



Phase Change Materials in Gebäuden

## Flexibel einsetzbar: PCM in Kühldecke und Wärmespeicher

03ET1240A

03ET1240B

03ET1240D

03ET1240F

03ET1240G

03ET1240H

03ET1240L

03ET1240M

Kurztitel: PCM-Demo II

Ausführende Stelle: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung, e.V. - Bereich Energieeffizienz (EF)

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 08/2019

---

**Bewilligte Summe:** 561.761 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240A

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** Rubitherm Technologies GmbH

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 06/2019

---

**Bewilligte Summe:** 163.796 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240B

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** Universität Kassel - Fachbereich 06 Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung - Fachgebiet Bauphysik

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 12/2019

---

**Bewilligte Summe:** 291.842 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240D

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 06/2019

---

**Bewilligte Summe:** 59.926 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240F

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 06/2019

---

**Bewilligte Summe:** 455.260 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240G

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** Deerns Deutschland GmbH - Niederlassung Köln

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 06/2019

---

**Bewilligte Summe:** 109.500 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240H

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

---

**Schlagworte:** PCM Lüftungssystem

---

**Kurztitel:** PCM-Demo II

---

**Ausführende Stelle:** H. M. Heizkörper GmbH & Co. KG

---

**Förderinitiative:** Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

---

**Laufzeit:** 07/2014 bis 06/2019

---

**Bewilligte Summe:** 646.098 €

---

**Förderkennzeichen:** 03ET1240L

---

**Themen:** Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

---

**Innovation:**

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

Schlagworte: PCM Lüftungssystem

Kurztitel: PCM-Demo II

Ausführende Stelle: va-Q-tec AG - Zweigwerk Köllda - Innovation & Technologie

Förderinitiative: Energieoptimiertes Bauen (EnOB)

Laufzeit: 06/2015 bis 06/2019

Bewilligte Summe: 365.485 €

Förderkennzeichen: 03ET1240M

Themen: Heizen, Lüften, Kühlen, Neue Materialien, Gebäudebetrieb & Gebäudeautomation

Innovation:

Heizen und Kühlen mit hohem Wirkungsgrad durch PCM-(Speicher) Einbindung, PCM-Estrich für Power-to-Heat-Anwendung, Nutzen einer unterkühlten Schmelze zur verlustarmen Wärmespeicherung, PCM-Folienverkapselung

Schlagworte: PCM Lüftungssystem

---

## Quintessenz

- PCM in verschiedenen Anwendungen getestet
- Energiespeicherhaus mit PCM-haltigem Estrich stellt netzdienliche Power-to-Heat-Anwendung dar
- Passive und aktive Flächenkühlsysteme in Kindergarten und Schulungsräumen verbessern thermische Behaglichkeit
- Neuentwickelter PCM-Wärmespeicher erlaubt verlustarme Speicherung durch gezielte Unterkühlung
- Lüftungssysteme zur Kühlung von Büroräumen zeigen hohe energetische Effizienz
- Hemmnisse für den erfolgreichen Einsatz von PCM: Nicht optimierte Regelstrategien und Informationsdefizite bei Umsetzung und Betrieb

---

Sie können kühlen, Wärme speichern und heizen: Phasenwechselmaterialien sind für viele Anwendungen in Gebäuden interessant. Allerdings gibt es bisher nur wenige Büros oder Wohngebäude, in denen sie zum Einsatz kommen. Forschende untersuchten die Ursachen. Die Ergebnisse liegen jetzt vor.

## Projektkontext

Im Klimaschutzplan der Bundesregierung soll bis 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand umgesetzt werden. Die Verwendung sogenannter Phasenwechselmaterialien (PCM) kann helfen, die Eckpfeiler Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien zu vereinen. Werden Wärme- und Kältespeicher mit PCM intelligent in Heiz- und Kühlsysteme integriert, ist es möglich Wärme und Kälte hocheffizient bereitzustellen. Energieüberschüsse aus regenerativen Energiequellen können kurzzeitig gespeichert werden und sind so flexibler einsetzbar. Ein intelligenter Netzbetrieb durch Power-to-Heat/Cold ist möglich.

