

Bayerisches Zentrum für
Angewandte Energieforschung e.V.

Alternative Messmethode zur thermischen Charakterisierung von PCM-Systemen

A. Göbel, S. Vidi, H. Mehling, F. Klinker

Jahrestagung des Arbeitskreis Thermophysik
17.03.2014

MIT SONNE UND VERSTAND.

© ZAE Bayern



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

Motivation

Latentwärmespeicher

- PCM = Phase Change Material („Phasenwechselmaterial“)
- Prinzip: Speicherung von latenter Wärme während des Phasenüberganges
- Verschiedene Materialien zeigen Effekt → unterschiedliche Phasenübergangstemperaturen & Anwendungsbereiche
- Nutzung des Effektes auch in Gebäudeanwendungen möglich



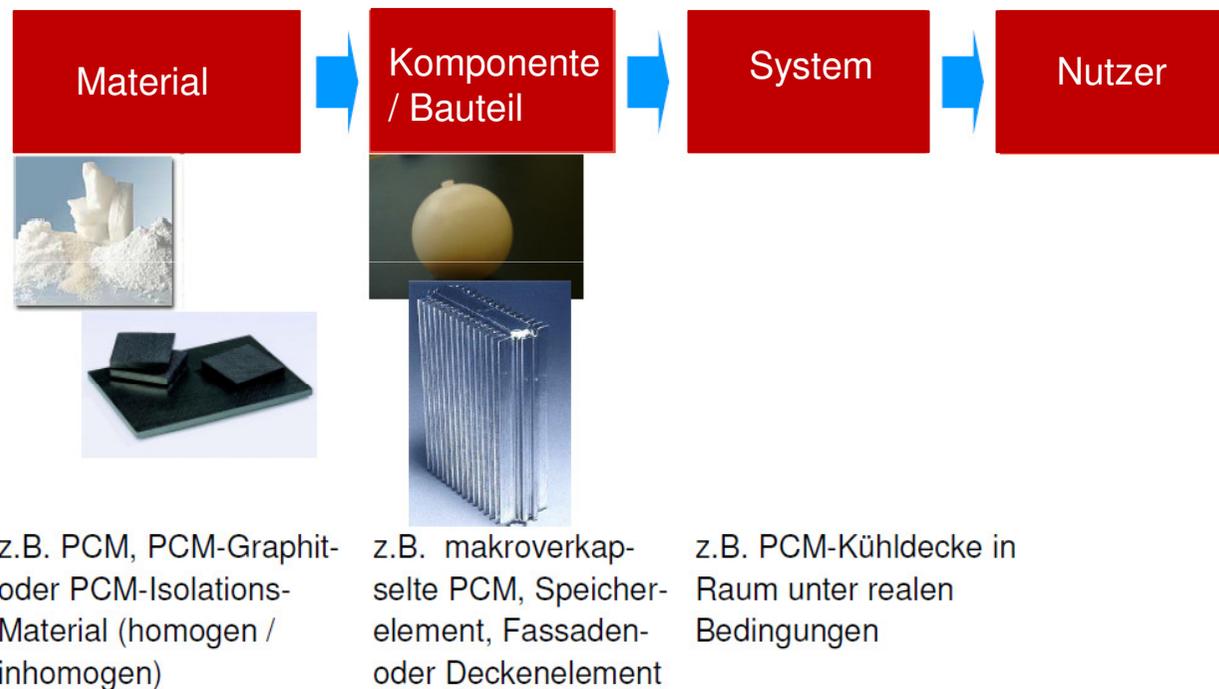
© va-q-tec



Quelle: Wikipedia

Motivation

Vier Ebenen in der PCM-Anwendung



Auf jeder Ebene: Bestimmung der thermischen Eigenschaften
→ Wärmespeicherfähigkeit & dynamisches Verhalten

Motivation

Stand der Technik

Kalorimetrische Messverfahren für sehr kleine Probenmengen ↔ Testräume für komplette Systeme

→ Lücke in der Messtechnik!

Keine Charakterisierungsmethoden für Probenvolumina im Bereich einiger 100 ml bis mehrerer Liter!

