

Ringversuch: Thermische Ausdehnung im Tief- und Hochtemperaturbereich

Erhard Kaschnitz

Österreichisches Gießerei-Institut

Leoben

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

Teilnehmer:

1. Karlsruhe Institute of Technology
2. TU Bergakademie Freiberg, IWTT
3. NETZSCH Gerätebau GmbH, Selb
4. Fraunhofer - Inst. für Keram. Technolog., Dresden
5. RWTH Aachen, Institut für Werkstoffanwend.
6. Linseis Meßgeräte GmbH, Selb
7. Österreichisches Gießerei-Institut, Leoben (Pilot)

Ausschreibung beim letzten Arbeitskreis 2013 in Dresden

Gefordert waren:

Thermische Ausdehnung und die **erweiterte Messunsicherheit** bei

Temperaturen von

-150°C -100°C -50°C
200°C 400°C 600°C
und 800°C

Durchführung dauerte ca. ein Jahr
– Daten der Teilnehmer erhalten

**ÖGI** 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 27.3.2013

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 Therm dilatometrie einzuladen. Es soll ein anonymer (echter) Ringversuch sein, bei dem ein (einzig) 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 (quaderförmig, nominell 4 mm x 3 mm x 25 mm) und im vorgesehenen Temperaturbereich stabil. Es sollen die Ergebnisse der teilnehmenden Labore der thermischen Ausdehnung, bezogen auf 20°C, bei den Temperaturen von -150°C, -100°C, -50°C, 200°C, 400°C, 600°C und 800°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. Ditsch

Geschäftsführer
Univ.-Prof. DI Dr. P. Schumacher
DI G. Schindlbecher

Bankverbindung
Bank: UniCredit Bank Austria AG, Filiale Leoben
IBAN: AT08 1100 0009 1735 7600
BIC: BKAUAT3333

UID-Nr.: ATU29756305
ZVR-Zahl: 263242682

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

Referenzwert

Temperatur	Arithm. Mittel	Gewicht. Mittel	Median
°C	mm/m	mm/m	mm/m
-150	-0,112	-0,096	-0,111
-100	-0,096	-0,087	-0,097
-50	-0,070	-0,065	-0,070
20	0,000	0,000	0,000
200	0,334	0,321	0,331
400	0,893	0,869	0,879
600	1,557	1,525	1,566
800	2,279	2,230	2,273

Referenzwert

- Mittel und Median liegen relativ nahe beieinander, gewichtetes Mittel weicht ab
- Obwohl alle Teilnehmer Schubstangendilatometer verwenden, sind die Messunsicherheiten bis zu einem **Faktor von mehr als 20** unterschiedlich
- Die Abweichungen des gewichteten Mittels deuten auf eine Übergewichtung von Teilnehmern mit kleinen (angegebenen) Messunsicherheiten hin
- Im weiteren wird das **arithmetische Mittel** als Referenzwert verwendet

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

Qualität des Referenzwerts

Temperatur	Arithm. Mittel	Median	Einfache Std.- abweichung
°C	mm/m	mm/m	mm/m
-150	0,026	0,016	0,015
-100	0,023	0,012	0,010
-50	0,019	0,012	0,005
20			
200	0,026	0,016	0,019
400	0,036	0,028	0,041
600	0,044	0,028	0,062
800	0,051	0,047	0,089

Zweite Frage: wie gut ist der Referenzwert?

„Schwarm-Intelligenz“ gibt trotz großer Unterschiede in der Messunsicherheit vernünftige Größen

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 -150°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	x	x					
3	-0,20	x	x				
4	-0,63	x	-1,06	x			
5	-0,97	x	-3,54	-0,74	x		
6	x	x	x	x	x	x	
7	-0,26	x	-0,18	0,11	0,30	x	x

En-Werte bei -100°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	-0,64	x					
3	-0,22	1,96	x				
4	-0,37	0,59	-0,40	x			
5	-0,69	-0,43	-2,31	-0,73	x		
6	x	x	x	x	x	x	
7	-0,19	0,17	-0,09	0,02	0,20	x	x

