

Kalibrierung von Referenzwärmestromsensoren durch das Guarded-Hot-Plate Verfahren

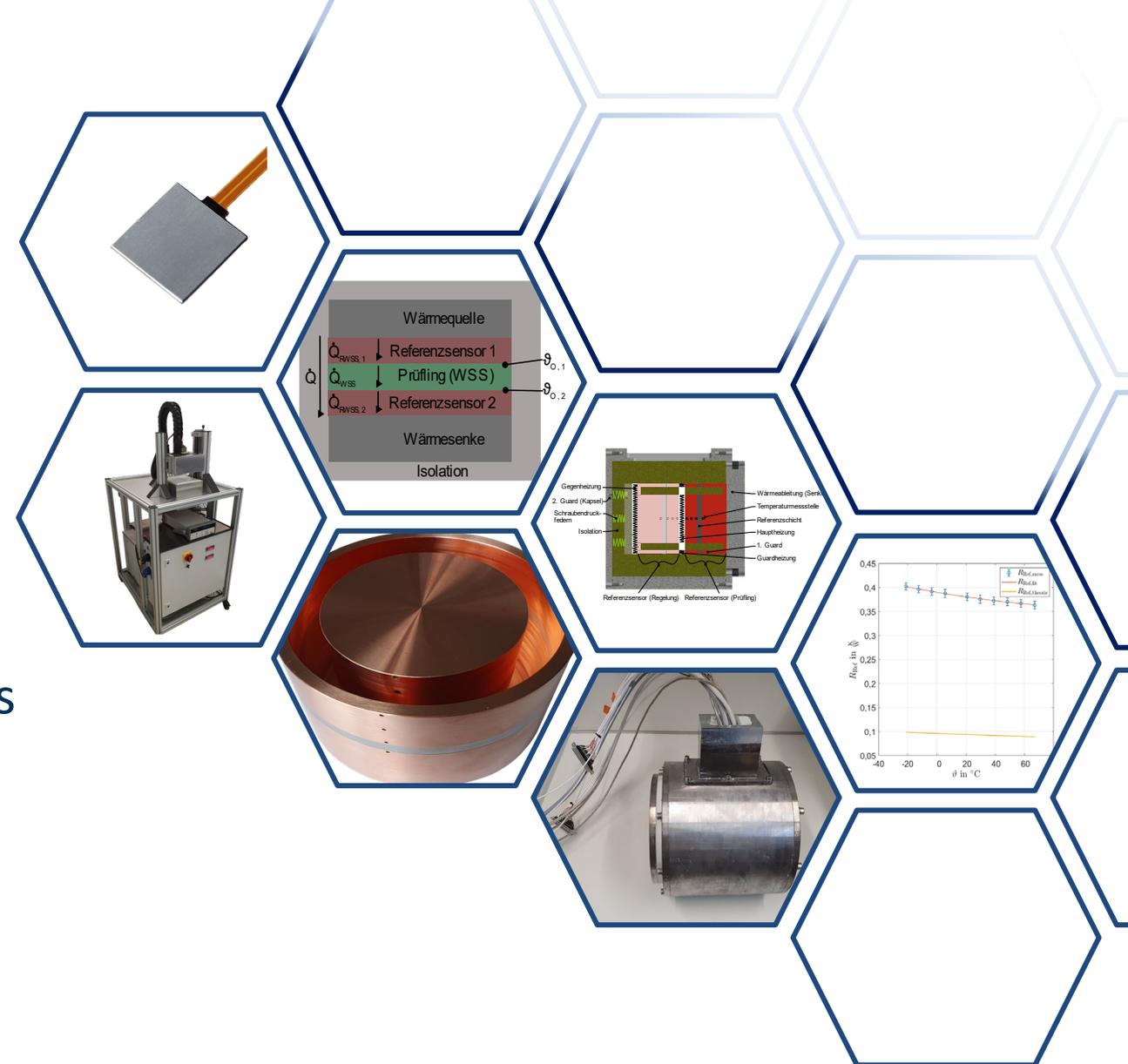
Joseph Beerel

Institut für Prozessmess- und Sensortechnik

Technische Universität Ilmenau

Agenda

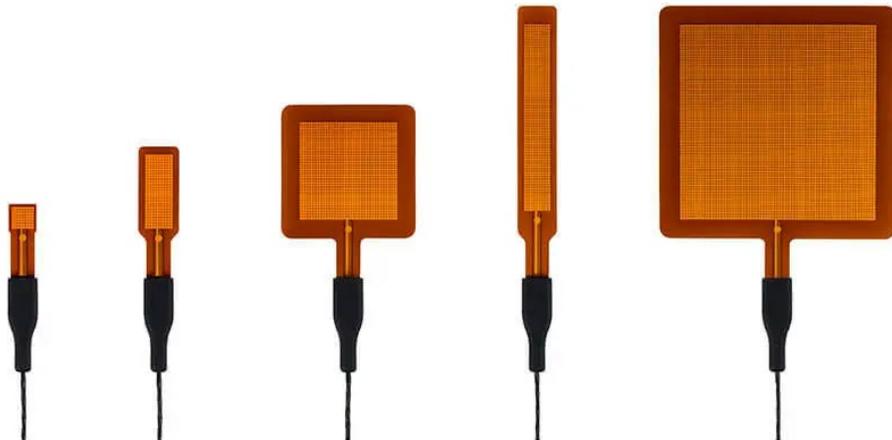
1. Motivation
2. Kalibriereinrichtung für Wärmestromsensoren TU Ilmenau
3. Referenzwärmestromsensor
4. Aufbau des angepassten Guarded-Hot-Plate Prüfstands