Große Proben aber nötig, da

- Unterkühlung abhängig von Probenmenge
- Inhomogene Proben
- z.T. vorgegebene Probengeometrie



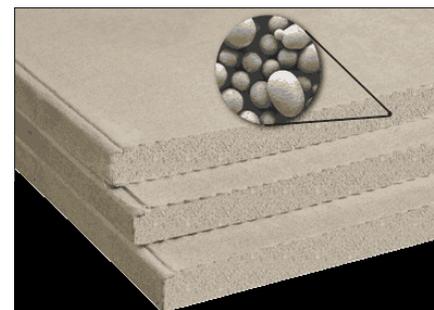
© va-q-tec



© PCM products



© Global E-Systems



© Knauf

Motivation

Projekt „PCM Metro“

- Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
- Förderkennzeichen: 03ESP230A
- Projektlaufzeit: 01.07.2013 bis 30.06.2016
- Ziel: Entwicklung von Messmethodik zur Charakterisierung von PCM-Wärmespeicherkomponenten („PCM Metro“)
- Einer der Ansätze: Verwendung eines Heat Flow Meters

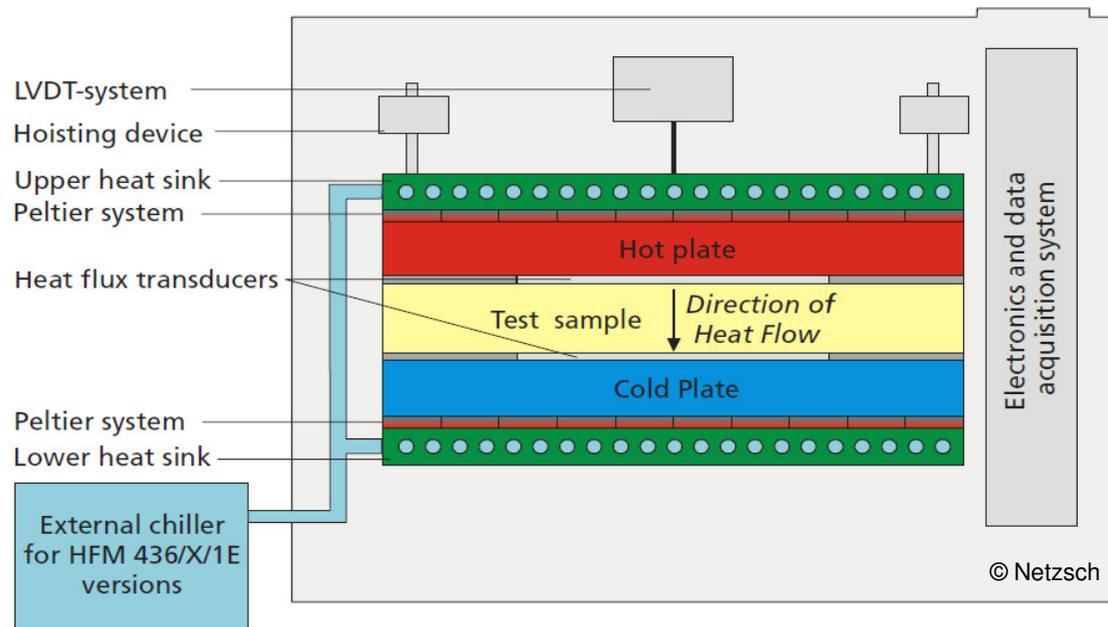


**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie**



Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter Prinzip

Netzsch HFM 436/3/1E Lambda



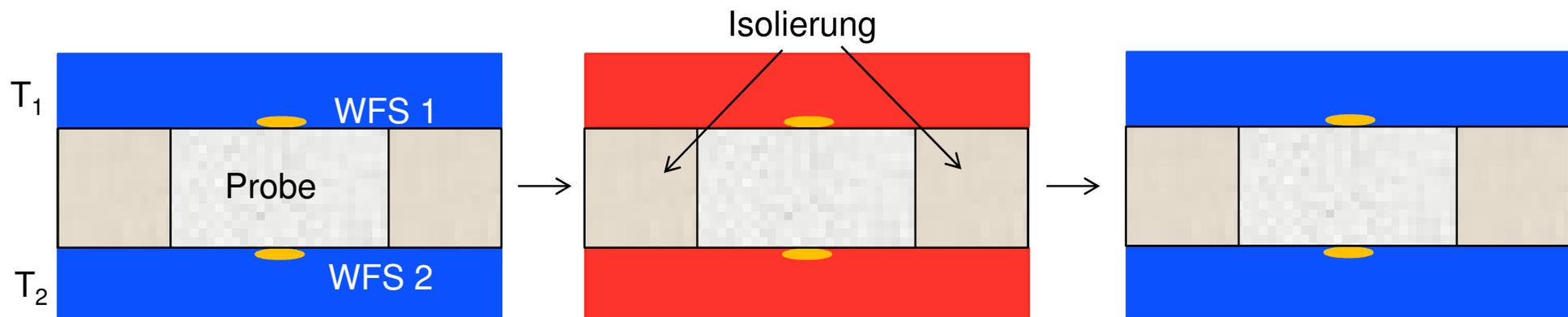
Üblicherweise: Verwendung des Wärmeflussmessgerätes zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Isolationswerkstoffen → stationäre Messung

