

Magnetokalorik

Kühlsystem ohne schädliche Kältemittel

Eine Entdeckung aus dem Jahr 1917 wird zukunftsfähig: Ein Forschungsteam am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM) entwickelt effiziente magnetokalorische Kühlsysteme ohne schädliche Kältemittel. Das magnetisierende Verfahren könnte die Kompressorkühlung bei grossen Anlagen mittelfristig ablösen.

Von Fraunhofer-Gesellschaft*

Weltweit arbeiten viele Gruppen an Kühlschränken, industriellen Kühlsystemen und Klimaanlagen, die die Wärme mithilfe magnetokalorischer Materialien pumpen (siehe «Der

weite Weg in die Anwendung»). Der hierbei durch Magnetisierung erzeugte Zyklus von Erwärmen und Abkühlen lässt sich hervorragend zur Kühlung nutzen. Auch am Fraunhofer-Institut für Physikalische

Messtechnik (IPM) in Freiburg im Breisgau setzen der Physiker Kilian Bartholomé und sein Team auf diese Technologie, um ein äusserst effizientes Konzept für die Wärmeübertragung zu entwickeln,



Ausgemusterte Kühlschränke: Es braucht Alternativen zu den heute üblichen fluoridierten Kohlenwasserstoffen (FKW) mit hohem Treibhauspotenzial.

das ohne schädliche Kältemittel auskommt – ein klimapolitisches Gebot der Stunde.

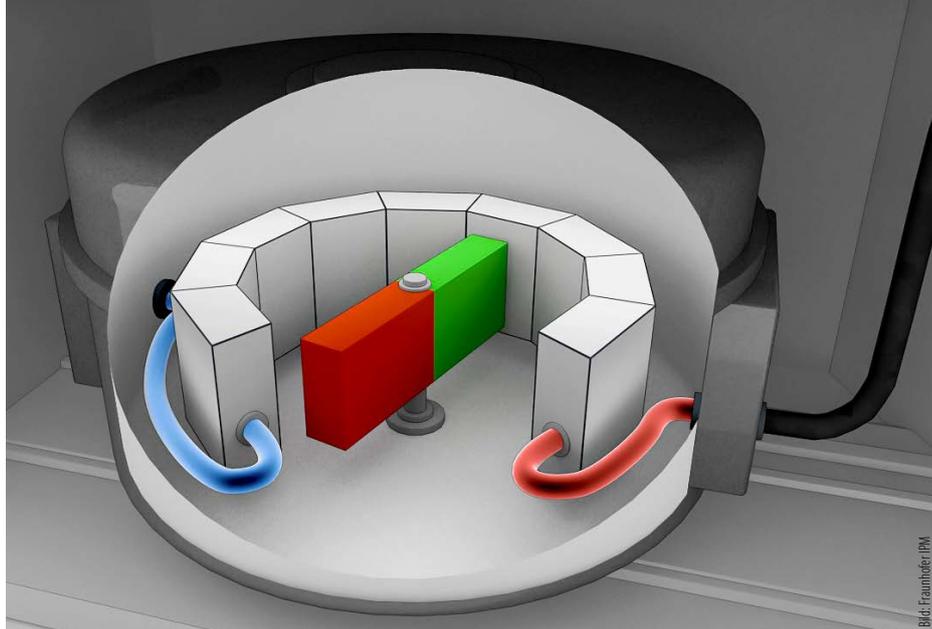
Der Bedarf an einer innovativen Kühltechnologie ist gross. Denn die heute üblichen fluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW) haben ein hohes Treibhauspotenzial. Die EU hat ihre Verwendung daher deutlich eingeschränkt. Als Alternative zu FKW gibt es natürliche Kältemittel, wie zum Beispiel Butan oder Propan. Diese Gase werden in Haushaltskühlschränken eingesetzt. Sie sind jedoch brennbar. Die in Haushaltskühlschränken enthaltene Menge gilt als gefahrlos. Für grosse Kühlanlagen wie zum Beispiel in Supermärkten sind sie jedoch keine Option. Die Industrie arbeitet an alternativen Kältemitteln. Doch bis jetzt gibt es keine überzeugenden Lösungen.

Umweltfreundliche Legierung

Ein magnetokalorisches Kühlsystem kommt ganz ohne schädliche Kältemittel aus. Als magnetokalorisches Material verwenden die Forscherinnen und Forscher eine umweltfreundliche Lanthan-Eisen-Silizium-Legierung, die sich beim Anlegen eines Magnetfeldes erwärmt und beim Abschalten wieder abkühlt. Zum Abführen der entstandenen Wärme hat Kilian Bartholomé mit seinem Team ein besonderes Verfahren entwickelt und auch schon patentiert.

