

## „0'zapft is!“

Sorptionsprozesse mit Zeolith-Wasser-Systemen kühlen nicht nur Getränke, sondern auch Speisen und medizinisch-pharmazeutische Produkte.

1) Das sind typische Werte für ein 20-Liter-CoolKeg.

Jeder, der gerne mit Freunden draußen den Grill anschmeißt oder ab und zu zur Garten-Party einlädt, hat das Problem wohl schon einmal gehabt: Wie die Getränke kühlen? Schon bei einem überschaubaren Personenkreis stößt der Kühlschrank schnell an seine Grenzen, und als zusätzliches Lager muss die Badewanne herhalten – notdürftig mit Eiswürfeln und Kühlakkus gefüllt. Zwar verleihen Getränkehändler hier und da auch Kühlschränke, doch zumindest was den ach so beliebten Gerstensaft angeht, gibt es inzwischen auch eine stromlose Alternative: das selbstkühlende Bierfass (Abb. 1). Kurz das Ventil umgelegt, eine halbe Stunde gewartet und schon rauscht das isotonische Getränk wohltemperiert ins Glas und die durstige Kehle hinunter. Kein Netzanschluss, kein Eis ist für diese Art der Kälteerzeugung erforderlich. Möglich ist sie dank einer Stoffgruppe, die sowohl in der Natur vorkommt als auch synthetisch in großen Mengen hergestellt wird: die Zeolithe.

Zeolithe sind kristalline Aluminosilikate, das sind aus  $\text{SiO}_4^-$ - und  $\text{AlO}_4^-$ -Tetraedern aufgebaute Mine-



Ideal für Garten oder Grillhütte: „CoolKegs“ machen das Belegen des Kühlschranks mit Dutzenden Bierflaschen

überflüssig. Die Brauerei Tucher in Nürnberg war die erste, die selbstkühlende Fässer in den Handel brachte.

ralien. Deren Baugruppen bilden einen Kristallkörper mit großen, regelmäßigen Hohlräumen, die durch Poren mit einem Durchmesser von rund einem Nanometer miteinander verbunden sind (Abb. 2). Die innere Oberfläche der Zeolithe beträgt deshalb enorme 1000 Quadratmeter pro Gramm, vergleichbar mit der von Aktivkohle.

Gebunden durch Van-der-Waals-Kräfte können fünf Kilogramm Zeolith einen Liter Wasser einlagern.<sup>1)</sup> Die frei werdende Adsorptionsenergie gibt der Kristall als Wärme ab. Entscheidend für die wiederholte technische Verwendung dieser Aluminosilikate ist, dass dabei der Kristall seine Struktur beibehält und sich durch Erwärmen das Wasser wieder austreiben lässt. Von dieser Eigenschaft leitet sich auch der Name der Zeolithe ab: Die natürlich vorkommenden Siedesteine (altgriechisch: zeein = sieden und lithos = Stein) geben beim Erhitzen viel Wasser ab. Es sieht aus, als ob sie siedeten.

Diesen Umstand machen sich auch die selbstkühlenden Fässer zunutze. In der Mitte eines solchen „CoolKegs“ steckt die so genannte Fassblase, in der sich das Bier befindet. Sie ist von einer saugfähigen, wassergetränkten Schicht umgeben, die in thermischem Kontakt mit

dem Bier steht. Um sie herum befindet sich eine thermisch isolierte Zeolithschicht (Abb. 1). Während der Raum mit der saugfähigen Schicht nur so weit evakuiert ist, dass der Restdruck ungefähr dem Dampfdruck des Wassers entspricht, damit das Wasser flüssig bleibt, ist der Raum mit dem Zeolith möglichst gut evakuiert.

Über ein Ventil sind die beiden Räume miteinander verbunden. Öffnet es der Gastgeber, sinkt der Druck im Bereich der saugfähigen Schicht schlagartig und unterschreitet den Dampfdruck des Wassers. Der entstehende Wasserdampf strömt durch das Ventil und wird vom Zeolith adsorbiert, sodass sich der Druck reduziert und rasch weiteres Wasser verdampft. Die Energie, die es für den Übergang von der Flüssig- in die Gasphase benötigt, entzieht es dem Bier. Der Zeolith erwärmt sich dagegen und gibt diese Energie nach außen ab – es steht also ein warmes Fass da, aus dem sich kaltes Bier zapfen lässt. Bis zum ersten Glas dauert es bei einem 20-Liter-Fass eine halbe bis dreiviertel Stunde.

