

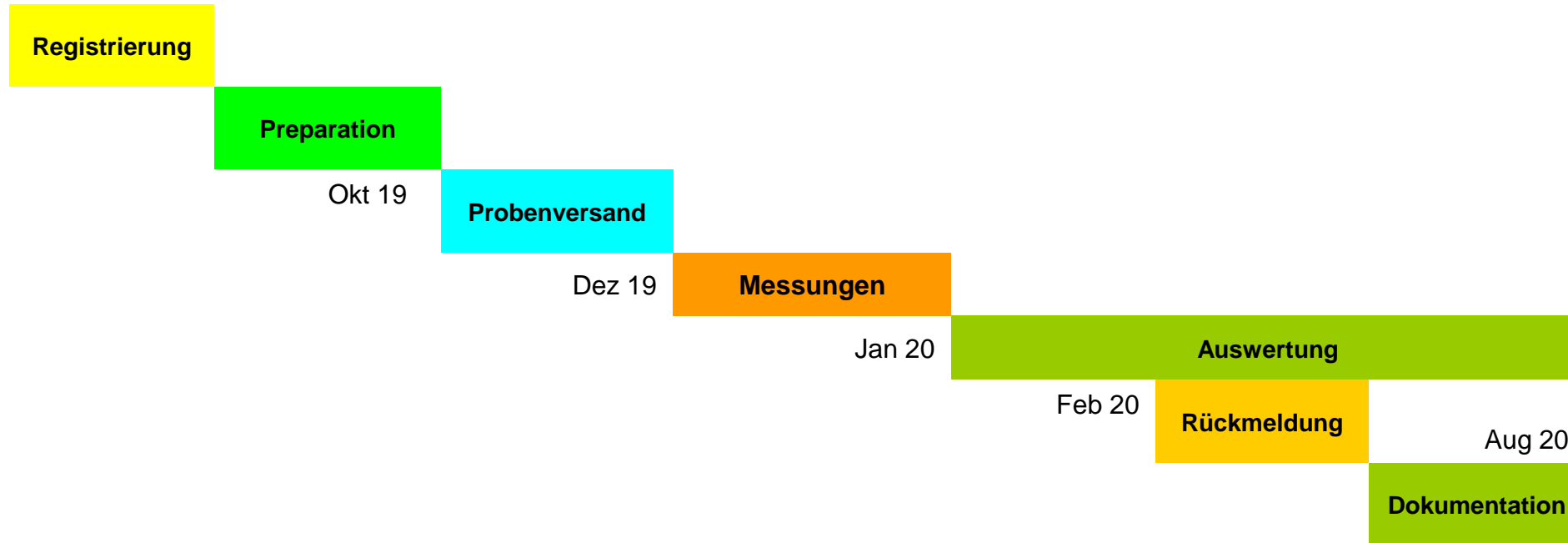
Ringvergleich: Wärmeleitfähigkeit von Aerogelen

H.-P. Ebert¹, S. Braxmeier¹, F. Hemberger¹, F. Lied², G. Reichenauer¹

- 1) Center for Applied Energy Research
- 2) BASF Polyurethanes GmbH



Organization of the intercomparison



Ebert H.-P., Braxmeier S., Reichenauer G., Hemberger F., Lied F., Weinrich D., Fricke M.
Intercomparison of Thermal Conductivity Measurements on a Nanoporous Organic Aerogel
International Journal of Thermophysics 42:21 DOI 10.1007/s10765-020-02775-9 (2021)