5. Messung des Thermischen Widerstands
6. Zusammenfassung und Ausblick



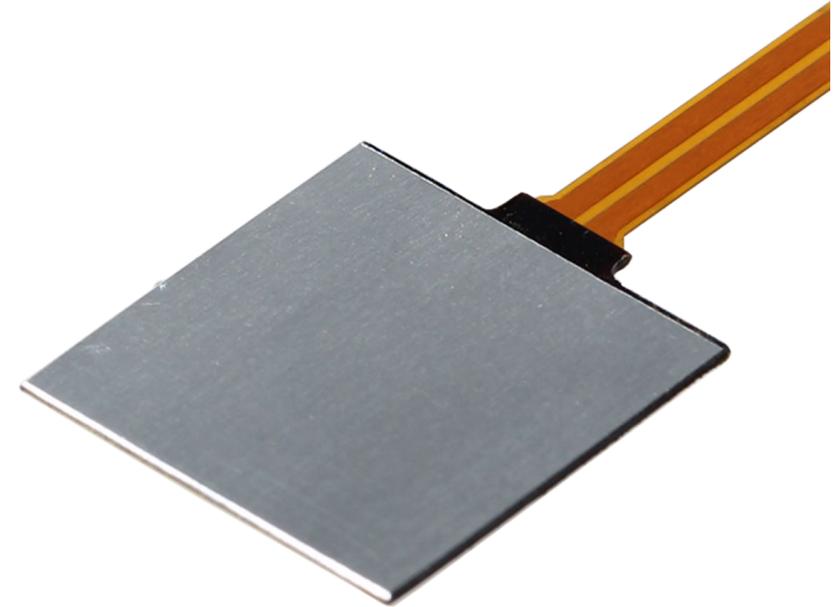
1. Motivation

Wärmestromsensoren:

- Auf Basis von Wärmeleitung
- Bieten ein hohes Applikationspotential
- Erweiterung der Temperaturmessung um Wärmestrommessung
- Regelungen: Detektion der Richtung des Wärmestroms



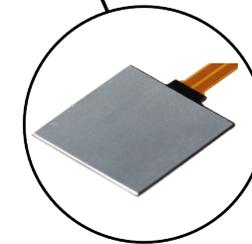
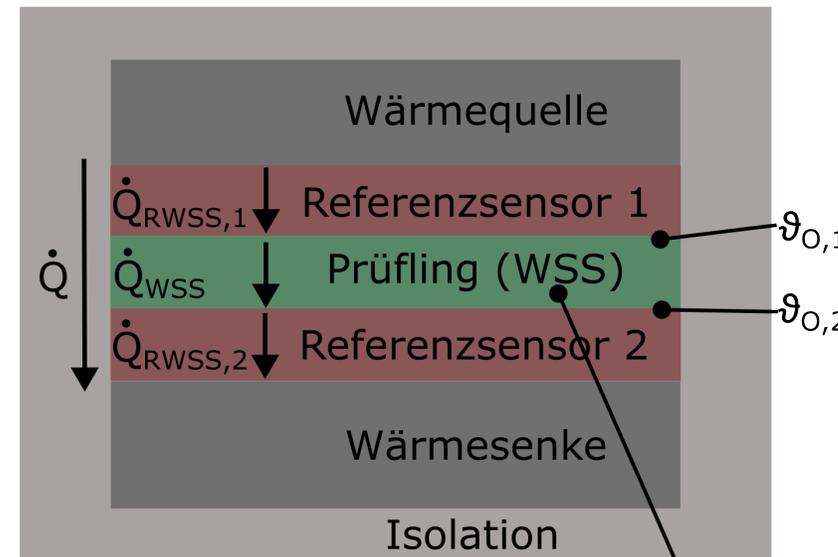
Quelle: <https://www.hukseflux.com/>



