



1 + 2 So könnte ein magnetokalorisches Kühlsystem aussehen. Im Inneren erzeugt ein sich drehender Permanentmagnet ein magnetisches Feld, sodass die in Reihe geschalteten magnetokalorischen Segmente zyklisch erwärmt und wieder abgekühlt werden.

MAGNETOKALORIK UND ELEKTROKALORIK

Effizienter Wärmeübertrag im magnetokalorischen Kühlkreislauf

Magnetokalorische Kühltechnik gilt als heißer Kandidat, wenn es um effiziente und weniger umweltschädliche Alternativen zur Kompressor-Kühlung geht. Entscheidend für eine zukünftige Markttauglichkeit ist es, den Wärmeübertrag zwischen einem magnetokalorischen Material und einer Wärmeübertragungseinheit möglichst effizient zu realisieren. Fraunhofer IPM hat dazu ein neues Konzept entwickelt, das auf sogenannten Heatpipes basiert.

Bei der Kühltechnik setzen die Hersteller fast ausschließlich auf Kompressoren. Die für den Betrieb der Systeme notwendigen Kältemittel sind allerdings umwelt- und/oder gesundheitsschädlich und werden daher EU-weit immer weiter reglementiert oder auch verboten. Magnetokalorische Kühlzyklen könnten in Zukunft um bis zu 30 Prozent effizientere Kühlsysteme ermöglichen. Solche Systeme sind grundsätzlich wartungs- und geräuscharm und kommen ohne den Einsatz der umstrittenen Kältemittel aus.

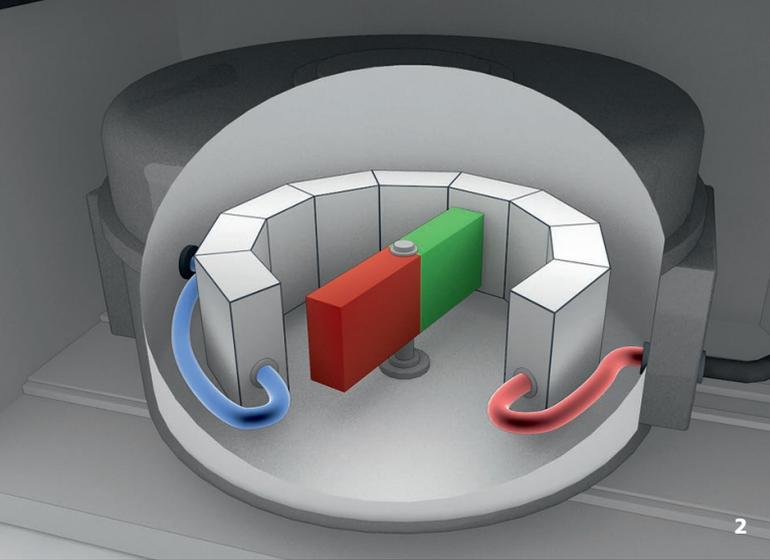
Effizienzsprung bei Materialien

Magnetokalorische (MK) Materialien erwärmen sich bei Einwirkung eines magnetischen Felds und kühlen sich nach dessen Entfernen wieder ab. Zum Aufbau eines Kühlzyklus wird ein Magnetfeld an das MK-Material angelegt. Das erwärmte Material wird mit einer Wärmesenke verbunden, um die entstandene Wärme abzuführen. Wird das Magnetfeld entfernt, so kühlt sich das MK-Material ab. Die Temperatur liegt dabei unter der Ausgangstemperatur. Das Material wird nun mit einer zu kühlenden Stelle verbunden und kann Wärme aufnehmen, bis es wieder die Ausgangstemperatur erreicht hat. Magnetokalorische Kühlkreisläufe wurden

bereits in den 1970er Jahren realisiert. Dank immer effizienterer MK-Materialien sind heute magnetokalorisch arbeitende Wärmepumpen mit einer Pumpleistung von mehreren Kilowatt grundsätzlich möglich. Im Rahmen des Projekts »MagCon« (Magnetokalorik: Entwicklung kältemittelfreier, hocheffizienter Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen) entwickeln Wissenschaftler am Institut gemeinsam mit Kollegen des Fraunhofer IFAM den Prototyp eines magnetokalorischen Kühlkreislaufs mit einem neuen, patentierten Wärmeübertragungskonzept, das nach dem Heatpipe-Prinzip funktioniert. Ziel ist das weltweit erste kältemittelfreie System mit einer Wärmepumpleistung von 300 W, einem Temperaturhub von 35 K und einer Leistungszahl über 5.

Heatpipes für schnelle Wärmeübertragung

Entscheidend für den Wirkungsgrad eines magnetischen Kühlzyklus ist die Effizienz der Wärmeübertragung zwischen MK-Material und Wärmeübertragungseinheit. Bisherige Prototypen basieren auf dem »Active Magnetic Regeneration« (AMR) Konzept. Dabei wird das MK-Material zur Wärmeübertragung mit einem gepumpten Fluid umspült. Ein niedriger Wärmeübertragskoeffizient und die daraus



resultierende niedrige Zyklusfrequenz sowie die hohe erforderliche Pumpenergie machen AMR-Konzepte insgesamt ineffizient. Bei dem von Fraunhofer IPM entwickelten Heatpipe-Konzept zum Wärmeübertrag wird Wärme passiv durch das Verdampfen und Kondensieren eines Fluids in einem hermetisch abgeschlossenen Volumen übertragen. Solche auch Thermosiphon genannten Wärmeübertragungseinheiten werden beispielsweise in Solarkollektoren oder in der Computerkühlung eingesetzt. Die Nutzung des Heatpipe-Konzepts zur Realisierung eines magnetokalorischen Kühlzyklus ist neu.

Das Ganze funktioniert effizient und schnell: Durch das Verdampfen eines Fluids, beispielsweise Wasser oder Ethanol, an der Wärmequelle und anschließendes Kondensieren an der Wärmesenke können Wärmeübergangskoeffizienten

erreicht werden, die um Größenordnungen höher sind als bei herkömmlicher Wärmeübertragung mittels Wärmeleitung oder Konvektion. Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass der Transport der thermischen Energie von einem der wenige Zentimeter großen magnetokalorischen Segmente zum nächsten im Bereich von Millisekunden erfolgt. Daher lassen sich grundsätzlich Kühlzyklen mit einer Frequenz von mehr als 10 Hz aufbauen. Fraunhofer IPM realisiert die Heatpipes als thermische Dioden, die den Wärmefluss in nur einer Richtung gewährleisten. Effiziente, kältemittelfreie Wärmepumpen auf Basis eines magnetokalorischen Zyklus haben das Potenzial, die Kühltechnik zu revolutionieren. Das Charmante daran: Magnetokalorische Wärmepumpen lassen sich ebenso als Heizung nutzen – und könnten so ein wichtiger Baustein für die Klimatechnik der Zukunft sein.

MAGNETOKALORISCHER KÜHLKREISLAUF

Die Wärme wird nach dem Prinzip einer thermischen Diode in nur eine Richtung »weitergeschoben«. Durch die im Magnetfeld erzeugte Wärme verdampft Flüssigkeit im MK-Material (1). Der Druck im Segment steigt. Das Überdruckventil öffnet sich, sodass Dampf in das Nachbarelement gelangt (2). Nach Abschalten des Magneten kühlt das MK-Material auf unter die Ausgangstemperatur ab (3). Der Dampfdruck sinkt. Es entsteht ein Unterdruck gegenüber dem vorangehenden Segment. Gasförmiges Fluid strömt nach, Wärme wird aus dem vorangehenden Segment aufgenommen (4).

