

... EINE ADSORPTIONSKÄLTEMASCHINE?



Von siedenden Steinen

Zwei wesentliche Komponenten, die
Wirkungsgrade fördern: Wasser und Zeolithe

Schon fast zu oft ist das Beispiel bemüht worden, das den Prozess der Wärmepumpe mit dem des Kühlschranks beschreibt. Aber es ist ja nun mal so. Wo thermische Energie ausgetauscht wird, gibt es einerseits Kühle und andererseits Wärme.

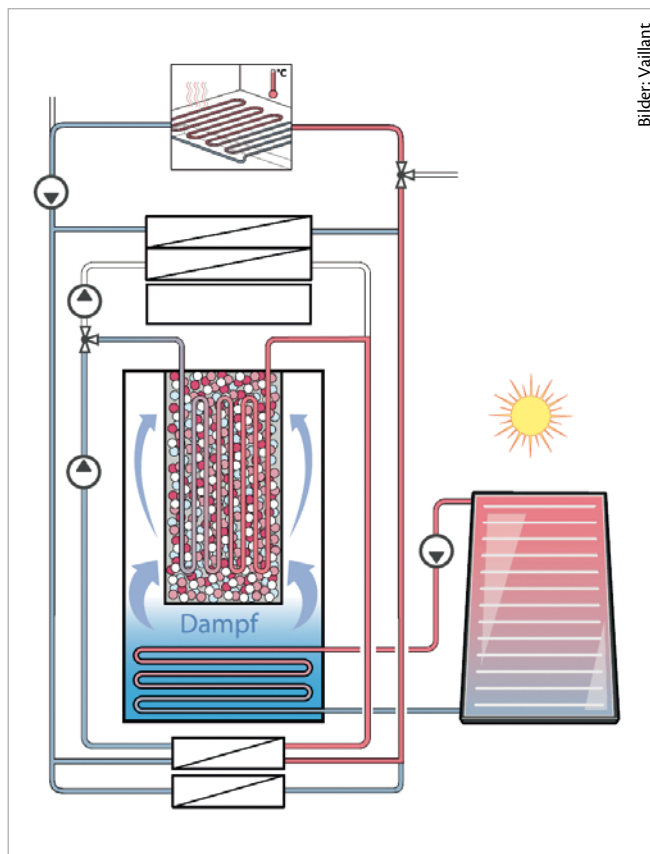
Der Prozess, der in einer Adsorptionskältemaschine abläuft, soll wegen des etwas leichteren Verständnisses von Seiten der Wärmepumpe ausgehend beschrieben werden. Und genau in diesem Zusammenhang rührt sich was am Heizungsmarkt. Die Industrie bringt Geräte auf den Markt, die im Wesentlichen durch das geschickte Zusammenspiel von zwei Stoffen einen Prozess zur zusätzlichen Energiegewinnung in Gang setzen. Da insbesondere zwei Stoffe an diesem Prozess beteiligt sind, sollen diese zuerst kurz beschrieben werden.

WUNDERSAMES WASSER

Wasser verdampft bei 100 Grad Celsius wenn es einem Umgebungsdruck von gewöhnlichen 1000 Millibar (mbar) ausgesetzt ist. Wird der Druck gesenkt, sinkt auch die Verdampfungstemperatur. In einem Urlaubsflieger beträgt der Druck nur noch rund 800 mbar und Wasser kocht dort bereits bei 93 °C. Einigen Stewardessen und Stewards soll es daher gelingen, den Kaffee auf der bloßen Handfläche zum Brodeln zu bringen, aber das könnte auch ein Gerücht sein. Fakt ist aber beispielsweise, dass in Reinhold Messners Kochtopf auf dem Mount Everest nur noch ein Druck von ca. 300 mbar herrscht und dann köchelt es bereits bei 70 °C. Sinkender Druck sorgt also gleichzeitig für sinkenden Siedepunkt des Wassers. Entzieht man einem geschlossenen Behälter mit einer kleinen Wasserpfütze am Boden immer mehr Luft, so kann eine Umgebung geschaffen werden, bei der die Wasserpfütze bereits bei normaler Raumtemperatur von vielleicht 20°C verdampft. Dies wäre der Fall bei einem absoluten Druck von rund 24 mbar, also 976 mbar unter den eben genannten 1000 mbar, die wir üblicherweise als normal empfinden. Fakt ist auch, dass Wasser, wie jede andere Flüssigkeit, Energie benötigt um zu verdampfen. Wenn also der sehr geringe Umgebungsdruck das Wasser zum Verdampfen nötigt, dann wird zwangsläufig Wärmeenergie aus der Umgebung entzogen, sprich: „es wird kalt“. Erhöht man den Druck in diesem Behälter wieder, so kann sich der Prozess wiederum umkehren. Das bedeutet bei steigendem Druck wird Wasser wiederum flüssig und gibt dabei die soeben aus der Umgebung entnommene Wärmeenergie wieder ab. Wasser lässt sich also nicht nur, wie aus dem Alltag bekannt, mittels Temperatur zum kochen bringen, sondern eben auch durch eine Druckänderung. Solche Druckänderungen erleben wir im Alltag aber nur sehr selten hautnah.