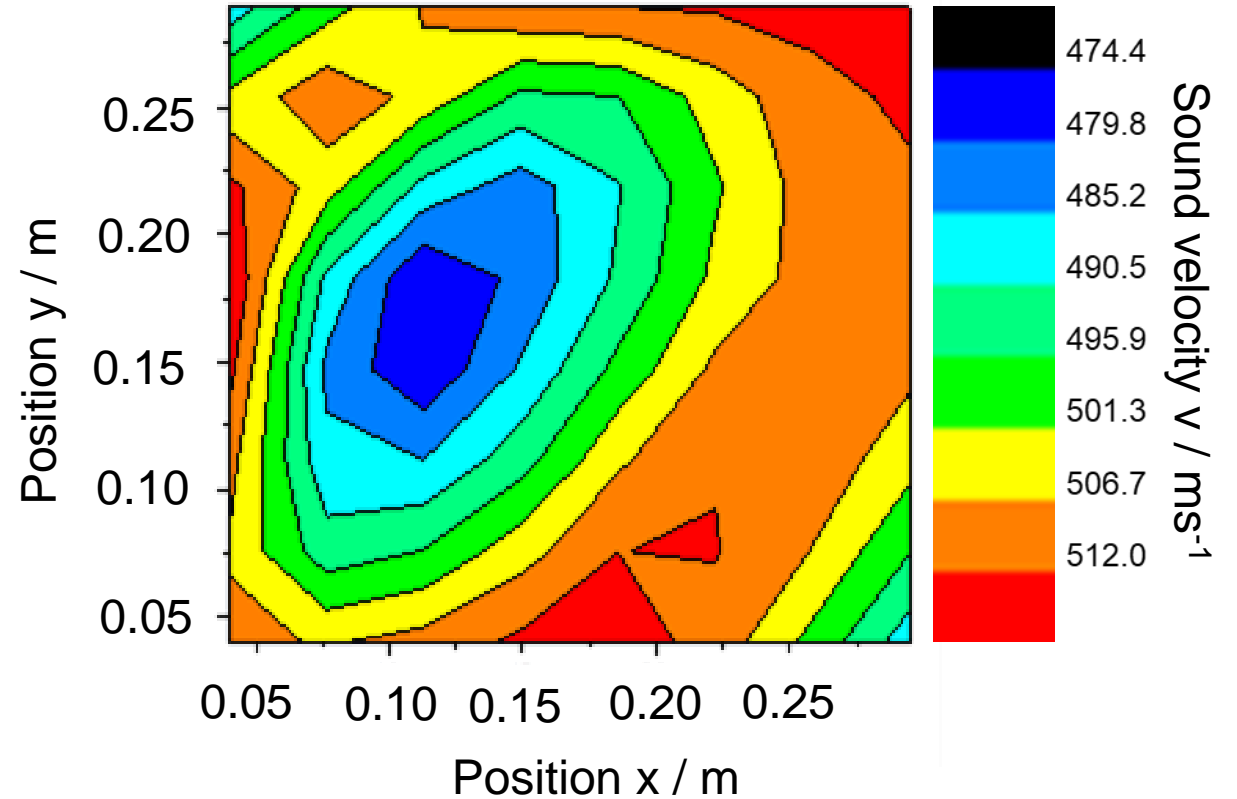
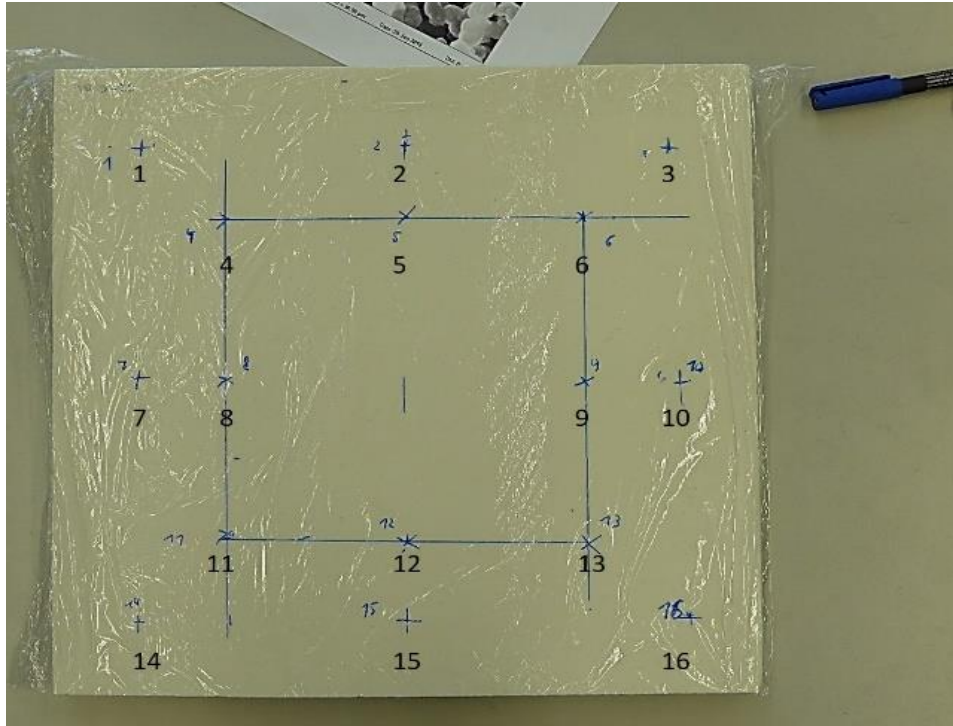
Teilnehmer

- Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.
- CAE
- Österreichisches Gießerei-Institut
- TAURUS® Instruments AG (ausgeschieden)
- Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen
- Austrian Research Centers
- C3 Prozess- und Analysentechnik GmbH (ausgeschieden)
- Materialprüfungsamt NRW
- Netzsch-Gerätebau GmbH
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Werkstoff-Forschung
- Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik
- BASF Polyurethanes GmbH AG1
- BASF Construction Solutions GmbH
- BASF Polyurethanes GmbH AG2
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Unterschiedliche Methoden und Messaufbauten

