

Fortschritte beim Aufbau eines Hochtemperatur Zweiplatten Gerätes (HT-GHP) zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen bis 1000 °C



Förderprojekt: THEA-CHAR
FKZ: 03EN4002C

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dr. Andreas Kloss

Bernhard Berkmüller, Benedikt Empl



Was noch zu tun blieb

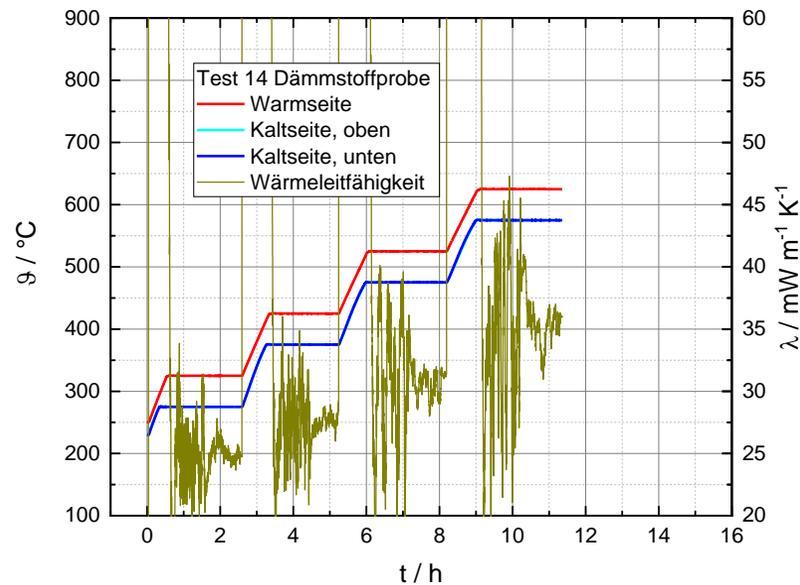
- Aufbau der Warm- und Kaltplatten (mit Heizung & Sensorik)
- Aufbau der inneren Haube mit Heizung (& Sensorik)
- Aufbau der äußeren Haube mit Schutzgasbetrieb
- Aufbau des Gesamtgerätes – Test der Temperaturverteilung
- Bestimmung der PID-Reglerparameter (7x)
- Erstellung einer „Bediensoftware“ (evtl. Labordruckmessung)
- Anschlussmessung an FIW-Messung / Kalibrierkörper
- Fehlerbetrachtung / Dokumentation



