



## Kapitel 1: Kälte

Kühlsysteme sind stromintensiv und oft ineffizient. Mit relativ simplen Maßnahmen ließe sich viel Energie sparen.

**H**ochsommer in Deutschland: Um die Arbeit bei der Hitze erträglicher zu machen, laufen die Klimaanlage in Büros und Geschäften im ganzen Land auf Hochtouren. Tiefkühltruhen und Kühlhäuser werden hochgeregelt, damit die Waren nicht verderben. Was dabei jedoch kaum bedacht wird: Kältemaschinen verbrauchen viel Strom und schaden dem Klima. Das Kühlen von Gebäuden, Industrieanlagen und Lebensmitteln verschlingt in Deutschland fast 100 Milliarden Kilowattstunden Strom im Jahr – 16 Prozent des gesamten Stromverbrauchs. Und der Kühlbedarf nimmt zu. Analysten des Londoner Marktforschungsunternehmens Technavio schätzen, dass wegen des Klimawandels und steigender Temperaturen der Weltmarkt für Klimaanlagen von 2012 bis 2016 jährlich um mehr als fünf Prozent wachsen wird.

Forscher und Ingenieure stehen damit vor großen Herausforderungen. In Deutschland plant die Bundesregierung, den gesamten Energieverbrauch bis 2020 um zehn Prozent gegenüber 2008 zu senken. Das wird im Kühlsektor jedoch schwierig, denn die gängigen Kompressor-Kältemaschinen arbeiten nicht gerade effizient: Sie benötigen nicht nur viel elek-

trische Energie, um den Kältemittelkreislauf in Gang zu halten – ein spezielles Gas wird komprimiert, verflüssigt, entspannt und schließlich verdampft, wobei Verdunstungskälte entsteht. Bei diesem Prozess fällt auch viel Wärme an, die fast immer ungenutzt verloren geht. Effizientere Techniken, die einen kurzfristigen Ausstieg aus der stromintensiven Kälteerzeugung ermöglichen könnten, sind derzeit noch zu teuer oder befinden sich im Forschungsstadium. „Es wird daher keine technische Revolution im Kältemarkt geben“, erklärt Rainer Jakobs, Geschäftsführer des Informationszentrums Wärmepumpen und Kältetechnik (IZW).

Dennoch gibt es Möglichkeiten, bei der Kälteproduktion Energie zu sparen. Ein naheliegender Ansatz wäre es, die Abwärme der Kälteanlagen zu nutzen, die bisher einfach verpufft. In Deutschland werden im Jahr insgesamt rund 600 Milliarden Kilowattstunden Strom für das Heizen verbraucht. Kälteanlagen blasen hierzulande jährlich 250 Milliarden Kilowattstunden über die Abwärme in die Luft. Würden diese Überschüsse für die Warmwasserbereitung oder das Heizen genutzt, ließe sich viel Strom sparen. Technisch sei das kein Problem, sagt Jakobs. Herkömmliche



Wärmetauscher könnten die Energie direkt oder über ein Zwischenmedium auf andere Prozesse übertragen. So ließe sich beispielsweise industrielle Abwärme in ein Nahwärmenetz einspeisen und über eine Verteilerstation in die angeschlossenen Haushalte leiten, so Jakobs. Dort wandelten Wärmepumpen die Abwärme dann in nutzbare Wärme um.

Auch mit Ökostrom betriebene Kältemaschinen verringern den Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen. Werden die Anlagen mit speziellen Reglern intelligent gesteuert, können Betreiber zudem Kosten sparen und gleichzeitig das Stromnetz entlasten. Technologien, die Erzeugungsspitzen abfedern, werden dringend benötigt, denn mit der Energiewende wächst der Anteil an fluktuierendem Strom aus Solar- und Windkraftanlagen. Der Oldenburger Energieversorger Ewe liefert ein Beispiel, wie sich effizient Kälte erzeugen lässt. Er hat eine Biogasanlage, einen Windpark, eine Solaranlage sowie zwei Kühllhäuser im Raum Cuxhaven zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschaltet, das über Preissignale von der Strombörse gesteuert wird. Steht mehr Ökostrom zur Verfügung als benötigt, nehmen die Kühllhäuser die Überschüsse ab

und kühlen so etwas weiter herunter. Ist die Energie knapp und teuer, beziehen die Kühllhäuser weniger Strom und bewegen sich langsam wieder auf die ursprüngliche Kühltemperatur zurück. Auf diese Weise sparten die Kühllhäuser bis zu acht Prozent ihrer üblichen Stromkosten, heißt es bei Ewe.