Er setzt beim Bau seiner Kältemaschine auf die Nutzung latenter Wärme – das ist die Energie, die eine Flüssigkeit zum Verdampfen benötigt. «Da Wasser sehr viel Energie aufnimmt, wenn es vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, nutzen wir den Verdampfungsprozess, um die Wärme zu übertragen», erklärt der Physiker. «So kann die thermische Energie sehr effizient übertragen werden.»

Auf die Idee, den Verdampfungsprozess für den Wärmetransport zu nutzen, kamen



Aufbau eines magnetokalorischen Kühlsystems: In den grau dargestellten Segmenten befindet sich das magnetokalorische Material. Dieses wird durch den rotierenden Magneten abwechselnd erwärmt und abgekühlt. Durch den internen Aufbau der Segmente wird auf der rechten Seite Wärme an die Umgebung abgegeben, während links Wärme aus dem zu kühlenden Bereich abgeführt wird.

Kilian Bartholomé und sein Kollege Jan König durch sogenannte Heatpipes, die als Röhrenkollektoren bei Solaranlagen oder zur Computerkühlung eingesetzt werden. Heatpipes bestehen aus einem luftleeren Rohr, in das etwas Flüssigkeit eingeschlossen ist. Wird die eine Seite des Rohres erwärmt, verdampft das Fluid auf dieser Seite und kondensiert auf der kalten Seite. Dabei werden hohe Wärmeübertragungsraten erreicht.

Die magnetokalorische Heatpipe, die am Fraunhofer IPM entwickelt wird, ist allerdings wesentlich komplexer. Sie besteht aus vielen kleinen Kammern, in denen sich das magnetokalorische Material befindet. Damit die Legierung vom Wasserdampf optimal durchdrungen werden kann, hat es eine feinporöse Struktur. Das Rezept für die Herstellung der porösen Legierung stammt von Sandra Wieland und Martin Dressler vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung IFAM.

Neuer Weltrekord

Um die Effizienz weiter zu steigern, ordnet Bartholomé die Segmente der Heatpipe kreisförmig an und lässt in der Mitte einen Magneten rotieren. Wenn der Demonstrator Ende des Jahres fertig ist, soll er eine Leistung von 300 Watt haben. Zum Vergleich: Der Kompressor eines Haushaltskühlschranks hat eine Leistung von 50 bis 100 Watt. Schon jetzt kann das System mit einer sehr hohen Frequenz gefahren werden. Daher hat sich die Freiburger Forschergruppe vorgenommen, mit dem Demonstrator einen Weltrekord für magnetokalorische Kühlsysteme zu brechen – und zwar bezüglich der Systemfrequenz. Das langfristige Ziel ist, 50 Prozent des theoretisch maximalen Wirkungsgrades zu erreichen. Vergleichbare bisherige Systeme erzielen heute rund 30 Prozent.

Die Industrie zeigt bereits grosses Interesse, zum Beispiel die deutsche Philipp Kirsch GmbH, die Spezialkühlschränke für medizinische Labore, Apotheken und Krankenhäuser herstellt. Das Traditionsunternehmen arbeitet in einem vom deutschen Bundeswirtschaftsministerium geförderten Projekt mit dem Fraunhofer IPM zusammen. «Wir wollen auf Basis der Magnetokalorik ein Minus-86-Grad-Gerät auf den Markt bringen», sagt Geschäftsführer Jochen Kopitzke. «Die Magnetokalorik hat ein sehr grosses disruptives Potenzial und könnte die Kompressorkühlung mittelfristig ablösen. Wir sehen da einen klaren Markt, den wir uns erschliessen können.» ■

Der weite Weg in die Anwendung

Magnetokalorische Materialien lassen sich durch Magnetisierung erwärmen, allerdings nur in einem engen Temperaturbereich, der für jedes Material spezifisch ist. Legt man bei diesen Temperaturen ein Magnetfeld an, richten sich die magnetischen Momente in Richtung des Magnetfeldes aus. Dabei entsteht thermische Energie. Das Material erwärmt sich.

Eisen zeigt den magnetokalorischen Effekt bei rund 750 Grad Celsius, Nickel bei etwa 360 Grad. Es gibt nur ein ein-

ziges Element, das sich auch bei Raumtemperatur magnetokalorisch erwärmen lässt: Gadolinium, ein sehr seltenes und daher auch extrem teures Metall. Erst Ende der 1990er-Jahre wurden Legierungen entwickelt, die bei Raumtemperatur magnetokalorisch sind und sich kostengünstig industriell herstellen lassen. Eine davon ist die Lanthan-Eisen-Silizium-Legierung, mit der die Arbeitsgruppe am Fraunhofer IPM arbeitet. (IPM)

* Dieser Artikel wurde von der Fraunhofer-Gesellschaft zuerst in «Forschung Kompakt» publiziert.