



Dilatometrie am IWM am Beispiel eines 1.1274

Ewald Pfaff, Sabine Fröhlich

AK-Thermophysik, Aachen 09.-10.03.2015

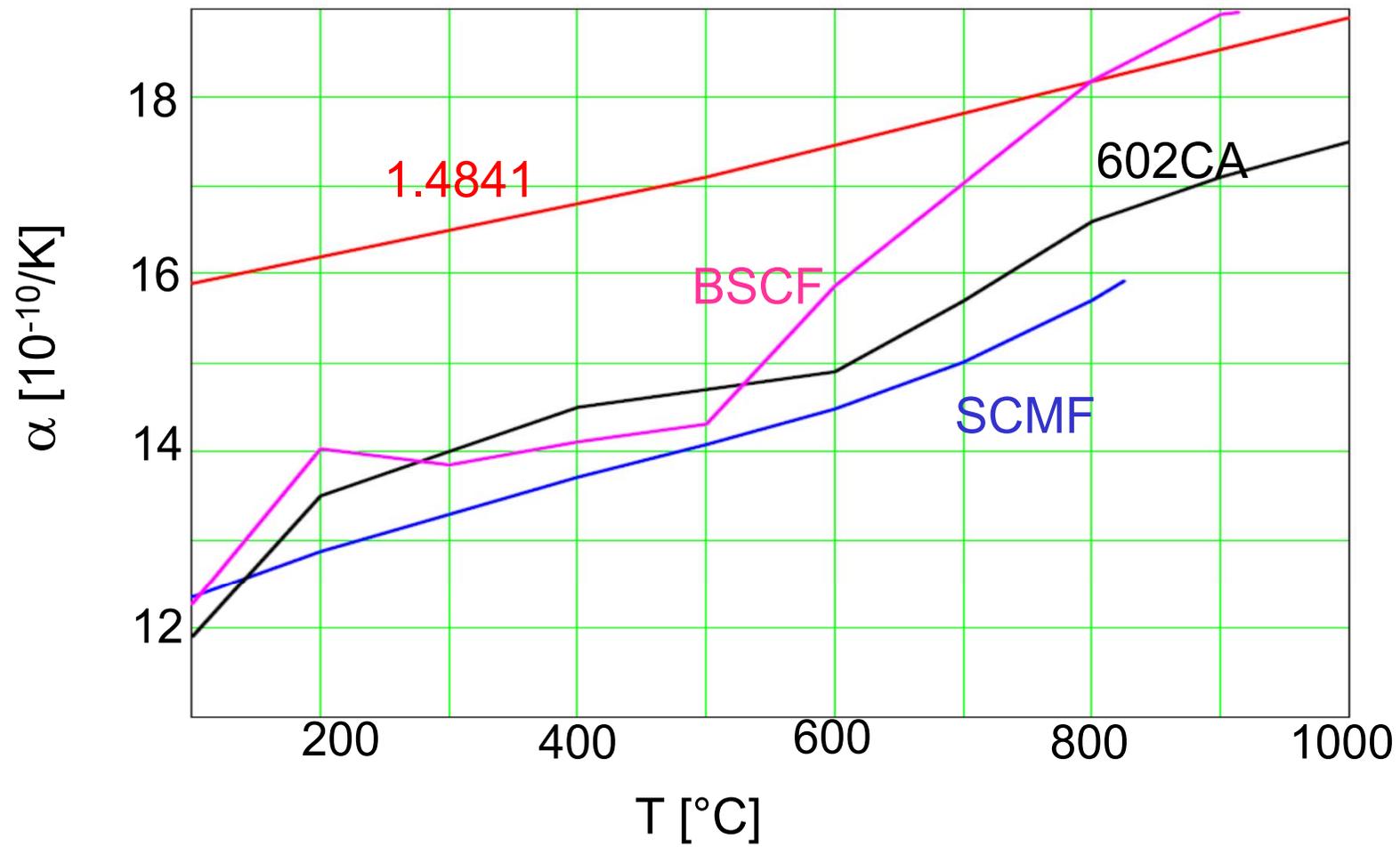
- Motivation des Dilatometervergleiches
- Arbeitsrichtungen am IWM
- Dilatometer am IWM
 - Netzsch Dilatometer DIL 402 C
 - Bähr Abschreckdilatometer DIL 805 A/D/T
- Beschreibung des Stahl 1.1274
- Bestimmung der thermischen Dehnung im Vergleich
 - Probengeometrie
 - Versuchsparameter
- Ergebnisse

