



## Keep cool

Forscher entwickeln magnetischen Kühlkreislauf /

Kooperation der TU Darmstadt und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf

Darmstadt/Dresden, 17. September 2018. Klimawandel, Bevölkerungswachstum und steigende Lebensansprüche führen dazu, dass der Energiebedarf für Kühlprozesse weltweit deutlich schneller wächst als jener fürs Heizen. Ein weiteres Problem heutiger Kältetechnik sind Kühlmittel, die Umwelt- und Gesundheitsschäden verursachen. Abhilfe könnte eine neuartige Technologie bringen: Kühlung durch magnetische Materialien in Magnetfeldern. Forscher der Technischen Universität (TU) Darmstadt und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR) entwickelten die Idee für einen Kühlkreislauf, der auf dem „magnetischen Gedächtnis“ spezieller Legierungen beruht. Erste experimentelle Ergebnisse dazu veröffentlichte jetzt die Fachzeitschrift „Nature Materials“ (DOI: 10.1038/s41563-018-0166-6).

Metalle können beim Erwärmen oder Abkühlen ihre magnetischen Eigenschaften verändern. „Eisen etwa ist nur unterhalb von 768 Grad Celsius ferromagnetisch, bei Nickel liegt die Umwandlungstemperatur bei 360 Grad Celsius“, schildert Oliver Gutfleisch, Professor für Funktionale Materialien an der TU Darmstadt. „Umgekehrt werden manche Legierungen ferromagnetisch, wenn man sie erwärmt. Mit diesem Phasenübergang verbunden ist der so genannte magnetokalorische Effekt: Bringt man diese so genannten Formgedächtnis-Legierungen knapp unterhalb ihrer Umwandlungstemperatur in ein äußeres Magnetfeld, springen sie spontan in ihre magnetische Ordnung und kühlen sich gleichzeitig ab“, beschreibt Gutfleisch. „Je stärker das Magnetfeld, desto stärker die Abkühlung.“

Dr. Tino Gottschall, der mittlerweile am Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) des HZDR forscht, und seine Kollegen untersuchten verschiedene Formgedächtnis-Legierungen und ihre Eigenschaften bis ins Detail: „Bei der Magnetisierung können sich auch andere Eigenschaften verändern, zum Beispiel die Dichte – weshalb manche Legierungen ihr Volumen vergrößern.“ Die Physiker fanden heraus, dass ein von außen ausgeübter Druck tatsächlich den Magnetisierungsprozess rückgängig machen kann. Dabei erwärmt sich die Legierung.

Der experimentelle Nachweis gelang den Wissenschaftlern schließlich gemeinsam mit Professor Antoni Planes und Professor Lluís Mañosa von der Universität Barcelona. „Wir benutzten für unsere Versuche eine

Kommunikation und Medien  
Corporate Communications

Karolinenplatz 5  
64289 Darmstadt

Ihr Ansprechpartner:  
Jörg Feuck  
Tel. +49 6151 16 - 20018  
[feuck@pvw.tu-darmstadt.de](mailto:feuck@pvw.tu-darmstadt.de)  
[www.tu-darmstadt.de/presse](http://www.tu-darmstadt.de/presse)  
[presse@tu-darmstadt.de](mailto:presse@tu-darmstadt.de)

Helmholtz-Zentrum Dresden-  
Rossendorf (HZDR)

Dr. Annegret Seemann |  
Wissenschaftsredakteurin |  
Kommunikation und Medien  
Tel. +49 351 260-2515  
[a.seemann@hzdr.de](mailto:a.seemann@hzdr.de)

Dr. Thomas Kluge  
Institut für Strahlenphysik am HZDR  
Tel. +49 351 260 - 2464  
[m.gensch@hzdr.de](mailto:m.gensch@hzdr.de)

Dr. Christine Bohnet |  
Pressesprecherin und Leitung HZDR-  
Kommunikation  
Tel. +49 351 260 - 2450 oder +49 160  
969 288 56  
[c.bohnet@hzdr.de](mailto:c.bohnet@hzdr.de)

[www.hzdr.de](http://www.hzdr.de)

