

Ringversuch: Temperaturleitfähigkeit im Tief- und Hochtemperaturbereich

Erhard Kaschnitz

Österreichisches Gießerei-Institut

Leoben

Ringversuch mit einer einzigen Probe, die von Teilnehmer zu Teilnehmer gewandert ist

Teilnehmer:

- Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben (Pilot)
- AIT Austrian Institute of Technology, Wien
- NETZSCH Gerätebau GmbH, Selb
- Fraunhofer - IKTS, Dresden
- Linseis Meßgeräte GmbH, Selb
- Forschungszentrum Jülich

davon 3 im Tieftemperaturbereich, alle ab RT

Die Reihenfolge der Laborbezeichnungen (1 bis 6) wurde durch Vertauschung anonymisiert

Ausschreibung beim letzten Arbeitskreis 2015 in Dresden

Gefordert waren:

Temperaturleitfähigkeit und die **erweiterte Messunsicherheit** bei Temperaturen von -50°C , 0°C , 20°C , 200°C , 500°C und 1000°C

Durchführung dauerte ca. 8 Monate – Daten der Teilnehmer erhalten



Österreichisches Gießerei-Institut
A-8700 Leoben, Parkstraße 21
Akkreditierte Prüfstelle

Tel.: +43 3842/43101-0
Fax: +43 3842/43101-1
e-mail: office@ogi.at
<http://www.ogi.at>

Unser Zeichen: Ka / DW 35
Leoben, den 16.3.2015

Arbeitskreis Thermophysik in der GEFTA
Dr. Hans-Peter Ebert
Bayerisches Zentrum für Angewandte
Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
Am Hubland
97074 Würzburg

Liebe Mitglieder des Arbeitskreises Thermophysik,

das Österreichische Gießerei-Institut erlaubt sich, zu einem Ringversuch „Temperaturleitfähigkeit“ einzuladen. Es soll ein anonymer (echter) Ringversuch sein, bei dem ein (einzigiger) Probekörper den Teilnehmern für eine begrenzte Zeitspanne zur Verfügung gestellt wird. Als Besonderheit soll auch bei tiefen Temperaturen gemessen werden.

Die Probe ist aus keramischen Material (zylindrisch, nominell 12,55 mm Durchmesser und 3 mm Dicke) und im vorgesehenen Temperaturbereich stabil. Es sollen die Ergebnisse der teilnehmenden Labore der Temperaturleitfähigkeit bei den Temperaturen von -50°C , 0°C , 20°C , 200°C , 500°C und 1000°C verglichen werden. Eine Angabe der (erweiterten) Messunsicherheit ist zur Auswertung unverzichtbar.

Jedes teilnehmende Labor bekommt nach Abschluss des Ringversuchs eine anonymisierte Auswertung der gesammelten Ergebnisse mit Bekanntgabe der eigenen Teilnehmeridentität. Eine abschließende Publikation ist denkbar, aber nicht eigentliches Ziel dieses Ringversuchs.

Bei Interesse (und weiteren Fragen) bitte ich um Kontaktaufnahme unter meiner E-Mailadresse: erhard.kaschnitz@ogi.at.

Mit freundlichen Grüßen

ÖSTERREICHISCHES GIEßEREI-INSTITUT

Dr. Erhard Kaschnitz



Verein für praktische Gießereiforschung
Vorstandsvorsitzender
DI Dr. mont. H.J. Dichtl
Geschäftsführer
Univ.-Prof. DI Dr. P. Schumacher
DI G. Schmelzbacher

Bankverbindung
Bank: UniCredit Bank Austria AG
IBAN: AT08 1190 0009 1735 7800
BIC: BKIAUT3333

UID-Nr.: ATU29756395
ZVR-Zahl: 293242962

Erste Frage: wie kommen wir zu einem Referenzwert?

1. Arithmetisches Mittel: gute Näherung für normalverteilte Messwerte
2. Bewerteter Mittelwert:

$$x_{Mittel} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{x_i}{u^2(x_i)}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{u^2(x_i)}}$$

3. Median: in der Praxis eine gute Schätzung, - vernünftige Teilnehmerzahl notwendig

Zweite Frage: wie gut ist der Referenzwert?

1. Arithmetisches Mittel der Messunsicherheiten der Teilnehmer
2. Median der Messunsicherheiten der Teilnehmer
3. Einfache Standardabweichungen der Messdaten der Teilnehmer

Dritte Frage: wie gut sind die gemessenen Daten?

