

PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION

22. Januar 2025 || Seite 1 | 4

Projektabschluss Fraunhofer-Leitprojekt ElKaWe

Wärmepumpen ohne Kompressoren: Fraunhofer erzielt Fortschritte in der Elektrokalorik

Hocheffiziente festkörperbasierte Wärmepumpen ohne Kompressoren - dieser Vision sind Fraunhofer-Forschende im kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekt ElKaWe ein gutes Stück nähergekommen. Sie machten entscheidende Fortschritte beim Material und Systemaufbau und bauten erste elektrokalorische Demonstratoren auf, die das enorme Potenzial der Technologie zeigen.

Weltweit steigt der Bedarf an Kühl- und Klimatechnik rasant an. Heutige Wärmepumpen arbeiten auf Basis von Kompressoren und werden sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen eingesetzt. Betrieben mit regenerativ erzeugtem Strom sind sie ein wichtiger Baustein für die Energiewende. Mit einem grundsätzlich neuen Konzept wollen Fraunhofer-Forschende die Wärmepumpen-Technologie revolutionieren: Ihr Ziel sind festkörperbasierte Wärmepumpen auf Basis elektrokalorischer Materialien, die ohne schädliche Kältemittel auskommen und potenziell effizienter arbeiten als kompressorbasierte Systeme. Im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen Projekts ElKaWe (Elektrokalorische Wärmepumpen) forschten sechs Fraunhofer-Institute an allen wichtigen Teiltechnologien elektrokalorischer Systeme. »Mit ElKaWe haben wir sehr große Fortschritte beim Material, bei der Elektronik und beim Wärmeübertrag gemacht. Auch wenn es noch viel zu tun gibt – dies waren entscheidende Schritte in Richtung Marktfähigkeit«, sagt Projektleiter Dr. Kilian Bartholomé vom Fraunhofer IPM.

Elektrokalorisches Material: vielversprechende Polymere, Keramiken und Hybridmaterialien identifiziert

Eine wichtige Rolle für die Effizienz und Langlebigkeit elektrokalorischer Wärmepumpen spielt das elektrokalorisch-aktive Material. Das Konsortium hat verschiedene Polymer- und Keramikmaterialien entwickelt und getestet. Ein Team am Fraunhofer IAP realisierte dünne, durchschlagfeste elektrokalorische Polymerfolien als Komponenten mit bis zu zehn Lagen und setzt damit international neue Standards. Am Fraunhofer IKTS wurden keramische Mehrlagenkomponenten auf Basis von PMN-PT (Blei-Magnesium-Niobat/Blei-Titanat) entwickelt, die den hohen Anforderungen an Durchschlagfestigkeit und Betriebsfrequenz gerecht werden. In ersten Langzeittests erwiesen sich die keramischen Komponenten als äußerst stabil: Über 70 Millionen Zyklen trat keine Veränderung des elektrokalorischen Effekts auf. Weitere Tests von Komponenten mit anderen Materialien laufen noch.

Redaktion

Holger Kock | Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM | Georges-Köhler-Allee 301 | 79110 Freiburg | www.ipm.fraunhofer.de
Telefon +49 761 8857-129 | holger.kock@ipm.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE MESSTECHNIK IPM

Darüber hinaus erwies sich das bleifreie Barium-Strontium-Zinn-Titanat (BSSnT) als vielversprechender keramischer Werkstoff, aus dem sich zukünftig elektrokalendarische Komponenten im Einklang mit den geltenden RoHS-Richtlinien (Restriction of Hazardous Substances) herstellen lassen.

PRESEINFORMATION

22. Januar 2025 || Seite 2 | 4

Schneller Wärmeübertrag durch Heatpipes – ohne schädliche Kältemittel

Die Wärmeabfuhr erwies sich bisher als Nadelöhr mit Blick auf die Leistung elektrokalendarischer Wärmepumpen: Je schneller sie erfolgt, desto leistungsfähiger ist das System. Für einen schnellen Wärmeübertrag setzt das Forschungsteam auf aktive kalorische Heatpipes (AEH), bei der der Wärmeübertrag über latente Wärme erfolgt: durch Verdampfen und Kondensieren eines Fluids auf dem kalorischen Material. Eingesetzt wurden Ethanol und Wasser – ein entscheidender Vorteil gegenüber herkömmlichen Wärmepumpen. Das von Fraunhofer IPM patentierte Konzept der AEH kam im Rahmen des ElKaWe-Projekts erstmals auch in einem elektrokalendarischen System zum Einsatz. Mit dem auf Heatpipes basierenden Ansatz lassen sich deutlich höhere Zyklusfrequenzen erreichen als durch das bisher übliche aktive Pumpen einer Flüssigkeit. Das Verdampfen und Kondensieren an der Oberfläche des elektrokalendarischen Materials sollte bis zu zehnmal pro Sekunde erfolgen. So kann mit wenig Material viel Wärme transportiert werden, sodass sich perspektivisch besonders günstige Systeme bauen lassen. Das Fraunhofer FEP entwickelte langzeitstabile superhydrophile Schichten, die dafür sorgen, dass das Verdampfen von der Oberfläche besonders effizient erfolgt. Um elektrische Durchschläge zu vermeiden, wurde am Fraunhofer LBF zudem ein Verfahren entwickelt, mit dem die Elektroden der elektrokalendarischen Segmente in Epoxidharz eingebettet werden.

Entscheidend für eine hohe Leistungszahl kalorischer Wärmepumpen ist auch eine leistungsfähige Ansteuerungselektronik. Forschende des Fraunhofer IAF entwarfen im ElKaWe-Projekt eine Schaltungstopologie speziell für den Einsatz in elektrokalendarischen Wärmepumpen. Der GaN-basierte Multilevel-DC/DC-Wandler erzielt einen elektrischen Wirkungsgrad von 99,74 Prozent – und setzt damit weltweit neue Maßstäbe bei der Umladeeffizienz, die bisher unter 90 Prozent lag.

Disruptives Potenzial der Technologie

Mit drei verschiedenen Demonstrator-Systemen zeigten die Forschenden, dass alle Komponenten zusammenarbeiten und die erwartete Systemleistung erreicht wird. Simulationen ergaben, dass die Effizienz elektrokalendarischer Wärmepumpen bereits mit den heutigen Materialien ähnlich hoch ist wie die Effizienz von Kompressorsystemen. Eine Analyse verschiedener Materialklassen zeigt, dass das Potenzial für eine weitere Steigerung der Leistungszahl groß ist, sodass der Wirkungsgrad elektrokalendarischer Systeme weiter steigen dürfte. »Das Team hat im Projekt exzellent interdisziplinär zusammengearbeitet und wichtige Fragestellungen gelöst. Das enorme Potenzial der Elektrokalendarik wurde hier eindrucksvoll demonstriert«, findet Christian Vogel, der die Forschungsarbeiten im Beirat des Projekts eng begleitete.

Hintergrund

PRESSEINFORMATION22. Januar 2025 || Seite 3 | 4

Wie funktioniert eine elektrokalorische Wärmepumpe?

Legt man ein elektrisches Feld an elektrokalorische Materialien an, so richten sich die elektrischen Dipolmomente im Feld aus – diese zusätzliche Ordnung geht nach Gesetzen der Thermodynamik einher mit einer Erwärmung des Materials. Die entstehende Wärme wird über eine Wärmesenke abgeführt, sodass das Material wieder auf die Ausgangstemperatur abkühlt. Wird nun das elektrische Feld entfernt, so verringert sich die Ordnung und das Material kühlt ab – ebenfalls den Gesetzen der Thermodynamik folgend. Jetzt kann es thermische Energie aus einer Wärmequelle aufnehmen. Der Effekt ist reversibel. So kann ein Zyklus aufgebaut werden, der als effiziente Wärmepumpe zum Kühlen oder Heizen funktioniert.