Der Adsorptionsschritt der Energiewandlung läuft dabei so lange, bis der Zeolith mit Wasser gesättigt ist. Für den anschließenden Desorptionsschritt muss das Was-

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de



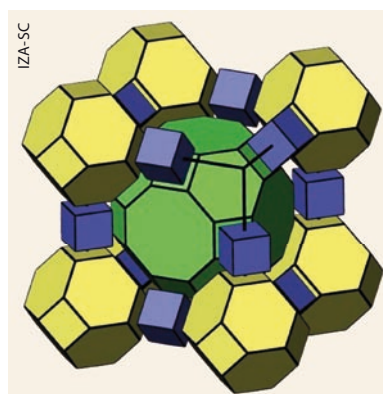
Abb. 1 Ein selbstkühlendes Bierfass im Querschnitt: Öffnet der Kunde das Ventil zwischen Zeolithschicht und Wasserverdampfer, sinkt der Druck über der wassertragenden Schicht schlagartig und unterschreitet den Dampfdruck des Wassers. Die Wassermoleküle strömen in die Zeolithschicht und werden dort adsorbiert. Die erforderliche Verdampfungsenergie entzieht das Wasser dem Bier in der Fassblase.

ser aus dem Zeolith ausgetrieben werden, damit es im Verdampfer wieder kondensieren kann. Für jeden Zeolith gibt es Kennlinien (Isosteren), die den Dampfdruck im Adsorptionsgleichgewicht über dem Zeolith in Abhängigkeit von seiner Temperatur wiedergeben. So lässt sich der jeweils ideale Stoff und Arbeitspunkt identifizieren.

Entscheidend für die Getränkeindustrie ist, dass sich der Zeolith im Fass regenerieren lässt: Dazu muss er für eine knappe Stunde auf 350 Grad Celsius erhitzt werden. Wird das Ventil zwischen saugfähiger Schicht und Zeolithschicht anschließend wieder geschlossen, lässt sich das Fass erneut befüllen und in den Handel bringen. Man muss wohl nicht extra erwähnen, dass das selbstkühlende Bierfass eine deutsche Erfindung ist ...

Doch der reversible Sorptionsprozess eines Zeolith-Wasser-Systems lässt sich für zahlreiche weitere Anwendungen nutzen. Wirtschaftlich besonders interessant sind solche, bei denen es darauf ankommt, Kühlung ohne Verluste bereitzustellen zu können, sowie Anwendungen, bei denen es auf Mobilität und Robustheit ankommt.

Beispielsweise gibt es für die Großküchenlogistik inzwischen stromlose Speisetransportwagen, die mit Zeolith arbeiten, um die Lebensmittel auf der vorgeschriebenen niedrigen Temperatur zu



**Abb. 2** Aufbau des Zeolith A (gelbe und blaue Baugruppen), eines synthetischen kristallinen Alumosilikats: Die innere Oberfläche (Kuboktaederstumpf, grün) des Zeolithkristalls beträgt etwa 1000 Quadratmeter pro Gramm, der Porendurchmesser 0,4 nm und das spezifische Porenvolumen ungefähr 0,47.



**Abb. 3** Bestimmte Verpackungen für den Transport von medizinischen oder pharmazeutischen Materialien, deren Temperatur durchgehend wenige Grad über null liegen muss, nutzen Zeolith zur Kühlung. Ein Thermostat regelt den Grad der Kühlung.

halten, bis das Personal beim Kunden – etwa im Krankenhaus oder in der Kantine – die Speisen wieder entnimmt. Die Kühlung wird für zwölf Stunden garantiert; die anschließende Desorption des Zeolith dauert an einer gewöhnlichen Steckdose drei Stunden. Auch für den Transport von medizinischen oder pharmazeutischen Materialien, deren Temperatur konstant zwischen zwei und acht Grad Celsius liegen muss, gibt es inzwischen Verpackungen, die Zeolithe nutzen (**Abb. 3**). Sie konkurrieren mit Containern, die mit Eispacks ausgerüstet sind. Damit einen definierten Temperaturbereich einzuhalten ist aber nicht ganz trivial, besonders dann, wenn es rund um den Erdball durch verschiedene Klimazonen geht. Zeolith ist da deutlich einfacher in der Handhabung.

Aufgrund ihrer anionischen Gerüstladung dienen technisch erzeugte Zeolithe auch als Ionentauscher in Waschmitteln, um das Wasser zu enthärten. Und in manchen Spülmaschinen sorgt inzwischen Zeolith dafür, dass ihr Energieverbrauch laut Hersteller um 20 Prozent geringer ausfällt „als die bisher sparsamsten Geschirrspüler“. Denn die Adsorption von gut einem Kilogramm Zeolith unterstützt die Trocknung des Geschirrs – und der Biergläser – und sorgt dafür, dass das Gerät nur rund 0,8 Kilowattstunden pro Spülgang konsumiert.

**Michael Vogel**