Quelle: <https://shop.greenteg.com/>

2. Kalibriereinrichtung für Wärmestromsensoren TU Ilmenau

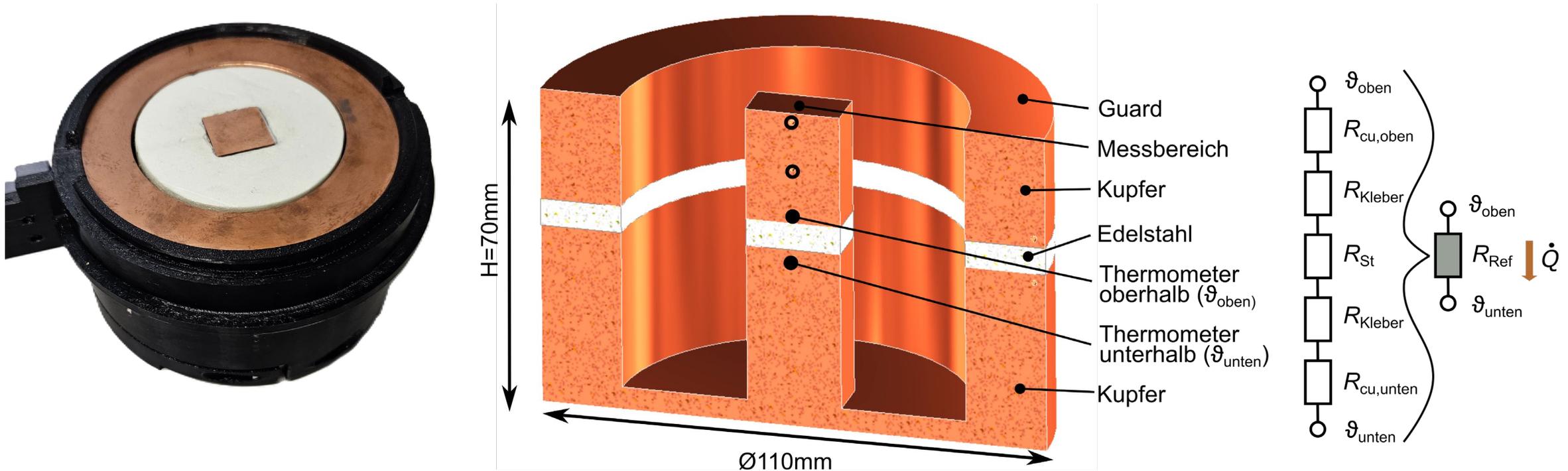
- Kalibrieren von Wärmestromsensoren auf Basis von Wärmeleitung
- Kalibrieren unterschiedlicher Geometrien
- Rückführbare Kalibrierung
- Kalibrierung durch Vergleichsverfahren
- Referenzwärmestromsensor



3. Referenzwärmestromsensor

- Kombination aus Kupfer und Edelstahl (1.4301)
- Stoffschlüssig mit Wärmeleitkleber gefügt
- Messfläche 20,5x20,5 mm²

$$\dot{Q} = \frac{\vartheta_{\text{oben}} - \vartheta_{\text{unten}}}{R_{\text{Ref}}}$$

