

# Speicherung latenter Wärme mit Trennung von Leistung und Kapazität: Experimentelle Demonstration des PCMflux-Konzepts

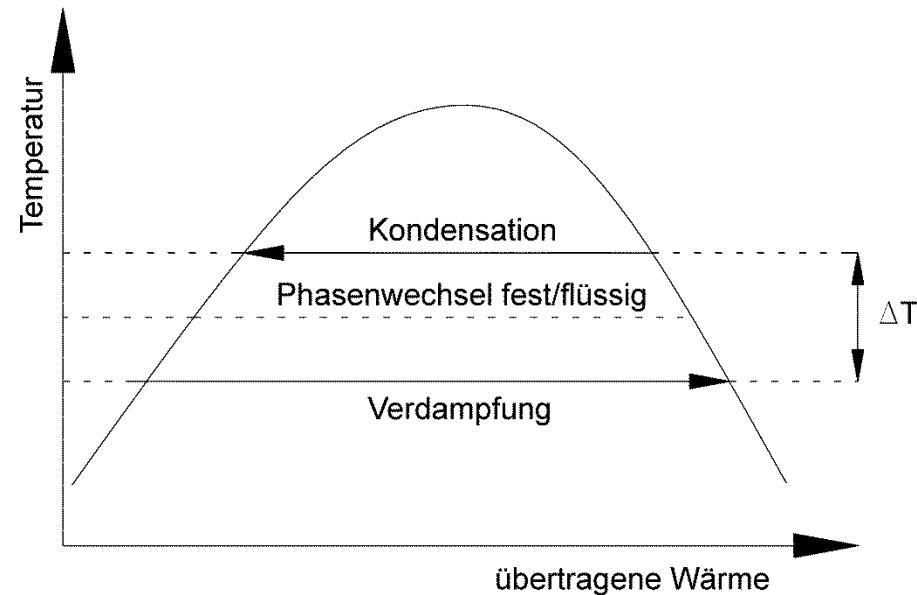
H. Pointner, W.D. Steinmann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Institut für Technische Thermodynamik  
Stuttgart



# Anwendungsbereiche für Latentwärmespeicher

im Bereich mittlerer und hoher Temperaturen (130 – 350 °C)

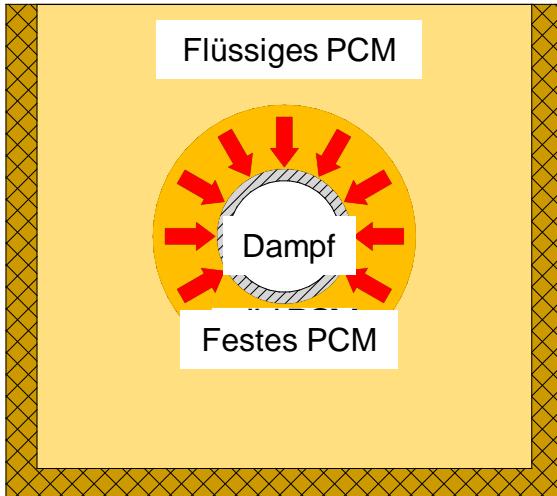


Systeme mit Dampf als Arbeitsmedium:  
**Minimierung der Temperaturdifferenz**  
zwischen Be- und Entladen  
=> **Minimierung Druckreduzierung**  
zwischen Beladedampf und Entladedampf

