



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK
UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM
INSTITUTSTEIL DRESDEN

THERMISCHE ENERGIESPEICHER





Motivation

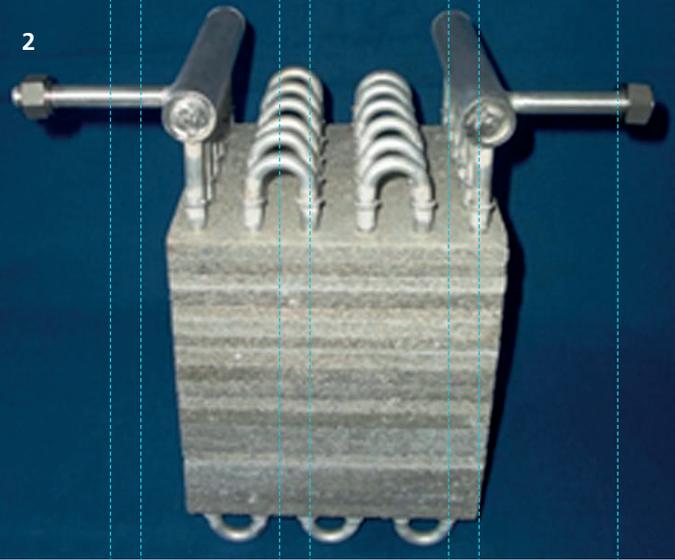
Im Rahmen der Bemühungen zur Verringerung des Einsatzes fossiler Brennstoffe bei der Energieversorgung und der Erhöhung der Energieeffizienz in technischen Prozessen fällt der thermischen Energiespeicherung eine entscheidende Rolle zu.

Latentwärmespeicherung

Bei der Speicherung von latenter („versteckter“) Wärme wird die beim Phasenwechsel eines Materials freigesetzte oder aufgenommene Energie genutzt. Speichermaterialien werden auch als Phase Change Materials (PCM) bezeichnet. Die volumetrische Speicherdichte ist dabei vergleichsweise hoch und bietet die Möglichkeit der Entwicklung kompakter Speicher. Gleichzeitig ändert sich die Temperatur während des Phasenwechsels nur wenig (Abb. 1). Somit kann selbst bei geringen verfügbaren Temperaturdifferenzen viel thermische Energie (Wärme/Kälte) gespeichert werden. Der Einfluss einer typischerweise niedrigen Wärmeleitfähigkeit des PCM auf die thermische Leistung kann durch den Einsatz Wärme leitender Strukturen kompensiert werden. Am Fraunhofer IFAM Dresden werden dafür bevorzugt zellulare Werkstoffe verwendet, welche die Wärmeleitfähigkeit um ein Vielfaches steigern (Abb. 2) oder die Verkapselung im Millimeter-Bereich erlauben.

Kompetenzen

Das Fraunhofer IFAM Dresden verfügt über weitreichende Kompetenzen bei der thermischen Charakterisierung, der Auslegung bzw. mathematischen Simulation und der experimentellen Validierung von thermischen Energiespeichern.



Thermische Charakterisierung

Es bestehen langjährige Erfahrungen bei der experimentellen Bestimmung der Materialeigenschaften von Verbundwerkstoffen (auch anisotroper Strukturen). Dabei stehen Methoden für die Messung der Wärmeleitfähigkeit, der Wärmekapazität, der Dichte, der thermischen Dehnung und der Reaktionswärme unterschiedlicher Stoffe bzw. Stoffsysteme bereit:

- stationäres Plattenverfahren,
- HotDisk-Verfahren,
- LaserFlash-Verfahren,
- Differential Scanning Calorimetry,
- Dilatometrie.

Auslegung und Simulation

Für die Entwicklung von thermischen Energiespeichern besteht ein großes Know-how hinsichtlich der strömungs- und wärmetechnischen Grundlagen und praktische Erfahrungen bei experimentellen Untersuchungen im Labor. Für die Auslegung und detaillierte Betrachtungen stehen verschiedene Möglichkeiten der Simulation von thermischen Energiespeichern auch mit Phasenwechsel zur Verfügung:

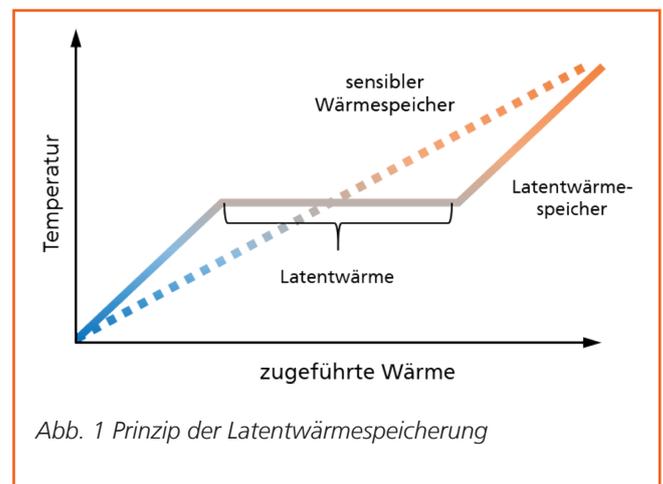
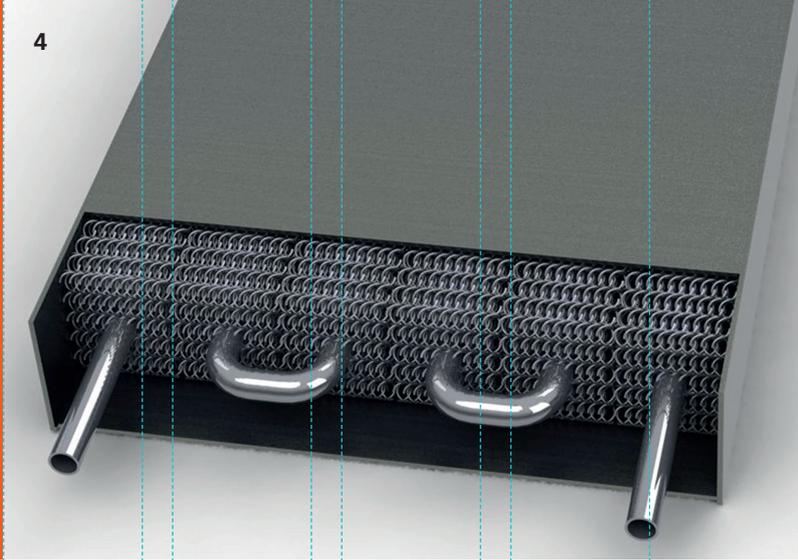


Abb. 1 Prinzip der Latentwärmespeicherung



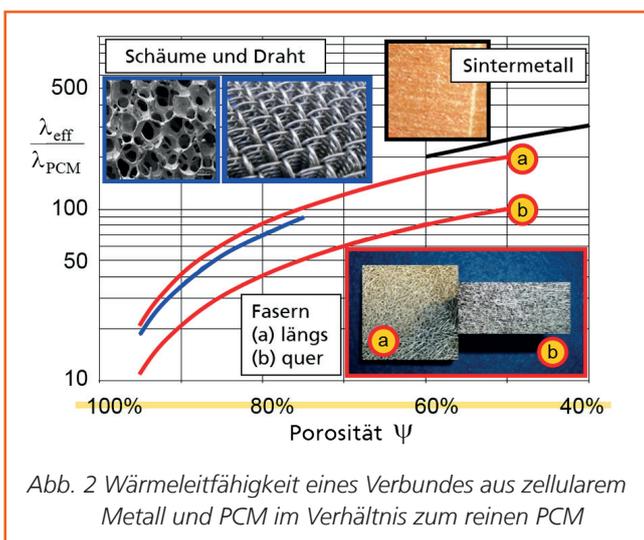
- eigene Algorithmen (Excel, Matlab) für einfache Geometrien,
- kommerzielle Software (COMSOL 5.0) für multiphysikalische, gekoppelte Probleme und komplexe Geometrien.

Experimentelle Charakterisierung

Im wärmetechnischen Labor ist eine Zyklisierung von Speicherelementen und Wärmeübertragern mit den Wärmeträgern Luft, Wasser und Thermoöl möglich. Dabei erfolgt die Bilanzierung der übertragenen Wärmemengen (Messung Speicherkapazität und -leistung). Zusätzlich kann das thermische und strömungstechnische Verhalten der Komponenten im Detail charakterisiert werden. Für qualitative Untersuchungen steht ein Thermographiesystem zur Verfügung.

Technologien

Für die Anpassung der thermischen Leistung von Latentwärmespeichern werden bisher folgende Technologien auf der Basis zellulärer Metalle eingesetzt.



Flachrohrwärmespeicher

Aufbauend auf Standard-Fahrzeugkühlern wird das Volumen zwischen den Flachrohren mit einem PCM-infiltrierten zellulären Metall gefüllt.