Ähnliche Kostenvorteile soll auch ein neuer Eisspeicher bieten, der im Juni an der Westsächsischen Hochschule Zwickau in Betrieb gegangen ist. Die

”

**Es wird keine technische Revolution im Kältemarkt geben.“**

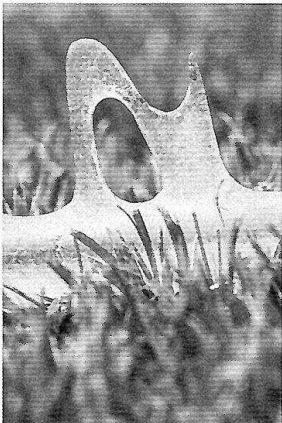
Rainer Jakobs, Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik

vom Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden (ILK) entwickelte Anlage mit 350 Kilowattstunden Speicherkapazität nutzt günstigen Nachtstrom, um Wasser in ein pump- und speicherfähiges Wasser-Eis-Gemisch umzuwandeln. Der Eisbrei fließt in einen sechs Kubikmeter großen Wasserspeicher und kann am Tag zur Klimatisierung der Lehrgebäude auf dem Campus entnommen werden. Da die Technologie günstige Energie nutze, könne sie Kälte auch günstiger bereitstellen als konventionelle Verfahren ▶

”

## Der neue Eisspeicher ist eine Alternative zu Batterien oder Power-to-Gas-Anlagen.“

Uwe Röder,  
Sächsisches Immobilien- und Baumanagement



ren, erklärt Uwe Röder vom Sächsischen Immobilien- und Baumanagement, das für den Bau der Anlage zuständig war. Außerdem sei der Eisspeicher eine Alternative zu Batterien oder Power-to-Gas-Anlagen, die zur Glättung von Einspeisespitzen vorgesehen sind, bisher aber nur eingeschränkt zur Verfügung stehen.

Wenn das Potenzial der konventionellen Kältemaschinen ausgeschöpft ist, können Sorptions-Klimaanlagen eingesetzt werden. Sie lassen sich gut mit Solarkollektoren und Blockheizkraftwerken kombinieren und verbrauchen nicht einmal halb so viel Strom wie Kompressoren. Sorptionssysteme basieren darauf, dass eine Flüssigkeit unter niedrigem Druck verdampft und dabei der Umgebung Wärme entzieht. Den Dampf nehmen Feststoffe oder Salzlösungen auf. Werden diese Zwischenspeicher erhitzt, geben sie die aufgenommene Feuchtigkeit wieder ab und der Prozess beginnt von vorne. Inzwischen gibt es mehrere dieser Klimaanlagen auf dem Markt.

Das Berliner Unternehmen Invenso bietet zum Beispiel eine Sorptionskältemaschine an, die speziell auf niedrige Temperaturen ausgelegt ist, wie sie ein Blockheizkraftwerk liefert. Sie arbeitet mit reinem Wasser als Kältemittel, das von Zeolith, einer porösen Keramik, absorbiert wird. Be-

reits bei etwa sieben Grad Celsius erreiche die Maschine nahezu ihre volle Kälteleistung von zehn Kilowatt, erklärt Invenso-Techniker Hayo Angerer-Wachenfeld. Damit könne sie gut in kleinen Gewerbebetrieben wie Autohäusern oder Sparkassen zum Einsatz kommen. Viele dieser Betriebe versorgen sich über Kraft-Wärme-Kopplung bereits selbst mit Energie. Im Sommer produzierten die Blockheizkraftwerke oft überschüssige Wärme. Nehme eine Sorptionskältemaschine diese Wärme ab und ermögliche damit die sogenannte Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, laufe das Blockheizkraftwerk effizienter, so der Experte. Der Nachteil der Sorptionstechnik ist jedoch der relativ hohe Preis. Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung hat errechnet, dass die Kilowattstunde Kälte bei den Sorptionsgeräten noch über 20 Cent kostet – deutlich mehr als bei den herkömmlichen Kompressoren. Das liege vor allem an geringen Produktionsmengen und dem hohen manuellen Anteil an der Fertigung, begründet Angerer-Wachenfeld.

