



COOLER EFFEKT

Geräte mit Magnetkühlung könnten den **Stromverbrauch enorm senken**. Doch noch dauert die Suche nach dem idealen und dennoch bezahlbaren magnetischen Material an.

VON JOSEPH SCHEPPACH

Sie brummen und zählen zu den schlimmsten Stromfressern: Kühlschränke und Gefriergeräte verbrauchen bis zu einem Fünftel der häuslichen Energie. Nun bahnt sich eine Revolution in der Kühltechnik an: mit Geräten, die mucksmäuschenstill sind und nur knapp halb so viel Strom verbrauchen sollen wie landläufige Produkte. Zudem kommt ihre Technologie ohne Kühlmittel wie giftiges Ammoniak oder leicht brennbares Butan aus. Sie basiert auf einem Material, mit dem sich auch gut Postkarten an die Kühlschranktür heften lassen: Magnete.

„Der Stromverbrauch magnetischer Kühlschränke wird die heute sparsamste Effizienzklasse A+++ noch einmal um 50 Prozent unterbieten“, so Kältetechniker Neil Wilson, CEO des britischen Start-ups Camfridge. Bereits 2009 ließ der Magnet-technik-Pionier das erste Modell testen. „In drei Jahren wollen wir mit praxistauglichen Geräten auf den Markt.“ Auch Osmann Sari, Professorin von der Universität für Ingenieurwissenschaften im schweizerischen Yverdon, ist überzeugt: „Die Magnetkühlung wird in den nächsten 5 bis 10 Jahren die vertraute Kühltechnik ablösen.“ In ihrem Labor läuft einer von weltweit inzwischen über 40 Prototypen eines Magnetkühlschranks.

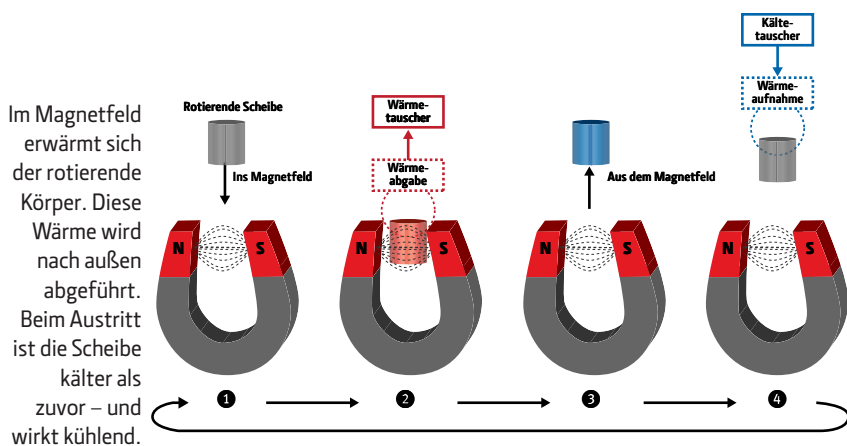
Von außen sieht der Froster aus wie jeder andere Kühlschrank. Doch im Innern verbirgt er statt eines brummenden Kompressors einen etwa fußballgroßen Magneten. Der erzeugt den sogenannten magnetokalorischen Effekt, den der deutsche Physiker Emil Warburg bereits 1880 beobachtet hat: Manche Materialien wie Eisen erwärmen sich, sobald sie in ein Magnetfeld geraten. Das kommt dadurch zustande, dass sich die Stabmagnete des Materials im Magnetfeld ausrichten. Die magnetische Entropie, quasi das Maß für die Anordnungsfreiheit der Atome, wird kleiner. Nach den Regeln der Physik aber kann die Gesamtentropie eines Systems nicht abnehmen, hier die Summe von magnetischer und thermischer Entropie. Die thermische Entropie steigt deshalb als Ausgleich an, was bedeutet: Das Material erwärmt sich. Beim Verlassen des Magnetfeldes kehrt sich der Prozess um, das Material kühlt ab.

Dieses Phänomen nutzen die Kältetechniker mithilfe eines Magneten, der einem halbierten Gugelhupf-Kuchen ähnelt. Zwischen dessen beiden Enden dreht sich eine kleine Scheibe etwa einmal pro Sekunde so, dass bei

jeder Drehung eine ihrer Hälften in das Feld des Magneten eintaucht und sich erwärmt (siehe Grafik Schritt 1). Diese Wärme gibt sie an einen Wärmetauscher ab 2. Dadurch ist sie bereits auf ihre Ausgangstemperatur abgekühlt, wenn sie das Magnetfeld wieder verlässt 3. Dank des magnetokalorischen Effekts kühlt sie sich dann erneut ab – ist dann also kälter als am Anfang. Dadurch entzieht sie dem vorbeifließenden Kühlmittel – in den Prototypen bislang schlicht Wasser – Wärme 4.

Das Prinzip ist genial, hat allerdings einen großen Nachteil: Bei Raumtemperatur funktioniert es bislang nur mit einer seltenen und teuren Legierung für die rotierende Scheibe: Gadolinium. Diese Hürde versuchen nun Forscher mit verschiedensten Materialkompositionen zu überwinden. Die Cambridge-Ingenieure und Forscherin Sari experimentieren mit einer Legierung aus Kobalt, Mangan, Silizium und Germanium. Der Chemiekonzern BASF setzt auf eine Legierung aus Mangan, Eisen, Silizium und Phosphor. Doch noch lassen sich die Materialien nicht zu wirtschaftlichen Preisen in den erforderlichen Mengen herstellen.

