



## Vergleich solarbetriebener Kühlsysteme

Von Stephan Zech

Der Bedarf an Kühlung von Medikamenten und Impfstoffen in sogenannten Entwicklungsländern ist sehr hoch. Doch wer einen Kühlschrank betreiben möchte, muss dafür sehr viel Geld ausgeben. Diesel für Stromaggregate ist teuer und Strom aus der Steckdose gibt es nur in den Ballungszentren.

Die Entwicklungshilfegruppe EG Solar e.V. entwickelte in Zusammenarbeit mit der Firma Zeo-Tech ein solar betriebenes Kühlsystem zur Marktreife. Dieses Kühlsystem wurde vor kurzem im Rahmen einer Studie von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft in München mit einem herkömmlichen photovoltaisch betriebenen Kühlsystem verglichen.

Das Solarkühlsystem der EG Solar arbeitet auf Basis der Adsorption von Wasserdampf durch das sandähnliche Mineral Zeolith (siehe erneuerbare energie 3-1998) und verzichtet auf einen elektrischen Antrieb. Statt dessen nutzt es die Verdunstungskälte zur Kühlung. Zur Kälteerzeugung verbindet man einen Zeolithbehälter mit dem in der Kühlbox eingebauten Verdampfer. Dem System wird durch die Vakuumpumpe Luft entzogen. Durch den erzeugten Unterdruck sinkt der Siedepunkt des Wassers so stark, dass es bei Umgebungstemperatur siedet. Die hierzu nötige Energie wird dem Wasser entzogen, es kühlt sich ab und gefriert schließlich. Mit einer 4 kg Zeolith-Patrone bleibt bei einer durchschnittlicher Umgebungstemperatur von 22 °C die Kühlbox für etwa 72 Stunden 0 bis 6 °C kalt.

Wenn der Zeolith mit Wasser gesättigt ist, wird der Behälter vom Verdampfer getrennt und durch einen frischen ersetzt. Dann muss der Zeolith regeneriert werden. Dazu wird er mithilfe eines Parabolspiegels, der die Wärmestrahlen der Sonne bündelt, auf 300 Grad aufgeheizt, sodass das Wasser aus den Poren weicht.

Bei dem photovoltaisch betriebenen Kompressorkühlschrank handelt es sich um ein Kühlsystem, das von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlen wird. Es besteht aus der gleichen Kühlbox wie beim Zeolith-System und einer PV-Anlage mit Solarbatterie. Die Ergebnisse des durchgeführten Vergleichs sind nachfolgend untergliedert in energetische Bewertung, Kostenvergleich, technische Bewertung, Reparatur und Wartung, Handhabung, sowie Verfügbarkeit und Umweltaspekte (siehe Tabelle 1). Die beiden Kühlsysteme wurden mit leerer Kühlbox im Labor der Forschungsstelle gleichzeitig bei verschiedenen Umgebungstemperaturen getestet.

Bei beiden Kühlsystemen wurde die Zeit gemessen, die zur Abkühlung des leeren Kühlraums von Umgebungstemperatur auf eine Temperatur von 8 °C benötigt wird. Bei dem Zeolith-Kühlsystem wurden bei einer Umgebungstemperatur von 21 °C 1,5 h benötigt, dagegen benötigte der Kompressorkühlschrank 2,2 h. Bei der Umgebungstemperatur von 28 °C benötigte das Zeolith-Kühlsystem 2,3 h, der Kompressorkühlschrank 2,7 h. Die Anfangsleistung des Zeolith-Kühlsystems ist damit größer als beim Kompressor-Kühlsystem.

## Energetische Bewertung

Als Kenngröße für den Energieverbrauch beim Zeolith-Kühlsystem wurde die dem System entzogene Wärme angesetzt, die aus der verdampften Wassermenge berechnet wird. Zu Ermittlung des Energieverbrauchs des Kompressor-Kühlsystems wurde die Spannung und die Stromstärke an der Solarbatterie gemessen. Bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur von 21 °C betrug der Energieverbrauch beim Zeolith-Kühlsystem 154 Wh/d und beim Kompressor-Kühlsystem 279 Wh/d (bei einer Umgebungstemperatur von 28 °C 234 Wh/d bzw. 491 Wh/d). Für die Energiebereitstellung wurde beim Zeolith-Kühlsystem die für das Austreiben des Wassers im Parabolspiegel benötigte Energie gemessen. Bei der PV-Anlage ergibt sich die benötigte Energie aus dem Nutzungsgrad der PV-Anlage inklusive Zubehör und dem Nutzungsgrad der Solarbatterie. Die benötigte Solarenergie zur Kühlung mit dem Zeolith-Kühlsystem liegt ca. 45% unter dem Wert für das Kompressor-Kühlsystem (siehe Abbildung 1).