### Aus Dampf wird Kälte

Eine ganz andere Idee verfolgt indes die Hamburger Firma Thermodyna. Sie will Anlagen anbieten, die Strom, Wärme und auch Kälte produzieren können – je nachdem, was gerade benötigt wird. Eine klassische Klimaanlage wäre somit überflüssig. Herzstücke sind dabei so genannte Schukey-Motoren, die laut Thermodyna-Chef Volker Bergholter Wärme bereits für fünf Cent erzeugen können, da es keine Elektronik

und nur wenige Ersatzteile gebe. Für die Kälteproduktion sind zwei Maschinen nötig: Der Antreiber wandelt Dampf in mechanische Energie um. Diese treibt die eigentliche Kältemaschine an, die feucht-warme Raumluft einsaugt, sie komprimiert, expandiert und so auf 20 Grad Celsius herunterkühlt.

Ursprünglich wollte Thermodyna die ersten Anlagen bereits 2010 verkaufen, doch wegen fehlender finanzieller Mittel hat sich das Vorhaben verzögert. Nun will Thermodyna die ersten Modelle 2016 auf den Markt bringen. Derzeit wird die Technik im Rahmen des EU-Projekts Micro-Trigeneration getestet. Die Europäische Union beteiligt sich an dem bis Ende 2016 laufenden Vorhaben mit 1,1 Millionen Euro. Weitere 400 000 Euro stellen Thermodyna sowie Projektpartner aus Österreich und der Slowakei bereit. Zunächst soll die Technik im Labor getestet werden, später ist eine Demonstrationsanlage mit 30 bis 40 Kilowatt Kälteleistung geplant, die an eine Biogasanlage im Raum Hannover angeschlossen werden soll. „Wir wollen so realistische Lösungsansätze erarbeiten, um die Schukey-Technologie auch in andere Abwärme erzeugende Energiesysteme wie Industrieabwärme, Schiffsmotoren oder Flugzeugantriebe einbinden zu können“, erklärt Bergholter.

Die Ideen für effizientere Kältetechnologien gehen noch weiter: Elektrokonzern wie Whirlpool oder Toshiba arbeiten an Kühlschränken, in deren Inneren Spezialmaterialien in einem Magnetfeld die nötige Kälte erzeugen. Die Geräte sollen geräuschlos arbeiten und deutlich weniger Energie verbrauchen als herkömmliche Kühlschränke. Bei der neuen Technik übernehmen statt eines Kompressors und Verdampfers ein Magnet und ein Rotor aus einem so genannten magnetokalorischen Material wie Kobalt oder Mangan die Arbeit. Diese Werkstoffe erwärmen sich, wenn sie in ein Magnetfeld geraten. Bei einem Magnetkühlschrank taucht eine rotierende Schreibe in das Loch des Magneten und wärmt sich dabei auf. Diese Wärme wird abgeführt. Sobald der Rotor aus dem Magnetfeld herauskommt, kühlt er ab. Der Grund: Jedes Atom des Materials besitzt eine Art magnetischen Kompass. Im Magnetfeld richten sich diese Kompass parallel aus. Aus dem Magnetfeld herausgenommen, tanzen sie dagegen wild durcheinander. Diese Unordnung wird kompensiert, indem sich die Atome selbst weniger bewegen – das Material wird kalt. Die Kälte aus dem

Rotor gelangt dann über einen Wärmetauscher in den Kühlschrank.

IZW-Experte Rainer Jakobs ist skeptisch, dass sich neuartige Verfahren wie die Magnetkühlung durchsetzen werden. „Es gibt kein konkurrierendes thermodynamisches Verfahren zum Kältemittelkreislauf.“ Die Industrie sieht das anders: Sie will die ersten Geräte bereits in einigen Jahren auf den Markt bringen. Zwar wird es sich dabei wahrscheinlich um teure Premiumprodukte handeln. Doch zeigen die Magnetkühlschränke, dass das Effizienzpotenzial in der Kältetechnik längst nicht ausgeschöpft ist. ◀

Sascha Rentzing