$$\lambda = \frac{d \cdot \dot{q}}{\Delta T}$$

Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Prinzip

Ansatz zur Durchführung von kalorimetrischen Messungen

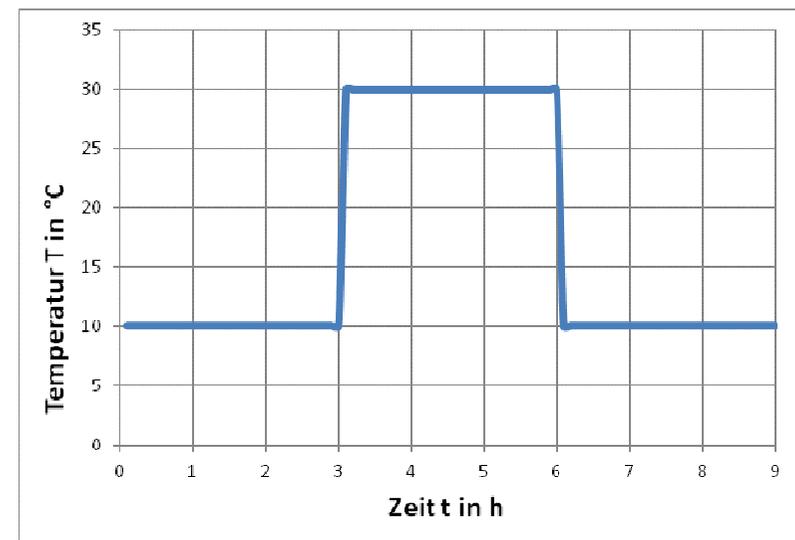


Unterschied zu üblichen Messungen: $T_1 = T_2$,

dann Temperatursprung

Gesamte von der Probe aufgenommene Wärmemenge:

$$q_{ges} = \int_{t_1}^{t_2} (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) dt$$