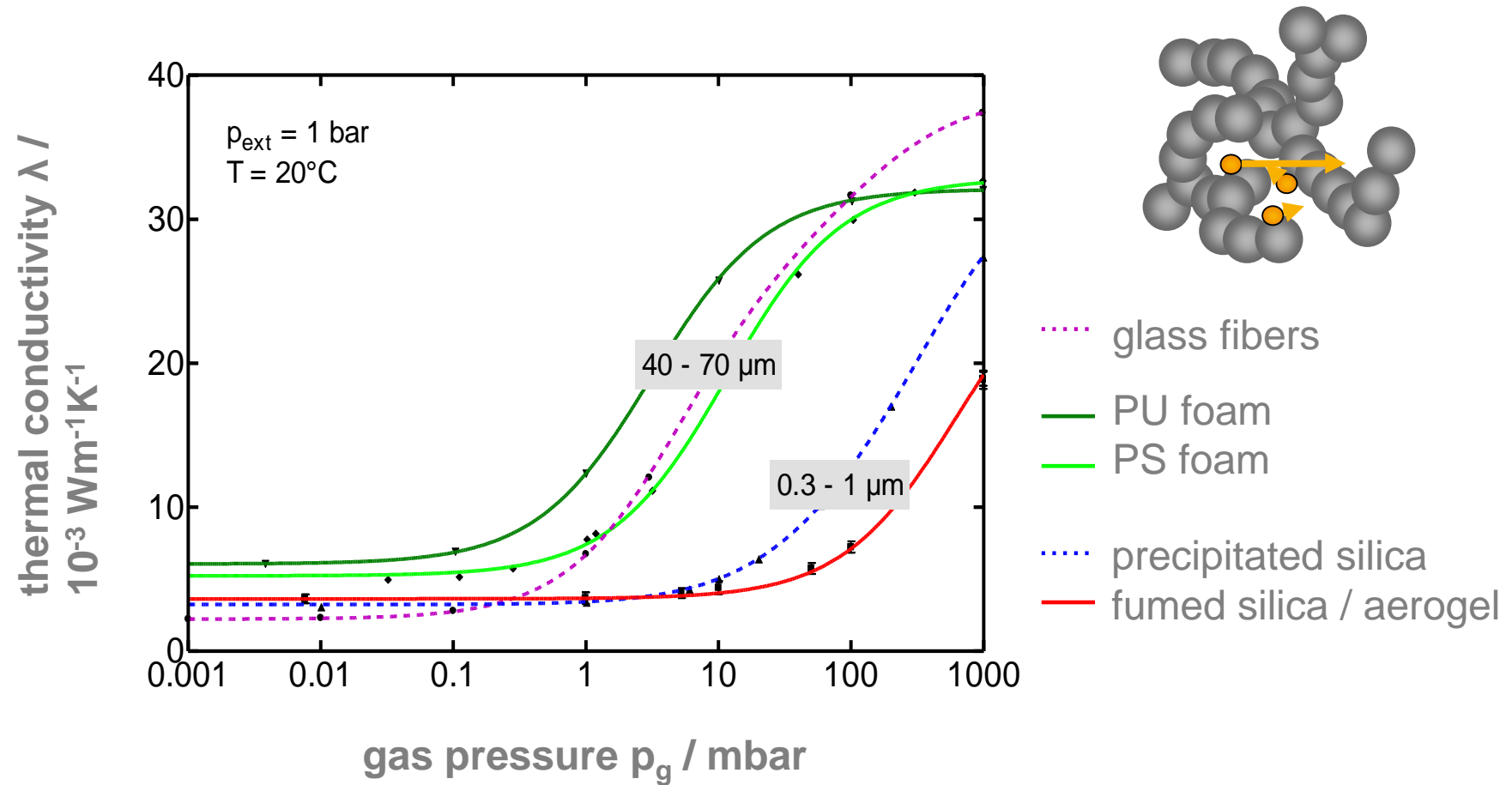
Measurement method	Type of instrument	Specimen geometry
guarded hot-plate	self-built high temperature version	500 mm x 500 mm x 15 mm
guarded hot-plate	self-built	500 mm x 500 mm x 15 mm
guarded hot-plate	self-built high temperature version	diameter 280 mm, thickness 15 mm
guarded hot plate	self-built	diameter 300 mm, thickness 15 mm
heat flow meter	Netzsch HFM 436 Lambda®	300 mm x 300 mm, thickness 15 mm
transient hot-wire	self-built	120 mm x 40 mm x 15 mm
transient hot-bridge	Linseis THB-1	70 mm x 40 mm x 15 mm
transient plane-source	Hot Disk® TPS 2500 S	37 mm x 37 mm x 15 mm
guarded hot-plate	n.a.	30 mm x 30 mm x 15 mm
heat flow-meter	Netzsch HFM 446 Medium Lambda®	300 mm x 300 mm x 15 mm
guarded hot-plate	self-built	300 mm x 300 mm x 15 mm
heat flow-meter	HFM 446 M Lambda®	300 mm x 300 mm x 15 mm
guarded hot-plate	Netzsch GHP 456 Titan®	300 mm x 300 mm x 15 mm
transient plane-source	Hot Disk® TPS 2500 S	diameter 70 mm, thickness 15 mm
heat flow-meter	Netzsch HFM 436 Lambda®	200 mm x 200 mm, thickness 15 mm
transient plane-source	Hot Disk® TPS 2500 S	n.a.
heat flow-meter	Taurus TCA 300 DTX	300 mm x 300 mm x 15 mm
guarded hot-plate	Lambda Messtechnik EP500e	250 mm x 250 mm x 15 mm
heat flow-meter	TA Instruments - FOX 304	300 mm x 300 mm x 15 mm
transient plane-source	Hot Disk® TPS 2500 S	40 mm x 40 mm x 15 mm

Vorversuche - Ultraschallmessungen



$$\lambda_s = \lambda_b \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \cdot \frac{v}{v_0}$$