En-Werte bei -150°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	-0,56	x					
3	-0,56	0,45	x				
4	-0,37	0,11	-0,11	x			
5	-0,75	-0,70	-0,97	-0,35	x		
6	x	x	x	x	x	x	
7	-0,11	0,06	0,00	0,03	0,11	x	x

En-Werte bei 200°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	1,04	x					
3	1,10	0,17	x				
4	0,44	-1,29	-1,41	x			
5	0,59	-1,15	-1,29	0,29	x		
6	-0,10	-1,68	-1,75	-0,76	-1,00	x	
7	0,32	-0,28	-0,31	0,08	0,00	0,42	x

En-Werte bei 400°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	1,22	x					
3	0,77	-1,56	x				
4	0,94	-1,06	0,56	x			
5	0,45	-1,66	-0,62	-1,02	x		
6	-0,09	-3,47	-2,10	-2,64	-1,07	x	
7	0,73	-0,35	0,18	-0,03	0,50	1,18	x

En-Werte bei 600°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	1,21	x					
3	0,16	-2,40	x				
4	1,04	-0,62	1,96	x			
5	0,28	-0,94	0,20	-0,75	x		
6	-0,74	-5,25	-1,79	-4,59	-1,22	x	
7	1,03	0,13	1,27	0,32	0,79	2,39	x

En-Werte bei 800°C

Labor	1	2	3	4	5	6	7
1	x						
2	1,37	x					
3	0,41	-2,27	x				
4	1,39	0,12	2,30	x			
5	0,75	-1,02	0,62	-1,05	x		
6	-0,21	-5,04	-1,34	-5,04	-1,79	x	
7	1,50	0,59	1,88	0,55	1,16	3,12	x

Dritte Frage: Was ist da los?

Sieht auf den ersten Blick aus wie eine Katastrophe, jedoch:

- Arithmetische Mittelwerte der Messwerte liegen nahe dem Median
- Standardabweichungen der Messwerte liegen nahe dem arithmetische Mittel und dem Median der Messunsicherheiten

aber:

- Gewichtete Mittelwerte liegen abseits
- Messunsicherheiten sind auffällig verschieden

lässt **vermuten**:

- Abgegebene Messwerte sind in Ordnung
- Messunsicherheiten sind teilweise viel zu klein angegeben (bis in den 100nm-Bereich)

Messunsicherheiten

Prozentuller Vergleich zwischen angegebener erweiterter Messunsicherheit der Teilnehmer und der einfachen Standardabweichung der abgegebenen Messwerte
(violett > 200%; blau < 50%)

Temperatur, °C	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
-150	260		53	104	20		423
-100	385	38	73	154	29		626
-50	395	89	145	316	60		1286
20	-	-					
200	209	48	48	84	65	141	340
400	197	32	47	39	83	69	160
600	130	20	53	26	116	46	106
800	134	17	53	18	69	39	73