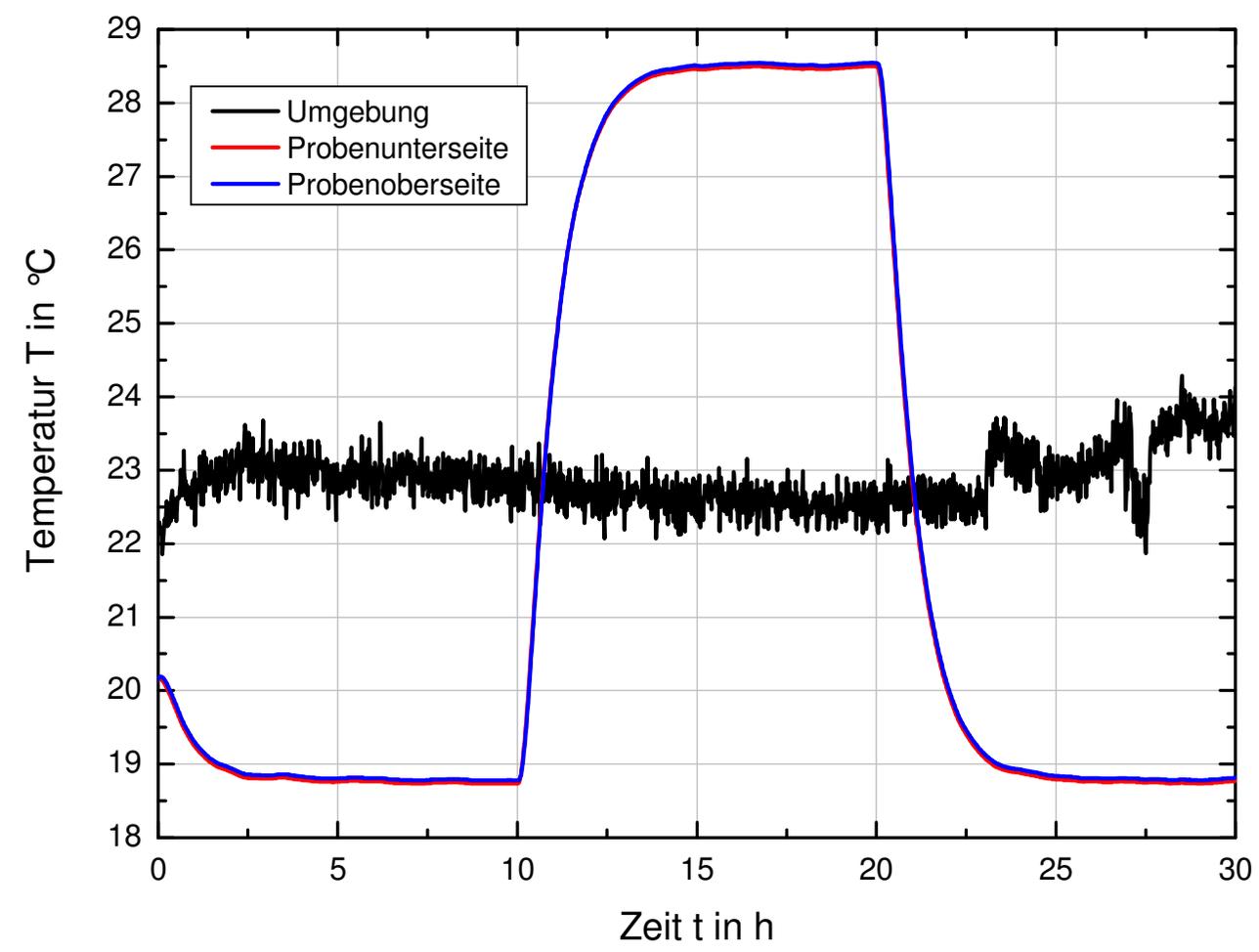




Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an Material mit bekannter Wärmekapazität