Erste Messungen

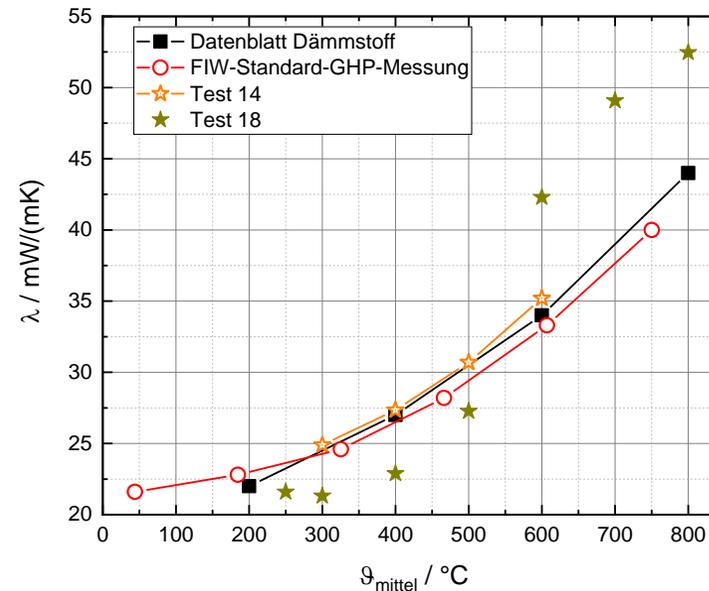
Mikroporöser Hochleistungsdämmstoff

Messung Test 14: 200, 400, 600 °C



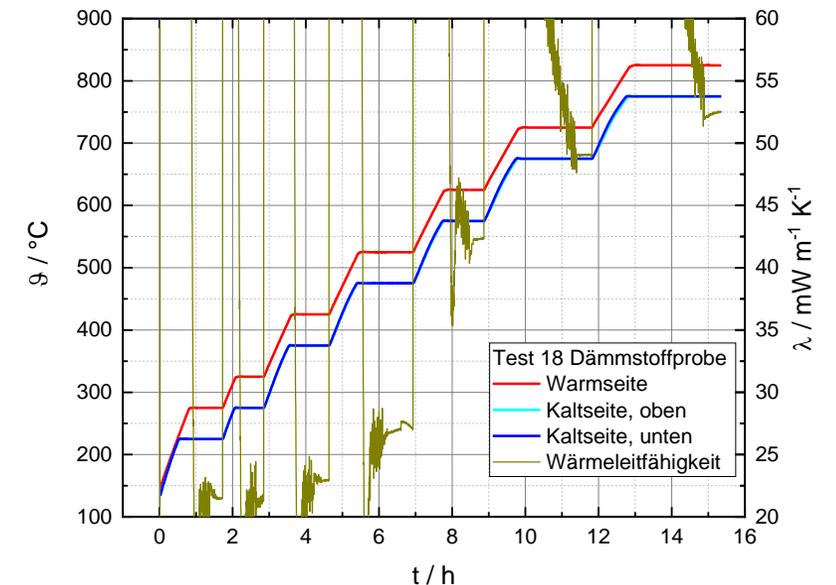
- Temperaturstufen gut angefahren
- Wert der Wärmeleitfähigkeit schwingt
- Mittl. Wärmeleitfähigkeit steigt mit Temp.

Vergleich mit Daten und FIW Standard GHP-HT-Messung



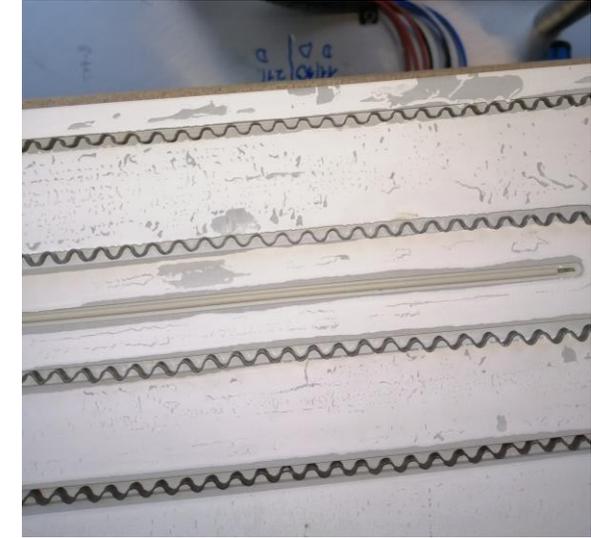
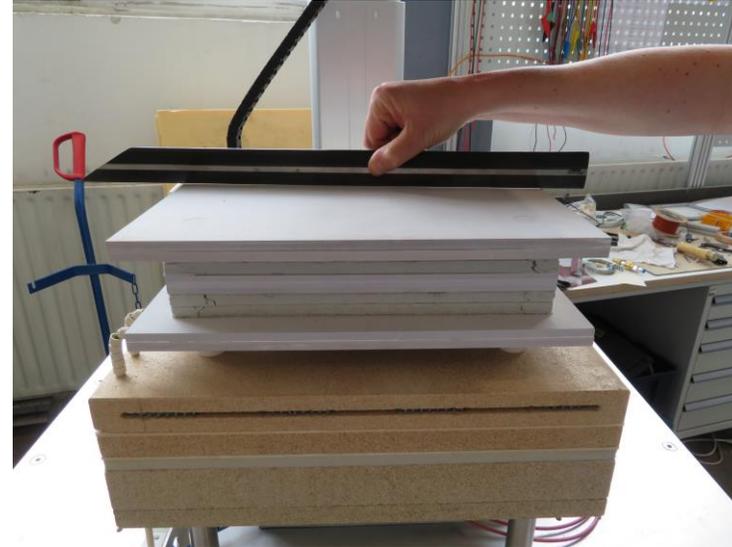
- Test 14: gute Übereinstimmung mit FIW
- Test 18: Abweichung und Sprung bei 600 °C