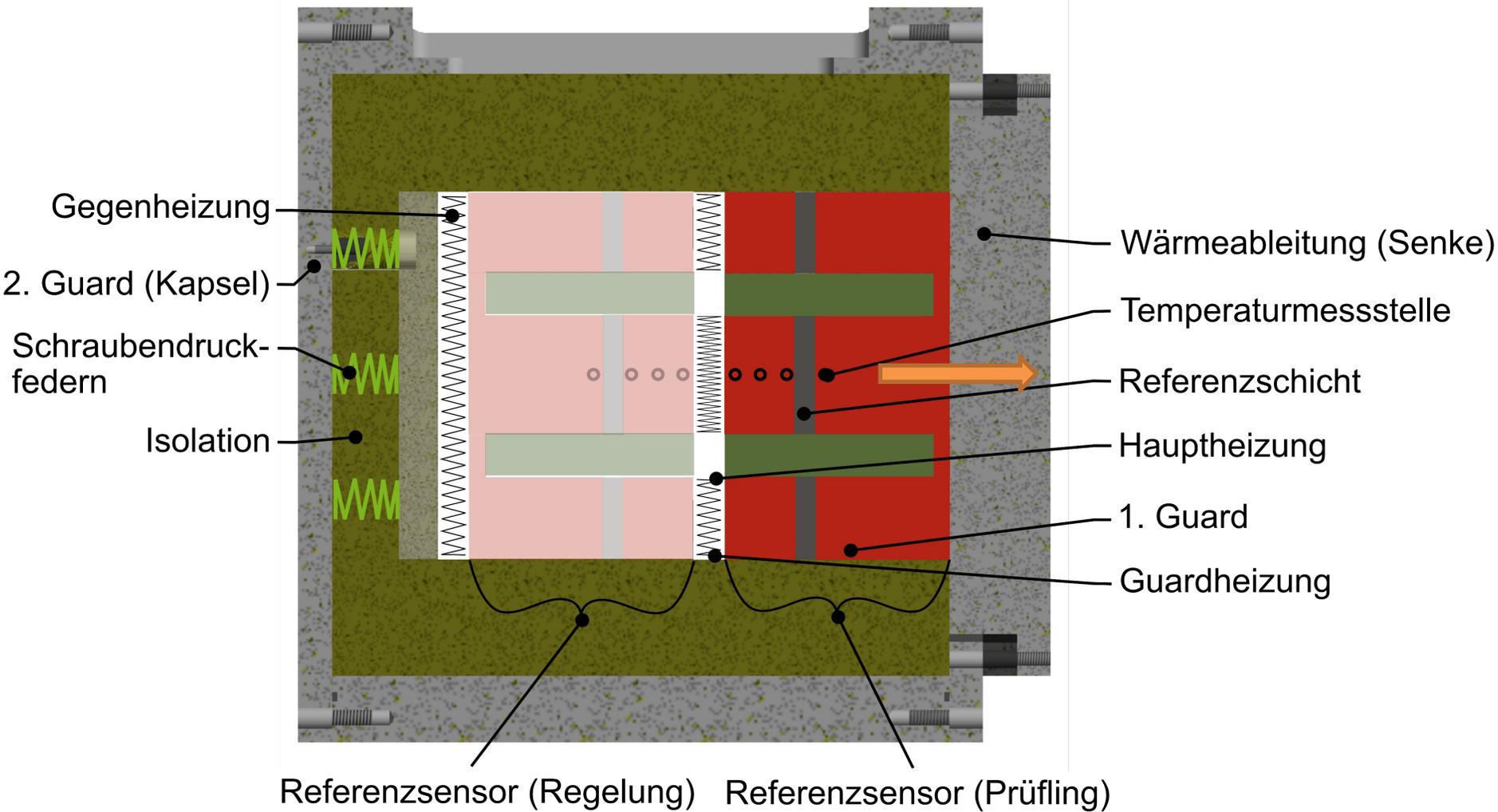


4. Aufbau des angepassten Guarded-Hot-Plate Prüfstands

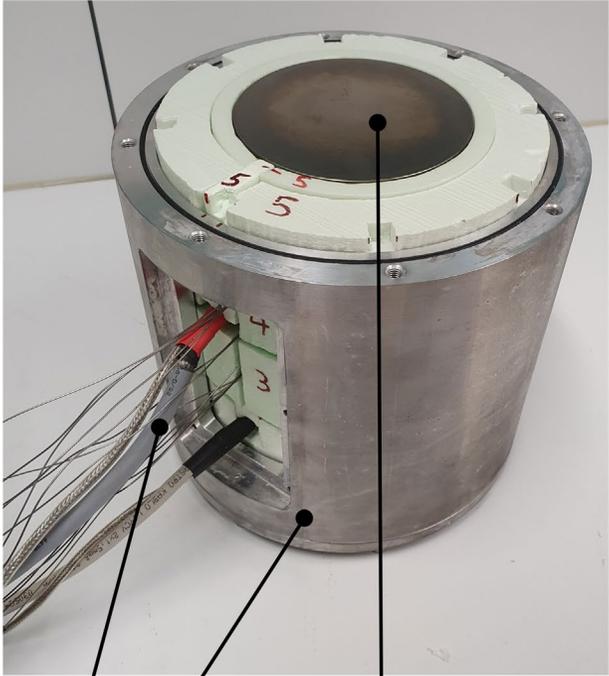
- Möglicher Temperaturbereich
-30 °C bis 70 °C
- Single-Guarded-Hot-Plate
- 2 Guards
- Rückführbare Kalibrierung des Referenzwärmestromsensors:
 - Strom und Spannungsmessung
 - Temperaturmessung



4. Aufbau des angepassten Guarded-Hot-Plate Prüfstands



4. Aufbau des angepassten Guarded-Hot-Plate Prüfstands



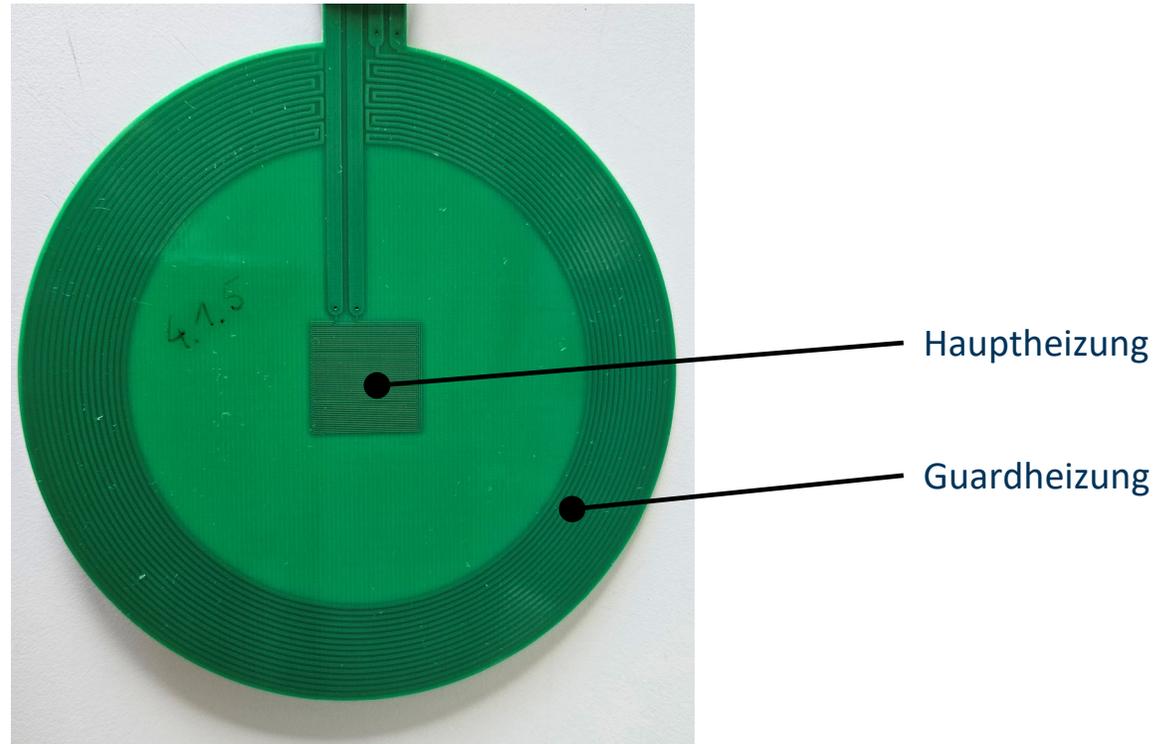
Wärmeableitung

Anschlusskabel

Referenzsensor (Prüfling)