Testmessung an Edelstahl 1.0332



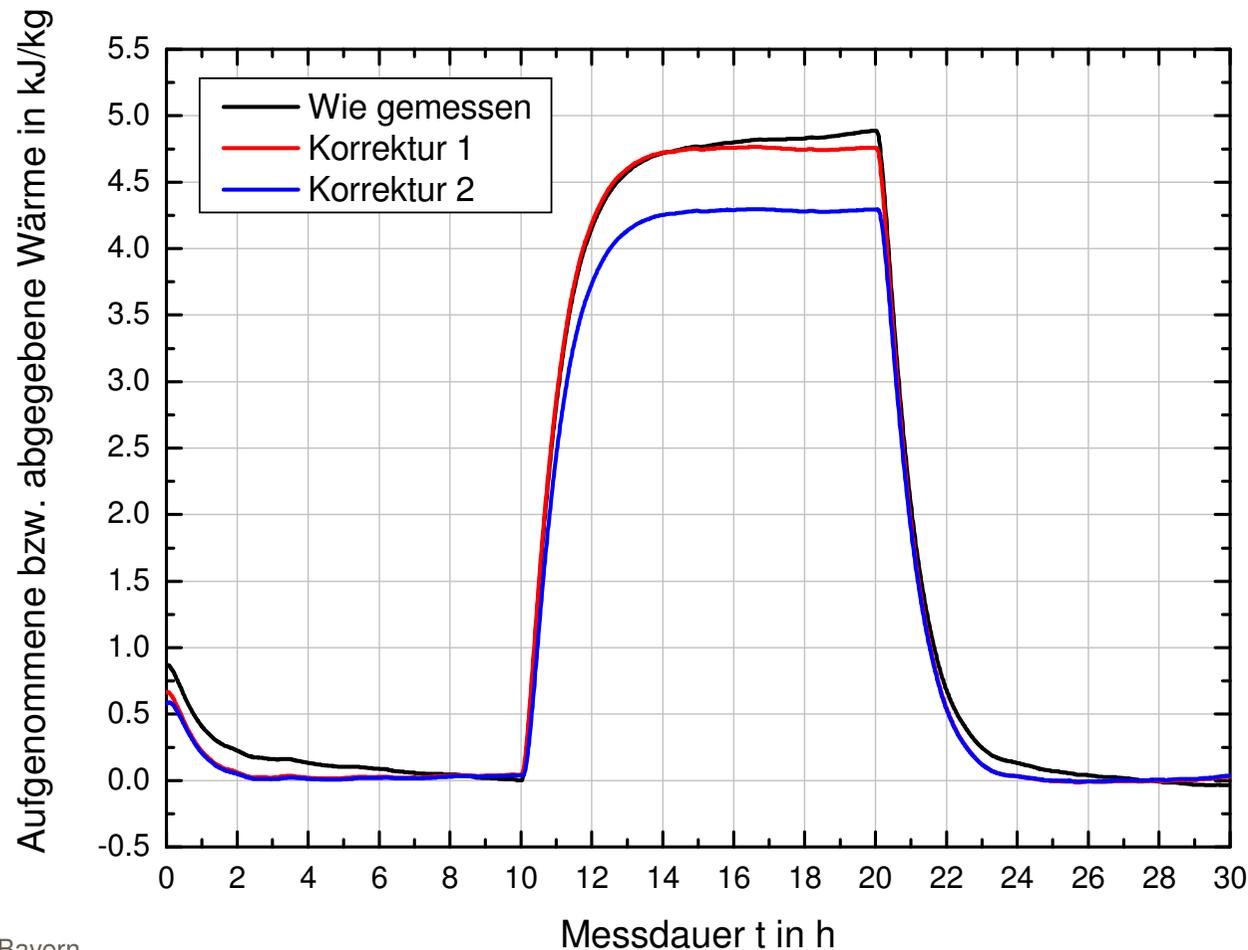


Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an Material mit bekannter Wärmekapazität

Korrektur 1: Korrektur lateraler Wärmeströme

Korrektur 2: Korrektur lateraler Wärmeströme + Korrektur der Wärmekapazität des Gerätes



Messung mit HFM:

$$c_p = (437 \pm 22) \frac{J}{kg \cdot K}$$

Messung mit DSC:

$$c_p = (445 \pm 22) \frac{J}{kg \cdot K}$$

Sehr gute Übereinstimmung
(Abweichung < 2%)

Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an PCM – Energain Board

Ausgewählte Probe: **DuPont Energain Board**

Mischung aus Ethylen-basiertem Polymer (40%) und Paraffin (60%), umgeben von 130µm dicker Aluminiumfolie

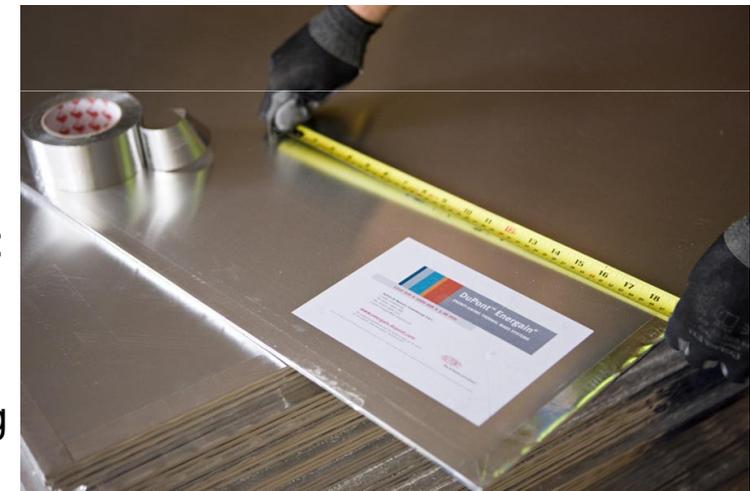
Flächengewicht 4.5 kg/m², Dicke 5.26 mm

Verschiedene Datenblätter liefern widersprüchliche Angaben:

Gesamte Wärmespeicherfähigkeit (0°C-30°C) circa 140 kJ/kg

vs.