Erweiterte Messung 18: ..., 600, 700, 800 °C



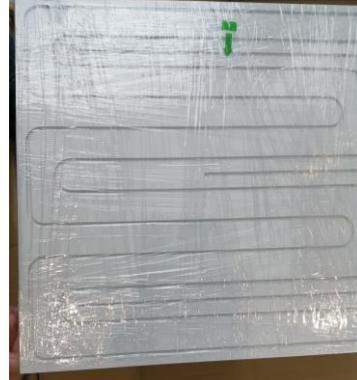
- Temperaturstufen gut angefahren
- Wärmeleitfähigkeit hat Sprung bei 600 °C

Die Katastrophe



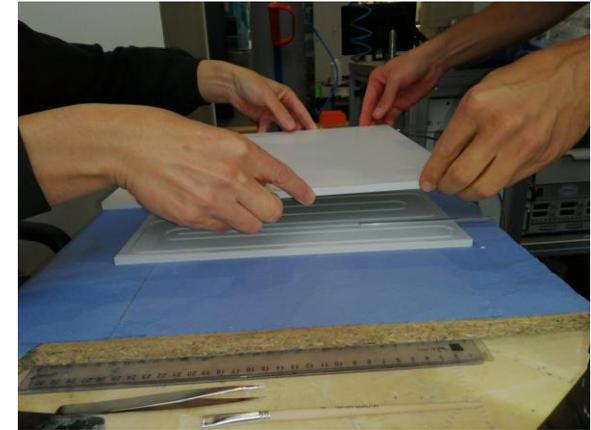
- Wölbung der Teilplatten der oberen Kaltplatte
- Ablösung der Klebung der Teilplatten
- Keramik ???
- Suche nach Alternativmaterial (Final Advanced Materials)
- Keramik_{alt} → Keramik_{neu}

Der Neuanfang – „a new hope“



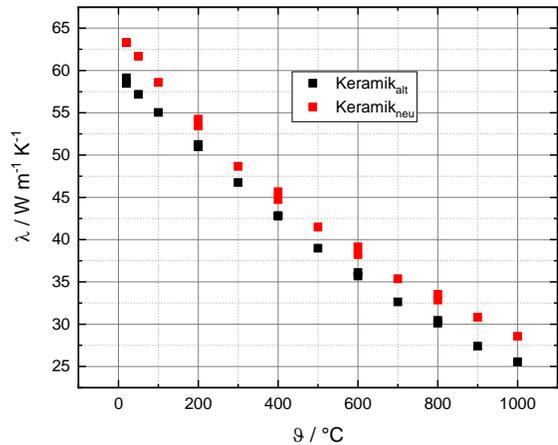
Neu gefertigte Keramikplatten

Vollständiger Neuaufbau der Messplatten



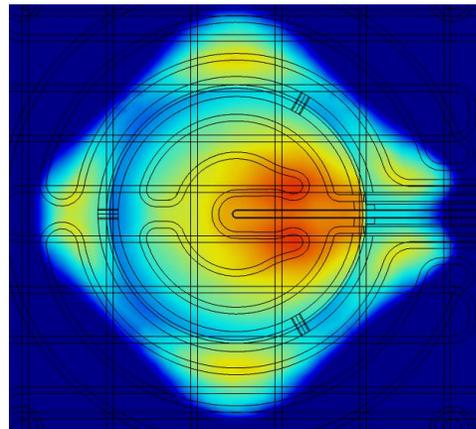
Verkleben einer Kaltplatte

Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit
(DLR; Laser-Flash, DSC)