# Entwicklung von Latentwärmespeichern

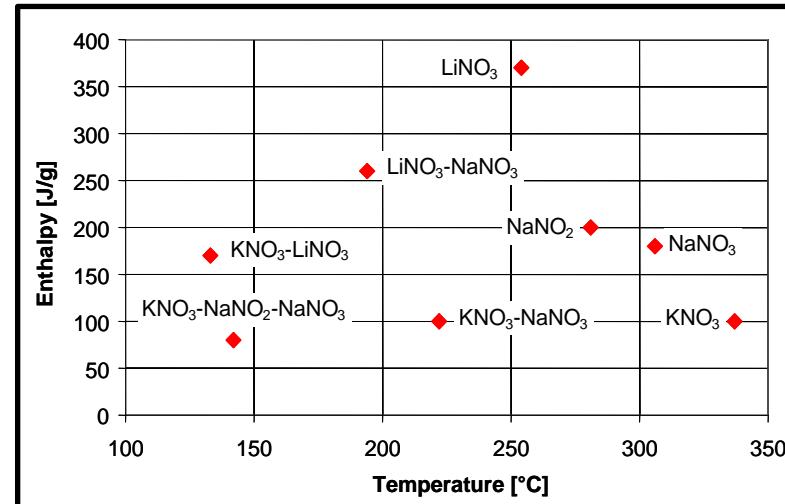
## Nitratesalze als Speichermaterialien

### (phase change material, PCM)



Entladung PCM-Speicher über  
dampfführendes Rohr

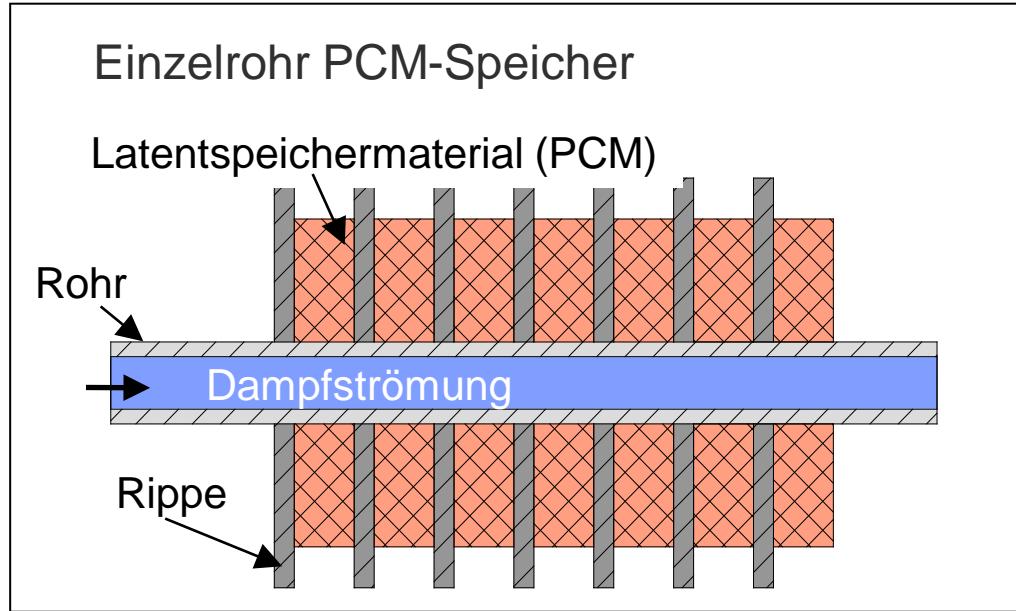
Wärmetransport wird bestimmt durch  
niedrige Wärmeleitfähigkeit der Nitratsalze  
( $<1.0 \text{ W/mK}$ )



# Wärmeübertragungskonzept für Latentwärmespeicher

## Stand der Technik:

### Integrierter Rippenrohr-Wärmeübertrager



Rohre mit Radialrippen  
(ohne PCM)

# Wärmeübertragungskonzept für Latentwärmespeicher

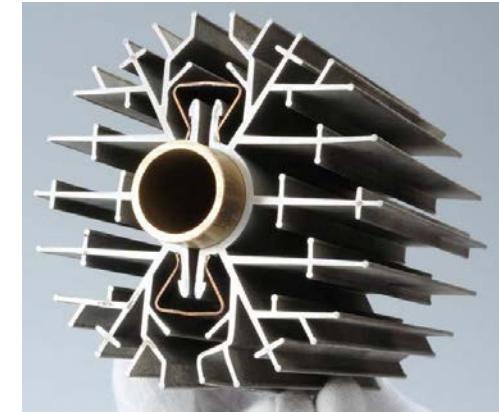
Stand der Technik: Integration von Rippenrohr-Wärmeübertragern in das Speichervolumen



Pilotspeicher:  
 $\text{NaNO}_3$  als PCM,  
Aluminiumrippen

$T_{\text{schmelz}}$  305°C  
Latentwärme 175 kJ/kg

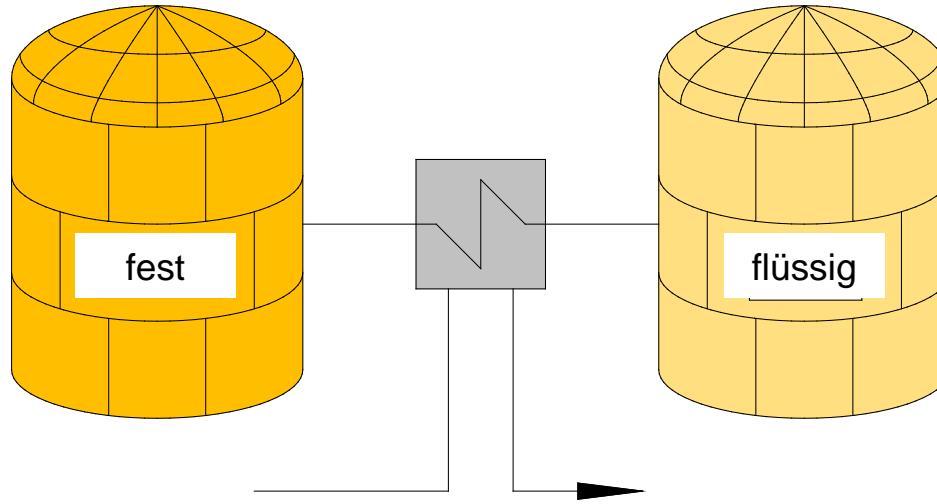
1.4m x 1m x 6m  
PCM Masse: 14 t  
Kapazität: ca. 700 kWh



axial finned tubes

- Erhöhung der Kapazität erfordert Vergrößerung Wärmeübertrager
- Leistung nicht konstant bei gleichbleibendem Dampfdruck
- Wärmeübertrager nicht zugänglich

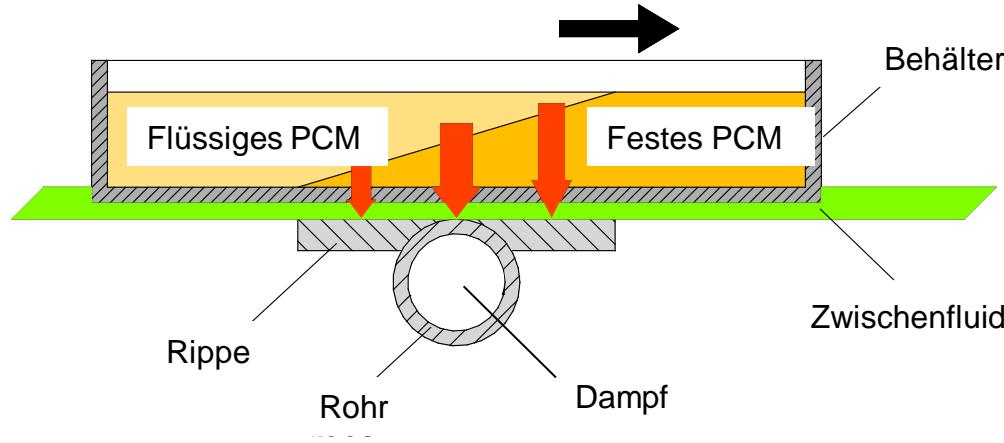
# Aktives Speicherkonzept für Latentwärme