Gesamte Wärmespeicherfähigkeit (14°C-30°C) >170 kJ/kg



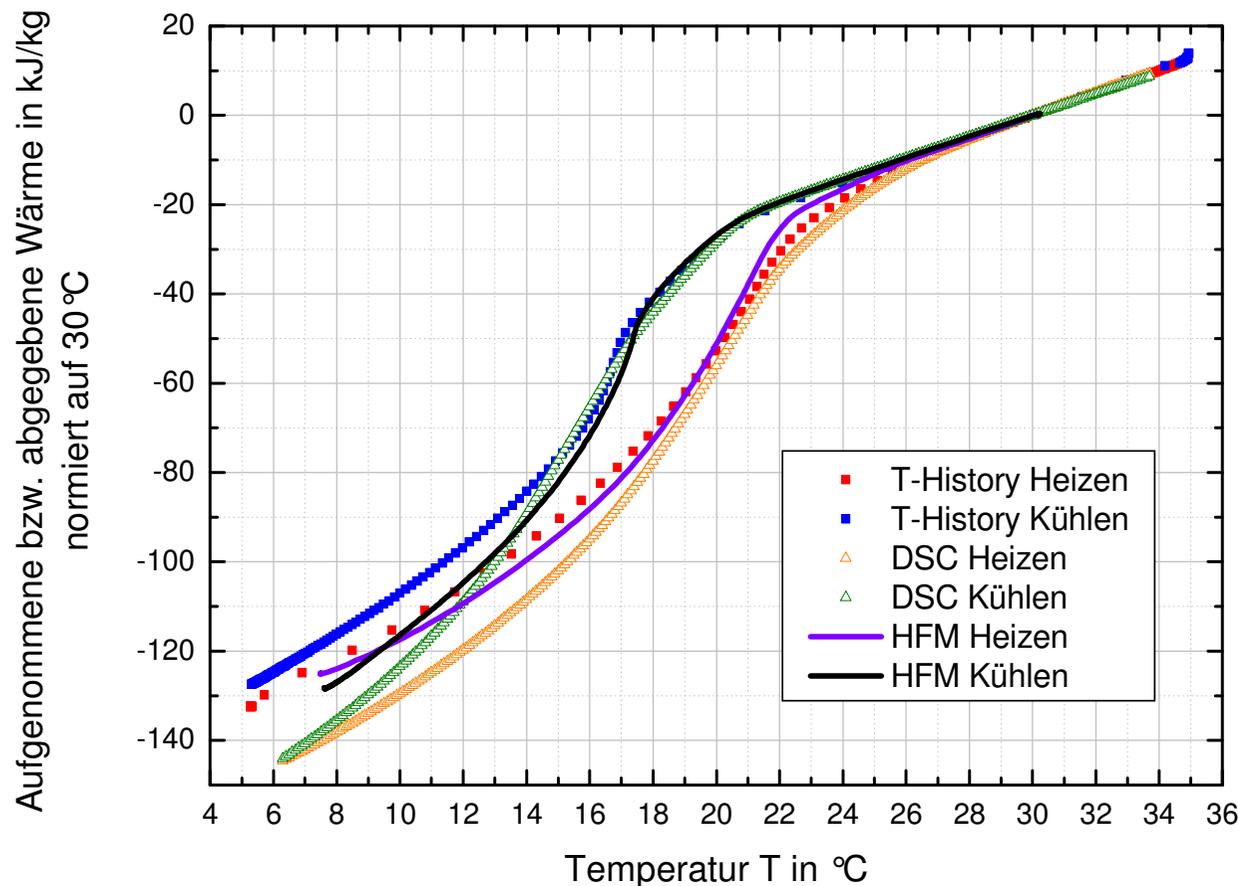
© DuPont



Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an PCM – Energain Board

Kalorimetrische Messungen in Heat Flow Meter – DuPont Energain Board (2 Platten übereinander)



Gute Übereinstimmung
zwischen verschiedenen
Messmethoden!



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

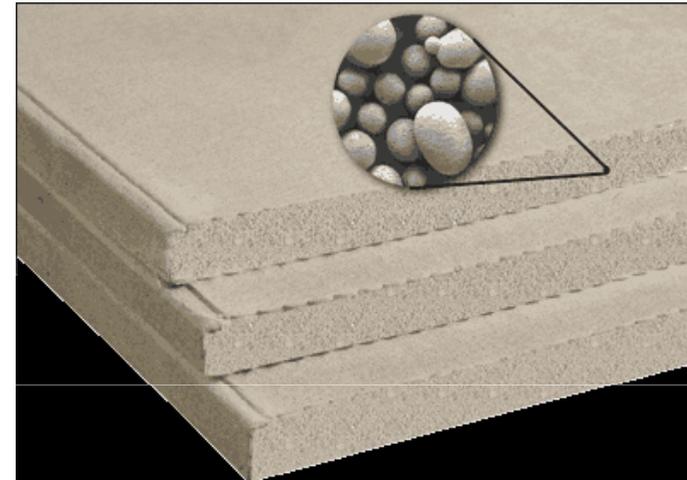
Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an PCM - Comfortboard