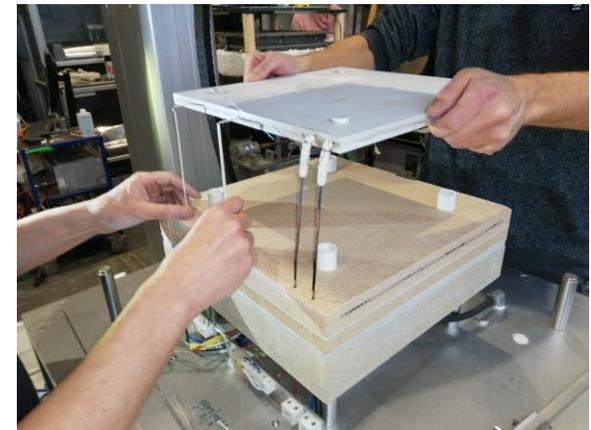
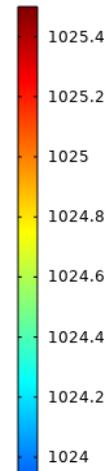
λ_{neu} 3...5 W m⁻¹ K⁻¹ höher als λ_{alt}

Temperatur Warmseite/Probe



$\Delta T < 1.5$ K

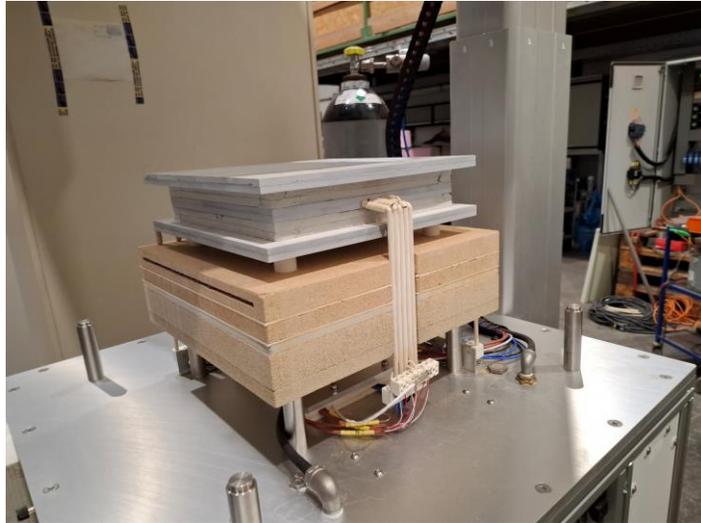
θ / °C



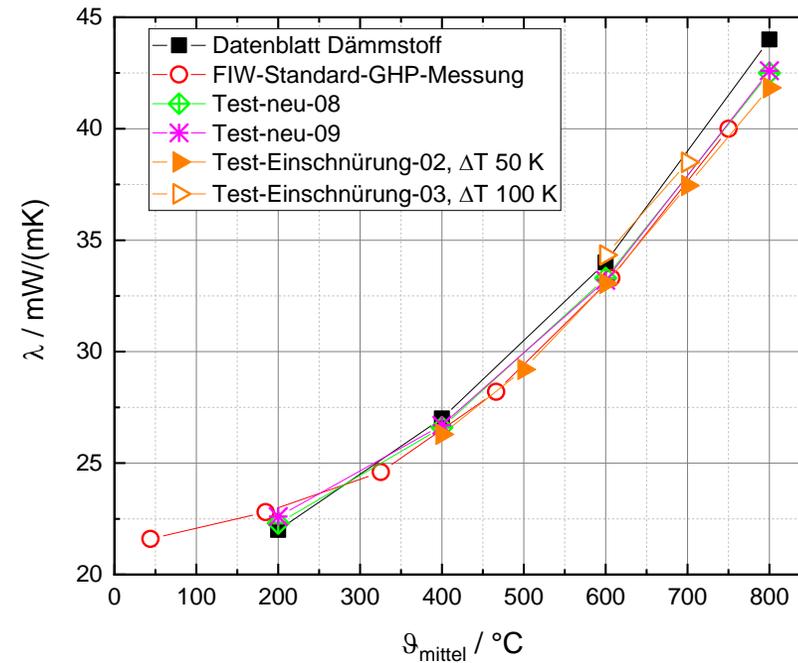
Einbau der unteren Kaltplatte