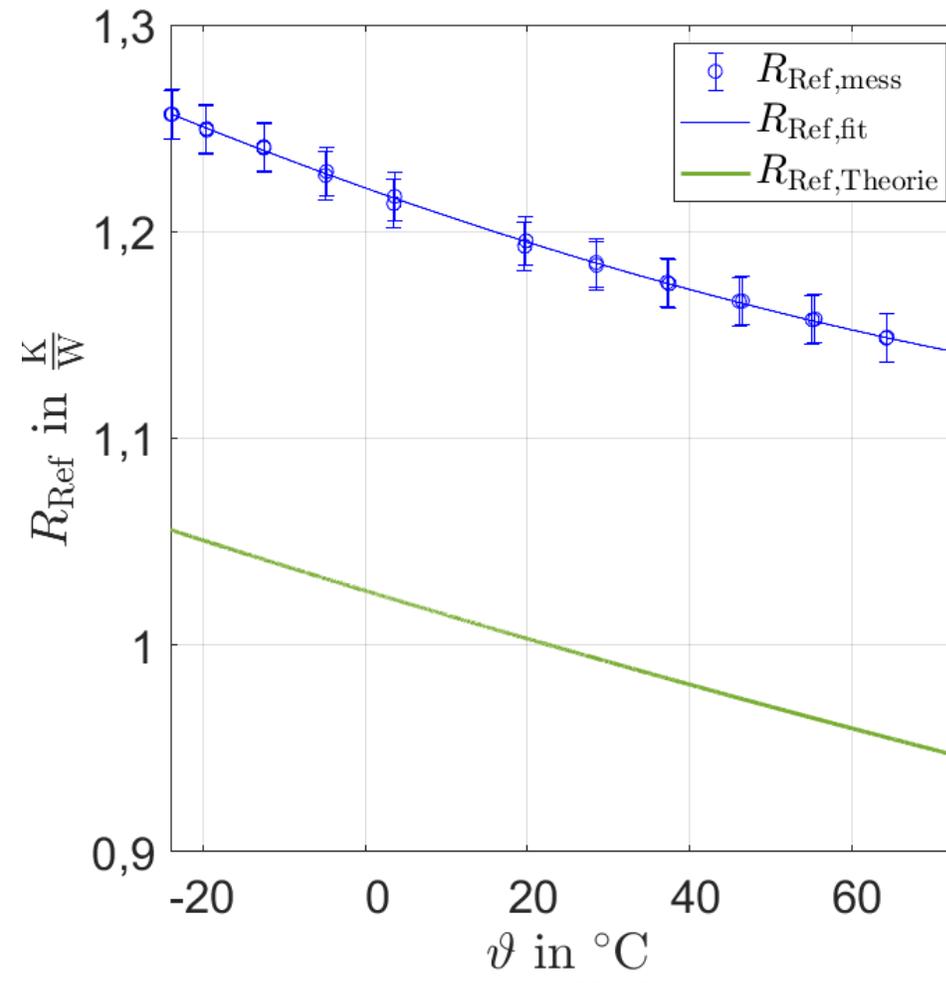
2. Guard (Kapsel)