„Eingangsprüfung“ der gemessenen Werte.

Berechnung der normierten Abweichung (En-Wert)
für alle Teilnehmer untereinander:

$$En_{i,j} = \left| \frac{x_i - x_j}{\sqrt{u^2(x_i) + u^2(x_j)}} \right| \leq 1$$

wenn u die erweiterte Messunsicherheit ist.

En-Werte bei -50°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	-0,64	x				
3	-1,60	-0,26	x			
4	x	x	x	x		
5	x	x	x	x	x	
6	x	x	x	x	x	x

Die Reihenfolge der Laborbezeichnungen wurde durch Vertauschung anonymisiert

En-Werte bei 0°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	-0,49	x				
3	-0,93	0,02	x			
4	x	x	x	x		
5	x	x	x	x	x	
6	x	x	x	x	x	x

En-Werte bei 20°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	0,76	x				
3	1,33	-0,08	x			
4	0,52	-0,37	-0,51	x		
5	1,08	0,35	0,51	0,73	x	
6	0,58	-0,01	0,06	0,29	-0,31	x

En-Werte bei 200°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	3,82	x				
3	4,74	-1,30	x			
4	3,26	-1,34	-0,31	x		
5	2,68	-0,39	0,56	0,67	x	
6	2,81	-0,68	0,34	0,49	-0,21	x

En-Werte bei 500°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	2,90	x				
3	4,76	-0,46	x			
4	5,02	0,50	1,60	x		
5	2,99	0,42	0,92	0,06	x	
6	3,36	0,05	0,61	-0,49	-0,40	x

En-Werte bei 1000°C

Labor	1	2	3	4	5	6
1	x					
2	2,75	x				
3	4,86	0,02	x			
4	4,64	0,48	0,78	x		
5	2,94	0,49	0,60	0,16	x	
6	3,14	-0,03	-0,06	-0,58	-0,55	x

Die Werte des Teilnehmers Nr. 1 werden bei 200°C, 500°C und 1000°C aus der Bestimmung der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgeschlossen.

Alle Mittelwerte, Standardabweichungen usw. wurden neu berechnet.

Referenzwert

Temperatur	Arithmetisches Mittel	Gewichtetes Mittel	Median
°C	mm ² /s	mm ² /s	mm ² /s
-50	144,33	144,81	145,39
0	101,13	101,05	101,96
20	85,03	85,67	84,65
200	40,10	40,74	40,23
500	21,24	21,60	21,34
1000	11,57	11,63	11,71

Referenzwert

- Arithmetisches, gewichtetes Mittel und Median liegen relativ nahe beieinander
- Die Messunsicherheiten sind je nach Temperatur um einen Faktor 2 bis 4 verschieden
- Die geringen Abweichungen des gewichteten Mittels deuten auf keine zu starke Übergewichtung von Teilnehmern mit zu kleinen (angegebenen) Messunsicherheiten hin
- Im weiteren wird das **arithmetische Mittel** als Referenzwert verwendet

Qualität des Referenzwerts

Temperatur	Arithmetisches Mittel	Einfache Std.-abweichung	Median
°C	mm ² /s	mm ² /s	mm ² /s
-50	4,50	3,67	3,55
0	3,01	1,54	2,21
20	3,48	1,98	3,41
200	1,65	1,21	1,92
500	0,85	0,50	0,91
1000	0,47	0,22	0,48

Qualität des Referenzwerts

- Arithmetisches Mittel und Median relativ nahe beieinander
- Die einfache Standardabweichung ist deutlich kleiner – das Datenfeld liegt relativ gut beieinander
- Im weiteren wird die **einfache Standardabweichung** als Qualität des Referenzwerts verwendet