Der erste Vergleich – Hochleistungsdämmstoff

Erste Vergleichsmessungen: 200...800 °C



Messplatten und Haube unverändert



Sehr gute Übereinstimmung mit
FIW-Standard-GHP-Messung



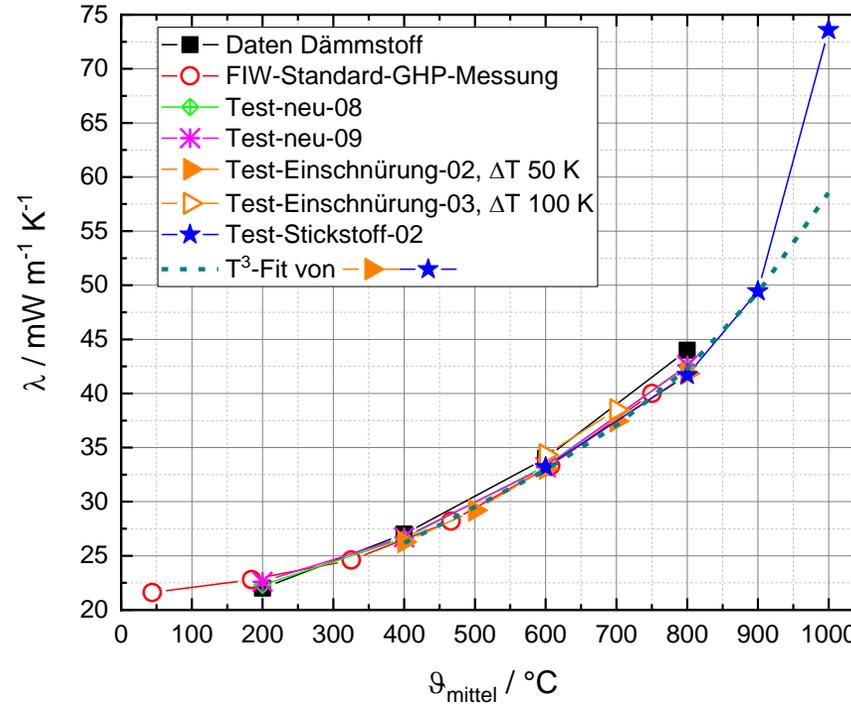
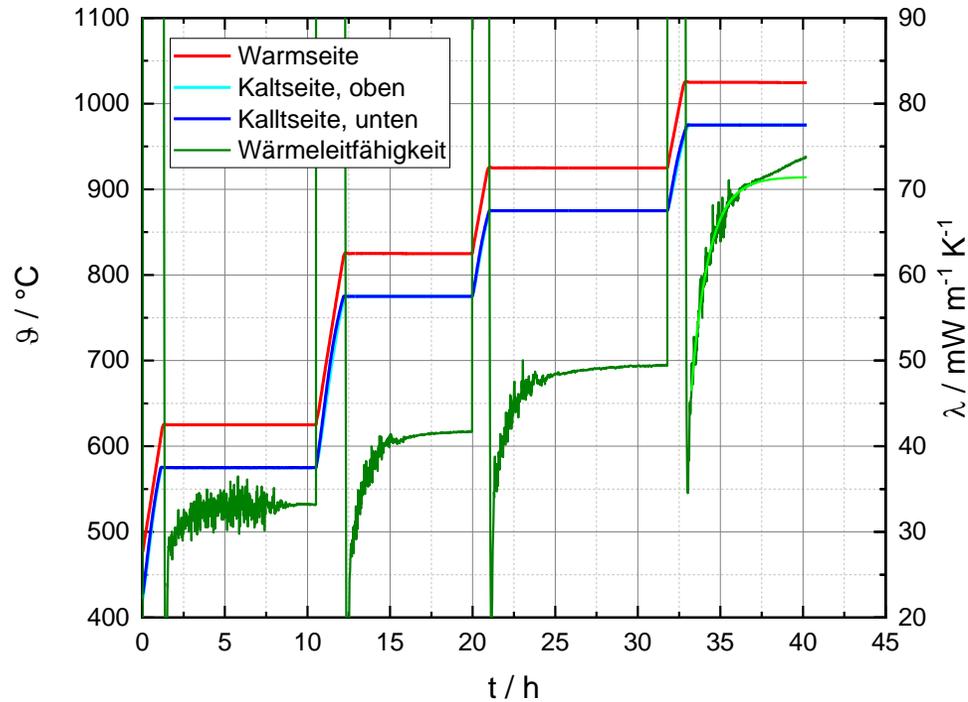
Massiv Schwitzwasser in äußerer Haube