Ausgewählte Probe: **Knauf Comfortboard**

Gipsplatte mit mikroverkapseltem PCM

Dichte: 821 kg/m^3 , Dicke: 12.2 mm



© Knauf

Angaben aus Datenblatt:

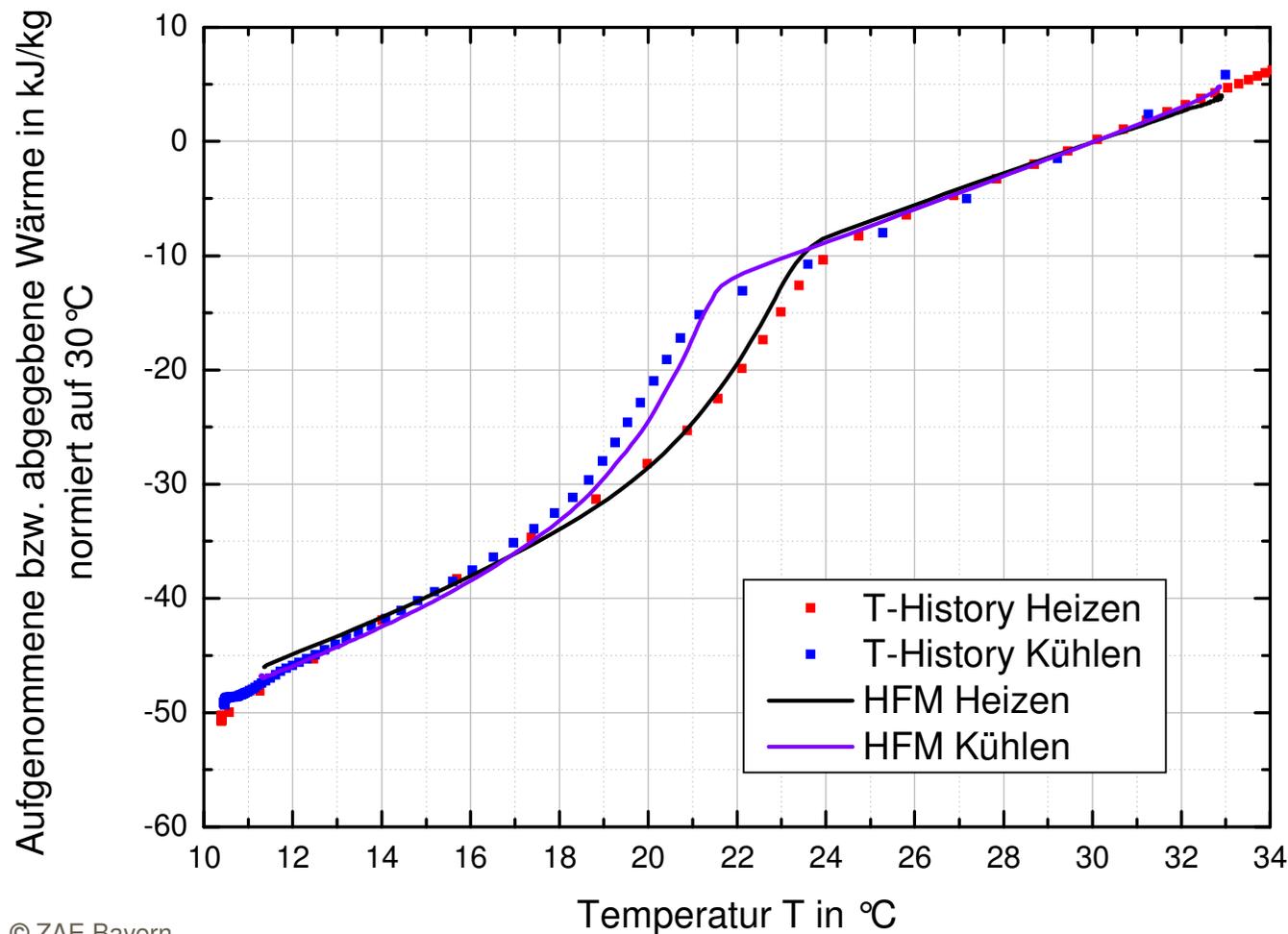
- Gesamte latente Wärmekapazität ($10\text{-}30^\circ\text{C}$): ca. $200 \text{ kJ/m}^2 \approx 20 \text{ kJ/kg}$
- Spezifische Wärmekapazität: ca. $13 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) \approx 1.3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$