Ergebnisse

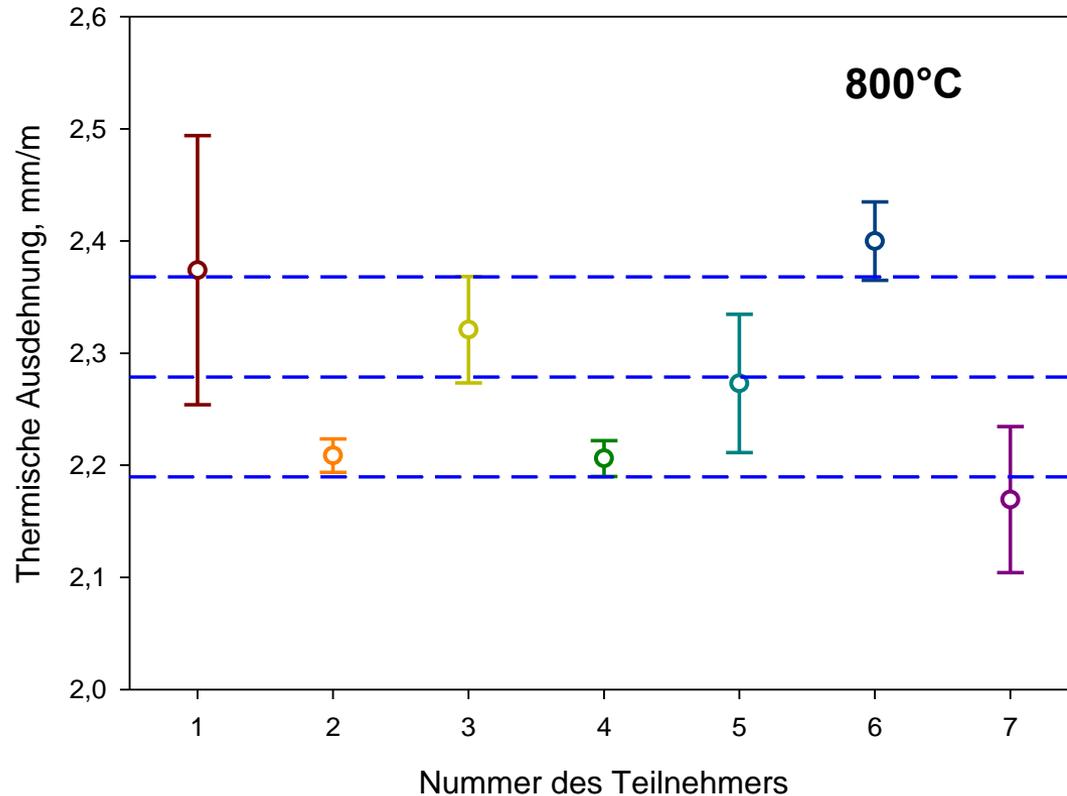
Temperatur, °C	1	2	3	4	5	6	7
-150	-0,44		-0,62	0,37	1,29		0,01
-100	-0,38	0,92	-0,51	0,02	1,14		-0,01
-50	-0,41	0,42	-0,12	0,06	1,12		-0,01
20	-	-	-	-	-	-	-
200	0,49	-1,00	-1,10	0,10	-0,14	0,80	-0,04
400	0,55	-1,16	-0,31	-0,63	0,19	1,16	-0,34
600	0,38	-0,94	0,35	-0,73	0,09	1,50	-0,76
800	0,64	-0,78	0,42	-0,80	-0,05	1,26	-0,99

Referenzwert: arithmetisches Mittel der abgegebenen Messwerte

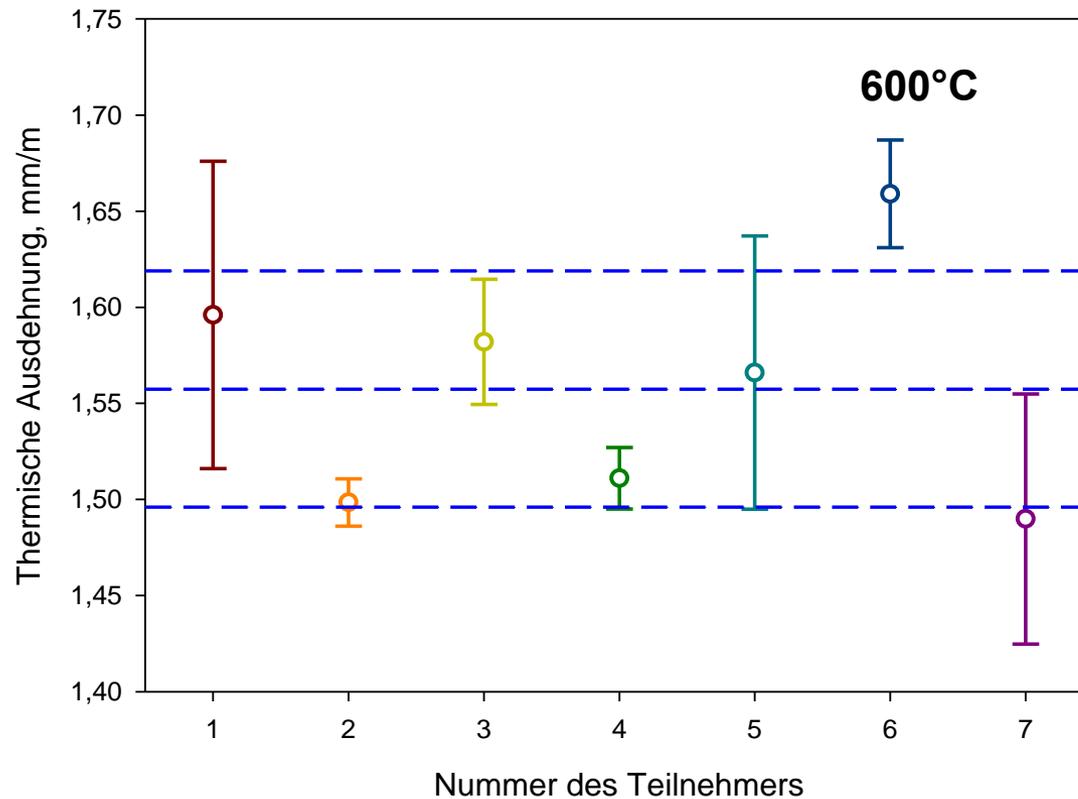
Unsicherheit des Referenzwerts: einfache Standardabweichung der abgegebenen Messwerte