Sollte dies gelingen, träumen Ingenieure von einer coolen Zukunft: von Magnetkühlern in Jachten, Flugzeugen und insbesondere in Elektroautos. Besonders elegant ist, dass sich der Prozess umkehren lässt. Statt Wärme im Sommer aus dem Fahrzeug herauszuschaukeln, kann die Technologie sie im Winter auch hineintragen. Das würde die Reichweite der Fahrzeuge deutlich erhöhen. Denn die Heizung der E-Mobile verschlingt in der kalten Jahreszeit bis zu 60 Prozent der Akkuladung. ❄



Grafik: Camfridge, Foto: Herbert Kehrer/Mauritius Images



AUF EIS GELEGT

Tiefkühlhäuser können den **schwankenden Ertrag von Windkraft- und Solaranlagen ausgleichen**, indem sie die Leistung ihrer Maschinen an das Stromangebot anpassen. Warum wird die Möglichkeit kaum genutzt?

VON RALPH DIERMANN

Aus einem Päckchen Tiefkühl-Lachs ist mehr zu holen als nur ein leckerer Teller Tagliatelle al salmone – der Fisch kann als eine Art Energiespeicher dienen. Genau das passiert in Cuxhaven, wo zwei Tiefkühlhäuser ihre Temperatur an das jeweilige Stromangebot anpassen. Drängt bei einer kräftigen Brise oder Sonnenschein viel Energie ins

Netz, kühlen die Kältemaschinen den Fisch um einige Grad tiefer als üblich ab. Bei einer Flaute oder dichten Wolken schalten die Anlagen dagegen ab, bis die Temperatur wieder auf den Standardwert gestiegen ist. So helfen Lachs, Hering & Co. dabei, Stromangebot und -nachfrage im Netz in Balance zu bringen.

Gesteuert werden die Anlagen über kurzfristige Preissignale von der Börse. „Die Erfahrungen sind rundweg positiv“, berichtet Ulli Arndt vom lokalen Energieversorger EWE. Die Kühlhausbetreiber wollen deshalb die flexible Steuerung, die zunächst nur als befristetes Pilotprojekt angedacht war, beibehalten. „Das lohnt sich, weil sie so gezielt niedrige Strompreise nutzen können“, sagt Arndt. Auf diese Weise haben die Betreiber ihre Stromkosten um etwa acht Prozent reduziert.

Nach einer Studie der Deutschen Energie-Agentur (dena) könnte die deutsche Lebensmittelindustrie mit einem solchen Lastmanagement einen großen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten: Ihre Kühlhäuser wären technisch in der Lage, bei Strommangel zusammen knapp 1500 Megawatt an positiver Regelernergie zu liefern – sprich kurzzeitig auf den Strombezug zu verzichten, um so Angebot und Nachfrage im Netz wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Das entspricht etwa der Leistung von drei großen Gaskraftwerken. Bei negativer Regelernergie, also der zusätzlichen Abnahme von Strom

bei schwacher Nachfrage, sind es rund 700 Megawatt. Diese Flexibilität könnten Kühlhausbetreiber am Markt für Regelernergie verkaufen – und so zusätzlich Geld einnehmen.

Allerdings nutzt die Branche dieses Potenzial bislang kaum, obwohl es mit dem Regelergiemarkt längst einen entsprechenden Handelsplatz gibt. Warum zögern die Unternehmen? Zum einen aus psychologischen Gründen – immerhin lagern in den Kühlhäusern oftmals Waren im Wert von mehreren Millionen Euro. Würde die Temperatursteuerung außer Kontrolle geraten, wäre der Schaden groß. Zum anderen erschwert Bürokratie die Teilnahme am Regelergiemarkt. Viele Unternehmen sind gezwungen, sich mit ihrem Stromlieferanten abzustimmen, wenn sie aus ihrer Flexibilität Kapital schlagen wollen. Das macht die Sache kompliziert, zumal viele Kühlhausanlagen nur eine Leistung von einigen Hundert Kilowatt besitzen, die Erlöse also recht gering ausfallen würden.

Aus diesem Grund lohnt es sich auch nicht, die 60 Millionen Haushaltskühl- und Gefrierschränke über ein Smart Grid fernzusteuern, um Stromangebot und -nachfrage auszugleichen. „Das Speichervolumen der Geräte ist viel zu gering“, erklärt Benjamin Bayer vom Potsdamer Institute for Advanced Sustainability Studies. Zudem verbrauchen die Geräte laut einer EWE-Studie bis zu elf Prozent mehr Strom, wenn ihre Steuerung

statt auf Energiesparen auf die Situation im Stromnetz ausgerichtet wird. Den großen Kühlhäusern hingegen geht es weniger um den niedrigsten als vielmehr um den billigsten Stromverbrauch – für sie rechnet es sich deshalb trotzdem, sich an den im Tagesverlauf unterschiedlichen Tarifen der Versorger zu orientieren und teure Leistungsspitzen zu vermeiden.

1500
Megawatt könnten
Kühlhäuser an
positiver
Regelernergie
liefern.