ZEOLITH, DER SIEDENDE STEIN

Bei Zeolithen handelt es sich um feste Kristalle, genauer um sogenannte Alumosilikate. Die griechische Herkunft des Na-



Bilder: Vaillant

Umweltwärme aus einer Solaranlage liefert die Energie zur Verdampfung des Wassers

mens klärt über wichtige Eigenschaften auf. Das Wort „zein“ steht für das „Sieden“ und „lithos“ für den „Stein“. Die Namensgebung rührt aus der Tatsache, dass dieser Stein, wenn er erst mal Wasser gebunden hat, dieses beim Erhitzen wieder abgibt. Diese Wasserabgabe geschieht während eines dem Sieden ähnlichen, lebhaften Brausens. Nun reicht dieses Brausen und Zischen nicht aus, dem Stoff irgendwelche besonderen Eigenschaften zuzuordnen, denn ein Backstein nimmt ja auch Wasser auf und gibt es bei Wärmezufuhr wieder ab. Zeolithe haben aber zusätzlich eine ausgesprochene Gier nach Wasser, sie sind hygroskopisch. Und während Zeolithe Wasser aufnehmen, erwärmen sie sich. Erst dieses Phänomen macht sie zu etwas besonderem und hängt mit ihrer enormen inneren Oberfläche zusammen. Ein Kilogramm dieses Materials besitzt innerhalb der Körnchen eine Fläche von 800 bis 1200 Quadratmeter. Diese Körnchen neigen dann dazu, insbesondere Wassermoleküle unter Wärmeabgabe einzulagern, vorausgesetzt sie sind nicht schon satt. Sehr praktisch, wenn man diese Erwärmung nutzen kann, um ein Haus zu beheizen. Einerseits binden Zeolithe also gierig das Wasser aus der Um-

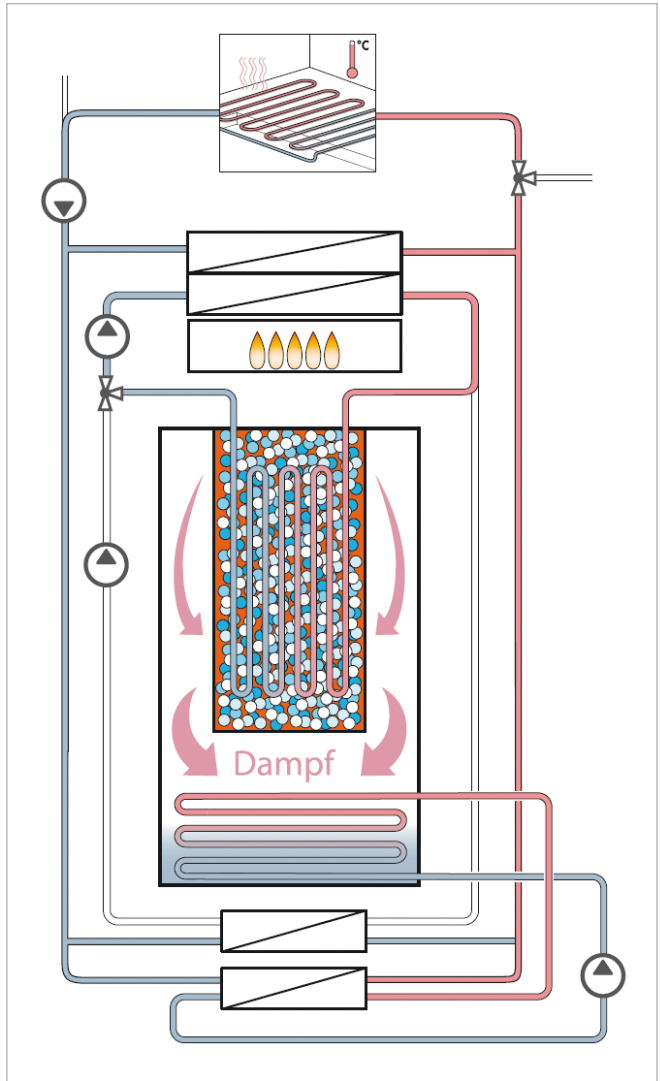
gebung, ohne sich dabei aufzulösen und erhitzen sich auch noch während der Durchfeuchtung. Andererseits kann man den Zeolithen dieses Wasser durch zusätzliche Hitze wieder austreiben. Das nennt man übrigens Desorption.