Anmerkung: keine Messwerte mit Äquivalenzwert > 1 entfernt

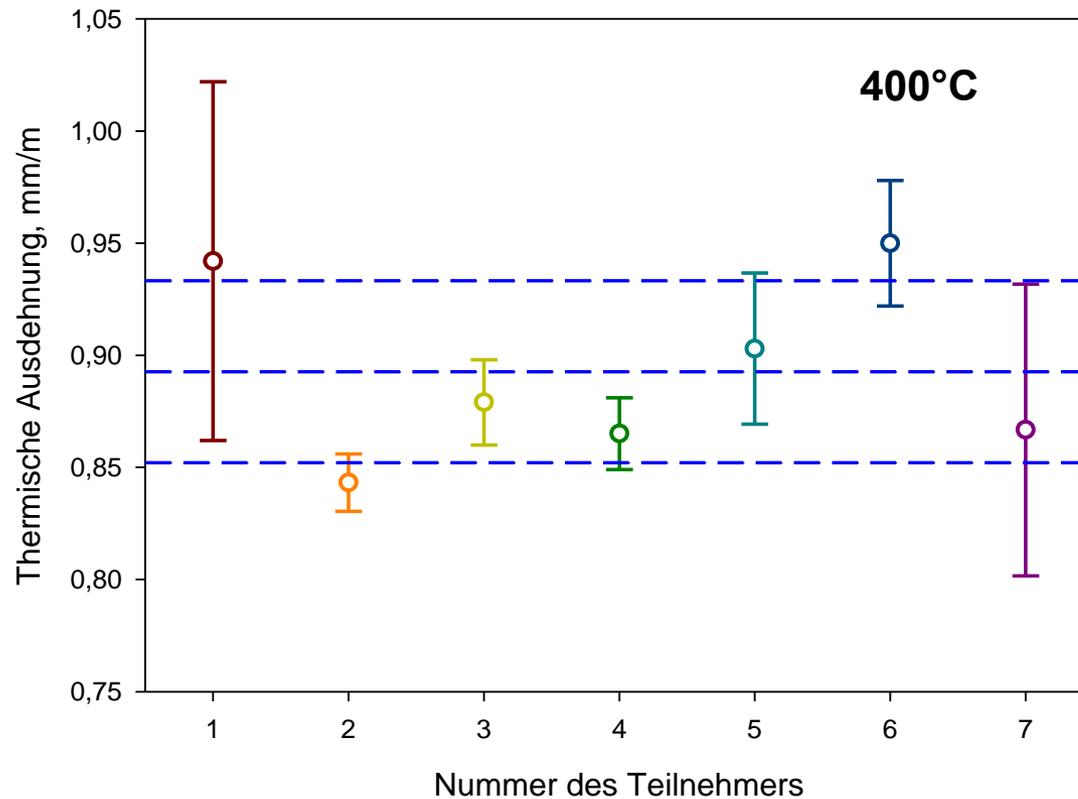
Ergebnisse



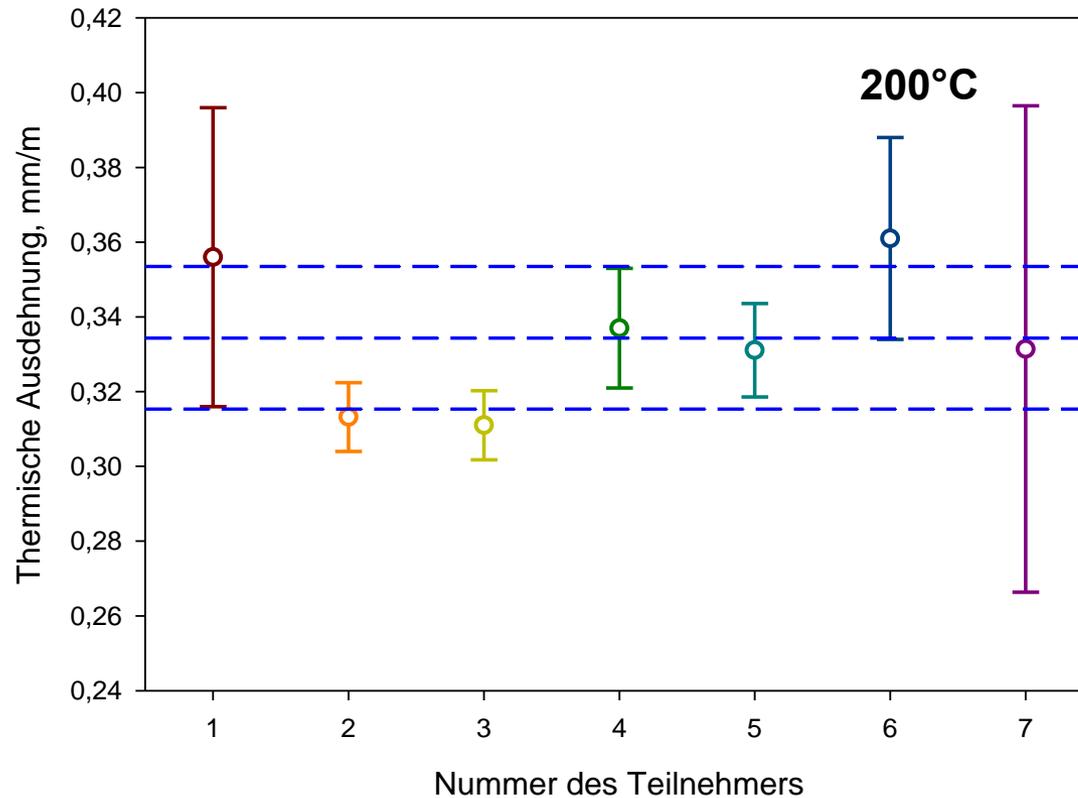
Ergebnisse



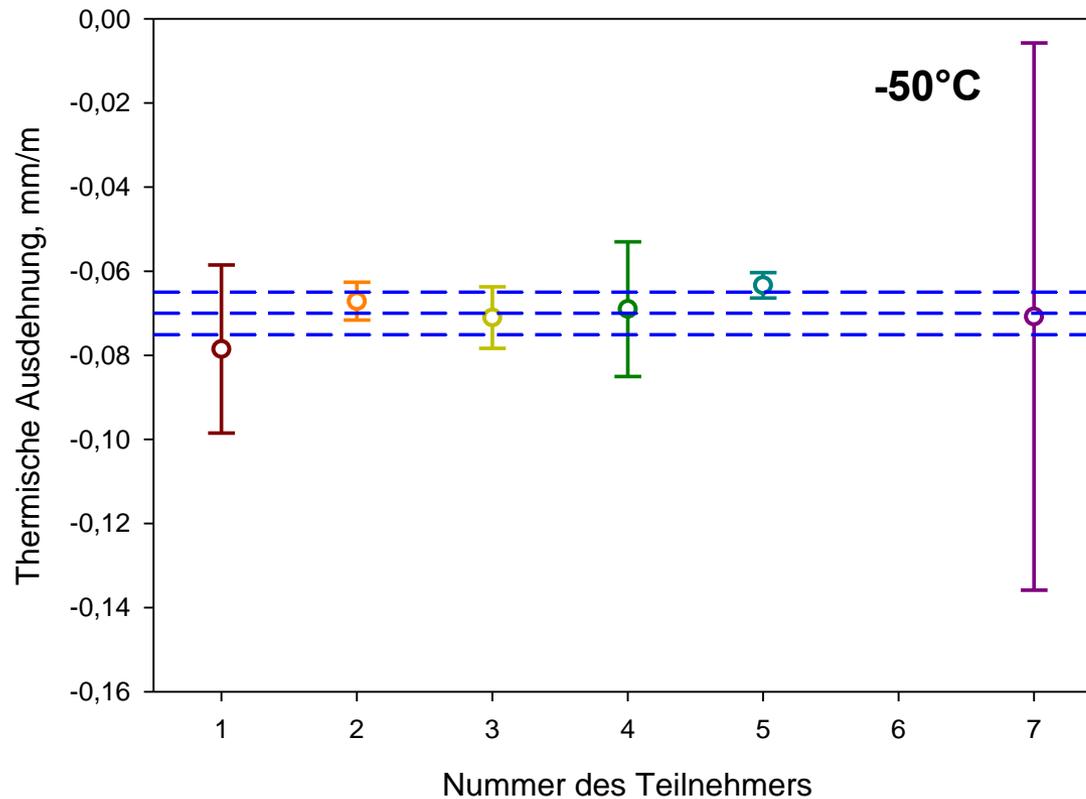