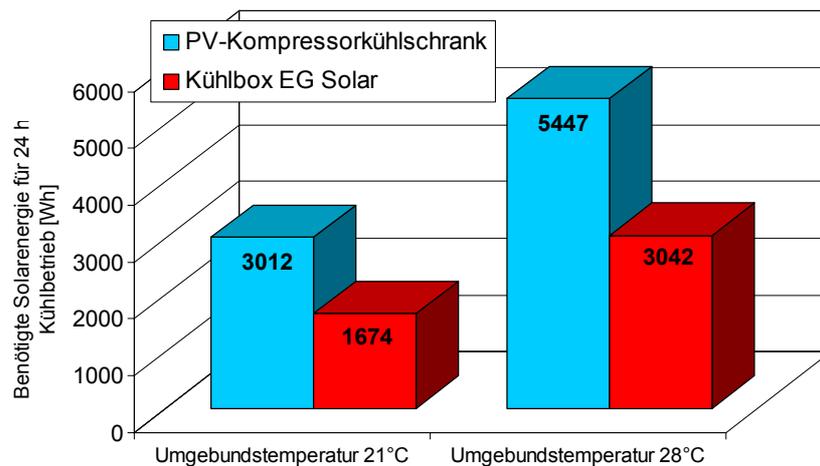


Abbildung 1: Benötigte Solarenergie zur Kühlung für einen 24-stündigen Kühlbetrieb bei 21 °C und 28 °C Umgebungstemperatur mit dem Zeolith-Kühlsystem und dem PV-Kompressor-Kühlsystem

Die Installationskosten für das Zeolithsystem betragen bei einer Serienfertigung ab 5.000 Stück einschließlich eines Parabolspiegels mit automatischer Nachführung 920,3 €, für das PV-betriebene System 2.914,4 € (siehe Tabelle 1). Wartungs- und Instandhaltungskosten beim EG-Solar-Kühlsystem werden als gering eingeschätzt, können jedoch auf Basis des kurzen Testzeitraums nur bedingt beurteilt werden. Beim PV-betriebenen Kühlsystem liegt die Lebensdauer der Solarbatterien bei fünf bis sechs Jahren. Dadurch entstehen Kosten von umgerechnet rund 61,4 € jährlich. Falls Reparaturen am Kühlsystem nötig werden, sind diese in der Regel beim Kompressorkühlschrank kostenintensiver, da Fachwerkstätten bzw. Kundendienst eingeschaltet werden müssen und als Ersatz meist nur Gesamtkomponenten und keine Einzelteile zur Auswahl stehen.

Die Handhabung des Zeolith-Kühlsystems ist einfach durchzuführen. Die Bedienung ist für eingewiesene Laien möglich. Dasselbe gilt für das PV-betriebene System, wobei hier ein größeres Gefahrenpotential bei unsachgemäßer Bedienung besteht. Die Bedienung des Kühlsystems der EG Solar ist vermutlich etwas zeitintensiver.

## Verfügbarkeit und Umweltaspekte

Die Verfügbarkeit der Kühlsysteme ist nach der kurzen Testdauer schwer zu beurteilen. Als entscheidend dürften nicht zuletzt großzügig ausgelegte Speicherkapazitäten und vorrätige Ersatzteile vor Ort gelten. Es kann davon ausgegangen werden, dass kleinere Schwierigkeiten beim Zeolith-Kühlsystem aufgrund des einfachen Aufbaus auch vom Kühlschranknutzer selbst behoben werden können. Die langfristige Aufrechterhaltung des Kompressorkühlschrank-Systems hängt nach Erfahrungen der WHO von der Präsenz des Herstellers bzw. eingewiesenen, fähigen Technikern in dem jeweiligen Land ab. Die Beschaffung der Solar-

batterie und des Ladereglers hat sich aufgrund der oft sehr abgelegenen Gebiete und der hohen Kosten als eines der größten Probleme herausgestellt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs des Zeolith-Kühlsystems und des PV-Kompressor-Kühlsystems

<b>Bewertungskriterien</b>	<b>Zeolith-Kühlsystem</b>	<b>PV-Kompressor-Kühlsystem</b>
Energetische Bewertung	Solarenergiebedarf: 3042 Wh/d (28 °C)	Solarenergiebedarf: 5447 Wh/d (28 °C)
Installationskosten	920,3 €	2.914,4 €
Handhabung	einfach zu bedienen, zeitintensiver	nach intensiver Einweisung bedienungsfreundlich
Wartung	einfach, wartungsarm	wartungsarm
Reparaturen	z.T. auch von eingewiesenen Personen durchführbar	u.U. Kundendienst erforderlich
Umwelt	sehr gut	gut

Die beiden Systeme sind während der Betriebsphase sehr umweltfreundlich, da als Energieträger die Sonne genutzt wird. Unterschiede bestehen für das Entsorgen der Komponenten. Das Zeolith-Kühlsystem besteht aus Metallen, Kunststoff und Zeolith. Bei einer Freisetzung des Feststoffs Zeolith sind für die zu betrachtenden Größenordnung keinerlei negative Auswirkungen auf Boden und Gewässer zu befürchten. Beim Kompressor-Kühlsystem hingegen wird die Entsorgung der Batterien in Entwicklungsländern als problematisch angesehen. Auch bei Freiwerden des bei Umgebungstemperatur in der Regel gasförmigen Kältemittels sind Auswirkungen auf die Umwelt die Folge. Beispielsweise hat das als FCKW-Ersatz heute häufig eingesetzte Kältemittel Tetrafluorethan ein hohes Treibhauspotenzial.

## Literatur

Vergleich des solarbetriebenen Adsorptionskühlsystems der EG Solar e.V. mit einem photovoltaisch betriebenen Kompressorkühlschrank, Dipl.-Ing. Christina Hutter, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, [www.ffe.de](http://www.ffe.de)

## Autor:

Dipl.-Ing. Stephan Zech ist Entwicklungsingenieur der EG Solar e.V., Entwicklungshilfegruppe der staatlichen Berufsschule Altötting in Kirchweidach, Deutschland, [www.eg-solar.de](http://www.eg-solar.de)

Dieser Artikel wurde in der **erneuerbaren energie 2002-2** publiziert. Die Zeitschrift ist die Mitgliederzeitung der Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – Dachverband und erscheint viermal jährlich. Internet: [www.aee.at](http://www.aee.at)