Ausheizen (frisches Vermikulit): 24 h @ 300 °C

Massen: vorher: 5274 g; nachher: 5191 g
 $\Delta m = 83 \text{ g} \rightarrow 1.57 \%$

87.6 kg Vermikulit in Haube \rightarrow 1.38 kg Wasser
 \rightarrow Erstes Aufheizen ohne äußere Haube

Erste Messung 1000 °C – „to boldly go, ...“



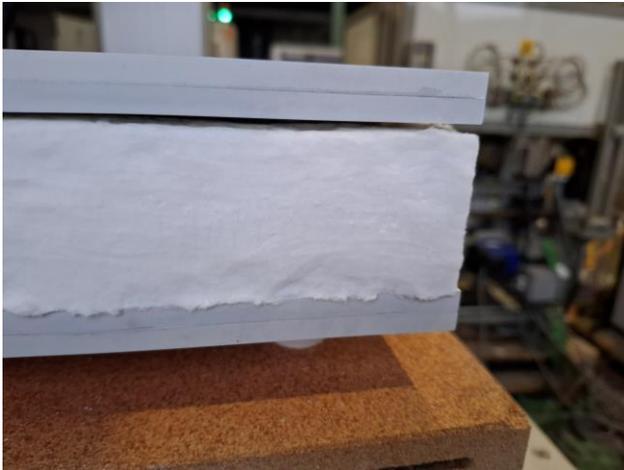
- Temperaturstufen gut angefahren
- Gutes Einschnüren der PID-Regler
→ glatte λ -Kurve
- für $\vartheta > 900$ °C, Wegdriften von λ



Sauerstoffsensord

N_2 -Schutzgas:
mit Spülen (@ 600 °C) < 0,1% O_2
Aufheizen → 5 % O_2
Stationär @ 1000°C → 2 % O_2
großer N_2 -Verbrauch: 50 l-Flasche 200 bar

Erste Messung 1000 °C – was geschah



Randdämmung zusammengefallen



Innere Haube intakt
Vermikulit leicht verglast



Klebung der Messplatten intakt
Heizungen und Thermoelemente funktionieren



Probe überlastet bei $T > 950 \text{ °C}$
Längsschrumpfung $\sim 10 \%$
„Wegdriften“ erklärt

→ anderes Referenzmaterial

Messung bis 1000 °C erfolgreich realisiert

→ Einige Restaufgaben



Was als nächstes zu tun bleibt

- Aufbau der Warm- und Kaltplatten (mit Heizung & Sensorik) 
- Aufbau der inneren Haube mit Heizung (& Sensorik) 
- Aufbau der äußeren Haube mit Schutzgasbetrieb 
- Aufbau des Gesamtgerätes – Test der Temperaturverteilung 
 - Plattenaushebung
 - Externe Thermoelemente
- Bestimmung der PID-Reglerparameter (7x), Stationarität 
- Erstellung einer „Bediensoftware“ 
 - Messen & Programmieren
 - Beraten & Programmieren
- Anschlussmessung an FIW-Standard / Kalibrierkörper 
 - Messen, messen, messen
- Fehlerbetrachtung / Dokumentation 
 - 😊