Ergebnisse

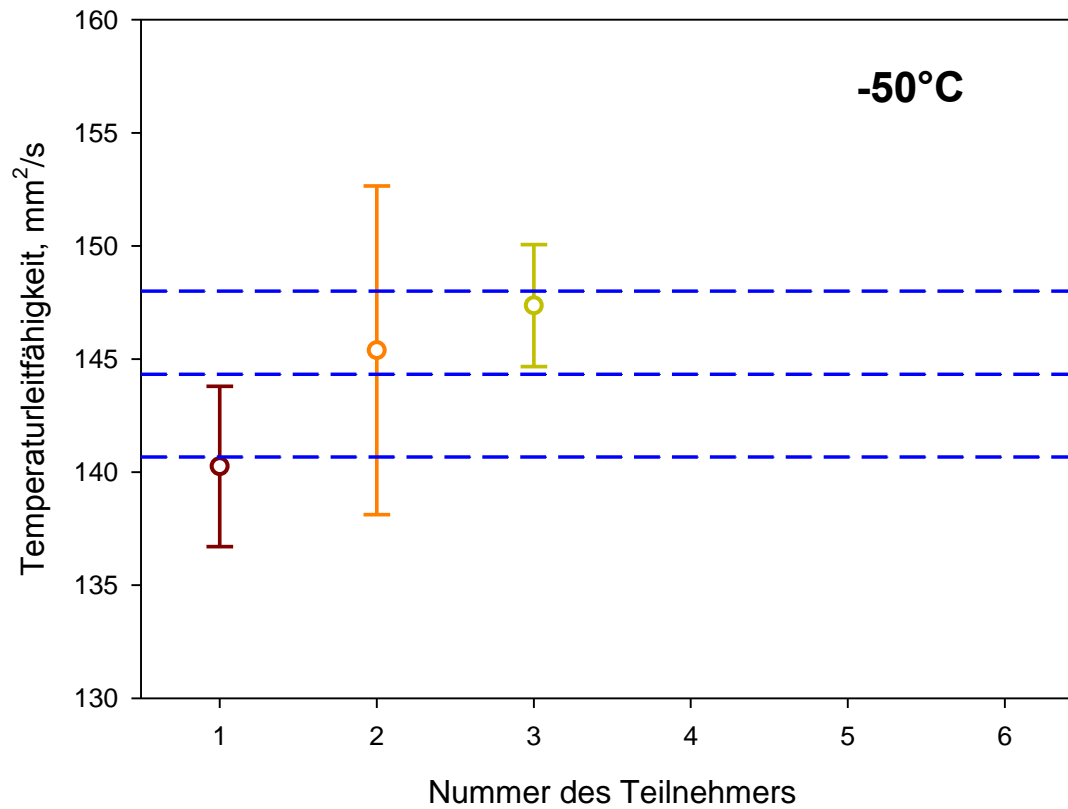
Labor/ Temp.	1	2	3	4	5	6
-50 °C	-0,80	0,13	0,67			
0 °C	-0,66	0,18	0,36			
20 °C	1,07	-0,12	-0,09	0,39	-0,53	-0,09
200 °C	4,14	-0,78	0,63	0,75	-0,20	0,06
500 °C	5,04	0,15	1,16	-0,55	-0,38	0,10
1000 °C	5,18	0,25	0,46	-0,42	-0,40	0,33

Referenzwert: arithmetisches Mittel der abgegebenen Messwerte

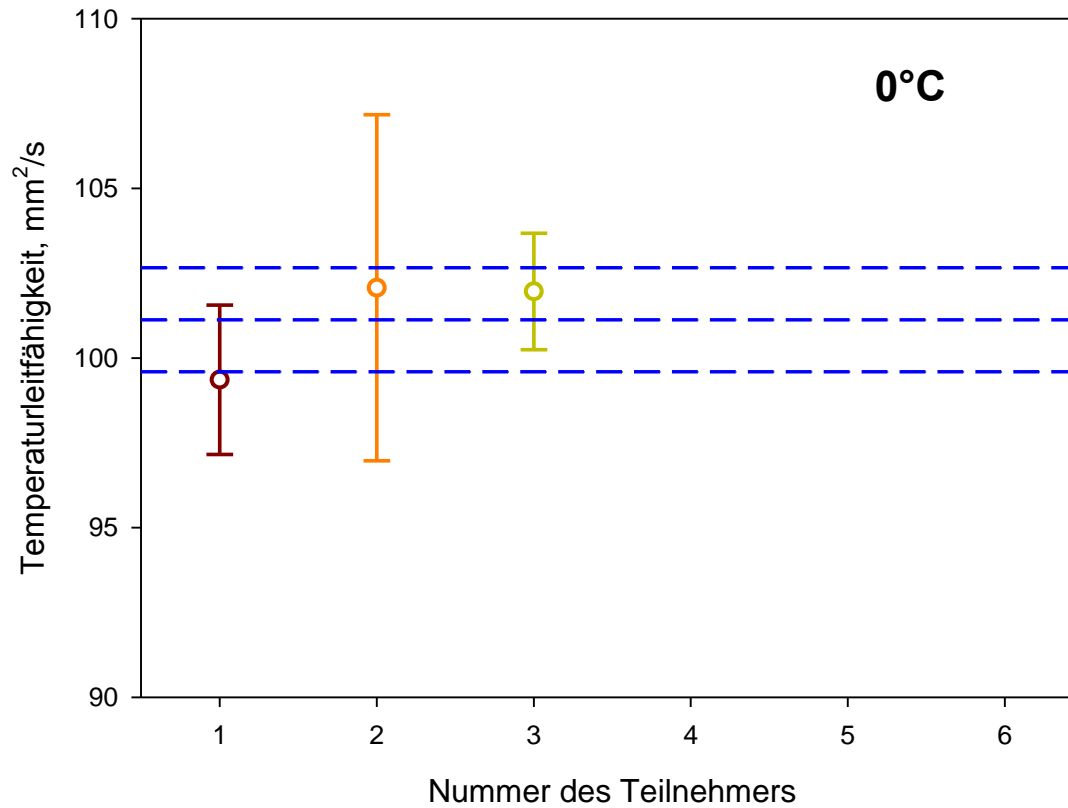
Unsicherheit des Referenzwerts: einfache Standardabweichung der abgegebenen Messwerte