Kalorimetrische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Erste Testmessungen an PCM - Comfortboard

Kalorimetrische Messungen an Knauf Comfortboard



Zwischen 12°C und 32°C:

Datenblatt: $Q_{ges} \approx 46$ kJ/kg

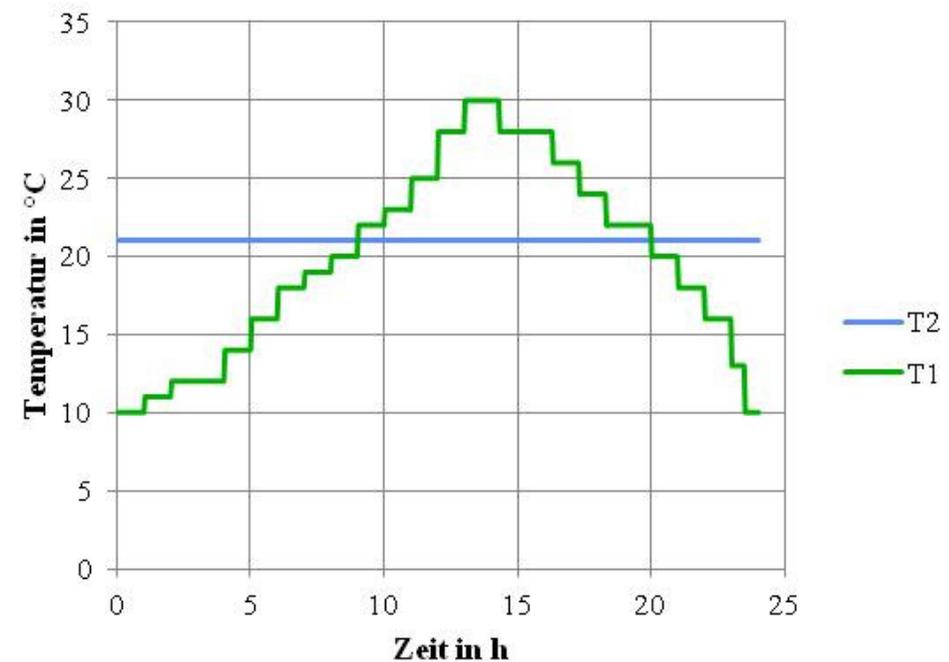
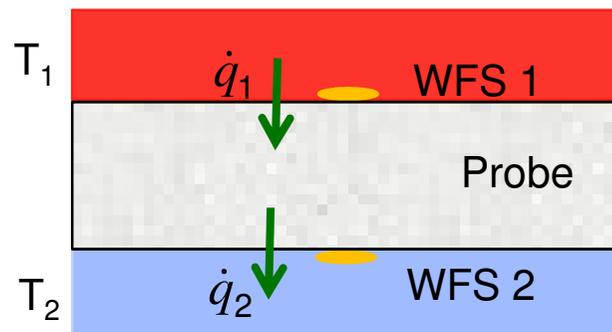
Messung: $Q_{ges} \approx 48$ kJ/kg

Sehr gute Übereinstimmung

Dynamische Messungen mit dem Heat Flow Meter

Prinzip

- Beide Platten auf unterschiedlichen und zeitlich veränderlichen Temperaturen
- Eine Seite entspricht der Innenwand, eine Seite entspricht der Außenwand
- Verschiedene Schichtungen aus PCM und Isolationswerkstoffen → Nachbildung reeller Wandaufbauten nachzubilden



Zusammenfassung und Ausblick

- Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Edelstahl mit sehr gutem Ergebnis
- Erste kalorimetrische Messungen an Proben mit PCM erfolgreich durchgeführt
- Optimierungsbedarf hinsichtlich lateraler Isolierung
- Gerät eigentlich für andere Zwecke vorgesehen → einige Schwierigkeiten mit der Software
- Bislang noch keine dynamischen Messungen möglich
- Nächster Schritt: Charakterisierung weiterer Proben, Optimierung des Verfahrens

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

MIT SONNE UND VERSTAND.

© ZAE Bayern



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung