

Neuartiges Phase Change Material (PCM) für die Speicherung und Nutzung von Prozesswärme

F. Kenfack, M. Bauer

Motivation

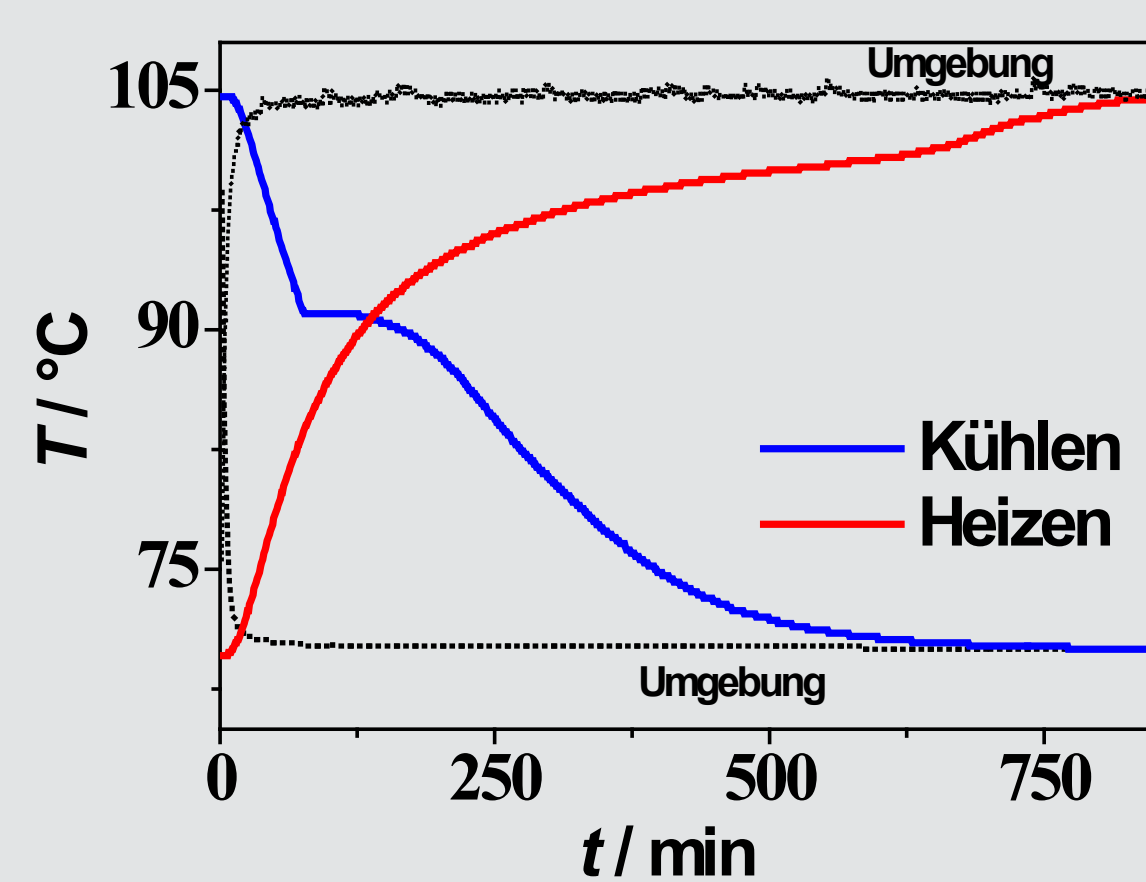
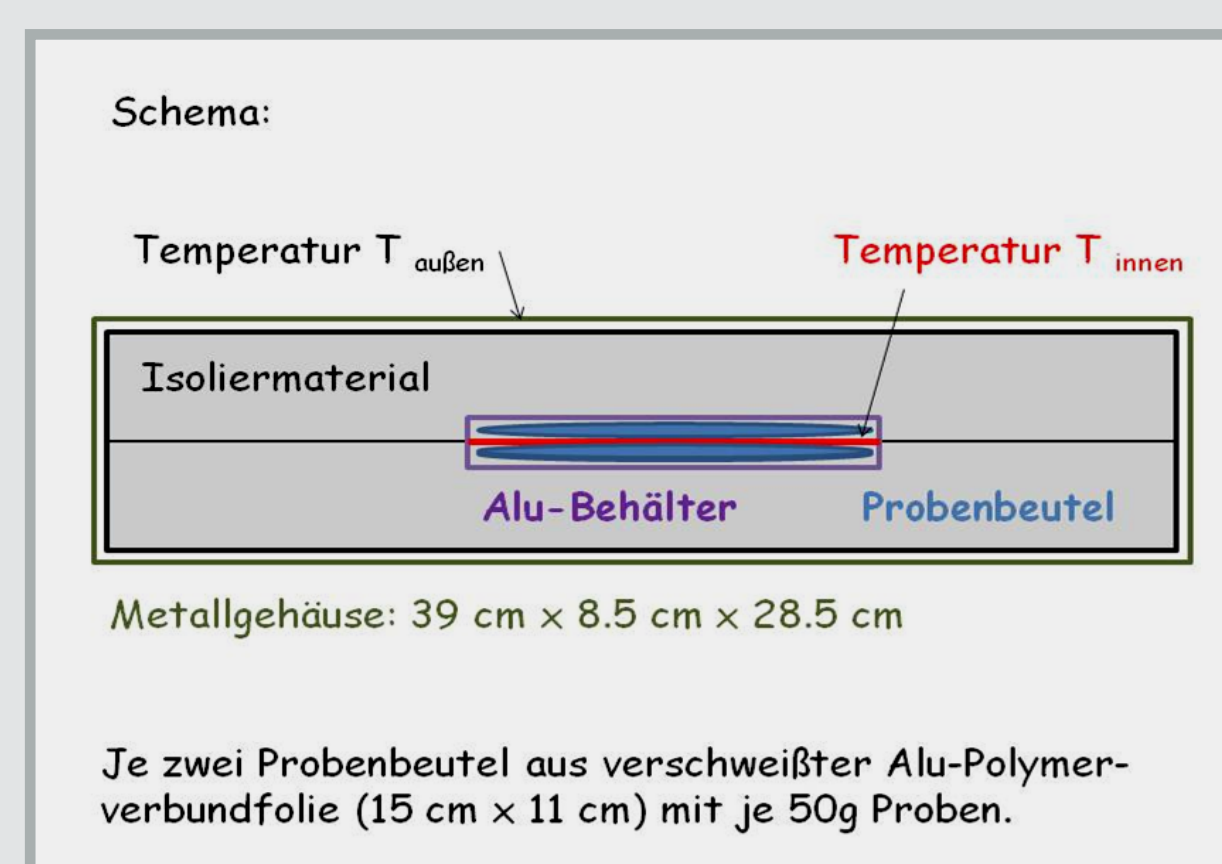
Im Hinblick auf die Effizienzsteigerung bei der Wärmespeicherung sind Latentwärmespeicher besonders geeignet. Sie erlauben, durch die Schmelztemperatur des eingesetzten Latentwärmespeichermaterials (Phase Change Material: PCM) im genau festgelegten Temperaturbereich möglichst viel Wärmeenergie bei möglichst geringer Masse bzw. Volumen mit vielen Wiederholzyklen zu speichern. Materialeitig handelt es sich dabei vorrangig um Paraffine und Salzhydrate, wobei letztere den Paraffinen durch eine nahezu doppelte Speicherdichte weit überlegen sind. Welches Material letztendlich eingesetzt werden sollte, hängt vorwiegend von den benötigten Temperaturbereichen ab. Das entwickelte salzhydratbasierte PYCO-PCM-1 eignet sich für die Speicherung und Nutzung von Prozesswärme für Temperaturen um 100°C. Im Folgenden werden die thermischen Eigenschaften des neuen Salzhydrats PYCO-PCM-1 vorgestellt. Zu Vergleichszwecken sind Daten zu dem unmodifizierten, kommerziellen Salzhydrat ebenfalls angegeben.

