel befindet. Dazu kommen ein oder mehrere Zeolithbehälter, eine Handvakuumpumpe und ein Parabolkollektor. Um den Zeolith ausreichend zu trocknen, werden Temperaturen über 250 °C benötigt. Es ist ein konzen-



Der dreh- und schwenkbare Parabolspiegel dient zum Trocknen des Zeoliths, dessen Behälter an Stelle des Topfes in den Fokus der Sonneneinstrahlung gestellt wird

nergie erfolgen. Nach einer Abkühlphase kann das Material zum nächsten Adsorptionsprozess genutzt werden. Da sich dabei der Zeolith nicht verbraucht, können beliebig viele Zyklen durchgeführt werden.

trierendes System nötig, da Flachkollektoren diese hohen Temperaturen nicht erreichen können. Beim beschriebenen Kühlsystem wird ein ebenfalls von der EG Solar entwickelter Parabol-Kollektor verwendet. Bisher wurde der Spiegel –



Schematische Darstellung des Solarkühlsystems mit allen seinen Komponenten: Solarkollektor, Zeolithbehälter, Kühlbox und Vakuumpumpe ...

punkt des Parabolspiegels gestellt. Nach ca. 4 Stunden ist der Zeolith bei Maximaltemperaturen von ca. 320 °C regeneriert.

Adsorption

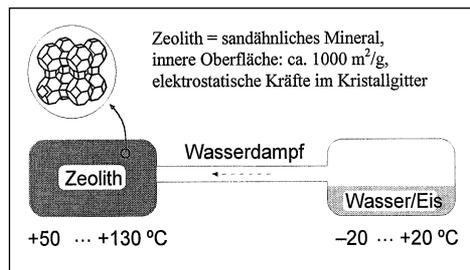
Zur Kühlung wird ein Zeolithbehälter mit trockenem Zeolith an den mit Wasser gefüllten Flachverdampfer angeschlossen und die Luft aus dem System mit einer handbetriebenen Vakuumpumpe entfernt. Nach der Ankopplung des Zeolithbehälters beginnt bei der Evakuierung, ausreichend niedriger Druck vorausgesetzt, das Wasser heftig zu verdampfen. Dieser Dampf wird von den Zeolithkristallen aufgenommen und dabei gleichzeitig das Wasser im Verdampfer abgekühlt und eingefroren. Von dem entstandenen Eis dampfen weiterhin

etwa 10 000 entstanden bereits – vor allem als Solarkocher in Entwicklungsländern verbreitet, um den Dorfbewohnern eine Alternative zu knappem Brennholz oder kostspieligem Kerosin zu bieten. Neben der Zubereitung von Mahlzeiten eignet sich der Kocher beispielsweise auch zum Sterilisieren von medizinischen Geräten, zum Abkochen von Wasser oder zum Trocknen von Zeolith. Der Kollektor mit 1,4 m Durchmesser besteht aus hochglanzpolierten, eloxierten Aluminiumblechen und ist somit witterungsbeständig. Die Halterung ist drehbar in einem auf Rollen stehenden Flachstahl-Gestell gelagert, sodass der ganze Kollektor durch Drehung des Gestells und Neigung des Spiegels dem „Gang der Sonne“ nachgeführt werden

kann. Die Leistung beträgt bei einer Einstrahlung von 1000 W/m² ca. 800 Watt.

Desorption

Zur Trocknung des Zeoliths werden die Zeolithbehälter mit ca. 4 kg Zeolith in den Brenn-



... Und so ist die Wirkungsweise: Wird der Druck in dem geschlossenen System verringert, verdampft das Wasser (r.). Der Dampf wird sofort von den trockenen Zeolithkristallen (l.) aufgenommen und das restliche Wasser (r.) heruntergekühlt

Wassermoleküle ab (Sublimation), wodurch sich auch das Eis weiter abkühlt. Mit einer Zeolithpatrone kann die Isolierbox mit 55 l Nutzvolumen bei 22 °C Umgebungstemperatur abgekühlt und etwa drei Tage lang auf einem Temperaturni-

veau von 0 °C bis 8 °C gehalten werden. Nach dieser Zeit muss wieder Wasser in den Verdampfer gefüllt, eine regenerierte Zeolithpatrone angeschlossen und erneut die Luft aus dem System abgepumpt werden. Um längere Zeit

Zeolith

Der schwedische Mineraloge Baron Axel F. Cronstedt machte 1756 die Entdeckung, dass bestimmte Minerale zu brodeln beginnen, wenn man sie stark erhitzt, als würden sie sieden. Der Baron nannte diese Substanzen daher nach griechisch zeo (sieden) und lithos (Stein) Zeolithe. Diese „siedenden Steine“ bestehen hauptsächlich aus Silicium, Aluminium und Sauerstoff. Zeolithkristalle sind hochporös und von zahlreichen submikroskopischen Kanälen durchzogen. Die Kanäle enthalten Wasser, das bei höheren Temperaturen verdampft und so das von Cronstedt entdeckte Brodeln hervorruft. Bei schonendem Vorgehen lässt sich das Wasser austreiben, ohne das sich die Kristallstruktur ändert. (www.zeolith.de/q-zeolith.htm)

durchgehend kühlen und Schlechtwetterperioden überbrücken zu können, ist es empfehlenswert, mehrere regenerierte Zeolithpatronen auf Vorrat bereitzuhalten.

Der vorgestellte solare Adsorptionskühlschrank stellt eine viel versprechende Möglichkeit zur Kühlung in Entwicklungsländern bzw. in abgelegenen Gegenden dar. Die Vorteile dieses Systems liegen in erster Linie im stromlosen Betrieb mit Sonnenenergie.

Außerdem ist der Preis im Vergleich zu fotovoltaisch betriebenen Kühlaggregaten vergleichsweise niedrig, zumal sich das System für den mobilen Einsatz eignet. Und bezüglich der Umweltbelastung entstehen weder bei der Herstellung, noch bei der Anwendung oder einer späteren Entsorgung Probleme, da das Sorptionspaar Wasser/Zeolith umweltneutral ist. Und schließlich kann der Solarkollektor auch zum Kochen, Sterilisieren usw. verwendet werden.