- Transport des Speichermaterials (feste + flüssige Phase)
- Wärmeübertragungsflächen und Speichermaterial sind mechanisch getrennt
- Konstante Leistung möglich
- Kapazität und Leistung sind unabhängig

# PCMflux Konzept

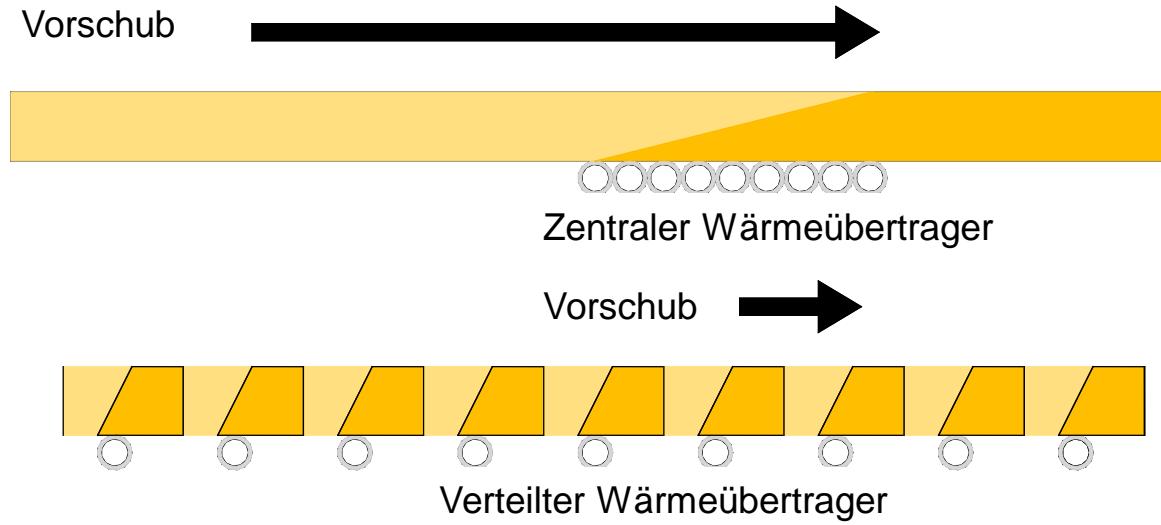
## Grundkonzept



- Trennung PCM und Wärmeübertrager durch Zwischenfluid
- Wärmeleitung durch Zwischenfluid
- Transport des PCM in dünnwandigen Behältern