- Nachweis der Messgenauigkeit induktionsbeheizter Dilatometer zur Bestimmung der rel. Längenänderung und des WAK
 - DIN 51045-1 verlangt Röhrenofen
 - Homogenität der Temperatur in Probe?
 - Verbesserung der Temperaturführung durch aufgeschweißtes Thermoelement
 - Aufheizgeschwindigkeit

- Zeitersparnis durch schnelleres Aufheizen

Mit Bezug zur Dilatometrie

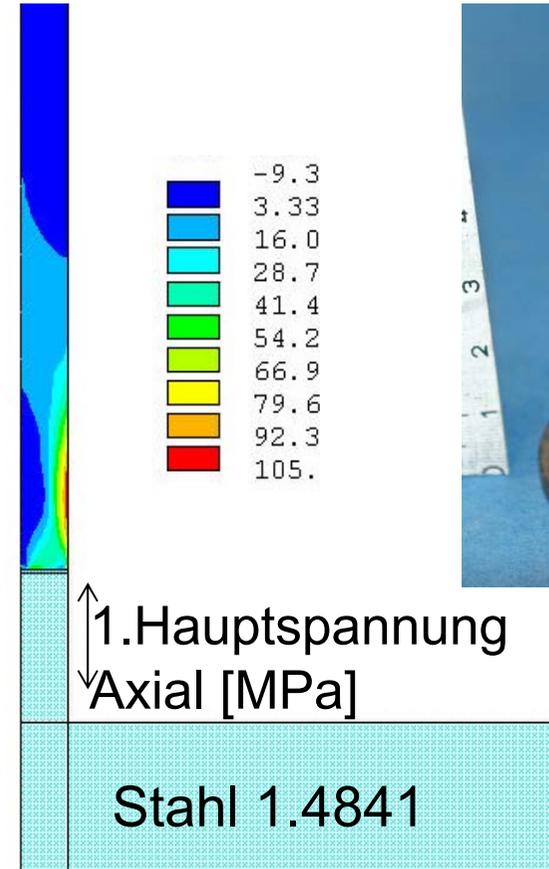
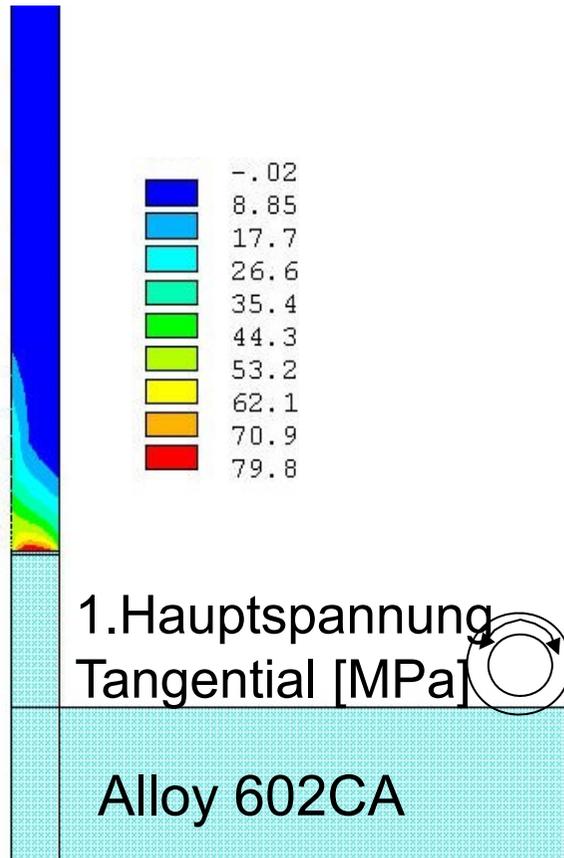
- Simulationen von Füge- und Betriebsspannungen mit dem Ziel der Bestimmung von Überlebenswahrscheinlichkeiten
 - Fügetechnik Keramik-Metall (z.B. Einschrumpfen und Löten)
 - Kennwertbestimmung: α , λ , E
- Bestimmung der Sinterschwindung
 - Optimierung der Sinterkurve (HIP, SPS)
 - Aufbrennen von Gläsern auf Keramik-Dentalbrücken
- Wärmebehandlung von Stählen
 - Simulation von Phasenumwandlungen / Ausscheidungen
 - Steigerung von Härte und Festigkeit bei geringem Duktilitätsverlust