4. Aufbau des angepassten Guarded-Hot-Plate Prüfstands



5. Messung des Thermischen Widerstands

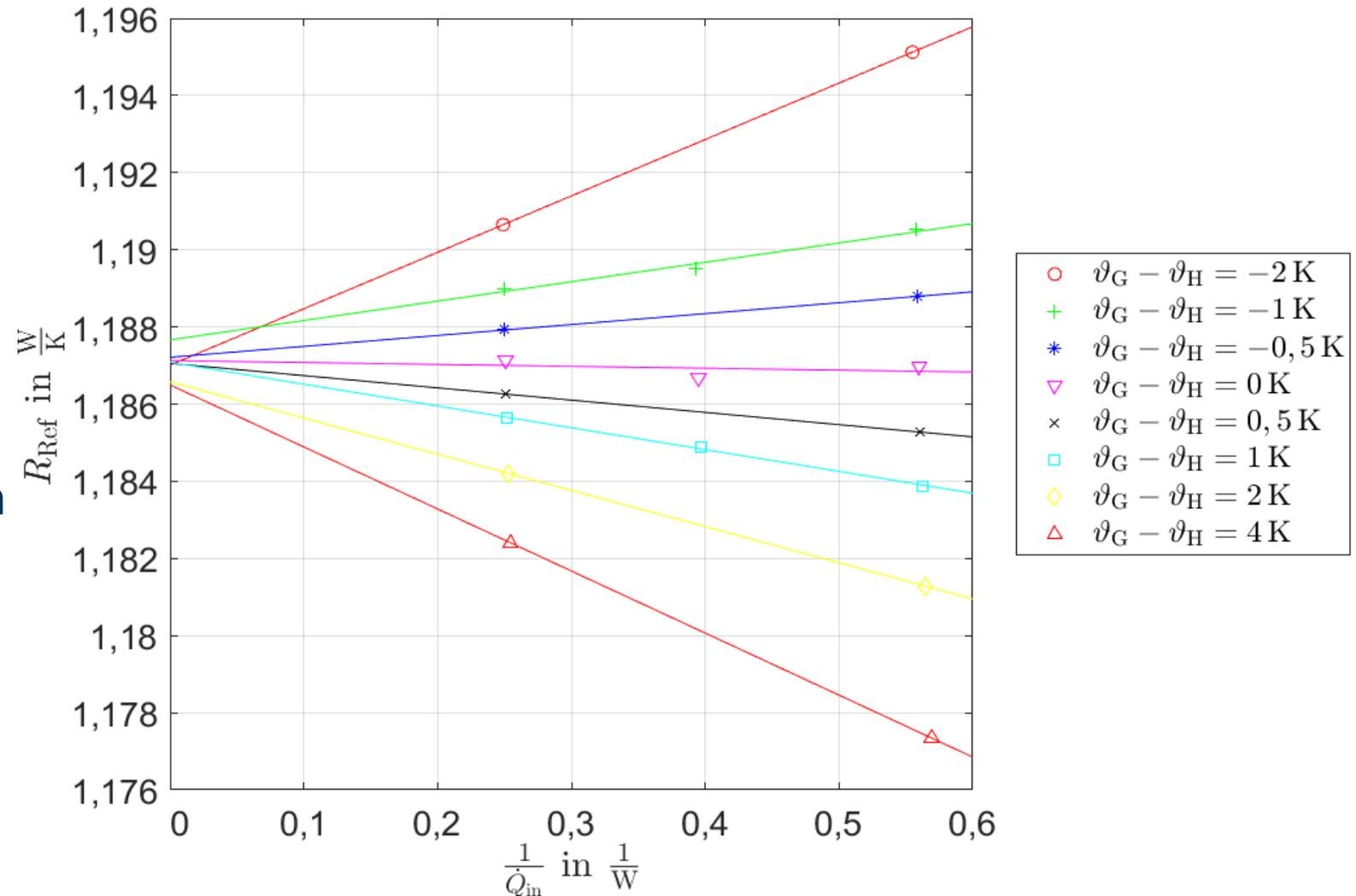
- Messfläche 20,5 mm x 20,5 mm
 - Gemessener Wert 20% größer als theoretischer Wert
- Kleberschicht weist Luft einschlüsse auf



5. Messung des Thermischen Widerstands

Hauptinflussgrößen für die Messunsicherheit

- Messunsicherheit der Temperaturmessung, für eine Temperaturdifferenz $u(\vartheta_{dT})=6,3\text{ mK}$
- Ermitteln der Wärmestromverluste durch aktive Verstimmung des thermischen Guards, nach [Ebert und Vidi 2024]