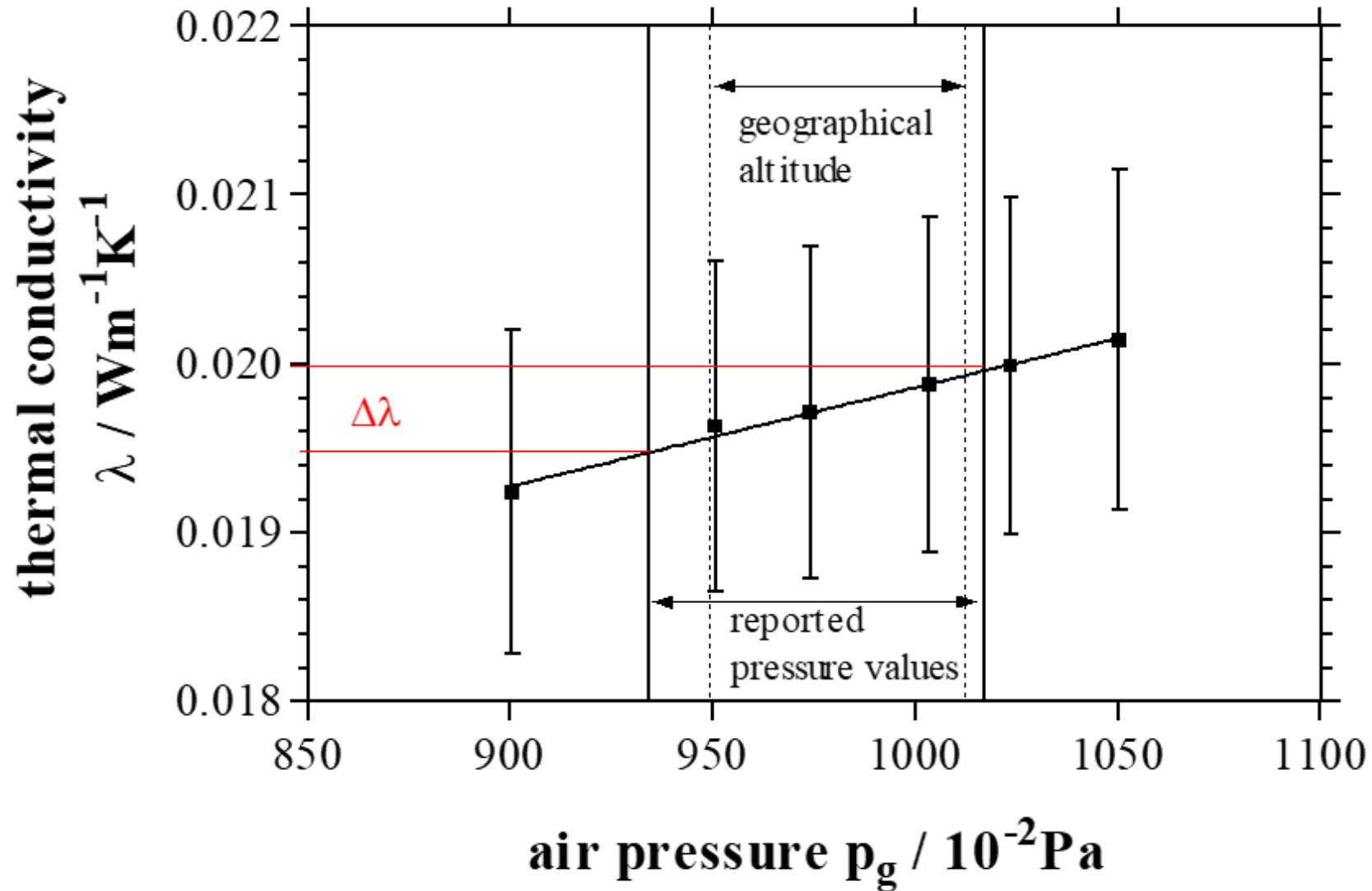
Beitrag des Gases zur Gesamtwärmeleitfähigkeit