**HZDR**

 HELMHOLTZ  
ZENTRUM DRESDEN  
ROSSENDORF



Legierung aus Nickel, Mangan und Indium, weil sich damit die Umwandlung bei Raumtemperatur auslösen lässt“, so Gottschall. Das Magnetfeld erzeugten die Wissenschaftler mit den stärksten bislang bekannten Dauermagneten – neben Eisen und Bor enthalten sie das Seltenerd-Metall Neodym. Damit lassen sich Magnetfelder bis zu einer Flussdichte von 2 Tesla erzeugen – 40.000 Mal so stark wie das Magnetfeld der Erde. „Unsere Legierung kühlt sich unter solchen Bedingungen um mehrere Grad ab“, schildert Gottschall, „bei Messungen im HLD haben wir festgestellt, dass bereits eine Millisekunde im Magnetfeld für eine dauerhafte Umwandlung ausreicht.“

### **Kleiner Druck – große Wirkung**

Im nächsten Schritt des sechsstufigen Zyklus entfernten die Forscher den Kühlkörper aus dem Magnetfeld, dabei behält dieser seine Magnetisierung. In Schritt drei kommt er in Kontakt zum Kühlgut und nimmt dessen Wärme auf. Selbst wenn der Kühlkörper dabei wieder die Ausgangstemperatur erreicht, bleibt er magnetisch. Abhilfe schafft mechanischer Druck: In Schritt vier presst eine Walze den Kühlkörper zusammen. Unter Druck wechselt er in seine dichtere, nicht-magnetische Form; dabei erwärmt er sich. Wird in Schritt fünf der Druck weggenommen, behält das Material seinen Zustand bei und bleibt entmagnetisiert. Im letzten Schritt gibt die Legierung Wärme an die Umgebung ab, bis sie wieder ihre Ausgangstemperatur erreicht hat und der Kühlzyklus erneut beginnen kann.

### **Teure Rohstoffe**

„Noch vor wenigen Jahren galten Legierungen mit magnetischem Gedächtnis als unbrauchbar, weil sie sich im Magnetfeld nur einmal abkühlen lassen“, beschreibt Gutfleisch. „Daher orientierten sich die Forschungen weltweit auf Materialien ohne Erinnerungseffekt. Kühlschränke, die nach diesem Wirkprinzip produziert werden, haben allerdings ihren Preis.“ Größter Posten bei den Herstellungskosten sind die nötigen Dauermagnete: „Bei reversibler Magnetisierung bleibt der Kühleffekt nur so lange erhalten, wie der Kühlkörper dem Magnetfeld ausgesetzt ist. Selbst im günstigsten Fall muss dafür die Hälfte des Kühlmittels zwischen Magneten platziert sein. Das heißt: Man braucht viermal so viel Dauermagnet wie Kühlmedium.“ Neodym-Magnete sind die wirksamsten, aber auch teuersten auf dem Markt. Obendrein gilt das in beträchtlichem Umfang benötigte Seltenerd-Metall als kritischer Rohstoff: Die größten bekannten Vorkommen liegen in China, und der Abbau geht mit vielfältigen Umweltbelastungen einher.



Elektromagnete kommen für die magnetische Kühlung nicht infrage: Aus physikalischen Gründen wäre der Wirkungsgrad geringer als bei der Dampfkompensation, die milliardenfach in Kühlschränken und Klimaanlage genutzt wird. Die Forscher sind jedoch überzeugt, dass diese Kühltechnik keine Zukunft mehr hat: „Es gibt einfach keine geeigneten Kühlflüssigkeiten“, sagt Gottschall: „Die heute gebräuchlichen Mittel sind als Wärmeträger hochwirksam, aber tausendfach treibhaus-wirksamer als Kohlendioxid. Für die meisten laufen die Produktionsgenehmigungen in Europa demnächst aus. Propan oder Butan kühlen zwar gut, bilden aber mit Luft hochexplosive Gemische. Ammoniak wiederum ist giftig und korrosiv. Und Kohlendioxid kühlt nicht besonders effizient.“