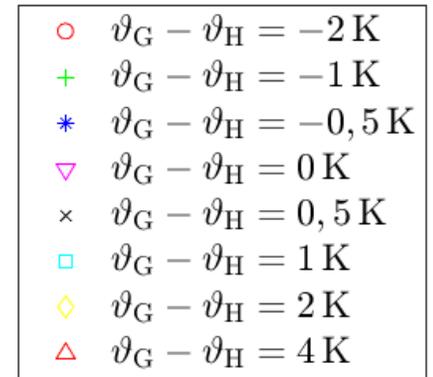
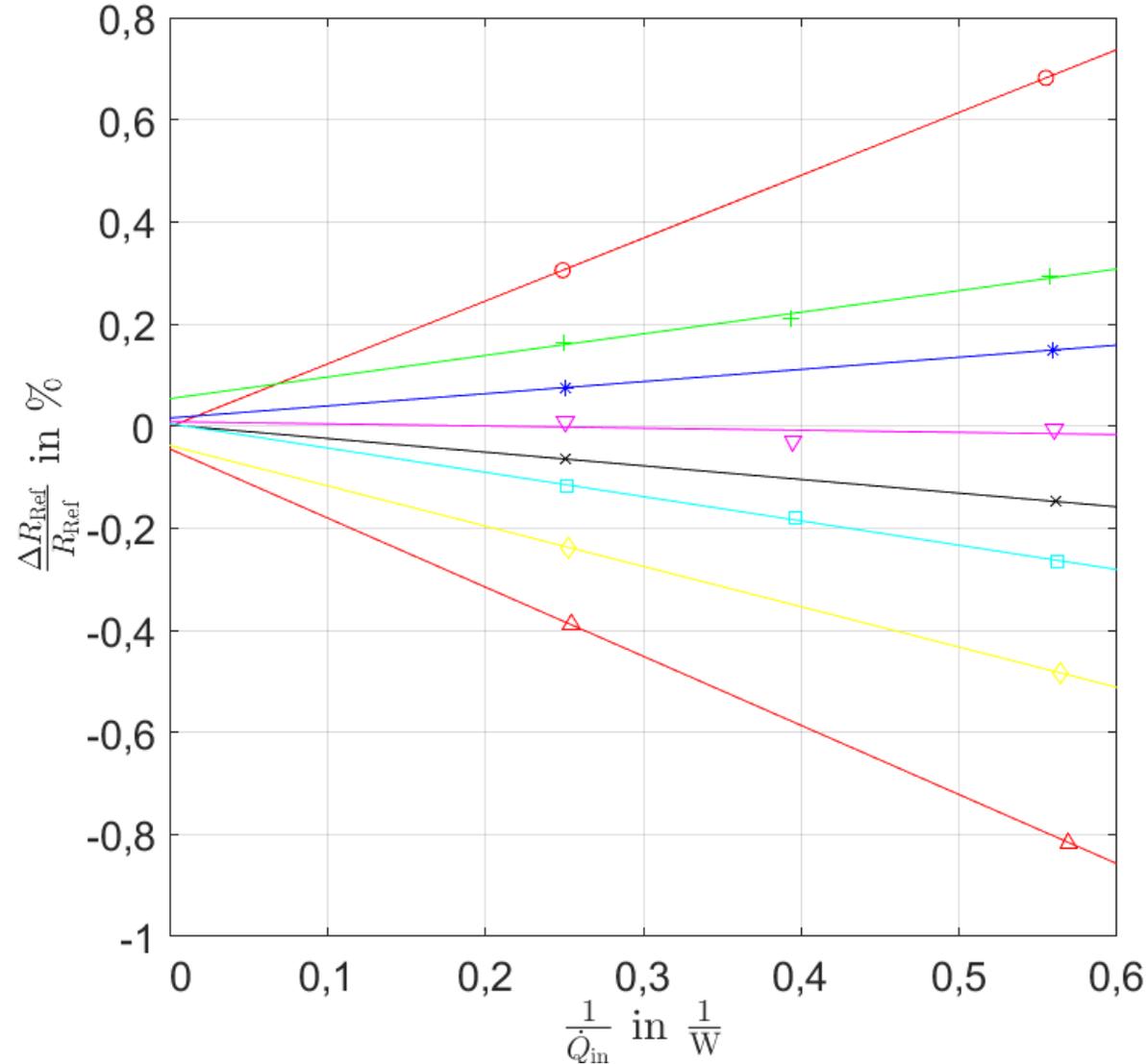


5. Messung des Thermischen Widerstands

- Messunsicherheit der Temperaturmessung im Guard liegt bei $u(\vartheta_G - \vartheta_H) = 283 \text{ mK}$

→ $\frac{\Delta R_{\text{Ref}}}{R_{\text{Ref}} \dot{Q}_{\text{in}}=4 \text{ W}} = 0,1 \%$

- Relative Messunsicherheit: 1,0% (k=2)



6. Zusammenfassung und Ausblick

- Realisierung eines GHP-Aufbaus zur Kalibrierung von Referenzwärmestromsensoren
 - Rückführbare Kalibrierung des Referenzwärmestromsensors
 - Ermittlung der parasitären Wärmeströme
 - Relative Messunsicherheit für den thermischen Widerstand 1,0 % (k=2)
-
- Validierung der Referenzwiderstände mit thermischem Referenzmaterial (PMMA, BK7)
 - Durchführen von Vergleichskalibrierungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