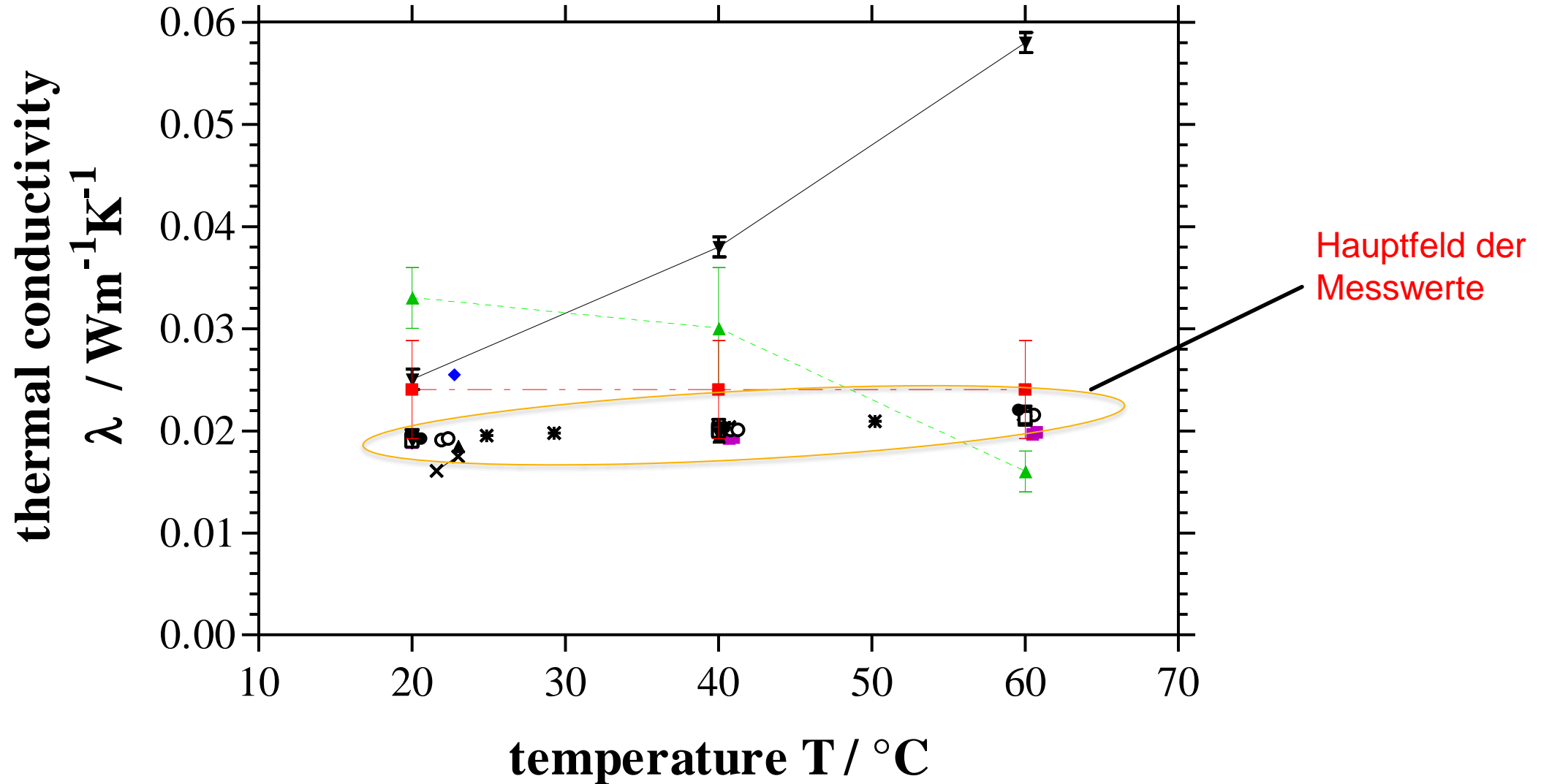
Vorversuche



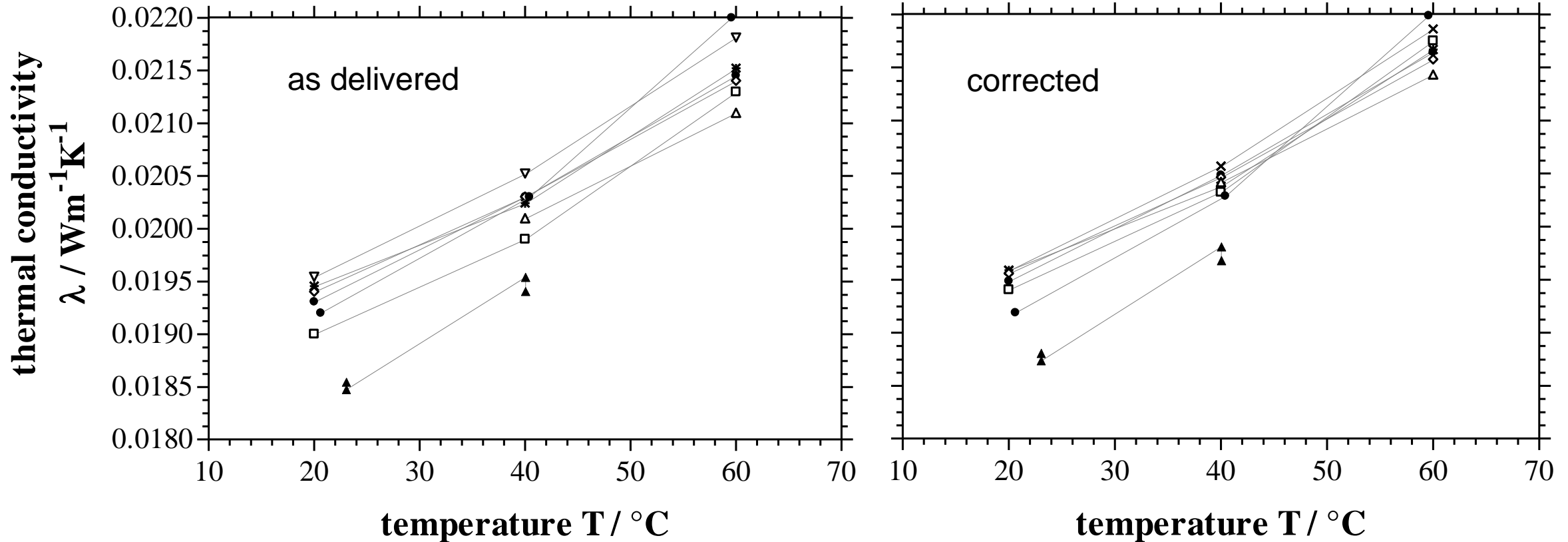
	H m ü NHN
82166 Gräfelfing	550
97074 Würzburg	177
A-8700 Leoben	541
52074 Aachen	175
A-1210 Wien	151
D-8540 Haar / bei München	542
44287 Dortmund	86
95100 Selb/Bayern	562
51147 Köln	53
21073 Hamburg	6
49448 Lemfoerde	46
83308 Trostberg	493
49448 Lemfoerde	46
01277 Dresden	112