Charakterisierungsmethode

Die Speicherkapazität ist ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung von PCMs. Sie lässt sich üblicherweise mittels DSC bestimmen. Diese Methode versagt hier aber, weil Probenmengen im mg-Bereich für typische PCMs nicht aussagekräftig sind. An der PYCO wird daher ein 3-Schichtkalorimeter (3SK) der Firma w&a (wärme- und anwendungstechnische Prüfungen, Fürstenwalde / Spree) eingesetzt.

Durchführung und Auswertung

100g des PCMs werden verpackt in einen Trockenschrank eingebracht und die definierten Temperatursprünge eingestellt. Die Aufheiz- bzw. Abkühlkurven $T = f(t)$ des untersuchten Materials werden mit dem Datenlogger registriert. Aus den $T = f(t)$ -Daten werden mit Hilfe eines etablierten Auswertungsprogramms die spezifische Wärmekapazität $c_p(T)$ und die Enthalpie $H(T)$ bestimmt.



Bsp. Aufheiz- bzw. Abkühlkurven $T = f(t)$

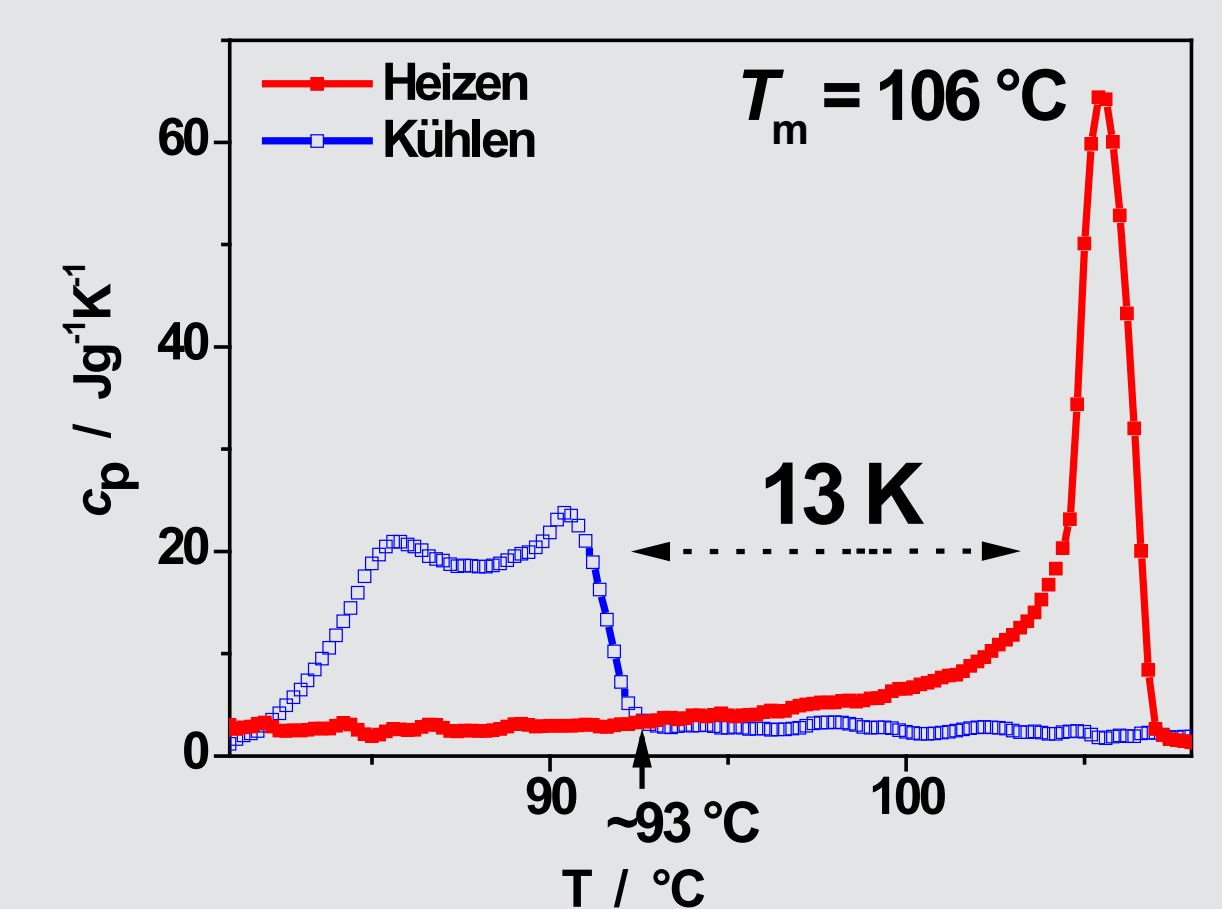
Aufbau des 3-Schichtkalorimeters (3SK)

