



1 Für den wachsenden Markt der Kältetechnik sind dringend umweltfreundliche Technologien gefragt.

2 Werden elastokalorische Materialien verformt, entsteht Wärme. Wird der Druck entfernt, kehren sie in ihren Urprungszustand zurück. Dabei entsteht ein Temperaturgefälle, das sich zur Realisierung einer Wärmepumpe nutzen lässt.



## ELASTOKALORISCHE SYSTEME EFFIZIENTE KÜHLSYSTEME OHNE SCHÄDLICHE KÄLTEMITTEL

Heute am Markt erhältliche Kühlsysteme basieren fast ausschließlich auf Kompressoren. Die Technologie ist für den effizienten Betrieb jedoch auf Kältemittel angewiesen, die umwelt- oder gesundheitsschädlich sind; mitunter auch brennbar oder explosiv. Neue Regularien auf EU-Ebene schränken die Verwendung solcher schädlicher Kältemittel immer stärker ein. Innovative Kühlkonzepte sind daher für viele Anwendungsgebiete dringend gefragt.

Festkörperbasierte Kühlsysteme auf Basis kalorischer Materialien gelten als vielversprechende Alternative zur Kompressor-Technologie. Im weltweit stetig wachsenden Markt der Kältetechnik könnten sie zu einer umweltfreundlichen Alternative werden. Fraunhofer IPM entwickelt elastokalorische Kühlsysteme. Ein neuartiges Konzept zum Wärmeübertrag trägt dabei entscheidend zur Effizienz bei.

### Prinzip des elastokalorischen Kühlkreislaufs

Elastokalorische Kühlsysteme nutzen den Formgedächtniseffekt bestimmter Metalle, um durch eine Krafteinwirkung eine reversible Temperaturänderung zu induzieren. Bei elastokalorischen (EK)-Materialien verursacht mechanischer Druck eine kristalline Phasenumwandlung. Dabei erwärmt sich das Material von der Ausgangstemperatur  $T_0$  auf  $T_0 + \Delta T$ . Über eine Wärmesenke wird die entstandene Wärme abgeführt und die Temperatur des Materials fällt auf die Ausgangstemperatur  $T_0$  zurück. Beim Entfernen der mechanischen Spannung kühlt das Material auf eine Temperatur unterhalb des Ausgangsniveaus ( $T_0 - \Delta T$ ) ab. Verbindet man das Material nun mit einer zu kühlenden Stelle, so kann es Wärme aufnehmen bis die Ausgangstemperatur wieder erreicht ist. Durch zyklische Be- und Entlastung des



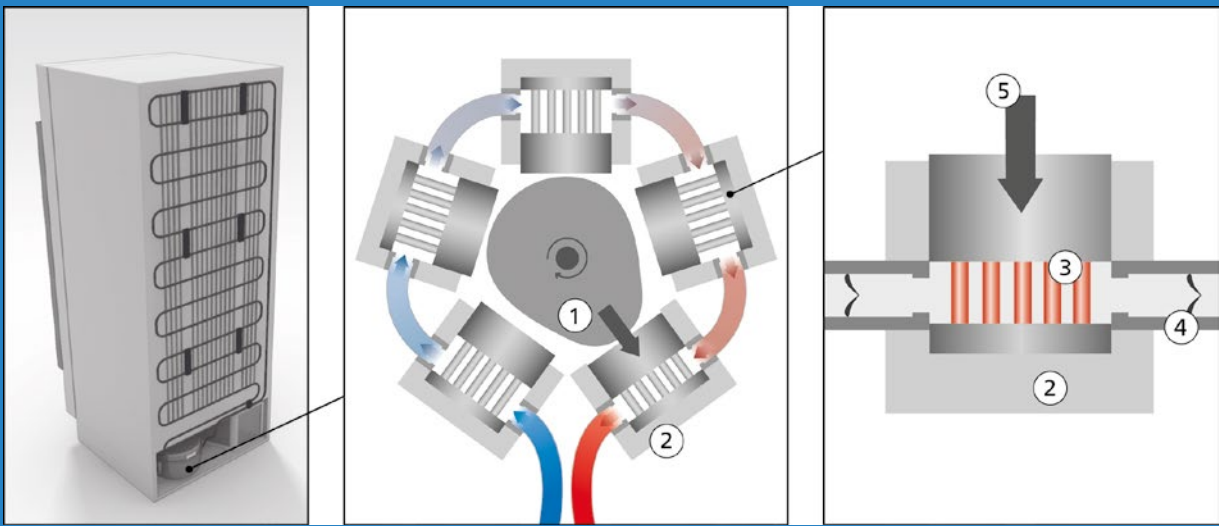
#### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Heidenhofstraße 8  
79110 Freiburg

#### Ansprechpartner

Dr. Kilian Bartholomé  
Stellv. Abteilungsleiter, Gruppenleiter  
Kalorische Systeme  
Telefon +49 761 8857 238  
kilian.bartholome@ipm.fraunhofer.de

[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)



Materials und entsprechende Wärmeabfuhr lässt sich ein Kühlkreislauf realisieren. Formgedächtnislegierungen wie etwa die kommerziell verfügbare Nickel-Titan-Legierung Nitinol zählen zu den Materialien mit einem ausgeprägten elastokalorischen Effekt, der einen großen Temperaturhub ermöglicht. In einem Versuchsaufbau erzielten Wissenschaftler am Fraunhofer IPM bei Anlegen eines Drucks von 750 MPa an Nitinol-Stäben eine Temperaturdifferenz von 15 K.

#### Passiver Wärmeübertrag erhöht Effizienz

Entscheidend für die Gesamteffizienz eines elastokalorischen Kühlsystems ist der Wärmeübertrag zwischen EK-Material und Wärmeübertragereinheit. Gängige Konzepte realisieren diesen durch aktives Pumpen eines Fluids, was die Zyklusfrequenz des

Systems auf wenige Hertz limitiert. Fraunhofer IPM setzt daher auf ein passives Konzept zum Wärmeübertrag, das bereits in Heatpipes oder Thermosiphons genutzt wird. Der Wärmeübertrag wird dabei über Verdampfen und Kondensieren eines Fluids, z. B. Wasser oder Ethanol, realisiert. Das Fluid befindet sich in einem hermetisch abgeschlossenen, von allen Fremdgasen befreiten Rohr und liegt sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Form vor. Der Wärmeübergangskoeffizient beim Verdampfen erreicht Werte bis  $100 \text{ kW} / (\text{m}^2 \text{K})$  und ist somit um Größenordnungen höher als bei klassischen Systemen.

Für den Aufbau eines Kühlsystems werden einzelne elastokalorische Segmente in Reihe geschaltet und als thermische Dioden konzipiert, sodass Wärme segmentweise in eine Richtung transportiert und jeweils eine Seite des Segments gekühlt und die andere

#### 3 Aufbau des EK-Systems

*Links: Eine elastokalorische (EK) Kühleinheit ersetzt den Kompressor im Kühlschrank.*

*Mitte: EK-Kühleinheit bestehend aus Drucksystem (1) und EK-Segmenten (2).*

*Rechts: EK-Segment (2) bestehend aus EK-Wärmeübertragereinheit (3), Überdruckventil (4) und Kraftaufnahme (5)*

erwärmt wird. Der Wärmetransport von einem Segment zum nächsten erfolgt innerhalb von Millisekunden, sodass das System mit einer Frequenz von über 10 Hz betrieben werden kann. Die patentierte Kombination von latentem Wärmeübertrag und thermischer Diode in einer elastokalorischen Wärmepumpe ermöglicht eine hohe Pumpleistung und eine hohe Effizienz des Gesamtsystems.

#### 4 Funktionsweise eines elastokalorischen Segments

- Das Material wird komprimiert und erwärmt sich, die vorhandene Flüssigkeit verdampft.
- Der Dampfdruck im Segment steigt, das Ventil nach rechts öffnet sich, das gasförmige Fluid entweicht und überträgt latente Wärme ins nächste Segment.
- Die externe Kraft wird entfernt, das EK-Material kühlt ab.
- Der Dampfdruck sinkt, es entsteht ein Unterdruck gegenüber dem vorangehenden Segment. Gasförmiges Fluid strömt nach, Wärme wird aus dem vorangehenden Segment aufgenommen.