DIE MISCHUNG MACHT'S

Nun packt man also mit Augenmaß ein wenig Wasser in einen Behälter. Über dieser Pfütze werden die nach Wasser gierenden Zeolithe, in einem von allen Seiten zugänglichen Netz aufgehängt. Durch dieses Netz mit dem Zeolith führt man ein paar Heizrohre. Ausreichend viele Heizrohre, um das Zeolith, wenn es mal mit Wasser vollgesogen ist, auch wieder in angemessener Zeit zu trocknen. Unten, durch die Wasserpfützte, werden ebenfalls Heizrohre verlegt, ausreichend um das Wasser komplett verdampfen zu lassen. Und jetzt schweißst man diesen Behälter dicht. Nur ein winziger Nippel bleibt offen. An diesem Nippel wird eine Vakuumpumpe angeschlossen, die nun fröhlich vor sich hin saugen soll. Schluss ist erst bei einem Druck von absolut nur noch 5 mbar. Der Nippel wird nun ebenfalls hermetisch abgedichtet und der sehr geringe Druck im Behälter bleibt erhalten. Man erinnere sich, der normale Umgebungsdruck beträgt um die 1000 mbar und ist somit 200-mal höher als in diesem Behälter.

WIE GEHT'S WEITER?

Oben in diesem Behälter befindet sich also in einem Netz und gierig nach Wasser lechzend das Zeolith. Unten befindet sich eine Pfütze mit Wasser. Der Druck ist extrem niedrig. Das Wasser möchte unter diesen Druckbedingungen bereits bei minus zwei Grad Celsius verdampfen und dabei natürlich die Verdampfungswärme aufnehmen. Damit wäre die Adsorption eingeleitet. Sobald aber die Umgebung in der Pfütze kühler wird als minus 2 °C, stoppt der Prozess. Aber es liegen ja noch die Heizschlangen unten in der Pfütze. Hier kann jetzt Energie zugeführt werden, zum Beispiel aus der Umgebung. Bereits minus 2 °C reichen ja aus, um das Wasser zu verdampfen. Also lässt man diesen Austausch an Wärme aus der Um-



Konventionelle Technik kocht das Wasser wieder aus dem Zeolith. Natürlich wird die entstehende Abwärme wiederum genutzt

gebung zu. Als Energiequelle bietet sich beispielsweise eine Solaranlage an. Selbst im Winter wird die Absorberfläche bei einer einigermaßen Einstrahlung auch eine ausreichende Temperatur anbieten können. Das Wasser verdampft also irgendwann und wird eifrig vom Zeolith gebunden, was eine Temperaturerhöhung zur Folge hat. Diese Temperaturerhöhung ist sehr willkommen und wird an das Heizsystem abgegeben. Irgendwann sind die Kristalle vollgesaugt und der Adsorptionsprozess kommt zum Erliegen.

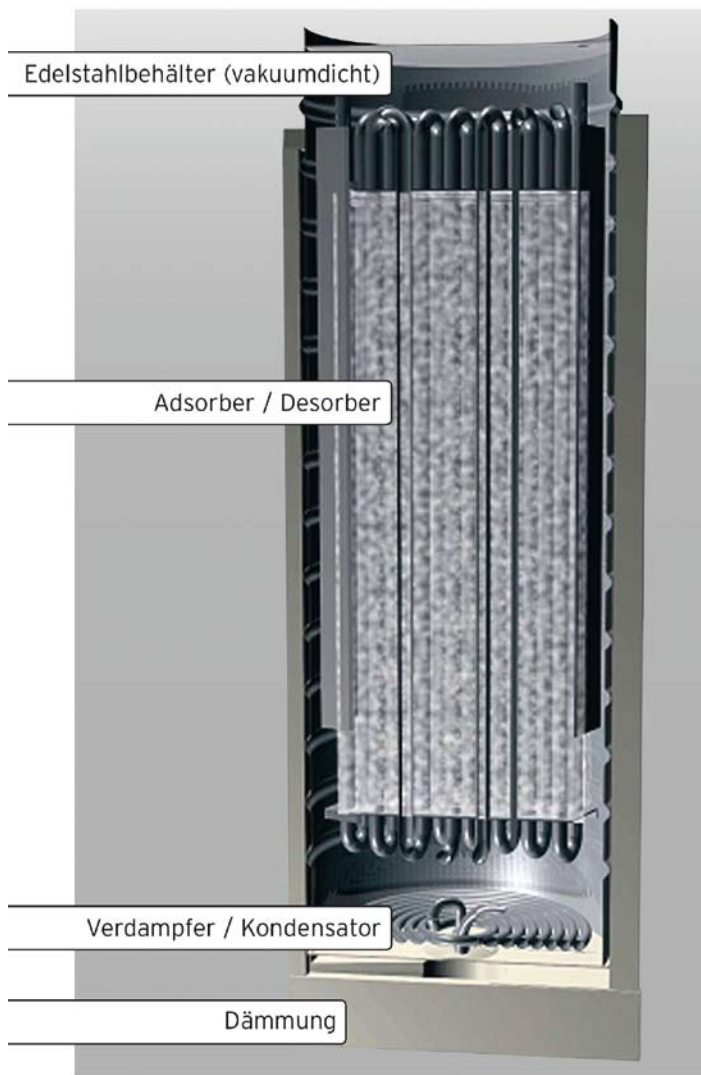
VOLLGESAUGT, UND DANN?