# PCMflux Konzept

## Grundkonzept

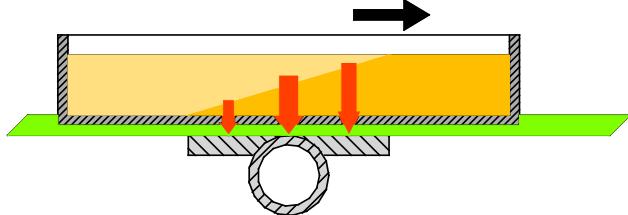


Typische Vorschubgeschwindigkeit: 50-100 mm/h

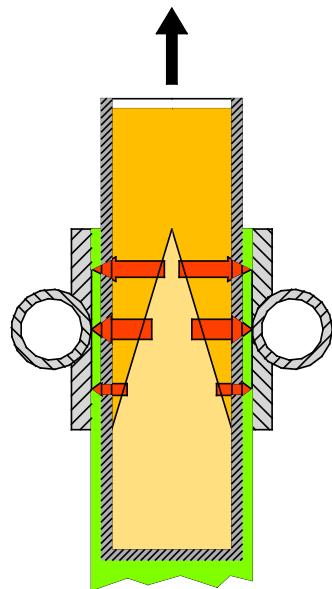
# PCMflux Konzept

## Grundkonzept

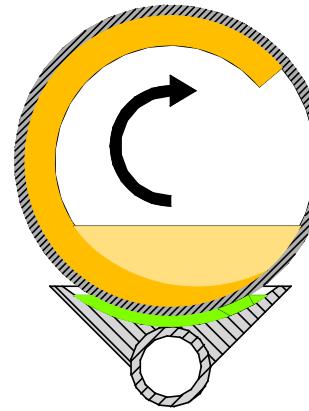
horizontal



vertikal

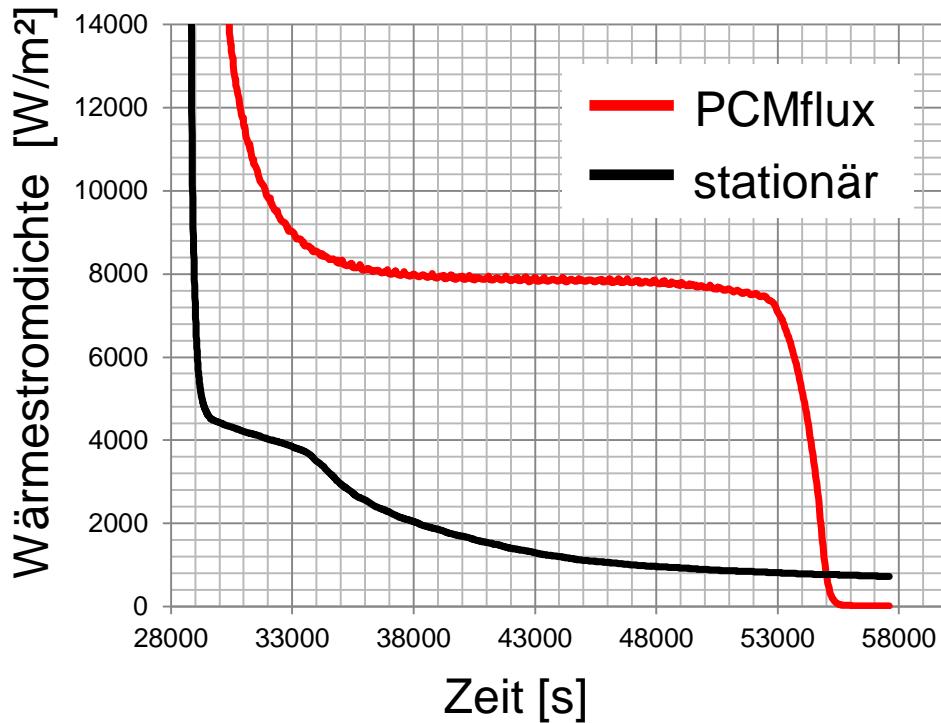


rotierend



# Theoretische Analyse

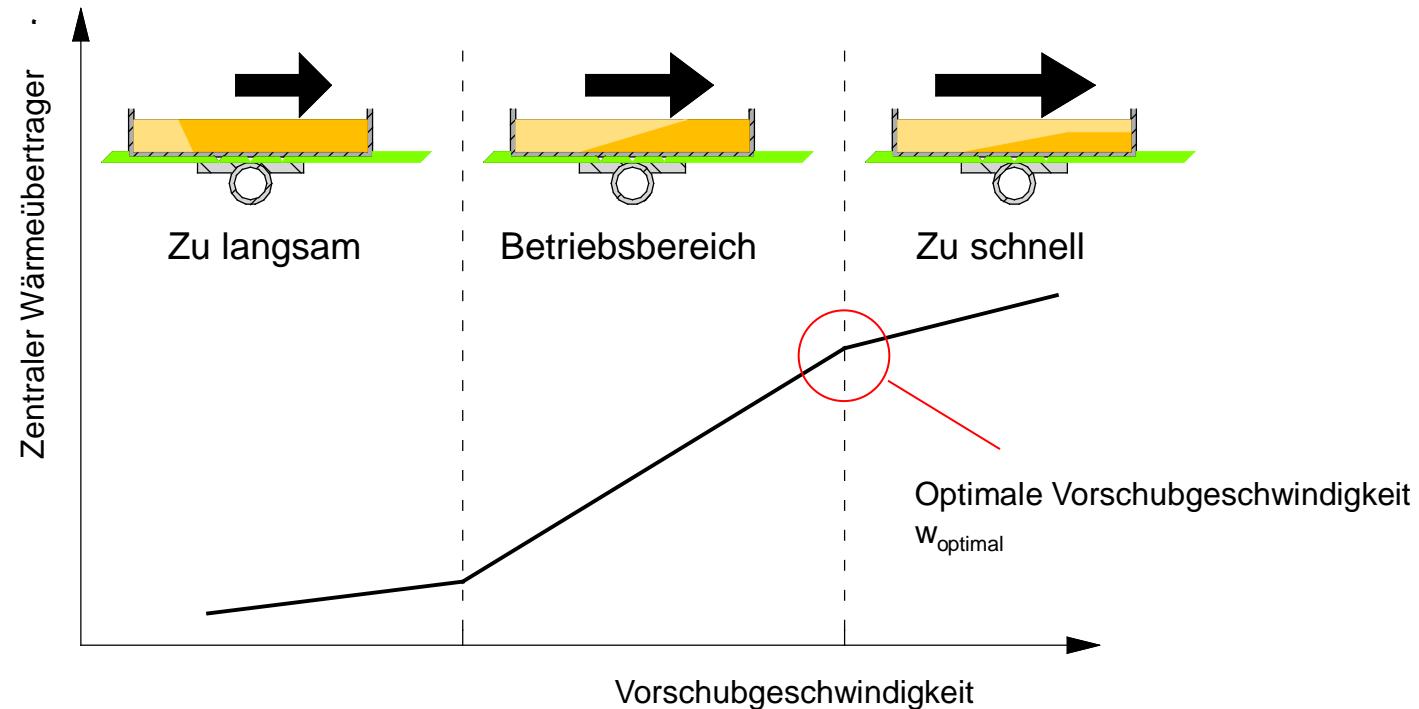
Vergleich PCMflux mit Stand der Technik (stationär)