Während PCM-Systeme in der Forschung seit mehreren Jahrzehnten ausgiebig und mit großem Erfolg untersucht werden, setzen sich entsprechende Produkte am Markt nur sehr langsam durch. Gründe hierfür sind neben noch relativ hohen Investitionskosten auch fehlende Referenzobjekte für erfolgreiche PCM-Installationen. Um dies zu ändern, testeten Wissenschaftler unterschiedliche PCM-Systeme in realen Anwendungen und evaluierten deren Betriebsverhalten. So erhielten sie belastbare Betriebsdaten, um die energetische Performance der PCM-Systeme zu untersuchen und mögliche Ursachen bei nicht erfolgreicher Umsetzung zu identifizieren.

## Ergebnisse

Im Projekt wurden sieben PCM-Systeme in unterschiedlichen Entwicklungsstadien untersucht und mittels Monitoring im realen Einsatz evaluiert:

- Hinterlüftete PCM-Kühldecke (Forschungsinstallation),
- PCM-Kompaktspeicher zur Belüftung von Büroräumen (Prototypeninstallation),
- PCM-Brüstungsmodule zur Belüftung von Büroräumen (Forschungsinstallation),
- Energiespeicherhaus mit PCM-haltigem Estrich (Forschungsinstallation),
- wasserdurchströmte PCM-Kühldecke mit vertikalen Lamellen (kommerzielle Installation),
- Comfortboards (PCM-haltige Gipskartonplatte) in Wänden und Decke zur passiven Raumkühlung (kommerzielle Installation), Vergleich von zwei neugebauten Kindergärten (mit und ohne PCM)
- modularer PCM-Wärmespeicher für Wohngebäude (Prototypeninstallation)

Die Ergebnisse liegen jetzt als Abschlussbericht vor.

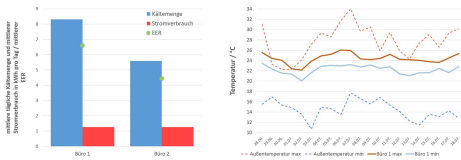


## Kühle Nachtluft steigert Effizienz

Bei den luftgeführten PCM-Systemen zur Raumkühlung wurden für das Lüftungssystem mit PCM-Kompaktstörchern (Abb.1a und b) mittlere Arbeitszahlen (EER) von 4 bis 7 gemessen (Abb. 2). Dabei begrenzte das PCM die Raumlufttemperaturen in der untersuchten Sommerperiode auf maximal 26 °C (Abb. 3). Für die PCM-Brüstungsmodulle wurden sogar EER von bis zu 10 gemessen, allerdings bei teilweise höheren Raumtemperaturen.

Voraussetzung für diese hohe Effizienz ist hierbei immer, dass die zur Regeneration des PCM verwendete kühle Nachtluft nach Durchströmen des PCM-Speichers dem Raum zugeführt wird. Dadurch wird das Restpotenzial der immer noch kühlen Luft zur nächtlichen Raumauskühlung genutzt.

### Messwerte Büroräume



Während bei luftgeführten Systemen die Regeneration des PCM durch die Temperaturen der Außenluft begrenzt wird, sind aktive PCM-Systeme wie die im Projekt untersuchten wasserdurchströmten PCM-Kühldecken (Abb. 4) deutlich flexibler einsetzbar und erlauben PCM mit niedrigeren Schmelztemperaturen und somit höhere Kühlleistungen. Die Kühlung erfolgt tagsüber idealerweise rein passiv durch das PCM, der aktive Betrieb dient lediglich nachts zur Regeneration.

PCM-Systeme zur Gebäudeheizung können in Kombination mit regenerativen Energiequellen wie etwa PV sowie Wärmepumpen zur Power-to-Heat Nutzung eingesetzt werden. Wird das PCM in Gebäudebauteile wie Estrich integriert, (Abb. 5) muss eine entsprechend hohe PCM-Beladung erreicht werden, um signifikante Speichereffekte zu ermöglichen.