Das Netz mit den vollgesaugten Kristallen kann nun erhitzt werden, man erinnere sich an die durchgeschliffenen Heizrohre. Bei rund 120 Grad Celsius kocht man dem Zeolith die Wasseranteile wieder raus. Dies kann durch einen konven-



DICTIONARY

Kältemaschine	=	chiller
Vakuum	=	vacuum
Verdampfen	=	evaporating
Wärmepumpe	=	heat pump



Der „Vakuumbehälter“ hat Bereiche für Pfütze (Verdampfer/ Kondensator) und Zeolith-Netz (Adsorber/Desorber)

tionellen Gas-Umlaufwasserheizer geschehen oder – wenn man schon mal Energieeffizienz anstrebt – natürlich mittels Brennwertgerät. Der Druck im Behälter steigt und das Wasser wird kondensieren. Es sammelt sich also folglich wieder als Pfütze am Boden, wo die Umweltwärme es anschließend wieder verdampfen lässt. So kann es wieder vom Zeolith geschluckt werden und wird anschließend wieder ausgekocht. Es handelt sich also um einen Prozess, der nicht gleichmäßig durchläuft Er gliedert sich vielmehr in unterschiedliche Phasen. Man nennt einen solchen Vorgang daher einen diskontinuierlichen Prozess.

WARUM SO KOMPLIZIERT?

Wenn ein solcher Aufwand getrieben werden soll, dann muss es sich auch lohnen. Denn wenn man also ohnehin eine Flam-

me benötigt, um Temperaturen zu erreichen, die das Wasser aus dem Zeolith entfernen, dann könnte man doch gleich und ausschließlich mit der Flamme heizen. So könnte man meinen, vergisst dabei aber die Verdampfungswärme, die zwischenzeitlich der Umgebung entzogen werden konnte. Diese Energie kann natürlich auch dem Heizsystem zur Verfügung gestellt werden. Der Verdampfungs- und Kondensationsprozess läuft dabei ohne einen leistungshungrigen Verdichter ab, wie bei den sonst üblichen Wärmepumpen. Kleine schwächliche Umwälzpumpen reichen aus, um diesen Prozess in Gang zu bringen. Einmal, um die Wärmeenergie der Solaranlage einzuspeisen zur Verdampfung des Wassers. Andererseits ist eine zusätzliche Pumpe notwendig, um die Zeolithe mittels des Kesselwassers zu trocknen. Und nur wenn die eingespielte Energiemenge höher ist als der Energieaufwand, um diesen Gewinn einzufahren, bleibt also netto etwas über. Schaut man sich diesen Prozess zu Ende an, werden Normnutzungsgrade von um die 118 Prozent, bezogen auf den oberen Heizwert, erreicht. Ein modernes Gas-Brennwertgerät bringt es auf 98 Prozent. Grund genug, diese Technik möglichst schnell in den Markt zu katapultieren, wenn sie denn auch alltagstauglich ist. Aber dafür sorgen ja unsere Entwickler aus der Industrie.

AUSSICHTEN UND VARIANTEN

Diese zauberhaften Zeolithe und die wunderbaren Eigenschaften von Wasser erlauben auch die Umkehrung der Zielsetzung. Erinnern wir uns, dass dieser Bericht ja eine Kältemaschine beschreibt, während sie nach dieser Einführung höchstens als Wärmepumpe durchgeht. Es ist aber leicht einzusehen, dass das verdampfende Wasser dieses Prozesses natürlich auch Kühlenergie zur Verfügung stellen kann. Und um das Wasser anschließend wiederum aus dem Zeolith auszutreiben, würde geballte Sonnenenergie infrage kommen. Ein gekühlter Palast, mitten in der Wüste, ist also machbar, nur mit ein paar Pümpchen und ohne klotzige Kompressoren. Warten wir es ab; zuerst wird erst mal hocheffizient geheizt. ■