- PCMflux liefert konstante Leistung
- Masse Wärmeübetrager bei PCMflux geringer

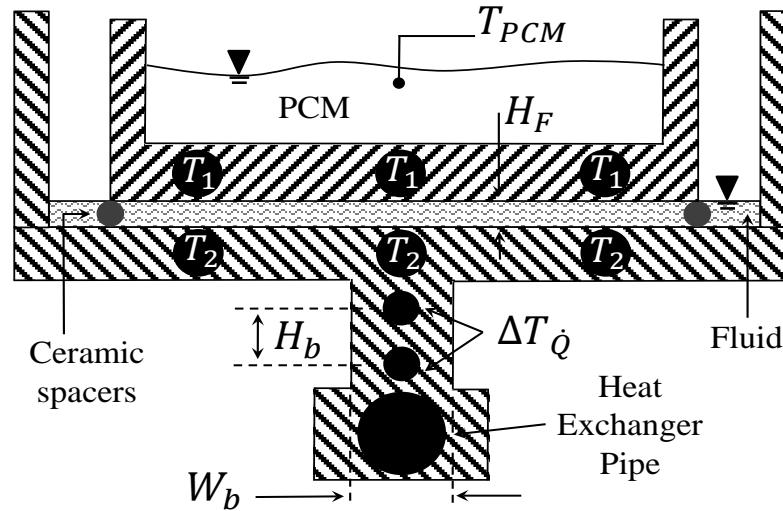
# Theoretische Analyse

Zusammenhang Leistung/Vorschubgeschwindigkeit



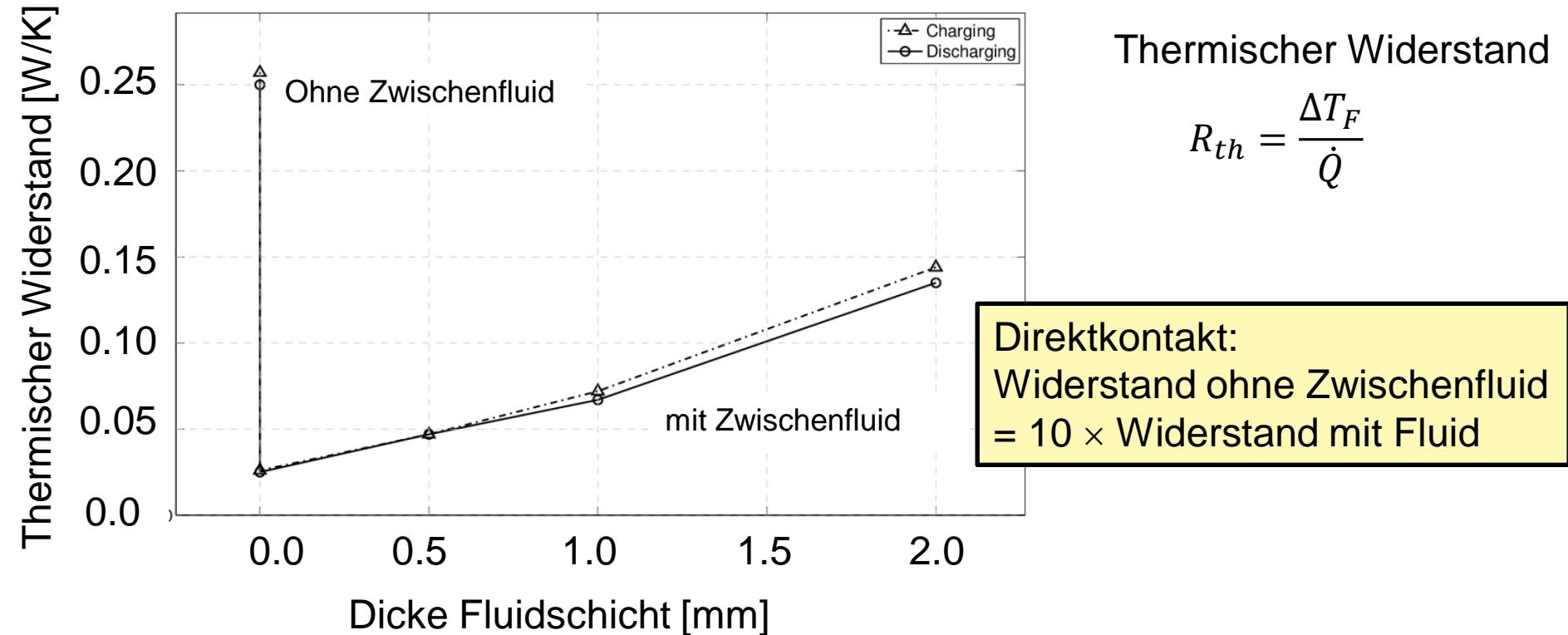