PCM-Speicher zur Gebäudeheizung erlauben deutlich höhere Speicherdichten als reine Wasserspeicher, was den Platzbedarf dieser Speicher reduziert. Der im Projekt untersuchte modulare PCM-Wärmespeicher für Wohngebäude (Abb. 6) nutzt die gezielte Unterkühlung des PCM, um Wärme über mehrere Tage nahezu verlustfrei zu speichern. Im Projekt konnte eine Zuverlässigkeit der unterkühlten Schmelze von 80 % erreicht werden.



## Praxistransfer

Das Vorhaben zeigte, dass PCM-Systeme äußerst energieeffizient arbeiten können, sofern sie fachkompetent umgesetzt und betrieben werden. Außerdem wurde deutlich, dass PCM-Systeme unter bestimmten Rahmenbedingungen wirtschaftlich sein können.

Damit beide Punkte erreicht werden können, müssen entsprechend optimierte Regelstrategien sowie eine vernünftige Inbetriebnahme der PCM-Systeme idealerweise mit einer angeschlossenen Monitoringphase umgesetzt werden. Die Beteiligten konnten im Projekt PCM-Systeme der Industriepartner sinnvoll weiterentwickeln und in Form von Pilotobjekten als Referenzanlage umsetzen. Des Weiteren haben sie die Grundlage für die Entwicklung neuer kostengünstiger PCM-Verkapselungen gelegt.

## Unerlässlich: Information von Planern und Nutzern

Allerdings wurde auch deutlich, dass PCM-Systeme in der Praxis teilweise nicht optimal betrieben werden. Häufig sind die Regelung oder die Betriebsparameter selbst bei kommerziellen Installationen nicht auf das PCM-System abgestimmt. Dies kann sogar zu einem Mehrverbrauch an Energie führen. So stellten die Nutzer die Thermostate in Schulungsräumen, die mit einem PCM-Kühldeckensystem ausgerüstet waren, fast durchgängig auf Temperaturen von rund 22 °C und somit unterhalb des Phasenwechselbereichs des verwendeten PCM. Die passive Kühlwirkung des PCM konnte sich somit nicht entfalten, da die aktive Kühlung vorher zuschaltete. Nichtsdestotrotz wurde das ungenutzte PCM jede Nacht aktiv

regeneriert.

Diese Ergebnisse weisen auf erheblichen Informations- und Abstimmungsbedarf seitens Planern, ausführenden Gewerken, Gebäudebetreibern und Nutzern hin. Dies betrifft vor allem die Auslegung, Installation und den Betrieb von PCM-Systemen. Diese Abstimmung wird besonders bei solchen Systemen schwierig, bei denen die Nutzer mit einbezogen werden müssen. Diese sind zum Zeitpunkt der Planung und Gebäudeerstellung oft noch gar nicht bekannt oder können später wechseln. Weiterhin besteht noch Forschungsbedarf bei der Entwicklung geeigneter Regelstrategien. Nur wenn diese beiden Hemmnisse erfolgreich ausgeräumt werden, kann das beträchtliche Energieeinsparpotenzial der PCM-Systeme genutzt werden.

## Forschungsförderung

Das Informationssystem EnArgus bietet Angaben zur Forschungsförderung, so auch zu diesem **Projekt**

### Abschlussbericht zum Projekt

TIB Hannover

[Download Abschlussbericht](#)

### Kontakte zum Projekt


Projektkoordination, Begleitforschung und wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit

 **Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung ZAE**

PCM und Verkapselung, Kompaktspeicher

 **Rubitherm Technologies GmbH**

PCM und Verkapselung

 **va-Q-tec AG**

Wissenschaftliche Begleitforschung

 **Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik**

Wissenschaftliche Begleitforschung

 **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE**

Simulation und Evaluierung

 **Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH**

Gebäudeenergiekonzept

 **Deerns Deutschland GmbH**

Modularer PCM-Wärmespeicher (Thermobatterie SU-C)

 **H.M. Heizkörper GmbH & Co. KG**

Öffentlichkeitsarbeit

 **Ecowin GmbH Prof. Dr. Gäth & Partner**

Letzte Aktualisierung: 24. März 2020