

Bayerisches Zentrum für
Angewandte Energieforschung e.V.

Einfluss des Schutzringes bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mittels der Stabapparatur

M. Brütting, S. Vidi, F. Hemberger

Jahrestagung des Arbeitskreis Thermophysik
17.03.2014

MIT SONNE UND VERSTAND.

© ZAE Bayern



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

1. Vergleichsverfahren – Warum?
2. Aufbau und Funktionsweise der Stabapparatur
3. Einstellung des Schutzrings
 - Nach ASTM E 1255
 - Simulation und Parametervariation
 - Optimierung der Einstellung
4. Fazit und Ausblick

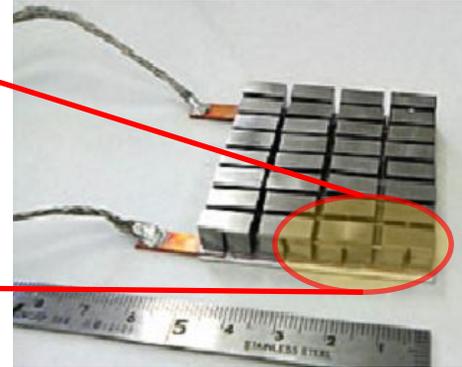
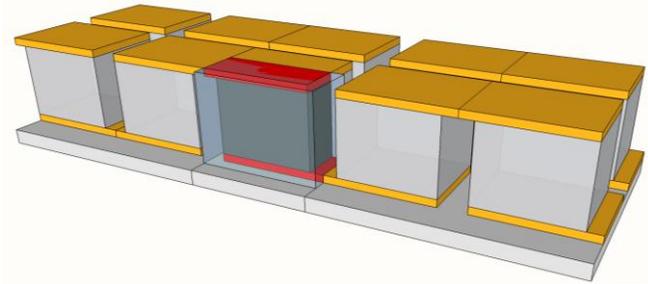
Motivation

Effektiver Wärmetransport von Systemen: Simulieren & Messen



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung



www.instructables.com



Bild: Rainer Knäpper, License: [artlibre](#)

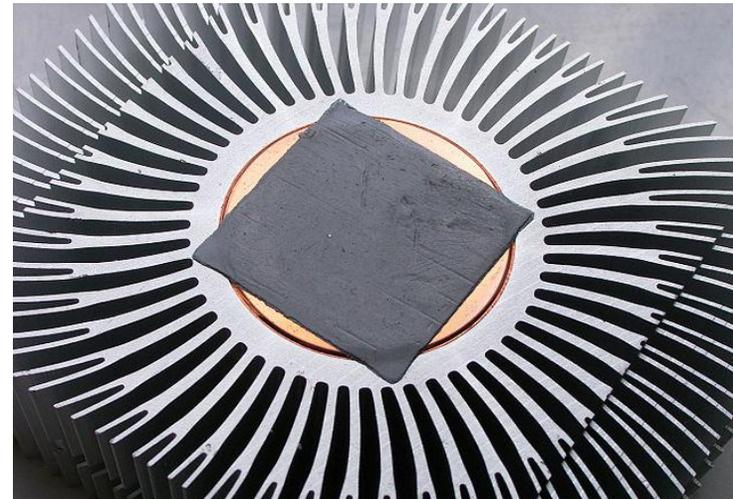
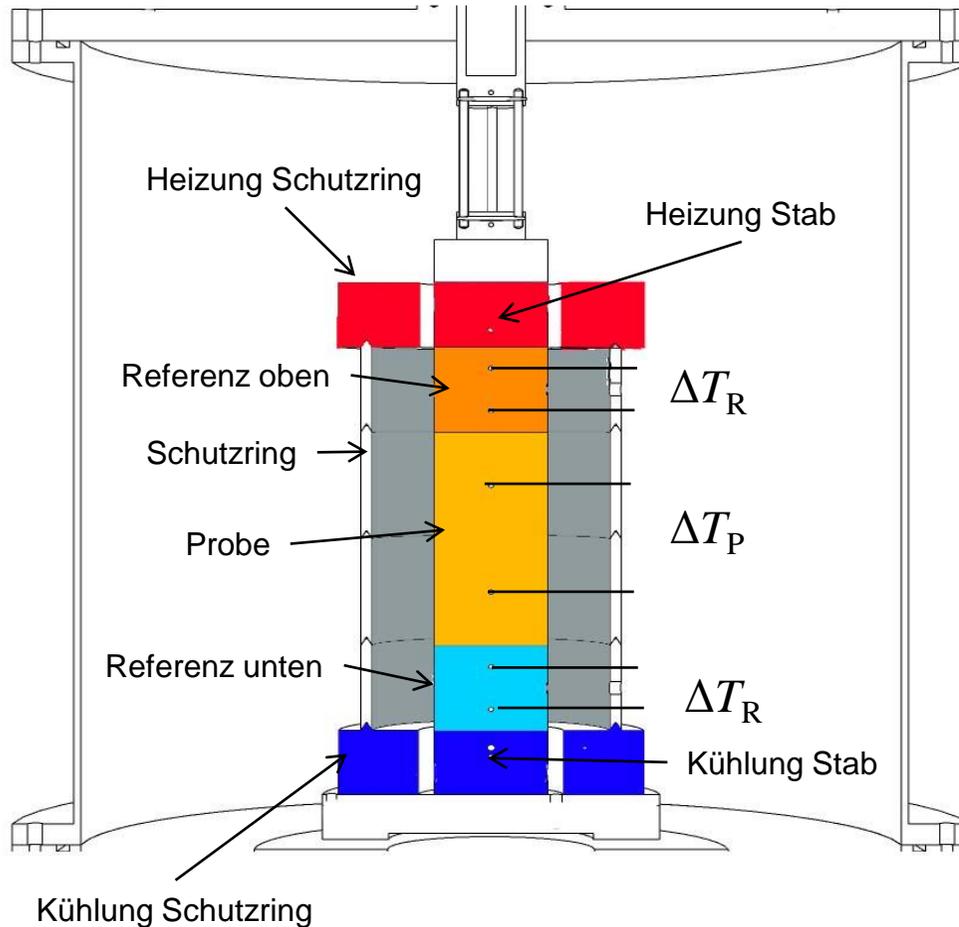


Bild: Rainer Knäpper, License: [artlibre](#)



$$\lambda_P(T) = \lambda_R(T) \cdot \frac{\Delta T_R}{\Delta T_P} \cdot \frac{d_P}{d_R}$$

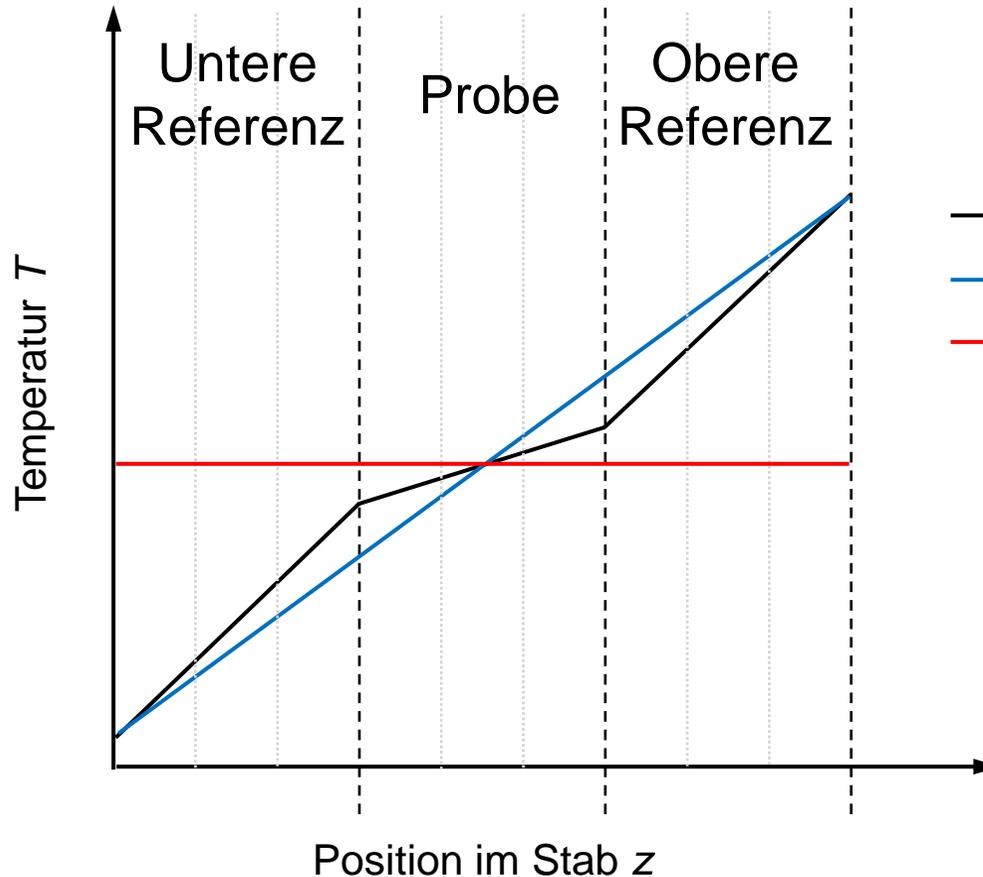
Stärken:

- Vermessung von inhomogenen Proben
- Bestimmung von thermischen Kontaktwiderständen
 - Folien
 - Oberflächenrauigkeit
 - Belastungsdruckabhängig
 - Extrapolation der Oberflächentemperaturen

Einstellung des Schutzrings Einstellungen nach ASTM E 1255



ZAE BAYERN
Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung



- Stab
- SchutzringEinstellung 1
- SchutzringEinstellung 2

Validierungsmessungen mit
Referenzproben:
**Abweichung von der
bekannten Wärmeleitfähigkeit
bis zu 9 %**

Einstellung des Schutzrings Simulation des Temperaturprofils



ZAE BAYERN
Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

Randbedingungen

Temperaturen:

Umgebung 25 °C

Stabheizung 80 °C

Stabkühlung 20 °C

Wärmeleitfähigkeiten:

Probe 15 W/m K

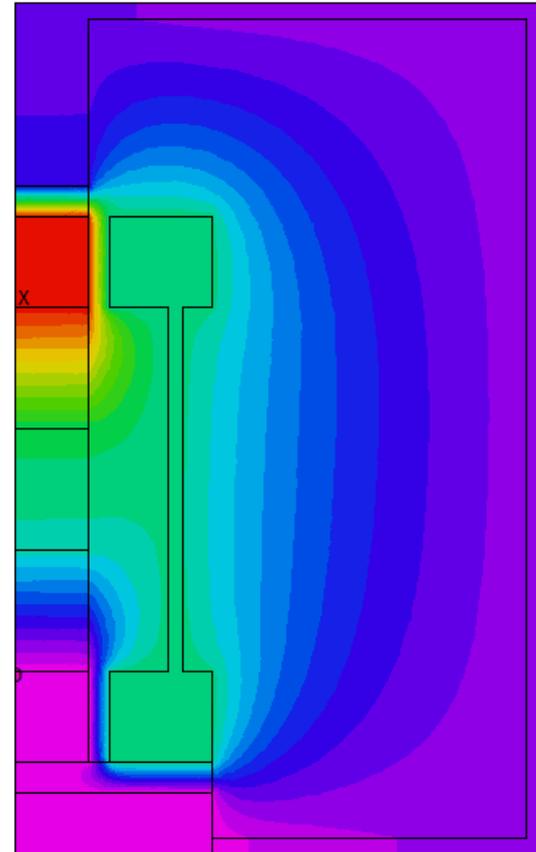
Referenz 1 W/m K

Isolationsmaterial 0,07 W/m K

Proben- / Referenzgeometrie:

Höhe 40 mm

Durchmesser 50 mm



Einstellung des Schutzrings

Simulation des Temperaturprofils



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

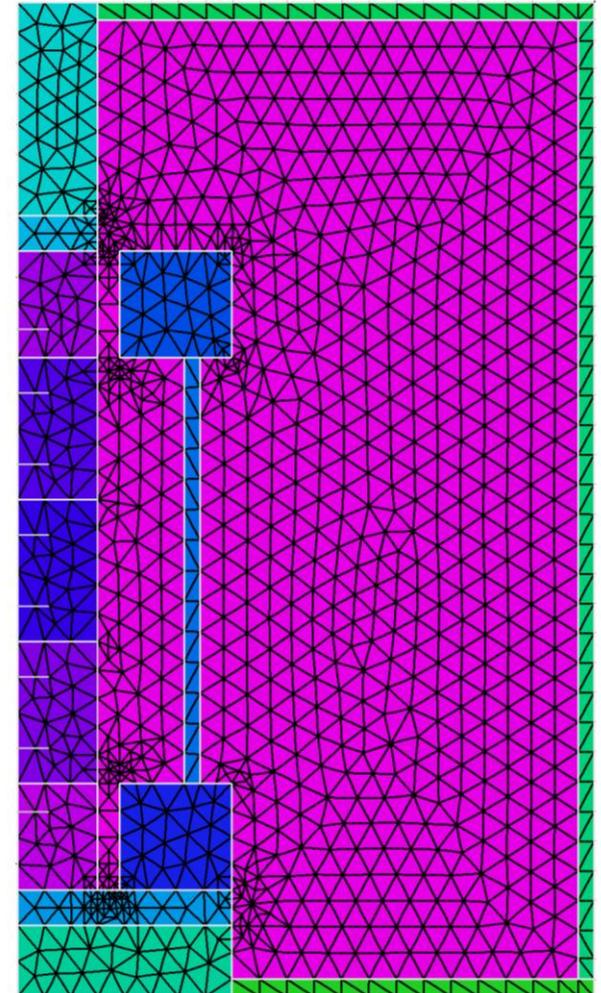
Berechnung:

- Temperaturwerte an Sensorpositionen
 - Berechnung der Wärmeleitfähigkeit der Probe über Sensortemperaturen

$$\lambda_{P,Sim}(T) = \lambda_R(T) \cdot \frac{\Delta T_{R;Sim}}{\Delta T_{P;Sim}} \cdot \frac{d_P}{d_R}$$

- Abweichung f der virtuell gemessenen WLF vom wahren Wert

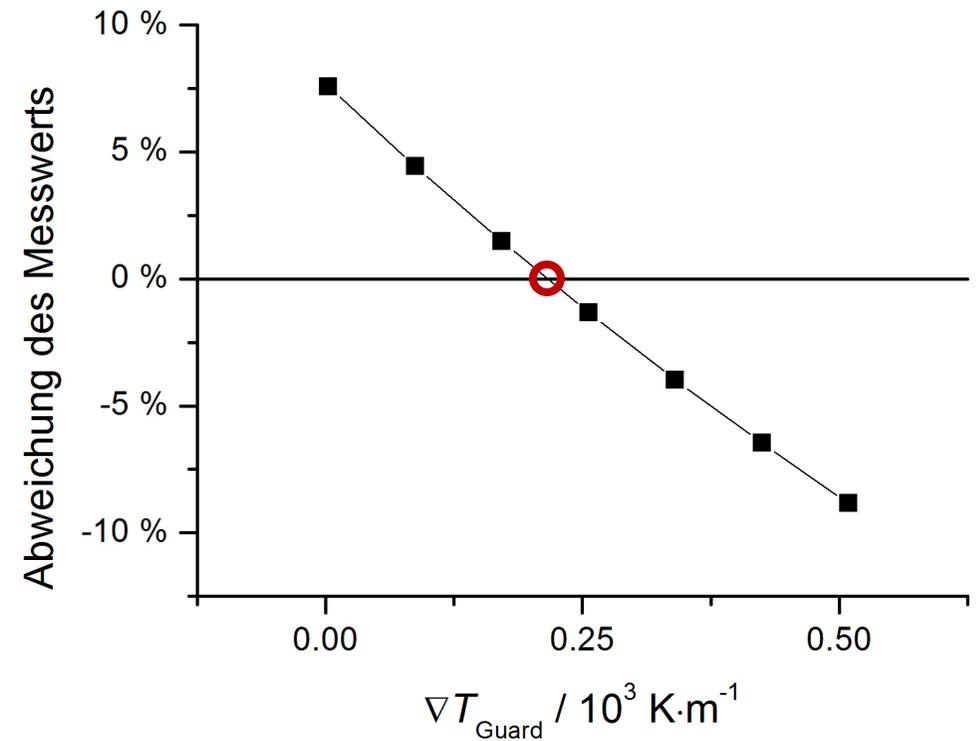
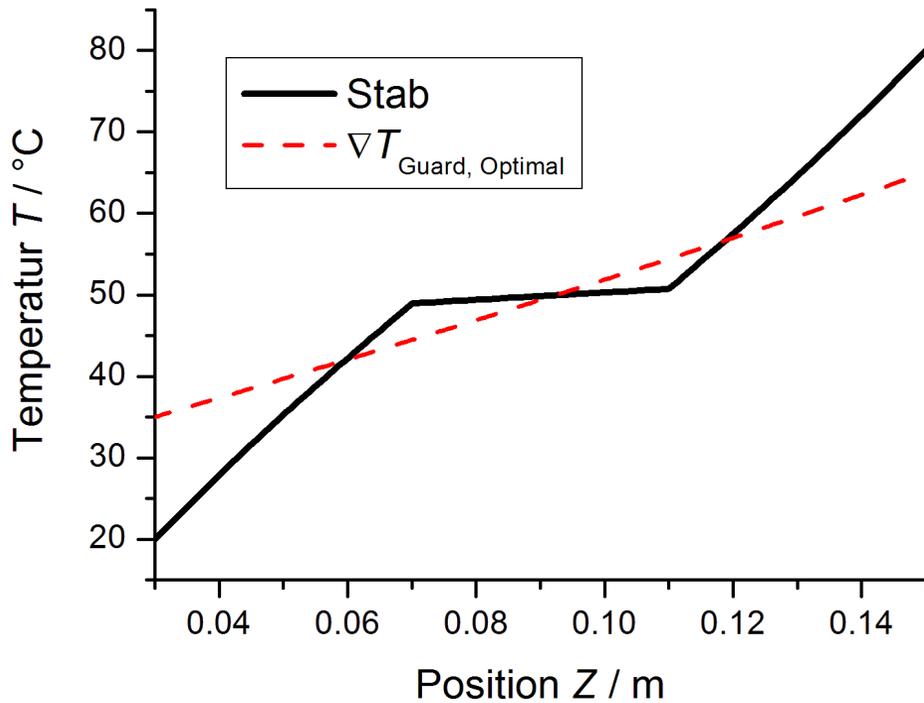
$$f = \frac{\lambda_{P,Sim} - \lambda_{P,Vorgabe}}{\lambda_{P,Vorgabe}}$$



Einstellung des Schutzrings Parametervariation



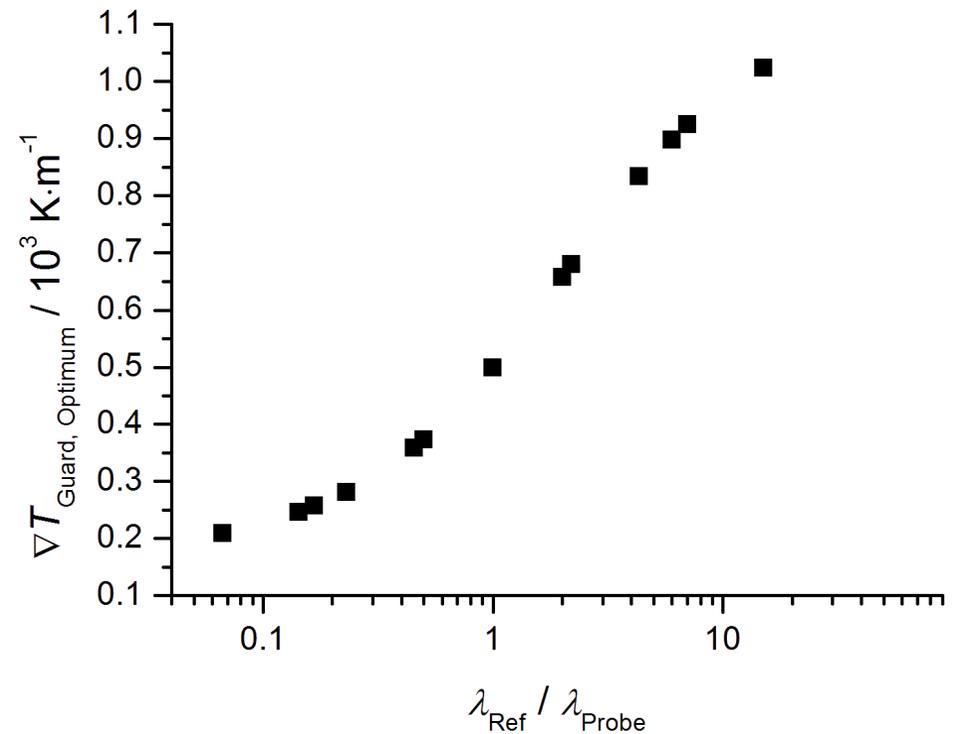
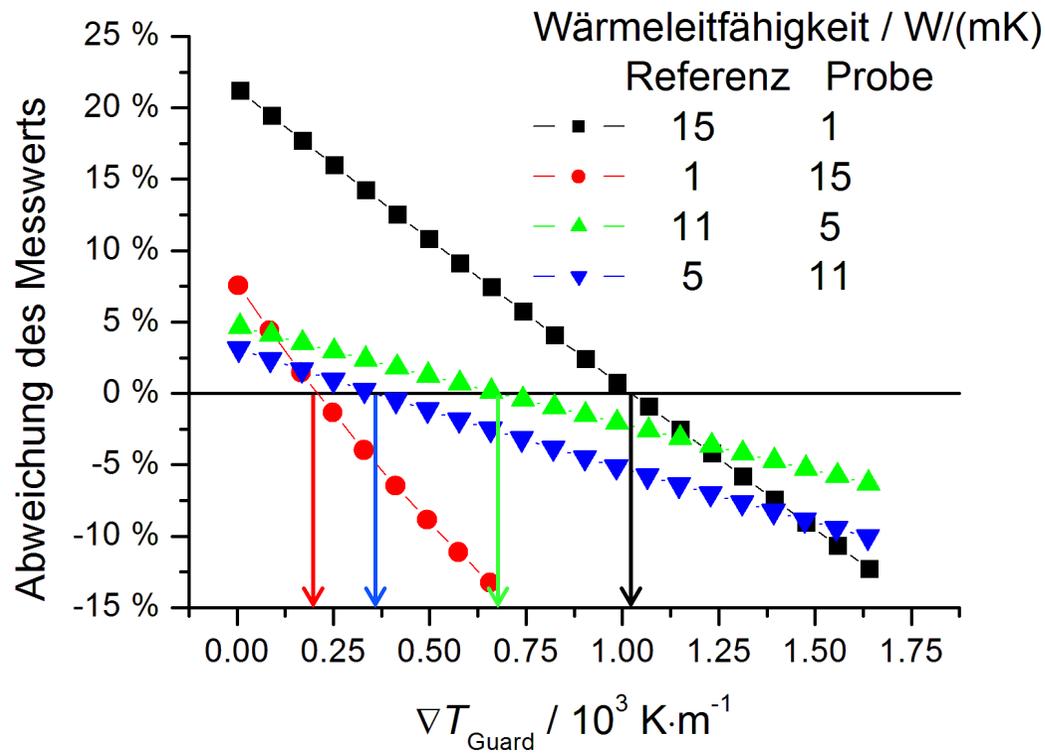
Variation des Temperaturgradienten des Schutzrings



Einstellung des Schutzrings Parametervariation



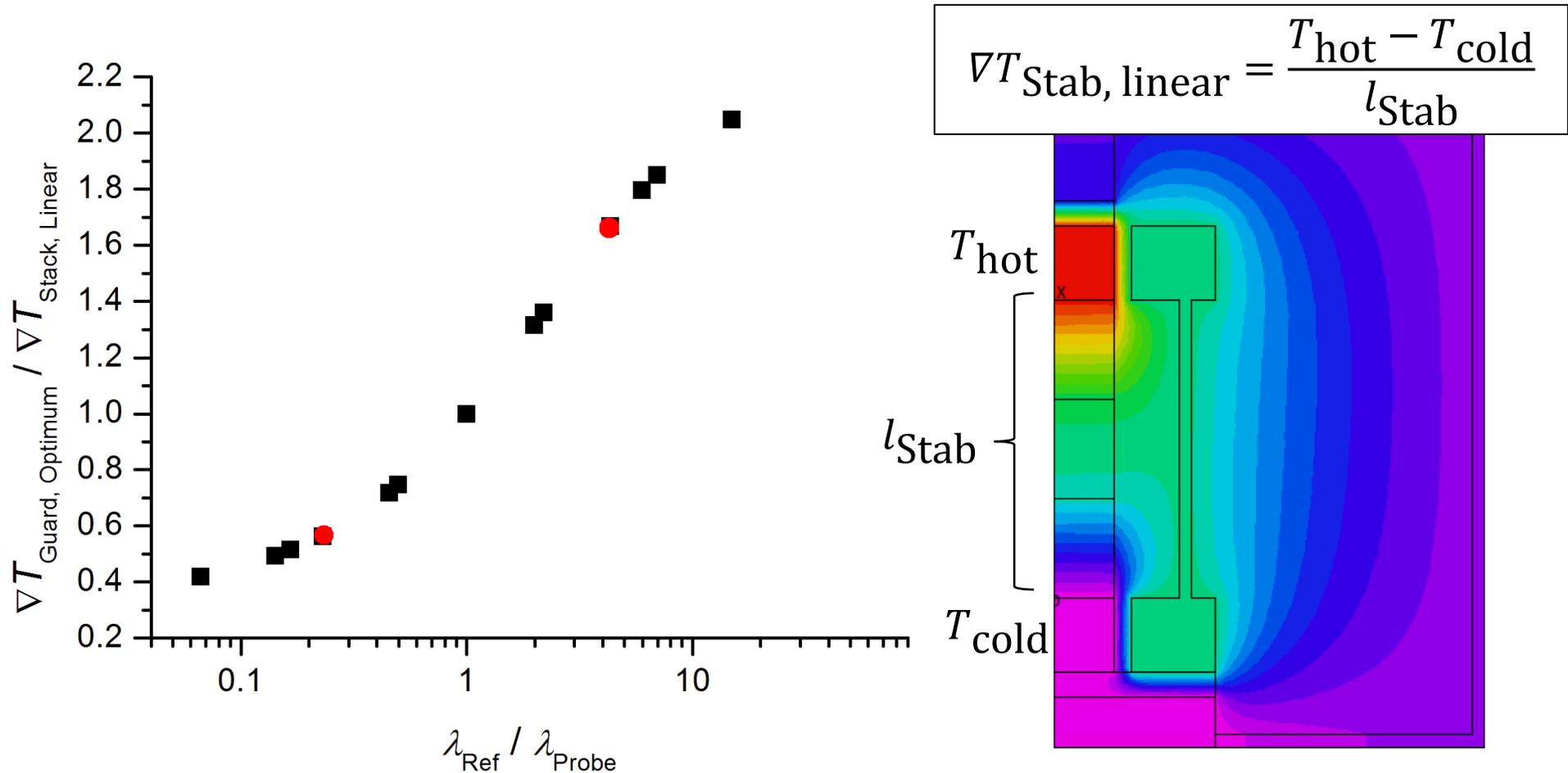
Variation der Wärmeleitfähigkeiten von Probe und Referenzen



Einstellung des Schutzrings Parametervariation

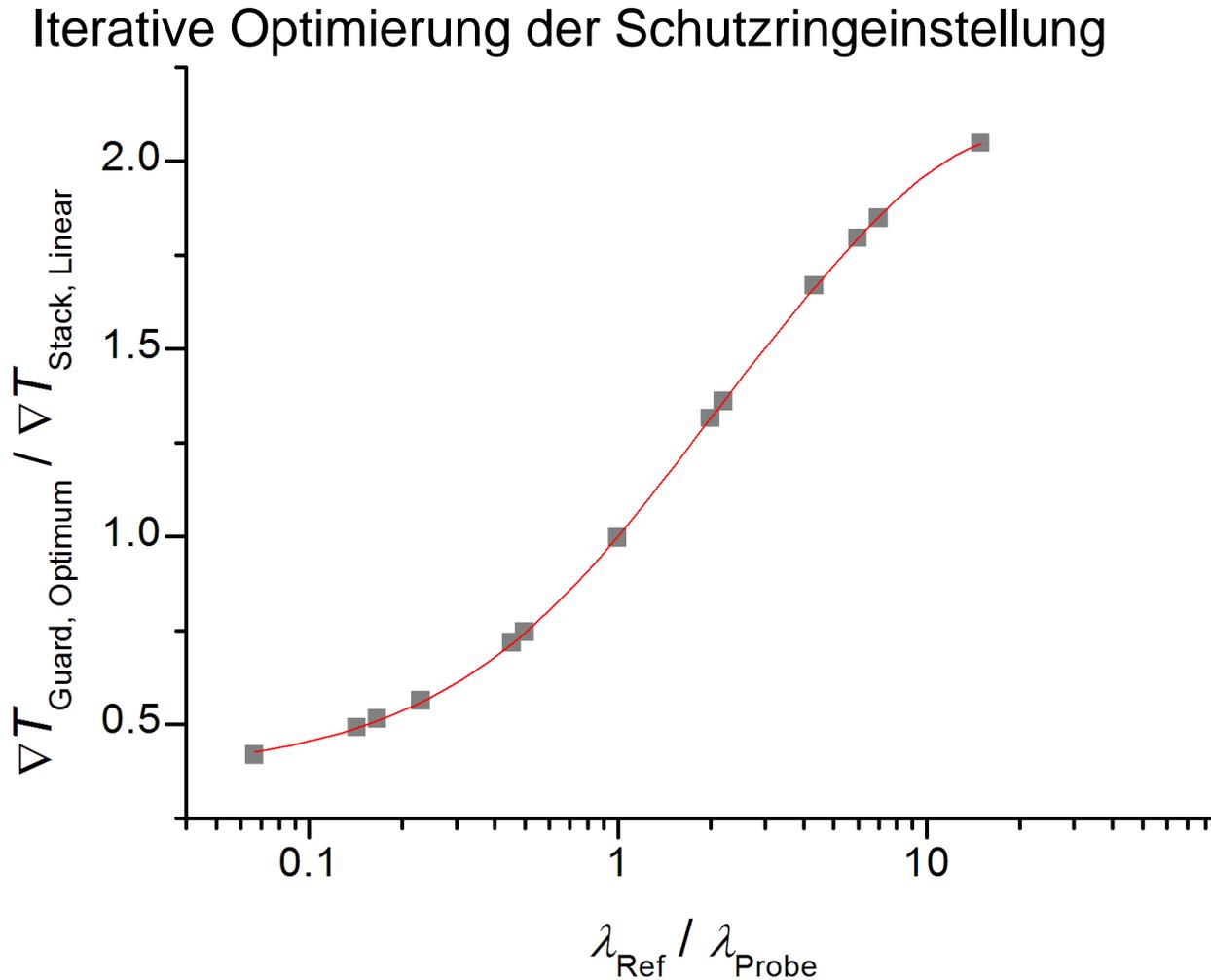


Variation der Temperaturen der heißen und kalten Seite



Bestimmung der optimalen SchutzringEinstellung

Funktioneller Zusammenhang



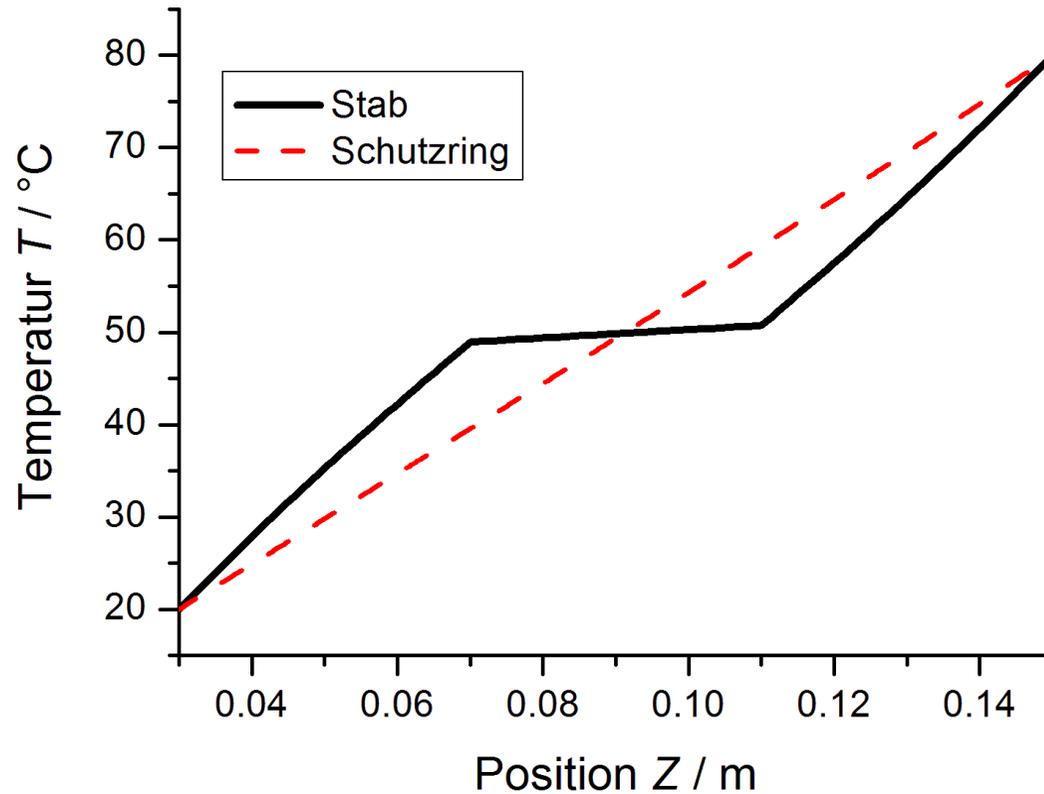
Bestimmung der optimalen SchutzringEinstellung