Anmerkung: Messwerte mit Äquivalenzwert > 1,2 entfernt

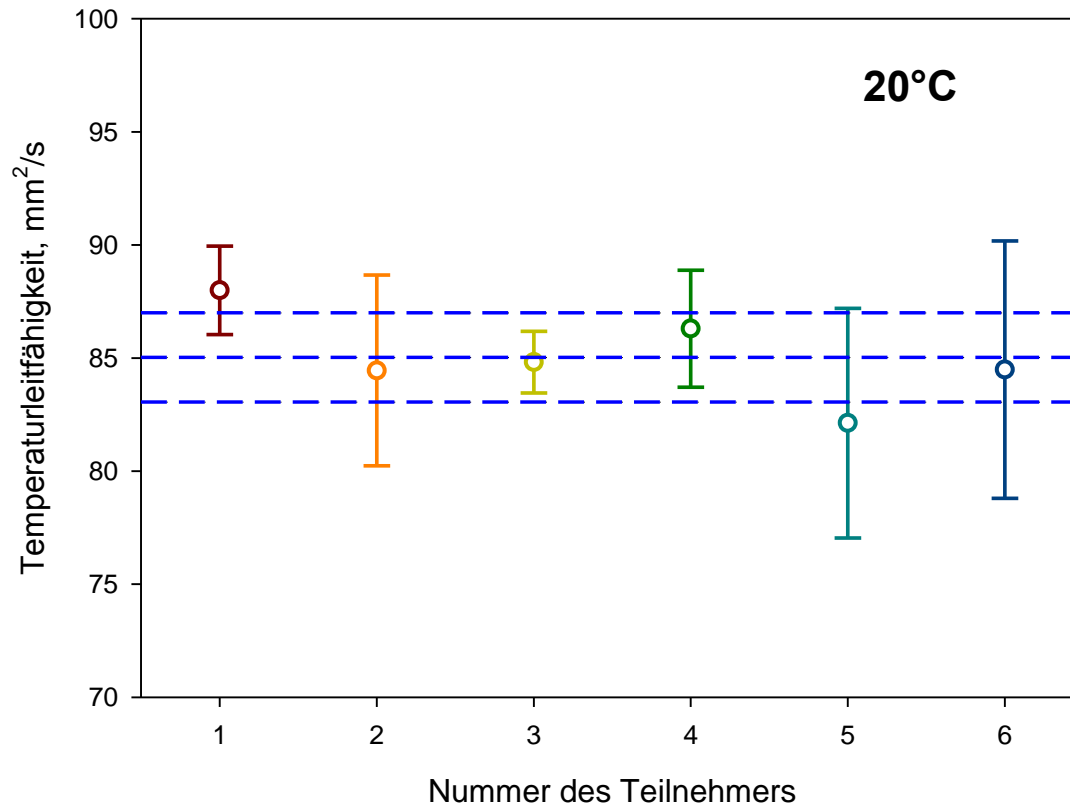
Ergebnisse



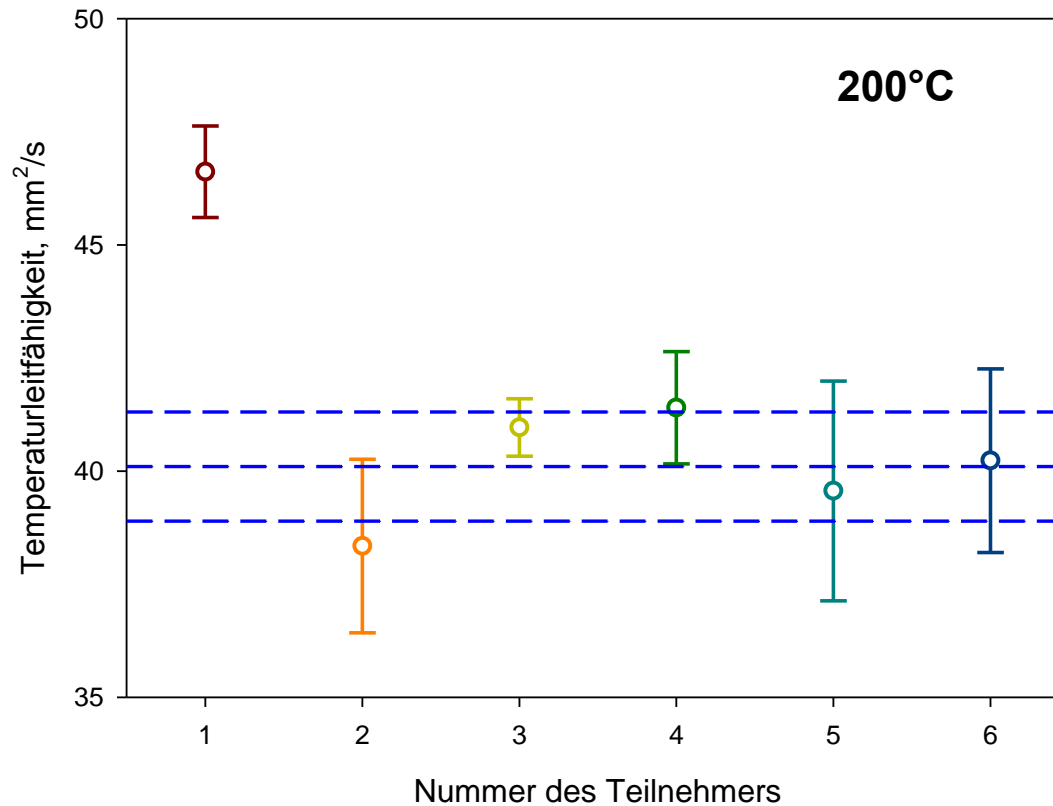
Ergebnisse



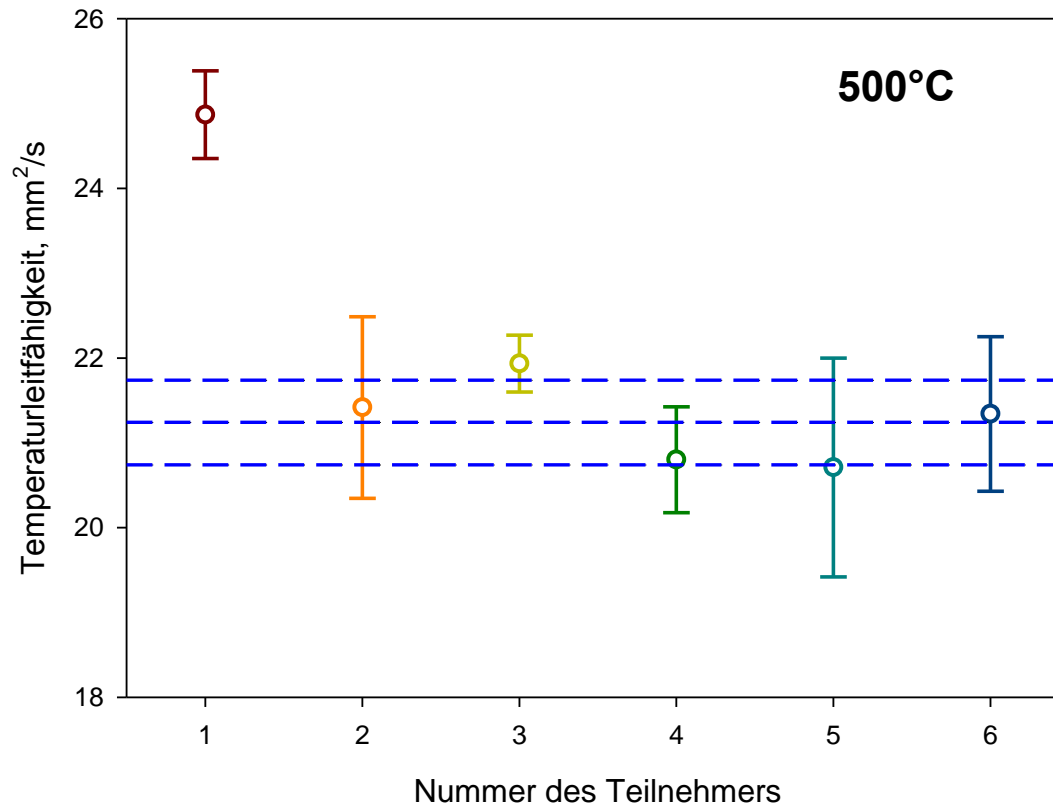
Ergebnisse



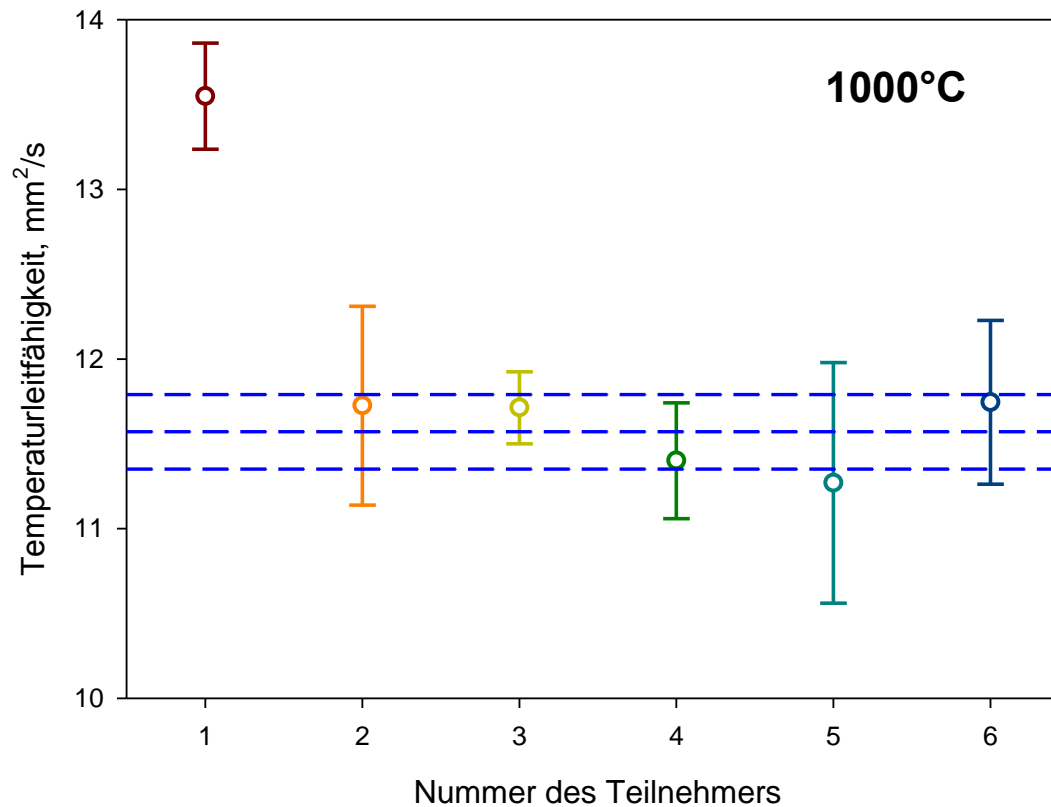
Ergebnisse



Ergebnisse



Ergebnisse



Schlussfolgerungen

- Ringvergleichsmessungen mit einer einzigen Probe schließen Unsicherheiten, die auf Inhomogenität usw. zurückzuführen sind, aus.
- Keramik eignet sich gut für Tieftemperaturversuche bis zu relativ hohen Temperaturen (Stabilität).
- Keramik hat eine stark fallende Charakteristik, die Temperaturleitfähigkeit ändert sich um mehr als den Faktor 10.
- Messungen im Tieftemperaurebereich stimmen sehr gut überein.
- Messungen im Hochtemperaurebereich stimmen bis auf einen Teilnehmer gut überein.
- Messunsicherheitsanalysen scheinen vernünftig.