

**Zukunftsmärkte/Anwendungen  
für innovative Wärme- und Kälte-Speicher  
mit Phasen-Wechselmaterialien (PCM)  
zur Verbesserung der Energieeffizienz  
in ausgewählten Branchen**

**Angebot zur Beteiligung  
an einer Gemeinschaftsuntersuchung**

August 2007

**Arbeitsgemeinschaft**

**TECHNOMAR GMBH**

Gesellschaft für Investitionsgütermarktforschung und Unternehmensberatung  
Ismaninger Straße 68, D – 81675 München

Telefon: 089 / 419 418-0

E-mail: [info@technomar.de](mailto:info@technomar.de)

Internet: [www.technomar.de](http://www.technomar.de)

**ZAE Bayern**

Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V.

Walther-Meißner-Straße 6, D-85748 Garching

Telefon: 089 / 329 424-0 Internet: [www.zae-bayern.de](http://www.zae-bayern.de)



## 1. Vorbemerkung

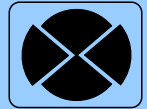
In den letzten 10 bis 15 Jahren haben Forschung und Entwicklung im Bereich der PCM große Fortschritte erzielt. Für viele der aus den Anfangszeiten der PCM-Forschung um 1930 bekannten Probleme wurden Lösungen gefunden. So stehen heute neue Techniken für korrosionsbeständige Verkapselungen im Bereich von mehreren cm bis mehrere  $\mu\text{m}$  Durchmesser zur Verfügung. Mit Verbundmaterialien konnten zudem die Materialeigenschaften verbessert werden. Ein Beispiel sind PCM-Grafit-Verbundmaterialien, die das Problem des Wärmetransports im PCM lösen. Des Weiteren ist es gelungen, neue Speichermaterialien, vor allem für den Temperaturbereich  $18\text{ °C}$  bis  $24\text{ °C}$ , zu entwickeln. Mit ihnen wird es z.B. möglich, die frei verfügbare Kälte der Nachtluft zur Gebäudeklimatisierung einzusetzen. Die Produktion der Speichermaterialien sowie der zugehörigen Verkapselung erfolgt heute nicht mehr im Labormaßstab, sondern industriell, wobei sich die Qualität verbessert und die Preise merklich reduziert haben. Zur Sicherung einer gleich bleibend hohen Produktqualität wurde im Oktober 2004 die RAL Gütegemeinschaft PCM e.V. von mehreren deutschen Firmen gegründet.

Das Spektrum der Anwendungen von PCM ist vielfältig. Mit einer effizienten Wärmespeicherung über PCM können viele "Wärmequellen" wie die Sonnenenergie, aber auch Abwärme aus Industrieprozessen und Kraftwerken besser nutzbar gemacht werden. Ähnliches gilt für die Kältetechnik: neben einer Erhöhung der Effizienz von Systemen, welche Klimakälte noch mit konventionellen Techniken erzeugen, erlauben PCM auch die Nutzung natürlicher Kältequellen. Der Primärenergieaufwand zur Klimatisierung kann hierdurch drastisch reduziert werden.

Ein Bereich, in dem der Einsatz von PCM schon erheblich verbreitet ist, sind dezentrale Anwendungen. Ein Beispiel ist hier die Transport- und Logistikindustrie, die heute hohe Anforderungen an temperaturstabile Kühlketten in den Bereichen Lebensmittel, Biotechnologie, Pharmazie und Medizin stellt. Im Frachtraum von Flugzeugen oder beim Verladen ist oft eine Netzversorgung zur Kühlung des Frachtgutes unmöglich. Hier bieten PCM eine einzigartige Möglichkeit zur autarken Temperaturstabilisierung.

Eine weitere dezentrale Anwendung ist die Einbringung von PCM in Textilien, um ein Schwitzen oder Frieren bei wechselnder körperlicher Belastung bzw. Arbeiten unter Extrembedingungen zu reduzieren. Auch hier sind seit einigen Jahren Produkte namhafter Firmen am Markt verfügbar.

Gerade aber neuere PCM-Entwicklungen für höhere Temperaturbereiche (z.B.  $60\text{ °C}$  bis  $250\text{ °C}$ ) eröffnen weitere große Anwendungsfelder für Gewerbe- und Industrieprozesse, die bis heute nicht erkannt oder realisiert werden, mit beträchtlichen Energieeinsparpotenzialen.



Die **Arbeitsgemeinschaft TECHNOMAR / ZAE BAYERN** hat sich zur Aufgabe gemacht, den heutigen Stand der PCM-Anwendungen zu dokumentieren und künftige Anwendungsmöglichkeiten unter den gegebenen technisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für ausgewählte Branchen aufzuzeigen und Absatzpotenziale zu prognostizieren.

Durch den realen Anstieg der Energiepreise wird der Einsatz der PCM-Technologie künftig einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz und Senkung des Primärenergieverbrauchs in zahlreichen Branchen haben.

Aus der Fülle der möglichen Anwendungen für PCM hat die Arbeitsgemeinschaft folgende, im Detail zu untersuchende Branchen und Temperaturbereiche ausgewählt:

## Branchen

- **Baustoffe, Baumaterialien**
- **Produktionsprozesse in**
  - **Nahrungs- und Genussmittelindustrie**
  - **chemischer und pharmazeutischer Industrie**
  - **Lacke- und Farbenindustrie**
  - **gummiverarbeitender Industrie**
- **Haushaltsgeräteindustrie**
- **Energie-, Heizungs-, Klima-, Lüftungs- und Sanitärtechnik**

## Temperaturbereiche

Temperaturbereich	Anwendungen (Beispiele)
0 – 20 °C	Klimakälte
20 – 30 °C	Gebäudetemperierung
30 – 60 °C	Heizung, Warmwasser
< 0 °C – 250 °C	Prozesskälte/-wärme



## 2. Gegenstand der Untersuchung

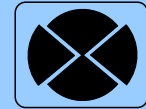
Latentwärmespeichermaterialien sind Materialien, welche über einen Phasenwechsel, meist fest-flüssig, große Wärmemengen bei kleinen Temperaturänderungen speichern können. Neben dem Namen Latentwärmespeichermaterial wird auch die Bezeichnung Phasenwechselmaterial (englisch: phase change material, kurz PCM) verwendet.

Durch die Fähigkeit, große Wärmemengen ohne signifikante Temperaturänderung zu speichern, besitzen PCM die zwei großen Anwendungsfelder:

- **Stabilisierung der Temperatur in thermisch gedämmten Volumina über einen langen Zeitraum**
- **Effektive Speicherung von Wärme oder Kälte mit hoher Speicherdichte**

Damit werden Wärmespeicher wesentlich kleiner, verglichen mit Wasserspeichern gleicher Kapazität, und in der Regel verbessert sich die Systemeffizienz.

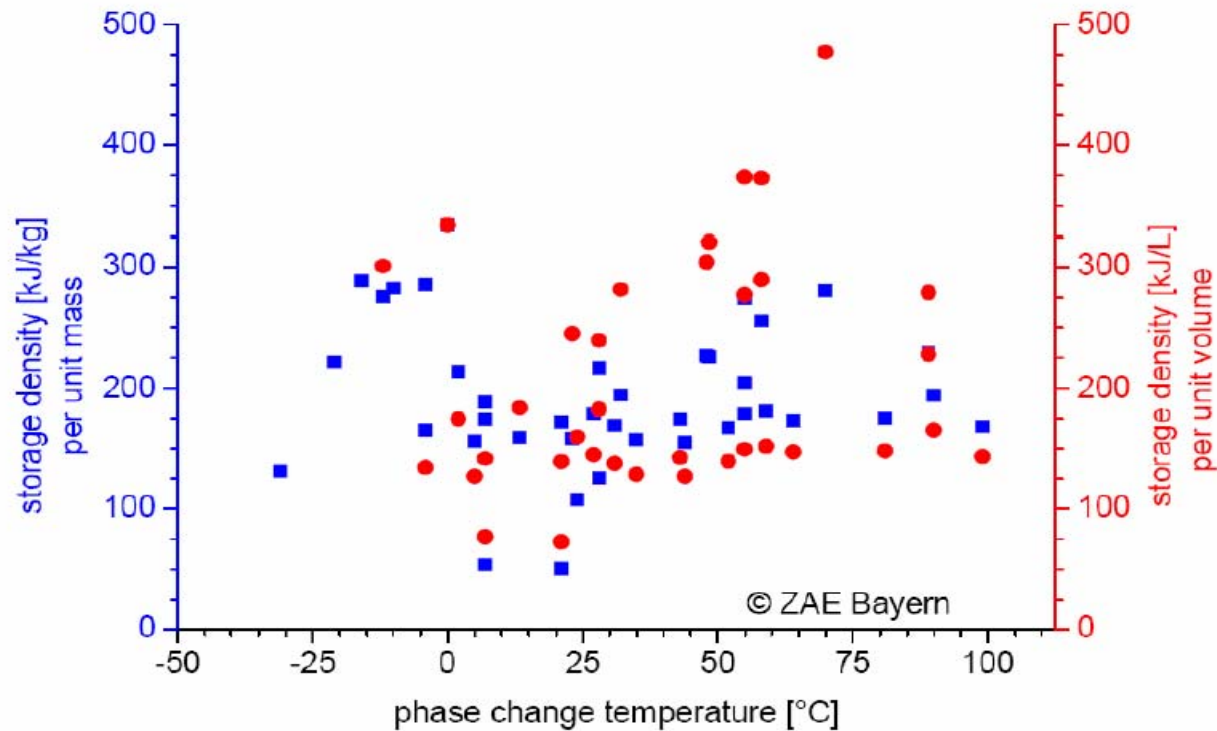
Betrachtet werden alle derzeit am Markt bekannten kommerziellen PCM (siehe Bild 1) und ausgewählte Phasen-Wechsel-Temperaturbereiche (siehe Bild 2).



# Speichermaterialien



## Kommerzielle PCM



© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.

Bild 1

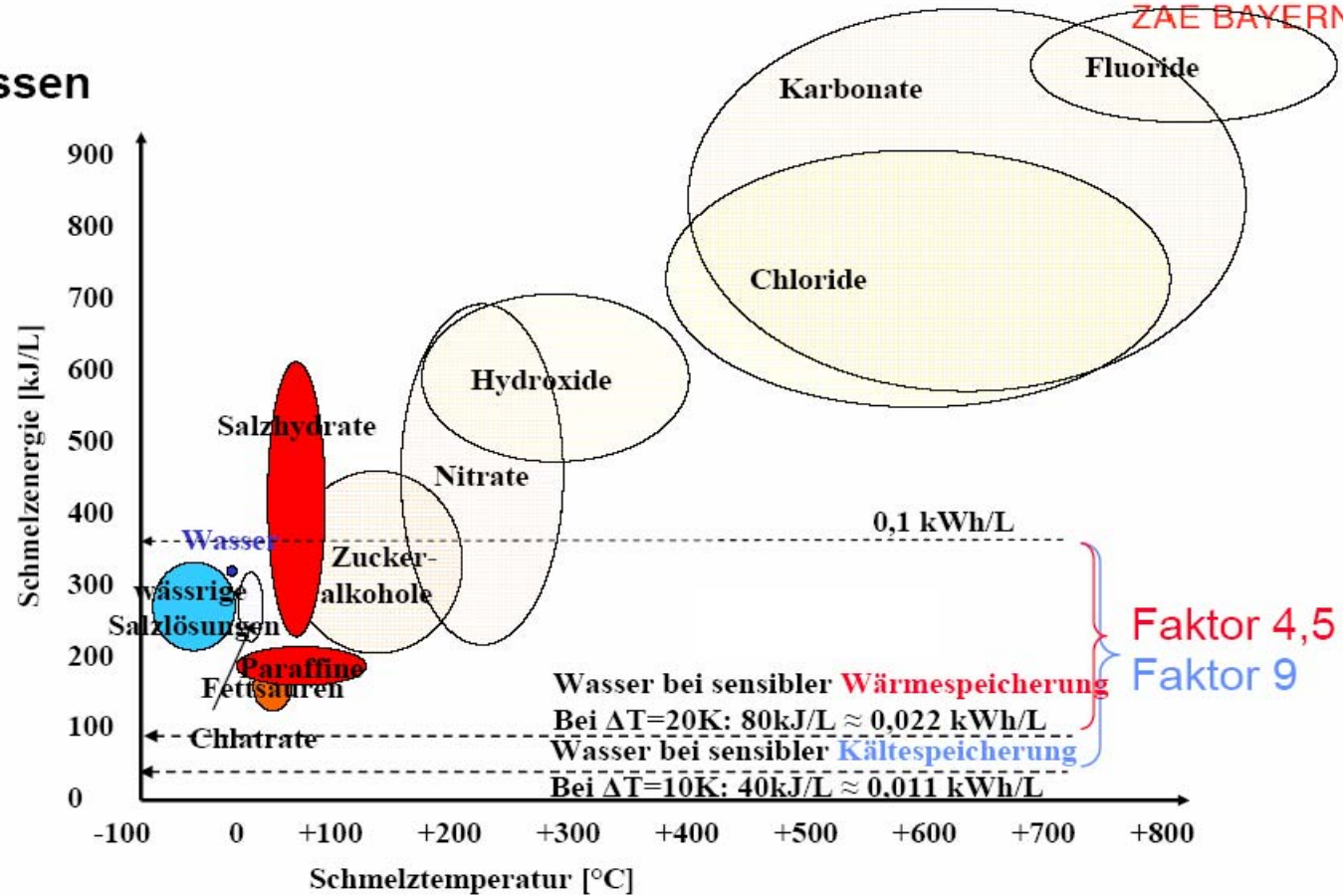


# Speichermaterialien



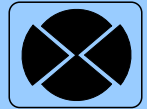
ZAE BAYERN

## Materialklassen



© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.

Bild 2



### 3. Zielsetzung

Durch die Untersuchung sollen folgende qualitative und quantitative Fragenkomplexe geklärt werden:

- **Stand der Technik für PCM in Deutschland und international**

---

- **Aktuelle F&E-Schwerpunkte**

---

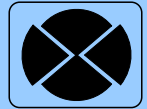
- **Politische Rahmenbedingungen in Deutschland**
  - Berücksichtigung bei künftigen Verordnungen (z.B. im Rahmen des „Integrierten Energie- und Klimaprogramms“ der Bundesregierung)
  - Möglichkeiten der Förderung von PCM-Anwendungen

---

- **Anbieterübersicht**
  - Firmen
  - Leistungsschwerpunkte
  - Materialien, Temperaturbereiche, Einsatzbereiche

---

- **Heutiger Einsatz von PCM, aufgeteilt nach Anwenderbranchen** (siehe Kapitel 1)
  - Funktionsbereich / Gerät / Fertigungsprozess
  - Funktion: Heizen / Kühlen / Temperatur stabilisieren
  - Arbeits-Temperaturbereich
    - < 0 °C
    - 0 – 20 °C
    - 20 – 30 °C
    - 30 – 60 °C
    - 60 – 250 °C
  - Eingesetztes Latentspeichermaterial
  - Häufigkeit der Be- und Entladung der Speicher
  - Speicherkapazität
  - Bisherige Betriebszeit
  - Investitionskosten / Betriebskosten des Speichers
  - Höhe der Primärenergieeinsparung
  - Betriebserfahrungen / Zufriedenheit mit der technischen Lösung
  - Anbieter / Lieferanten der eingesetzten PCMs



#### ■ Heutige und künftige Anforderungen der Anwender von PCM an die Anbieter

- Technisches Leistungsspektrum (z.B. Material, Temperaturbereich, Gewicht, Speicherkapazität, Lebensdauer)
- Wirtschaftliche Anforderungen (z.B. Preis-Leistungsverhältnis, Service, Leistungsgarantien, planerische Unterstützung, Informationswünsche)
- Motivationskriterien aus Anwendersicht zur Erhöhung des PCM-Einsatzes

#### ■ Künftige Einsatzpotenziale für PCM aufgrund positiver technisch-wirtschaftlicher Voraussetzungen, aufgeteilt nach Anwenderbranchen

- Beschreibung von Funktionsbereichen / Gerät / Fertigungsprozess
- Funktion: Heizen / Kühlen / Temperatur stabilisieren
- Heutige technische Lösung
- Heutiger Energiebedarf
- Arbeits-Temperaturbereich
  - < 0 °C
  - 0 – 20 °C
  - 20 – 30 °C
  - 30 – 60 °C
  - 60 – 250 °C
- Beabsichtigte Häufigkeit der Speichernutzung
- Erforderliche Speicherkapazität
- Lade- und Entladezyklen
- Platz- und Gewichtsanforderungen
- Gewünschte Lebensdauer des Speichers
- Anforderungen an Investitions- und Betriebskosten
- Abschätzung des PCM-Bedarfs der Branche bei definierten technisch-wirtschaftlichen Anforderungsprofilen



## 4. Umfang, Methode und Durchführung

Aufgrund der Komplexität der Zielsetzung und der fachübergreifenden Aufgabenstellung wurde zur Durchführung der Untersuchung eine Arbeitsgemeinschaft gebildet, bestehend aus

- **TECHNOMAR, München**  
Gesellschaft für Investitionsgütermarktforschung und Unternehmensberatung
- **ZAE BAYERN**  
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung

**TECHNOMAR** arbeitet seit 1978 als Marktforschungs- und Beratungsinstitut und verbindet technische Kompetenz mit Marketing Erfahrung. Ein Schwerpunkt war seit Gründung des Unternehmens die Energietechnik mit Multi client-Studien und Studien industrieller und öffentlicher Auftraggeber. Im Mittelpunkt vieler Studien stand häufig das Thema des effizienten Energieeinsatzes und der Einführung energiesparender Technologien.

**ZAE BAYERN**, mit der Abteilung Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien, hat sich als Mittler zwischen universitärer Forschung und industrieller Entwicklung seit vielen Jahren qualifiziert. Entwicklungsschwerpunkte sind

- Verfahren zur Verringerung des Energie- und Ressourcenverbrauchs in Gebäuden, z.B. durch innovative Wärmedämmung und hocheffiziente Speichersysteme
- Funktionsmaterialien für die Energietechnik
- Latentspeichermaterialien und ihre Anwendungen

Die Verknüpfung des Know-hows beider Institute und der verfolgten Arbeitsweisen garantiert eine effiziente und zielführende Themenbearbeitung.



Als methodischen Ansatz für die Studie ist eine Kombination aus

- **Intensivinterviews (Anzahl: 200)**
- **Durchführung von Branchen-Focusgruppen-Diskussionen**
- **Desk research**

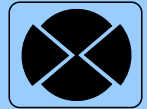
- **Intensivinterviews** werden vom Projektteam persönlich und telefonisch mit heutigen PCM-Anwendern und potenziellen Anwendern in allen zu untersuchenden, vorgesehenen Branchen geführt. Daneben sind Interviews mit Herstellern, wissenschaftlichen Institutionen und Branchenexperten geplant. Für jede vorgesehene Branche wird ein spezieller Interview-Leitfaden entwickelt. Die Gespräche werden jedoch in Form freier Fachdiskussionen assoziativ geführt, so dass es auch möglich ist, Sachverhalte in Erfahrung zu bringen, die bei Untersuchungsbeginn noch nicht bekannt waren.
- **Fokusgruppen-Diskussionen** werden für jede Branche separat durchgeführt; gegebenenfalls werden Branchen mit weitgehend übereinstimmenden Einsatzanforderungen zusammengefasst. Hierzu werden heutige und potenzielle PCM-Anwender als auch PCM-Hersteller eingeladen. Leitung und Moderation übernimmt TECHNOMAR zusammen mit ZAE BAYERN. Die Diskussion erfolgt auf der Basis der Erkenntnisse aus ca. zwei Drittel der zu diesem Zeitpunkt bereits durchgeführten Intensivinterviews. Die Ergebnisse fließen in den Abschlussbericht ein. Alle Teilnehmer der Studie sind selbstverständlich zur Fokusgruppen-Diskussion eingeladen.
- Im **Desk research** wird das vorhandene Know-how zum Thema Latent-Wärme-Kältespeicher (PCM) bei den beteiligten Instituten analysiert und für die Ergebnisdarstellung aufbereitet. Statistische Daten werden gesichtet und für die Bedarfspotenzial-Abschätzung der einzelnen Branchen aufbereitet und ausgewertet.



Zur Durchführung der Arbeiten wird ein Projektteam zusammengestellt, bestehend aus den Herren

- Dipl.-Ing. Volkmar Ebert (TECHNOMAR)
- Dipl.-Wirtsch.-Ing. Zsolt Krémer (TECHNOMAR)
- Dipl.-Ing. (FH) MBA Raymond Pajor (TECHNOMAR)
- Dipl.-Phys. Wolfgang Schölkopf (ZAE)
- Dr. Harald Mehling (ZAE)
- Dipl.-Phys. Stefan Hiebler (ZAE)

Nach Abschluss der Untersuchung wird ein schriftlicher Bericht erstellt und den Teilnehmern übergeben.



## 5. Zeit und Kosten

Die Arbeitsgemeinschaft plant, mit der Untersuchung **Anfang November 2007** zu beginnen und diese **Ende April 2008** abzuschließen.

Die Durchführung der Studie setzt voraus, dass sich mindestens 20 Unternehmen an der Studie beteiligen. Einzelne Branchen fallen gegebenenfalls heraus, wenn weniger als 4 Unternehmen an den Ergebnissen der Branche interessiert sind.

Bis zum 15. Oktober 2007 räumt die Arbeitsgemeinschaft den zeichnenden Unternehmen folgende Subskriptionspreise ein:

Branche		Subskriptionspreis pro Branche in €zzgl. MwSt
1)	Baustoffe, Baumaterialien	7.500
2)	Produktionsprozesse	7.500
3)	Haushaltsgeräteindustrie	7.500
4)	Heizung, Klima, Lüftung und Sanitärtechnik	7.500
5)	Gesamtstudie, aller durchgeführten Branchen	15.500

Nach Ablauf der Subskriptionsfrist erhöhen sich die Preise um jeweils 20 %.

Zahlungsweise: 50 % bei Auftragserteilung, 50 % bei Abschluss der Untersuchung

Der genannte Preis deckt alle mit der Durchführung der Studie entstandenen Kosten. Er berechtigt den Teilnehmer auch zur Teilnahme an der Branchen-Focusgruppen-Diskussion. Nur die Reisekosten zur Focusgruppen-Diskussion sind selbst zu übernehmen.