Optimierung der SchutzringEinstellung



ZAE BAYERN
Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung

Beispiel: Einstellung nach Norm auf Stab-Endtemperaturen



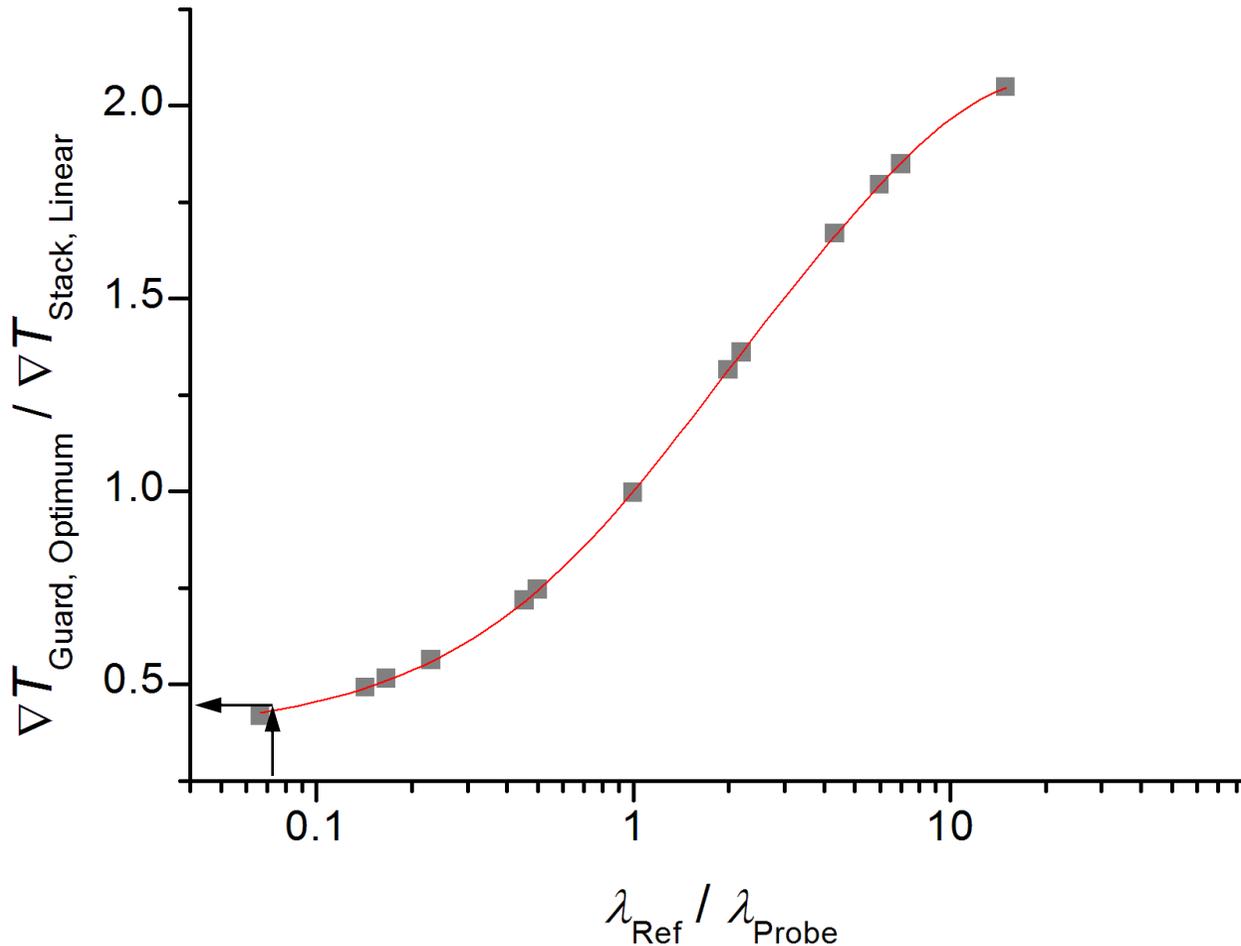
$$\lambda_{\text{Probe}} = 15 \text{ W/m K}$$
$$\lambda_{\text{Referenz}} = 1 \text{ W/m K}$$

$$\lambda_{\text{Sim}} = 13,67 \text{ W/m K}$$
$$f = -8,9 \%$$

Bestimmung der optimalen SchutzringEinstellung

Funktioneller Zusammenhang

Iterative Optimierung der SchutzringEinstellung



$$\frac{\lambda_{\text{Ref}}}{\lambda_{\text{Probe}}} = \frac{1}{13.67} \approx 0.073$$

$$\frac{\nabla T_{\text{Guard, Opt}}}{\nabla T_{\text{Stack, lin}}} \approx 0.43$$

$$\nabla T_{\text{Guard, Opt}} = 0.22 \cdot 10^3 \text{ K/m}$$

$$\lambda_{\text{Sim, Opt}} = 14.97 \text{ W/m K}$$

$$f_{\text{Opt}} = -0.2 \%$$

Fazit

- Optimale Einstellung des Schutzrings abhängig vom Verhältnis $\lambda_{\text{Ref}} / \lambda_{\text{Probe}}$
- Allgemeiner Zusammenhang zwischen $\lambda_{\text{Ref}} / \lambda_{\text{Probe}}$ und $\Delta T_{\text{Guard,optimal}} / \Delta T_{\text{Stack,ideal}}$ für gegebene Geometrie
- Optimale Einstellung iterativ bestimmbar

Ausblick

- Untersuchung verschiedener Geometrien
- Experimentelle Validierung

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

MIT SONNE UND VERSTAND.

© ZAE Bayern



ZAE BAYERN

Bayerisches Zentrum
für Angewandte
Energieforschung