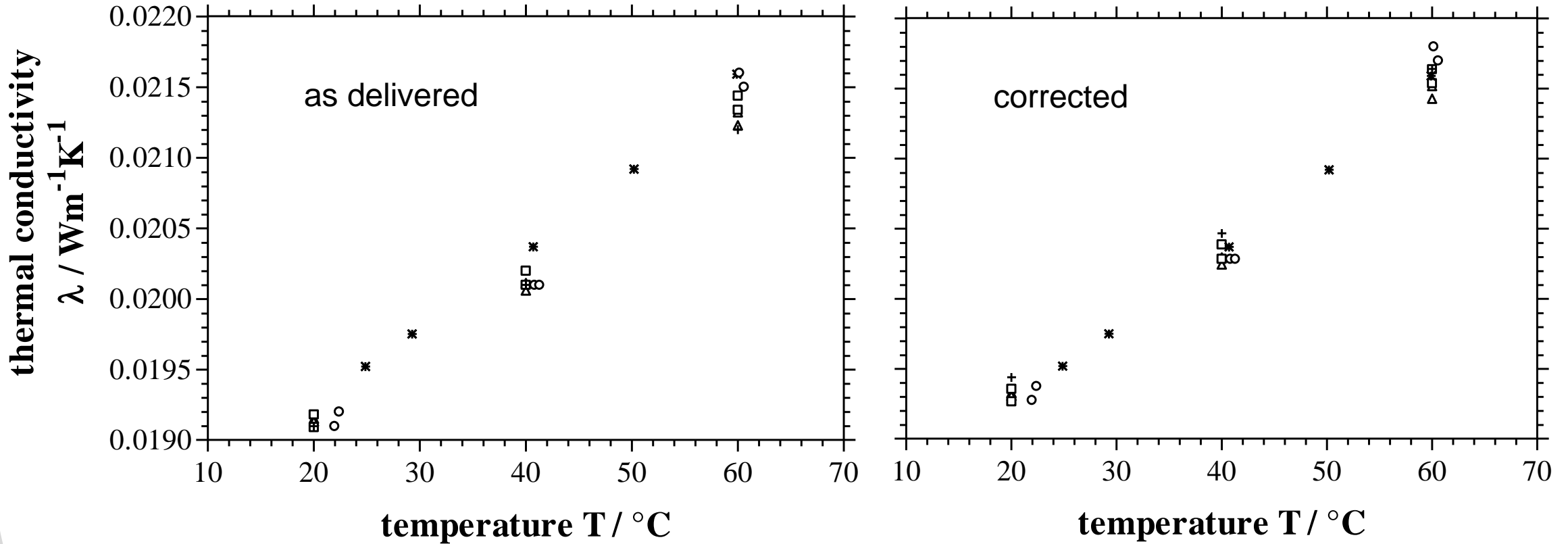
Gelieferte Messwerte



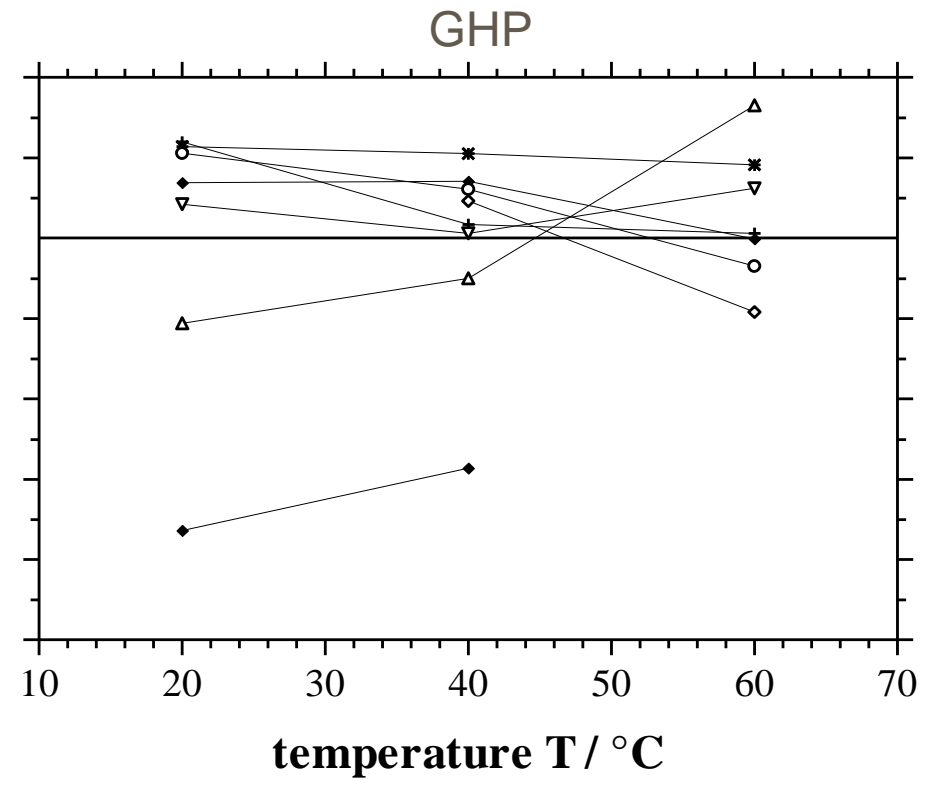
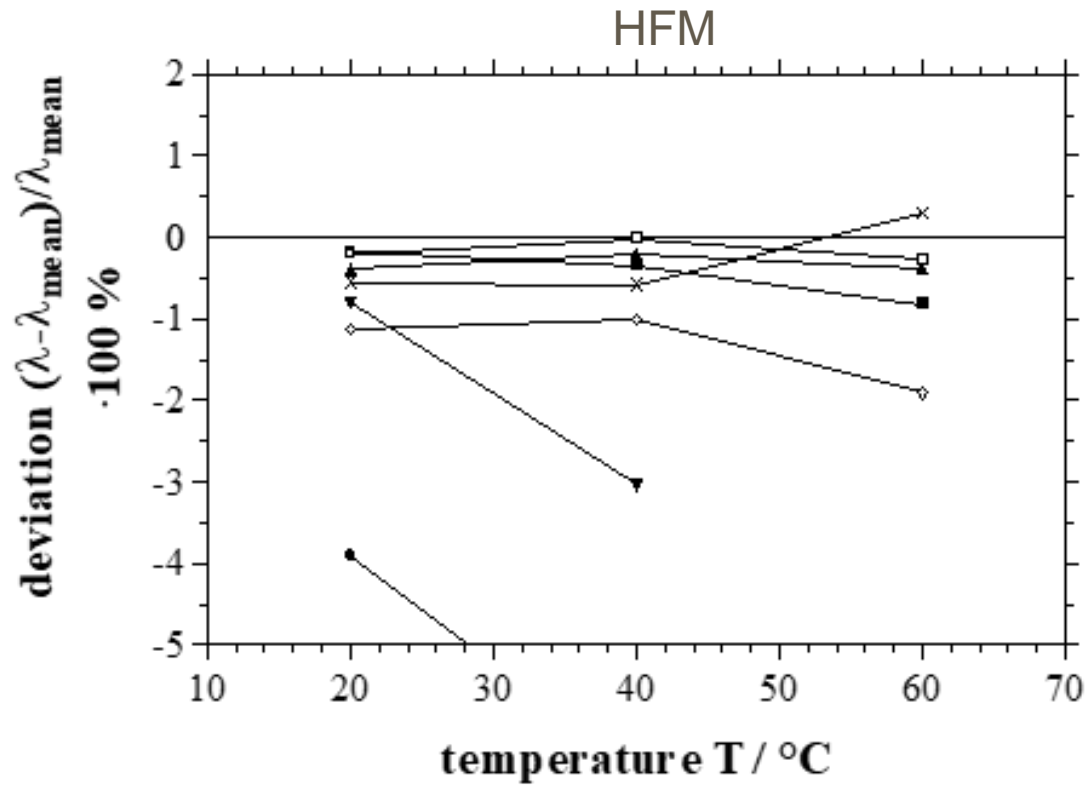
Einfluss der Gasdruck-Korrektur (GHP Ergebnisse)