# Thermischer Widerstand Zwischenfluid

## Laborexperiment



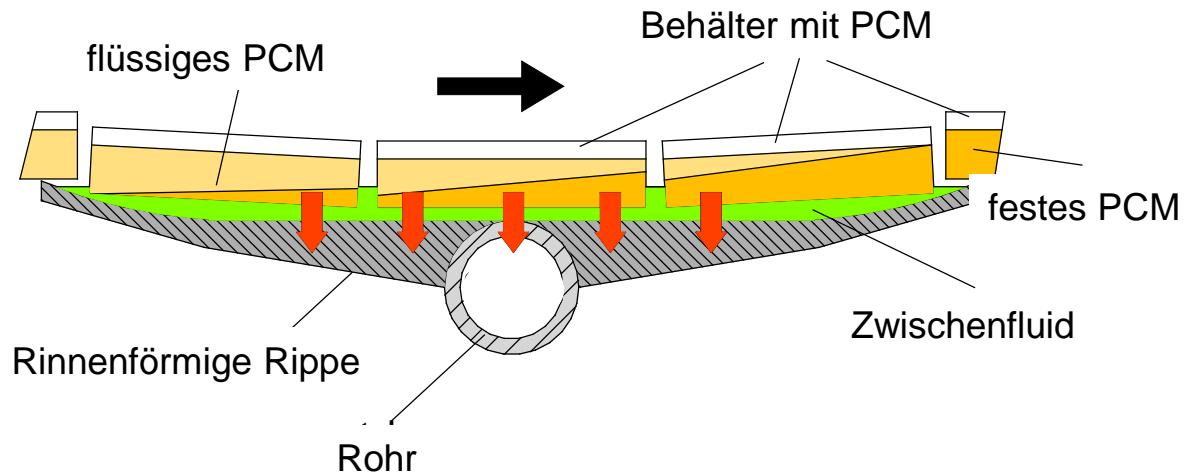
# Thermischer Widerstand Zwischenfluid

Experimentelle Ergebnisse: Hitec als Zwischenmedium

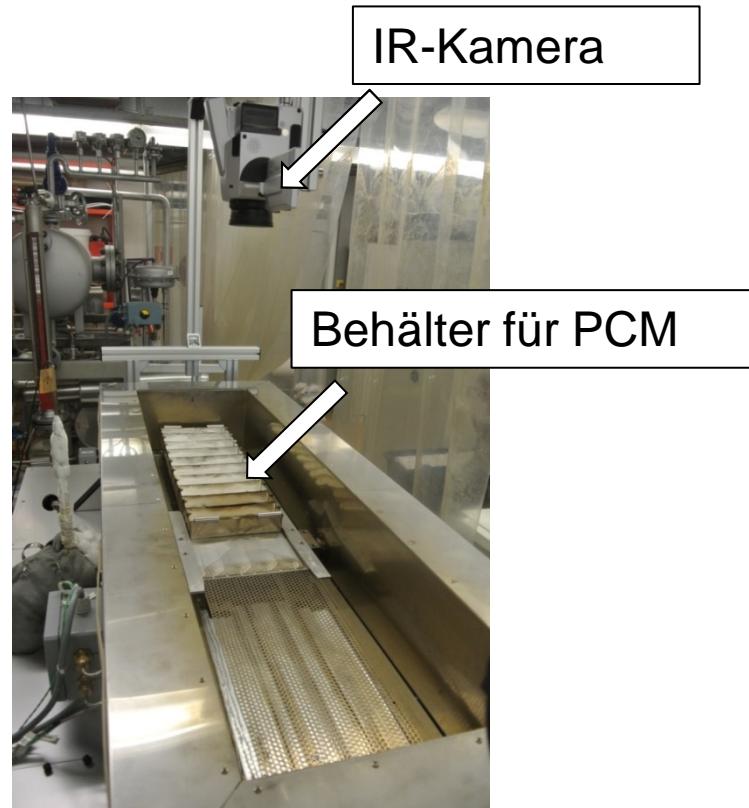
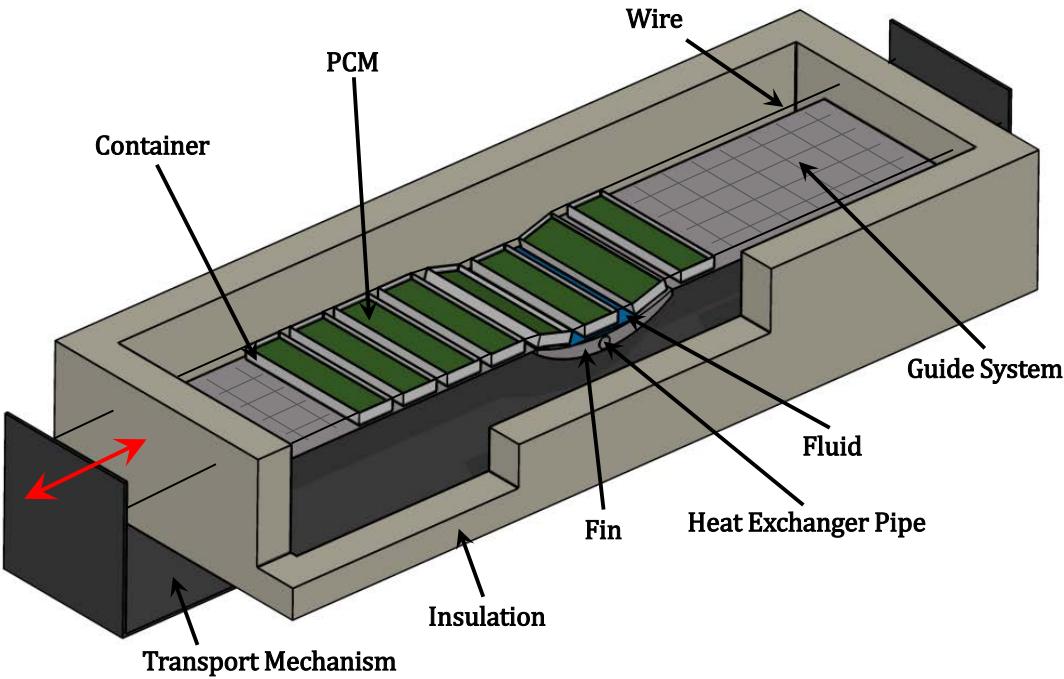