### **Mit Seltenen Erden sparen**

Die Zukunft, ist auch Oliver Gutfleisch überzeugt, liegt in festen Kühlmitteln. „Wir konnten zeigen, dass sich Gedächtnislegierungen sehr gut für Kühlkreisläufe eignen“, fasst der Experte für funktionale Materialien zusammen: „Wir benötigen deutlich weniger Neodym-Magnete, können dennoch stärkere Felder und einen entsprechend größeren Kühleffekt erzeugen.“ Bis 2022 will er an der TU Darmstadt einen Demonstrator aufbauen, mit dessen Hilfe sich die tatsächliche Kühlleistung unter Praxisbedingungen sowie die Energieeffizienz des Verfahrens abschätzen lassen. Dafür erhielt er vom Europäischen Forschungsrat einen ERC Advanced Grant, der mit insgesamt 2,5 Millionen Euro über fünf Jahre verbunden ist. Die Kooperation zwischen der TU Darmstadt und dem HZDR könnte helfen, das Prinzip massentauglich zu machen: „Wir haben inzwischen Legierungen gefunden, die alle gewünschten Eigenschaften samt einem großen magnetokalorischen Effekt in sich vereinen und dabei komplett ohne Seltene Erden und andere kritische Rohstoffe auskommen“, schildert Tino Gottschall, der am HLD die physikalischen Grenzen dieser Materialien ausloten will.

### **Weitere Informationen**

**Die Arbeiten werden gefördert** durch den Europäischen Forschungsrat (ERC) aus dem Forschungs- und Innovations-Programm der Europäischen Union „Horizon 2020“ (Projekt Nr. 743116 - Cool Innov), durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (SPP 1599), durch das CICYT-Projekt MAT2016-75823-R in Spanien und das Hochfeld-Magnetlabor Dresden am HZDR, einem Mitglied des European Magnetic Field Laboratory (EMFL).

**Publikation:** T. Gottschall, A. Gràcia-Condal, M. Fries, A. Taubel, L. Pfeuffer, L. Mañosa, A. Planes, K.P. Skokov, O. Gutfleisch: „A multicaloric cooling cycle that exploits thermal hysteresis“, Nature Materials 2018 (DOI: 10.1038/s41563-018-0166-6)



**Bildmaterial:** <https://bit.ly/2NGSLOs>

**Kontakt:**

Prof. Oliver Gutfleisch  
Materialwissenschaft; FG Funktionale Materialien, Technische Universität  
Darmstadt  
Tel. ++49 6151 1622140  
E-Mail: [gutfleisch@fm.tu-darmstadt.de](mailto:gutfleisch@fm.tu-darmstadt.de)

Dr. Tino Gottschall  
Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
Tel. ++49 351 260-3344  
E-Mail: [t.gottschall@hzdr.de](mailto:t.gottschall@hzdr.de)

Die TU Darmstadt zählt zu den führenden Technischen Universitäten in Deutschland. Sie verbindet vielfältige Wissenschaftskulturen zu einem charakteristischen Profil. Ingenieur- und Naturwissenschaften bilden den Schwerpunkt und kooperieren eng mit prägnanten Geistes- und Sozialwissenschaften. Weltweit stehen wir für herausragende Forschung in unseren hoch relevanten und fokussierten Profildbereichen: Cybersecurity, Internet und Digitalisierung, Kernphysik, Energiesysteme, Strömungsdynamik und Wärme- und Stofftransport, Neue Materialien für Produktinnovationen. Wir entwickeln unser Portfolio in Forschung und Lehre, Innovation und Transfer dynamisch, um der Gesellschaft kontinuierlich wichtige Zukunftschancen zu eröffnen. Daran arbeiten unsere 312 Professorinnen und Professoren, 4.450 wissenschaftlichen und administrativ-technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie knapp 26.000 Studierenden. Mit der Goethe-Universität Frankfurt und der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bildet die TU Darmstadt die strategische Allianz der Rhein-Main-Universitäten.

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) forscht auf den Gebieten Energie, Gesundheit und Materie. Folgende Fragestellungen stehen hierbei im Fokus:

- Wie nutzt man Energie und Ressourcen effizient, sicher und nachhaltig?
- Wie können Krebserkrankungen besser visualisiert, charakterisiert und wirksam behandelt werden?
- Wie verhalten sich Materie und Materialien unter dem Einfluss hoher Felder und in kleinsten Dimensionen?

Das HZDR entwickelt und betreibt große Infrastrukturen, die auch von externen Messgästen genutzt werden: Ionenstrahlzentrum, Hochfeld-Magnetlabor Dresden und ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen. Es ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, hat fünf Standorte (Dresden, Freiberg, Grenoble, Leipzig, Schenefeld bei Hamburg) und beschäftigt knapp 1.200 Mitarbeiter – davon etwa 500 Wissenschaftler inklusive 150 Doktoranden.

MI-Nr. 49/2018, HZDR/TU