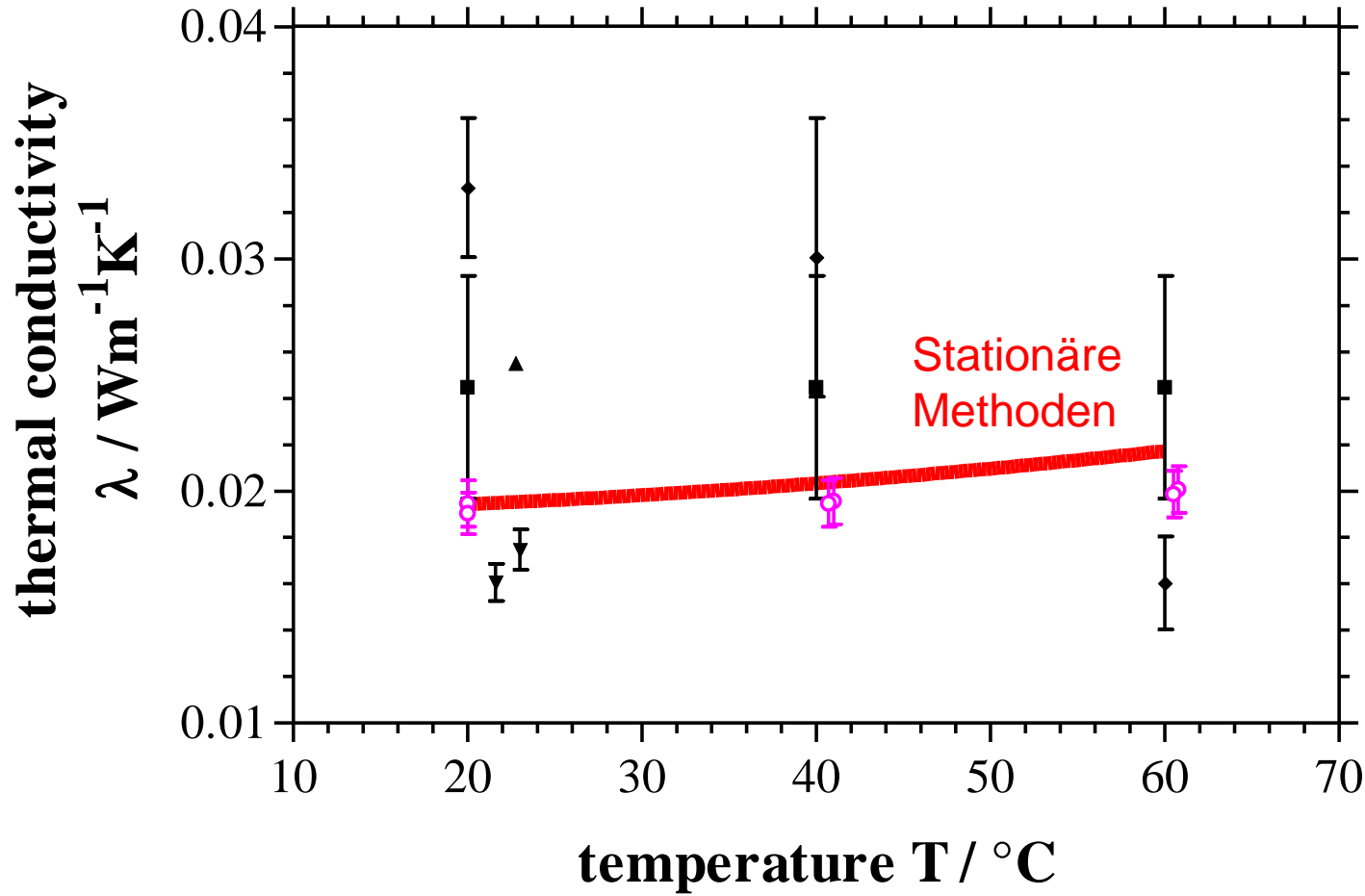
Einfluss der Gasdruck-Korrektur (HFM-Ergebnisse)