Ergebnisse



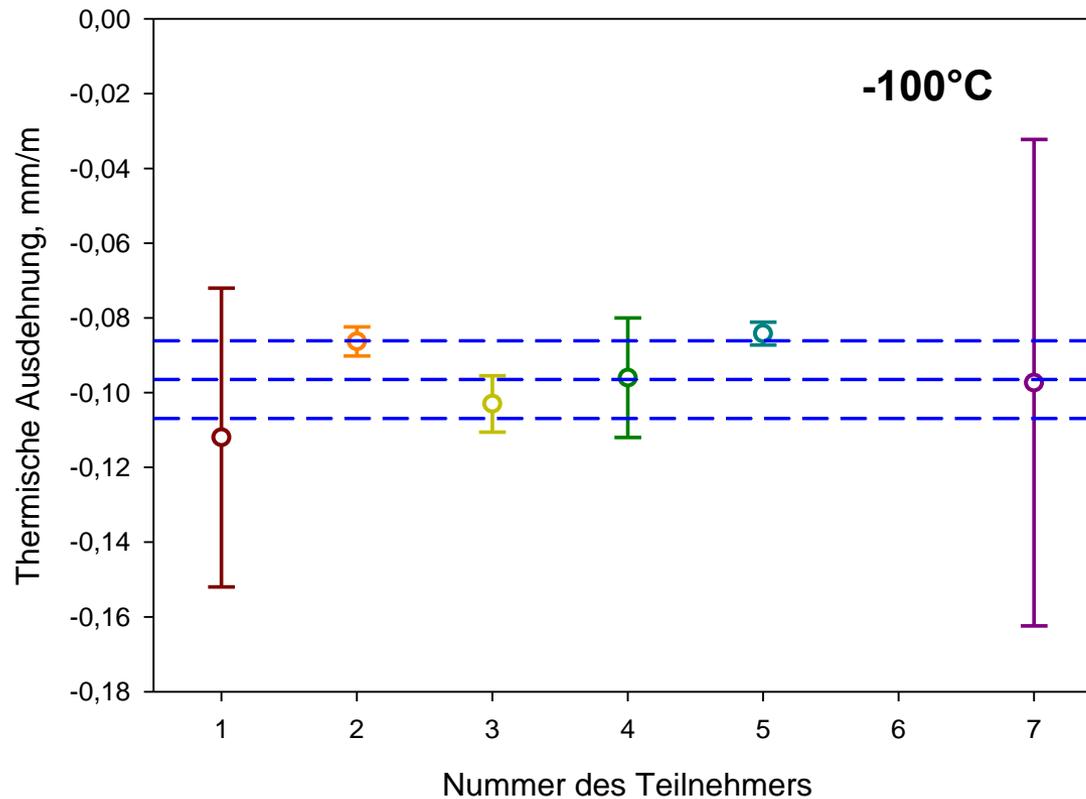
Ergebnisse



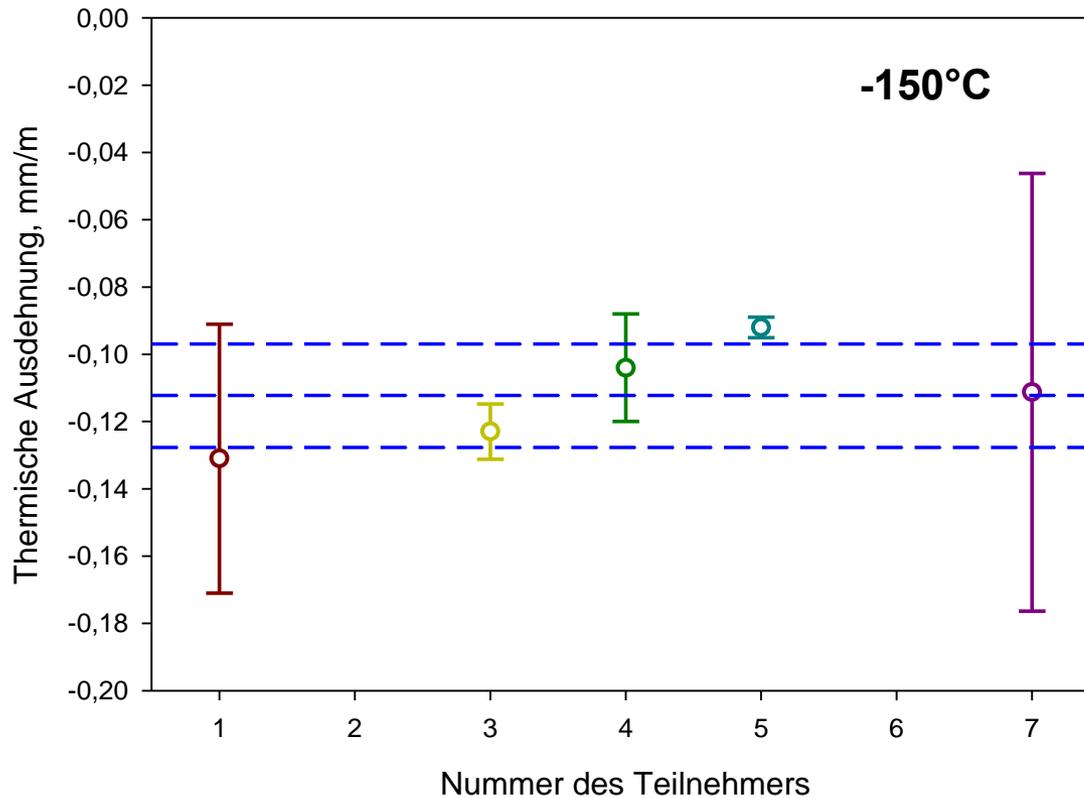
Ergebnisse



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 mittelhohen Temperaturen (Stabilität).
- Keramik hat eine geringe absolute Ausdehnung, dieser Umstand verleitet vermutlich zu den (teilweise zu kleinen) Messunsicherheitsangaben.
- Messungen im Tieftemperaturbereich stimmen gut überein
- Messungen im Hochtemperaturbereich stimmen einigermaßen gut überein.
- **Messunsicherheitsanalysen sollten zumindest überdacht werden.**