# Laborexperiment mit bewegtem PCM

Rinnenförmige Rippe befüllt mit Zwischenmedium

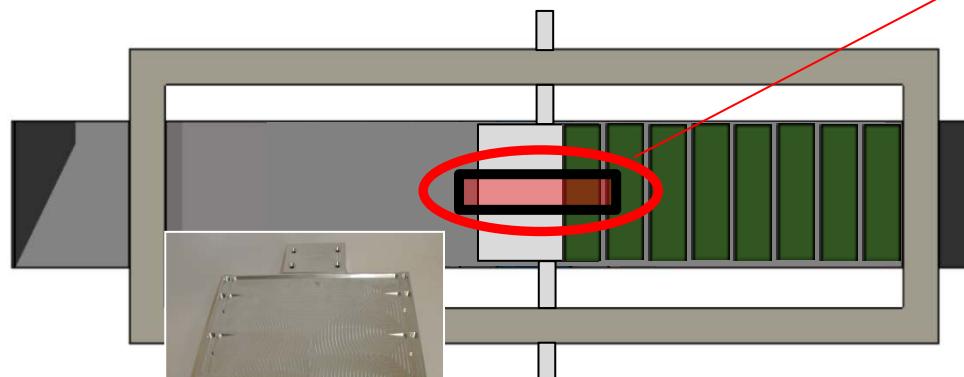


# PCMflux im Labormaßstab

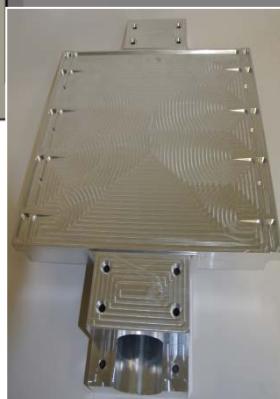


# PCMflux im Labormaßstab

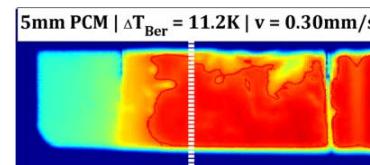
## Meßprimzip



Sichtglas für IR-Kamera



Rohr mit Rippe



Bearbeitetes Bild



fest

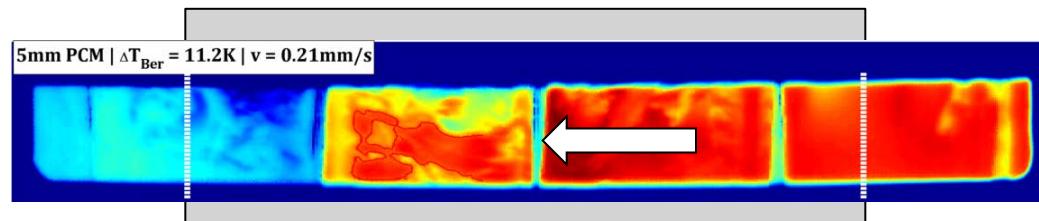


flüssig

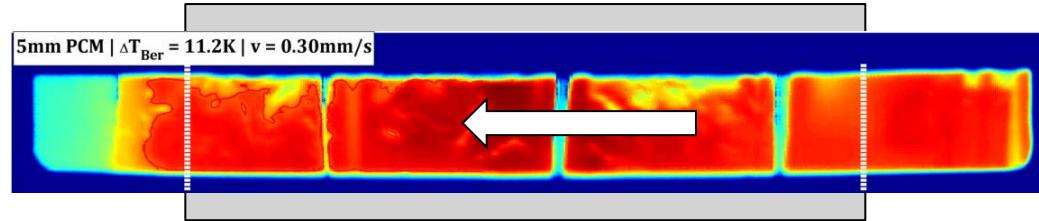
# PCMflux im Labormaßstab

Position stationäre Phasenfront abhängig von Vorschub (Entladung)