Prozentuale Abweichung der Messwerte vom Mittelwert

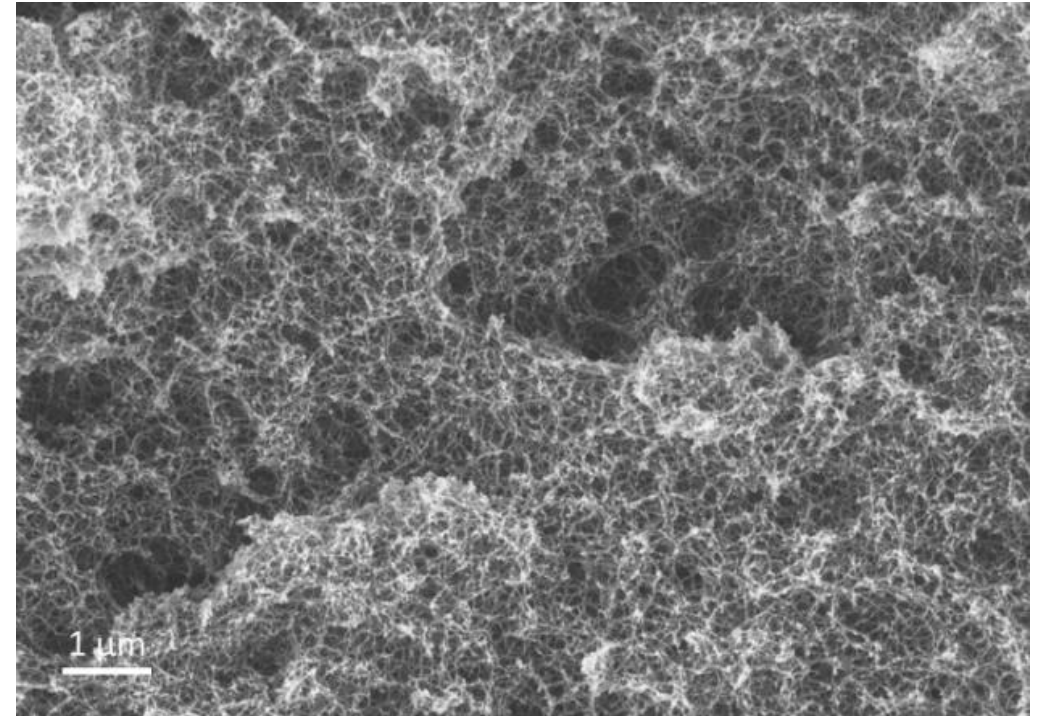
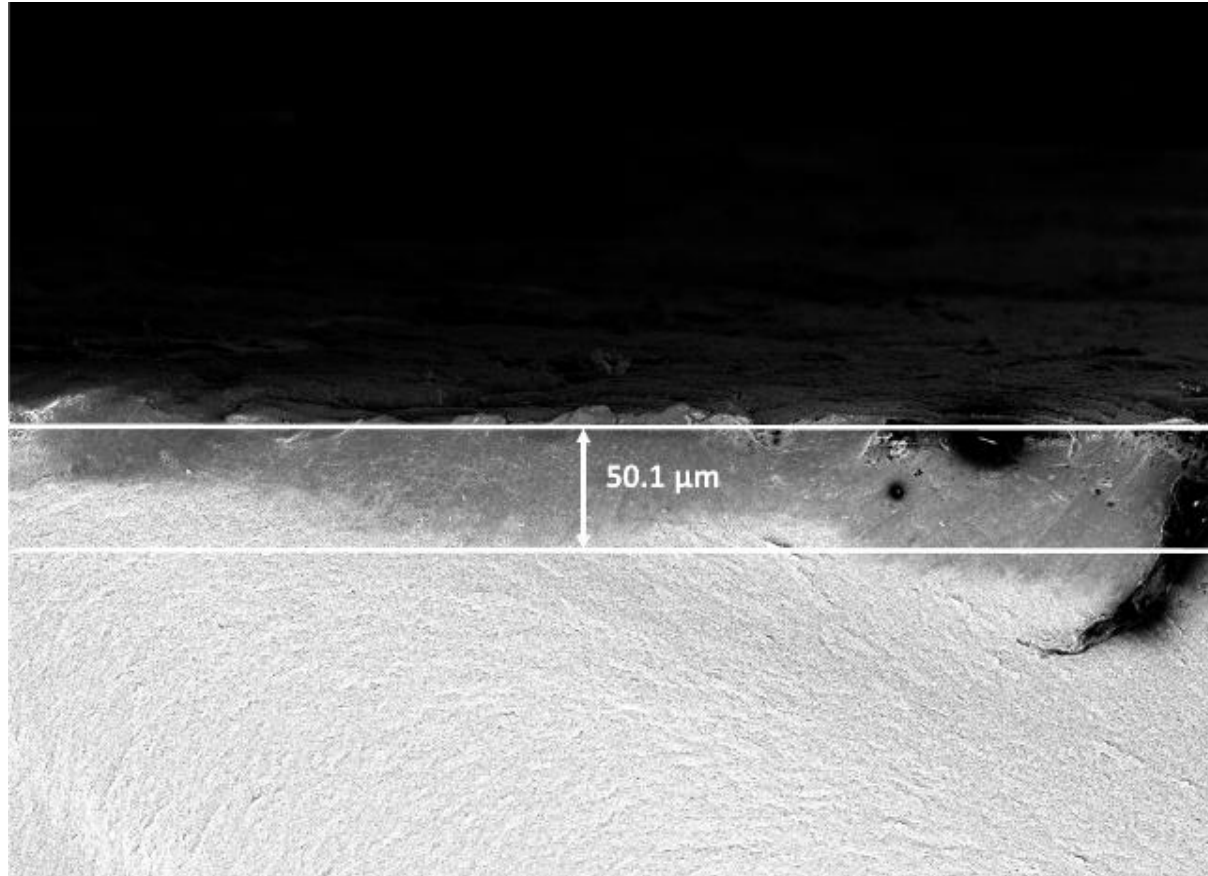


Vergleich stationärer und dynamischer Methoden



Liniestärke ist ein Maß für die Unsicherheit!

REM Aufnahmen



Ergebnis

- Die effektive Gesamtwärmeleitfähigkeit eines nanoporösen Materials wurde bei 20 °C, 40 °C und 60 °C bestimmt.
- Es wurden stationäre und instationäre Messmethoden verwendet.
- Der Mittelwert basiert hauptsächlich auf den Ergebnissen der stationären Guarded-Hot-Plate- und Heat-Flow-Meter-Aufbauten.
- Die Korrektur des Einflusses des atmosphärischen Drucks verringert die Unsicherheit der berechneten Mittelwerte erheblich.
- Die Ergebnisse der instationären Methoden müssen kritisch diskutiert werden.
- Systematische Unsicherheiten bezüglich der thermischen Übergangswiderstände bei den stationären Messverfahren können einen geringen Einfluss auf die Messergebnisse haben.
- Die Bestimmung niedriger Wärmeleitfähigkeitswerte ist eine Herausforderung, insbesondere bei kleinen Probengeometrien oder Messgeräten, die üblicherweise für kleine Probengrößen eingesetzt werden.