Über das Projekt EIKaWe

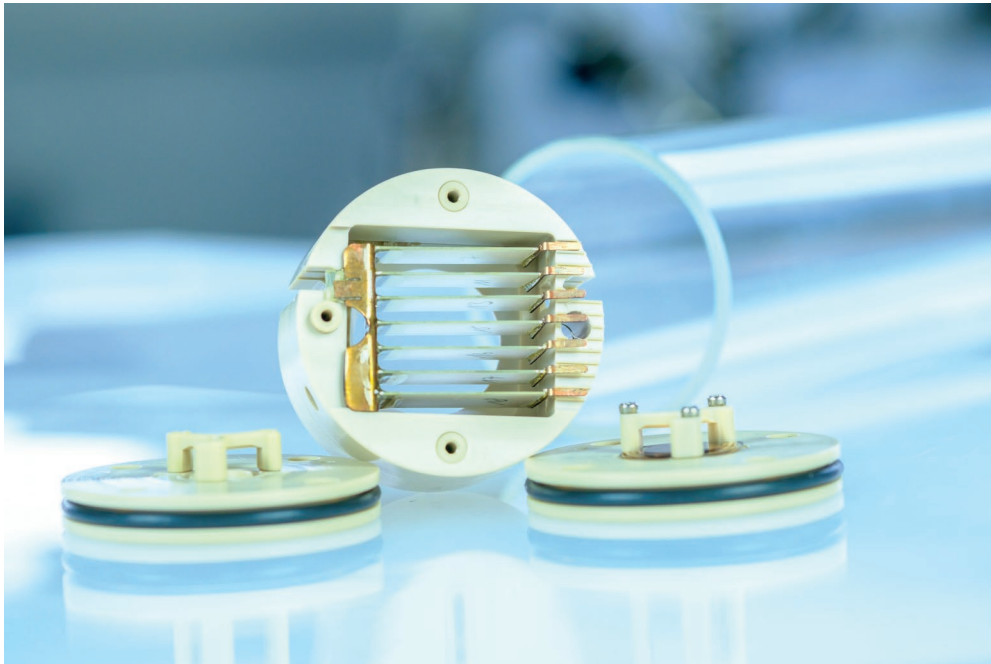
Im Fraunhofer-Leitprojekt EIKaWe (Elektrokalorische Wärmepumpen) forschten sechs Fraunhofer-Institute unter der Leitung des Fraunhofer IPM über fünf Jahre an der Entwicklung elektrokalorischer Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen. Im Rahmen des Projekts entwickelten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler keramische und polymerbasierte elektrokalorische Materialien und arbeiteten an einem innovativen Systemansatz, der eine besonders effiziente Wärmeabfuhr ermöglicht.

Das Projektkonsortium

- Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM (Projektkoordinator)
- Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Fraunhofer-Leitprojekte

Fraunhofer stellt sich den aktuellen Herausforderungen für die deutsche Industrie. Mit ihren Leitprojekten setzt Fraunhofer strategische Schwerpunkte, um konkrete Lösungen zum Nutzen für den Standort Deutschland zu entwickeln. Die Themen orientieren sich an den Erfordernissen der Wirtschaft. Das Ziel ist, wissenschaftlich originäre Ideen schnell in marktfähige Produkte umzusetzen. Die beteiligten Fraunhofer-Institute bündeln ihre Kompetenzen und binden Industriepartner frühzeitig in die Projekte ein. ([mehr erfahren](#))



PRESSEINFORMATION

22. Januar 2025 || Seite 4 | 4

Elektrokalisches Segment: Wärmepumpen auf Basis elektrokalischer Materialien könnten in Zukunft eine umweltfreundlichere und effizientere Lösung zum Heizen und Kühlen sein. Im Projekt wurden drei Demonstratorsysteme mit bis zu vier Segmenten aufgebaut. © Fraunhofer IPM

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Weitere Ansprechpartner

Dr. Kilian Bartholomé | Gruppenleiter Kalorische Systeme | Telefon +49 761 8857-238 | kilian.bartholome@ipm.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM | www.ipm.fraunhofer.de