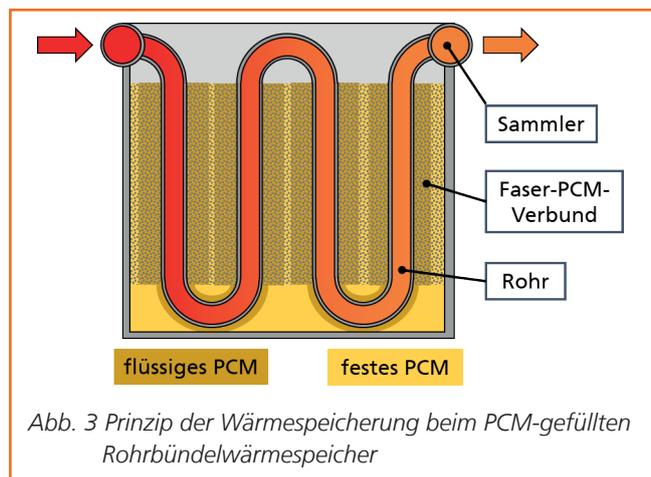
Die Leistungsparameter können über die Wahl des Rohrabstandes, der Wärmeleitstruktur und deren Eigenschaften angepasst werden.

Rohrbündelwärmespeicher

Das PCM-infiltrierte zelluläre Metall wird von Rohren durchzogen, wobei eine mechanische oder stoffschlüssige Verbindung die Kontaktierung sichert. Durch diesen wärmeleitenden Kontakt kann der PCM-Speicher extrem schnell be- und entladen werden.

PCM-gefüllte metallische Hohlkugeln

Im Millimetermaßstab metallisch verkapseltes PCM bietet bevorzugt in Gasströmungen hohe thermische Leistungen. Die metallische Hülle sorgt weiterhin für die Stabilität zum Transport der Kugeln in Thermoölen (Erhöhung der Wärmekapazität). Auch der Einsatz als Katalysatorträger bietet großes Potential.





Anwendungsbeispiele

Zwischenspeicherung und Abwärmenutzung

Thermische Energiespeicher bieten die Möglichkeit im Rahmen eines technischen Prozesses anfallende Abwärme zu speichern und zeitversetzt oder an einem anderen Ort zu nutzen. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz in einem Regenerator zur Abwärmerückgewinnung aus Abgasen.

Chemische Reaktoren

Die Anwendung von PCM bietet den Vorteil, dass in einem kleinen Temperaturbereich eine sehr große Wärmekapazität vorhanden ist. Damit bietet sich die Möglichkeit der Temperaturstabilisierung bei chemischen Reaktionen um deren Effizienz zu erhöhen.

Thermisches Management mit PCM

Mithilfe von PCM können Lastspitzen bspw. beim Laden/Entladen von elektrischen Energiespeichern gepuffert werden.

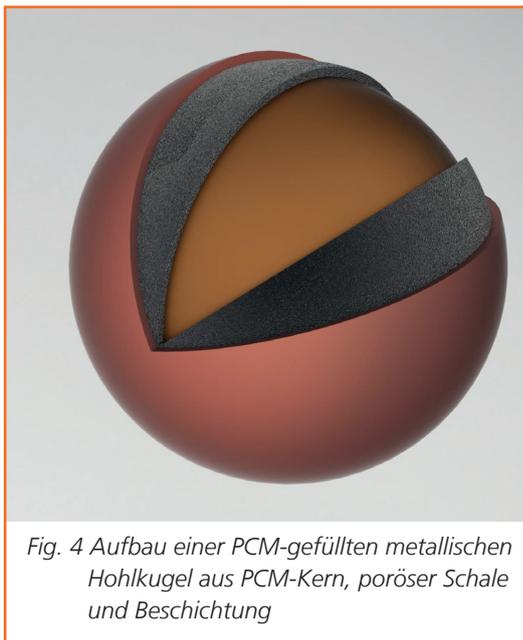


Fig. 4 Aufbau einer PCM-gefüllten metallischen Hohlkugel aus PCM-Kern, poröser Schale und Beschichtung



Fig. 5 Zyklierstrecke zur experimentellen Charakterisierung von thermischen Energiespeichern und Wärmeübertragern

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Teilinstitut Dresden
Winterbergstraße 28 | 01277 Dresden

<http://www.ifam-dd.fraunhofer.de>

Dr.-Ing. Marcus Rohne
Marcus.Rohne@ifam-dd.fraunhofer.de
Telefon: +49 351 2537 472

Dipl.-Ing. Torsten Seidel
Torsten.Klemm@ifam-dd.fraunhofer.de
Telefon: +49 351 2537 434