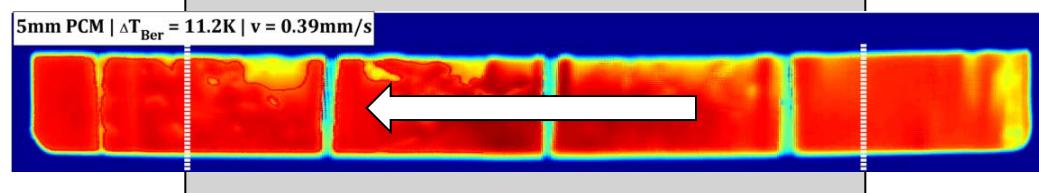
Vorschub = 0.7  $w_{optimal}$



Vorschub =  $w_{optimal}$

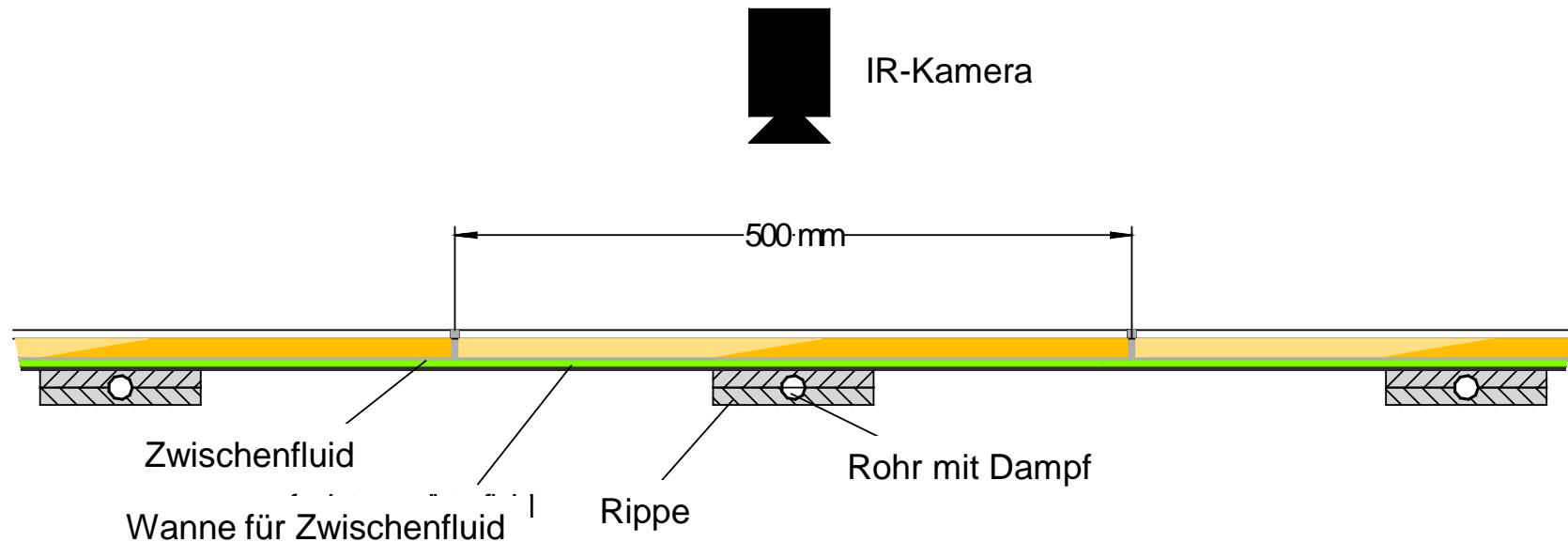


Vorschub = 1.3  $w_{optimal}$

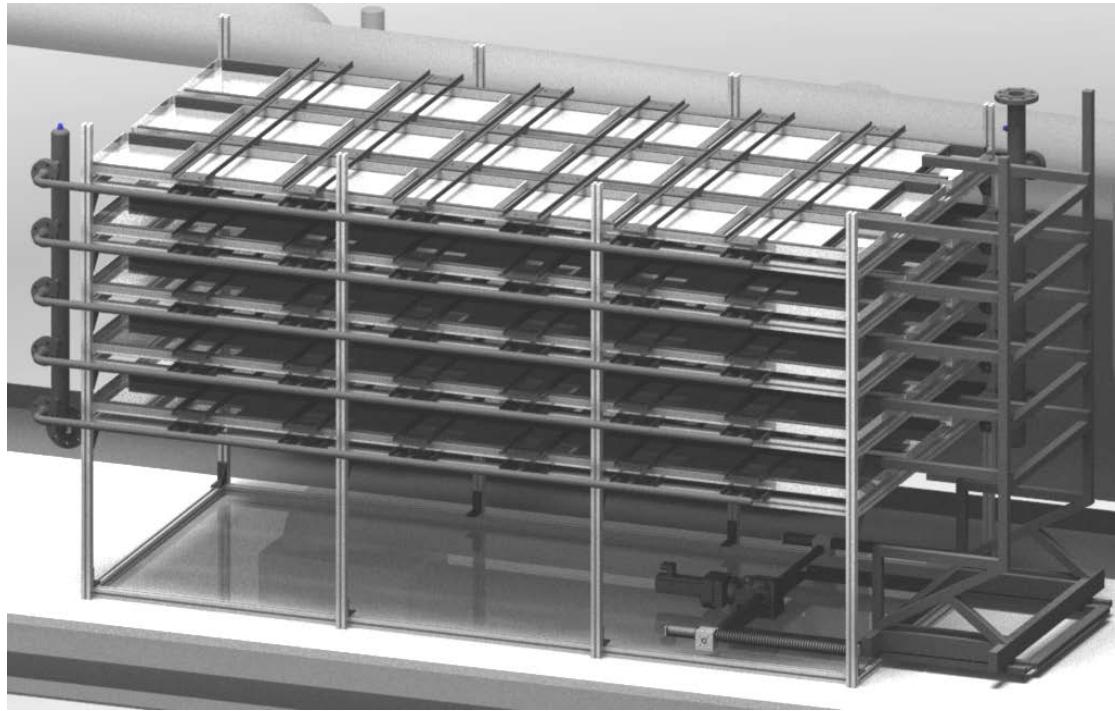


# Demonstration 10 kW Testspeicher

## Aufbau Einzelebene



# Aufbau 10 kW Testspeicher



- 30 parallele Rohre
- $\text{NaNO}_3/\text{KNO}_3$ (eutekt.) als PCM
- Distanz Bewegung 0.5 m
- 400 kg PCM

# Zusammenfassung und Ausblick

- PCMflux bietet verschiedene Vorteile:
  - konstante Leistung
  - reduzierter Wärmeübertrager (zugänglich)
  - kein direkter Kontakt zwischen PCM und druckführenden Rohren
  - nur niedrige Geschwindigkeiten, Bewegung über geringe Distanzen
  - Leistung kann über Vorschubgeschwindigkeit angepasst werden
- Status:
  - Entwurfsgrundlagen wurden durch Experiment und numerische ermittelt
  - Funktionsnachweis im Labormaßstab
  - 10 kW Testspeicher kurz vor Inbetriebnahme