Herstellung des PYCO-PCM-1

kommerzielles Salzhydrat



Die Verwendung des reinen Salzhydrats als PCM bringt verschiedene Nachteile, wie Unterkühlung, Phasentrennung und geringe Zyklusstabilität, mit sich.

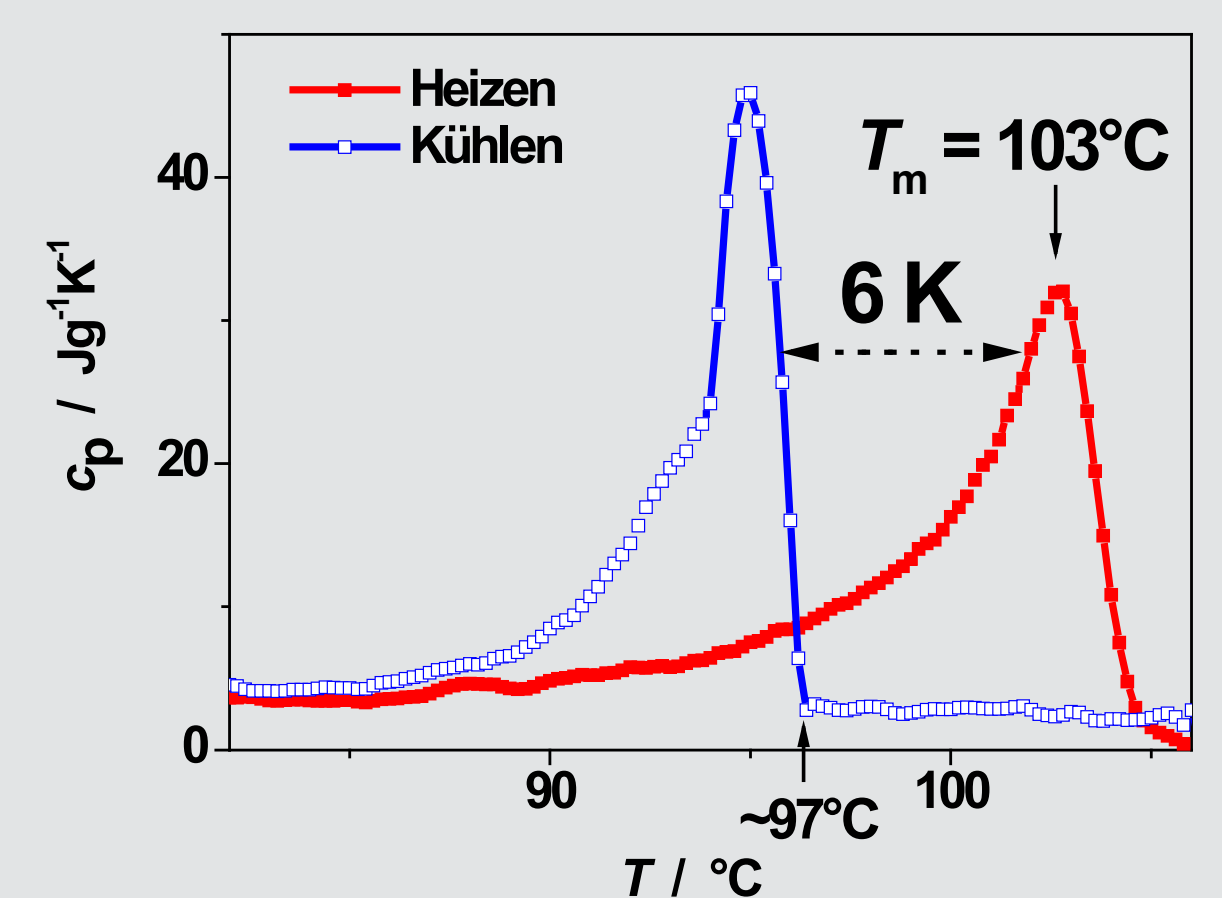


Schmelzpeak: 106°C, Erstarrungspunkt: 93°C

kommerzielles Salzhydrat + Zusatzstoffe



Das PYCO-PCM-1 basiert auf dem kommerziellen Salzhydrat, welches durch Zugabe von geeigneten Additiven modifiziert wurde. Hierdurch konnte eine effiziente thermische Leistung erreicht werden.

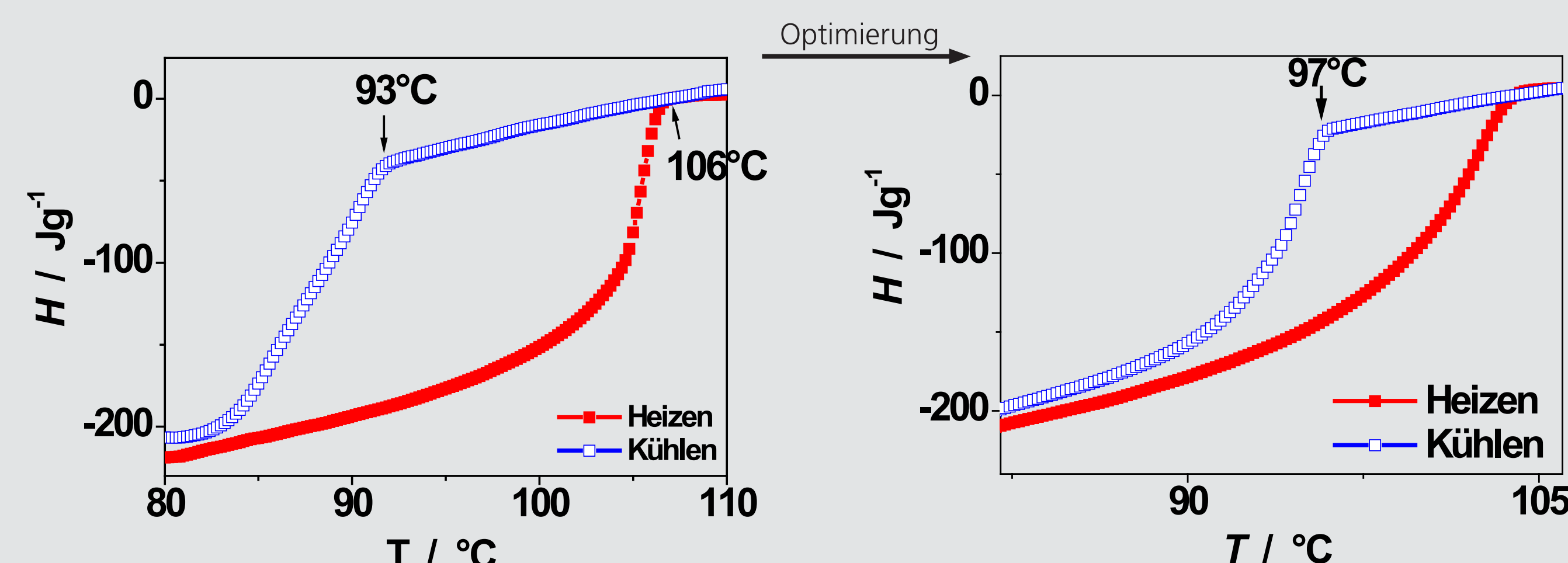


Schmelzpeak: 103°C, Erstarrungspunkt: 97°C

Darstellung der Wirksamkeit der Herstellungsmethode durch den Vergleich der $c_p(T)$ -Kurven

Speicherkapazität

Die thermische Zuverlässigkeit der PYCO-PCMs wird durch Messung der Speicherkapazität, nach Durchführung mehrerer wiederholter Aufheiz- und Abkühlungszyklen, ermittelt.



(a) Kommerzielles Salzhydrat nach 45 Zyklen

(b) Salzhydrat-PYCO-PCM-1 nach 62 Zyklen

Die Speicherkapazität des PYCO-PCM-1 weicht weniger als 10% von der des kommerziellen Salzhydrats ab. Dies zeigt die Effizienz der entwickelten Herstellungsmethode.

Speichermaterialien	Einheit	Wasser (sensibel)	Paraffin RT100	Salzhydrat PYCO-PCM-1
Speicherkapazität $\Delta T = 20K$	kJ kg^{-1}	84	137	200
	MJ m^{-3}	84	105,5	300
	kWh m^{-3}	23,33	29,30	83,33

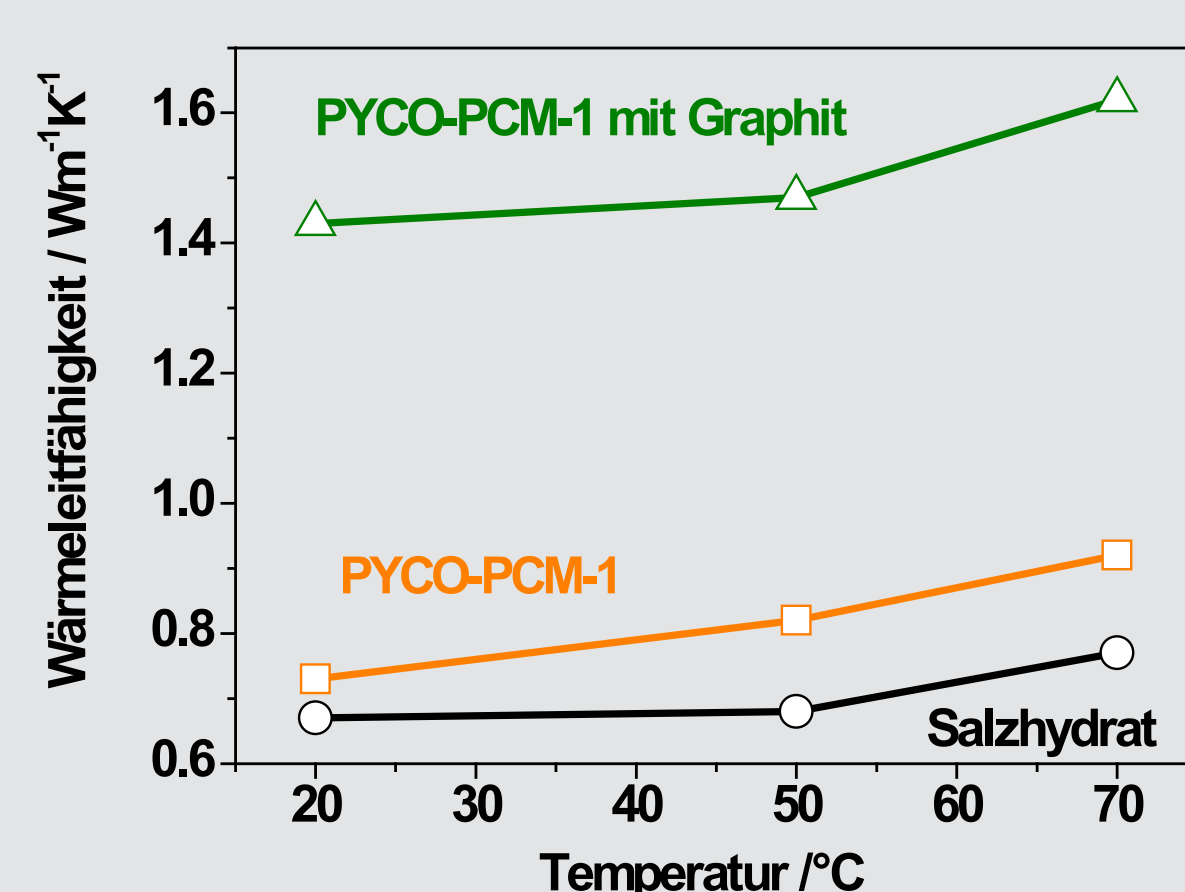
Die Speicherkapazität des Salzhydrats PYCO-PCM-1 entspricht in etwa der drei- bis vierfachen Energiemenge gegenüber einem Wasserspeicher gleichen Inhaltes.

Wärmeleitfähigkeit

Typische PCMs weisen aufgrund ihrer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit ein nicht ausreichendes Be- und Entladeverhalten auf. Dieser Nachteil wurde durch gezielte Modifizierung des PYCO-PCM-1 unter Beimischung geeigneter Additive beseitigt.

Folgende Ergebnisse wurden unter Verwendung von Graphit erzielt:

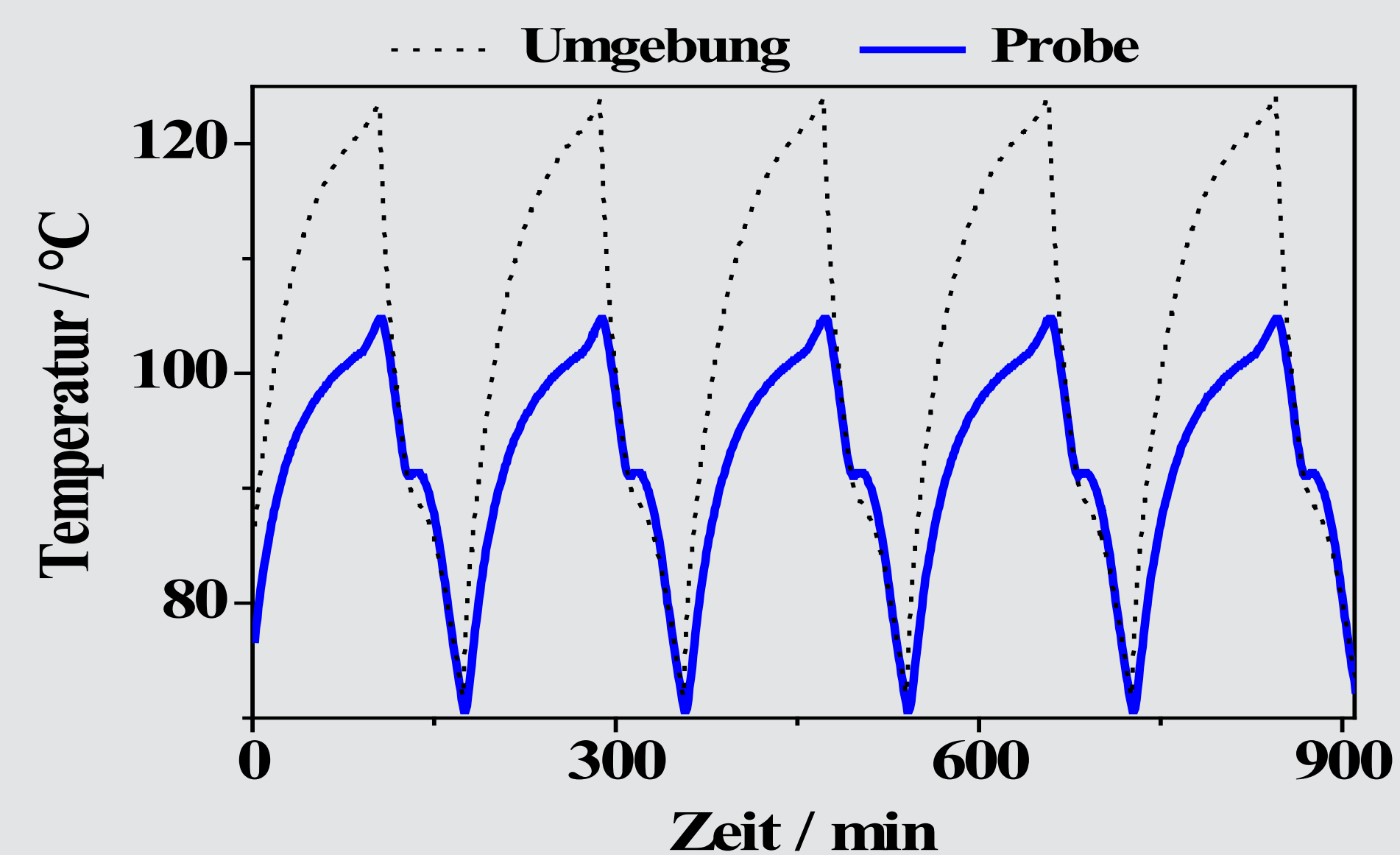
- Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit des PYCO-PCM-1 um mindestens 40% im festen Zustand mit 5 Gew.-% Graphit,
- Das PYCO-PCM-1 hat eine bessere Wärmeleitfähigkeit gegenüber dem reinen Salzhydrat,
- Die wesentliche Beobachtung ist, dass der Speicherkapazitätsverlust von 10%, der durch die Zugabe von Graphit verursacht wird, im Messfehlerbereich liegt.



Vergleich: Wärmeleitfähigkeit von Materialien mit und ohne Graphit

Thermische Stabilität

Ein wesentlicher, anwendungstechnischer Aspekt für Latentwärmespeicher ist die thermische Stabilität. Wie hier gezeigt, wurde diese bereits mit über 200 Aufheiz- und Abkühlungszyklen für das PYCO-PCM-1 nachgewiesen.



Zyklusstabilität des PYCO-PCM-1 mit einer Phasenübergangstemperatur von 92 °C

Vorteile des salzhydratbasierten PYCO-PCM-1

- Kostengünstige Herstellung (Rohstoffkosten ca. 1000 Euro / Tonne)
- Hohe Energiespeicherdichte (300 MJ m^{-3} , $\Delta T = 20 \text{ K}$)
- Zyklusstabilität über 200 Zyklen
- nicht brennbar
- Vergleichbare Speicherkapazität wie kommerzielle Salzhydrate (sowohl mit als auch ohne Graphit)

Wichtige Anwendungsgebiete

- Fernwärme
- chemische Industrie
- Lebensmittelindustrie
- Automobilindustrie

Ausblick

PYCO wird die Entwicklung von PCMs weiterführen und auch auf andere Speichertemperaturen ausdehnen. Zur Zeit werden Kooperationspartner aus Industrie und Wissenschaft für die Entwicklung innovativer Latentwärmespeicher-Systeme gesucht.

Fraunhofer Einrichtung für Polymermaterialien und Composite PYCO
Dr. Flaurance Kenfack
Kantstrasse 55, 14513 Teltow, Germany
Phone: +49 3328 330-252
Fax +49 3328 330-282
flaurance.kenfack@pyco.fraunhofer.de
www.pyco.fraunhofer.de