Löten von BSCF-Keramik mit Metall



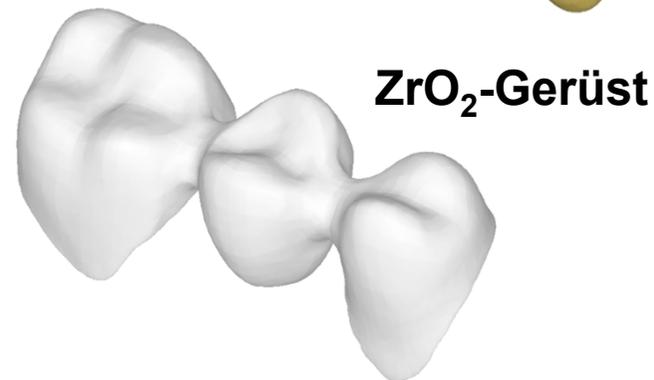
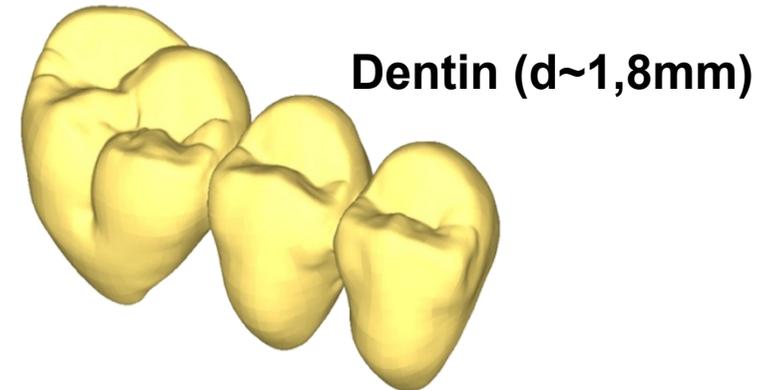
BSCF



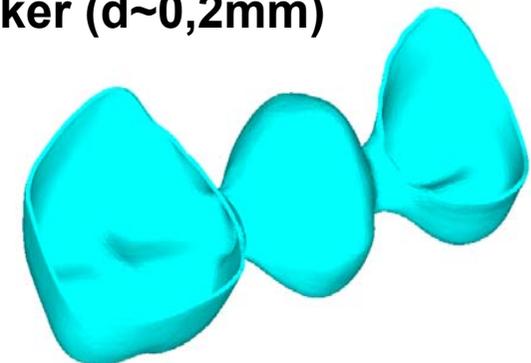
	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Cu	Al	Ti
Alloy 602CA	63,4	25,0	8,0	0,2	0,1	0,5	0,1	2,0	0,1
	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	N	P	S
Stahl 1.4841	20,0	25,0	50,6	0,2	2,0	2,0	0,1	0,045	0,015

Schwindung beim Abkühlung

Dreigliedrige Zahnbrücke
aus ZrO_2

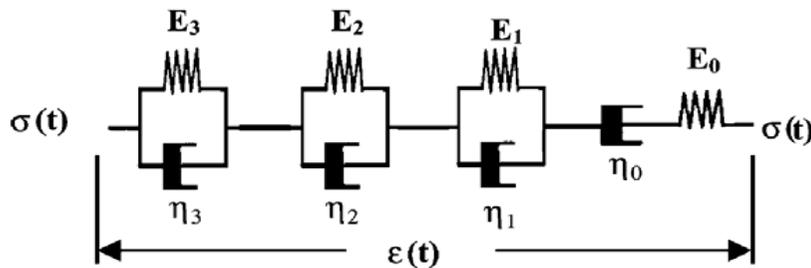


Liner bzw. Opaker (d~0,2mm)

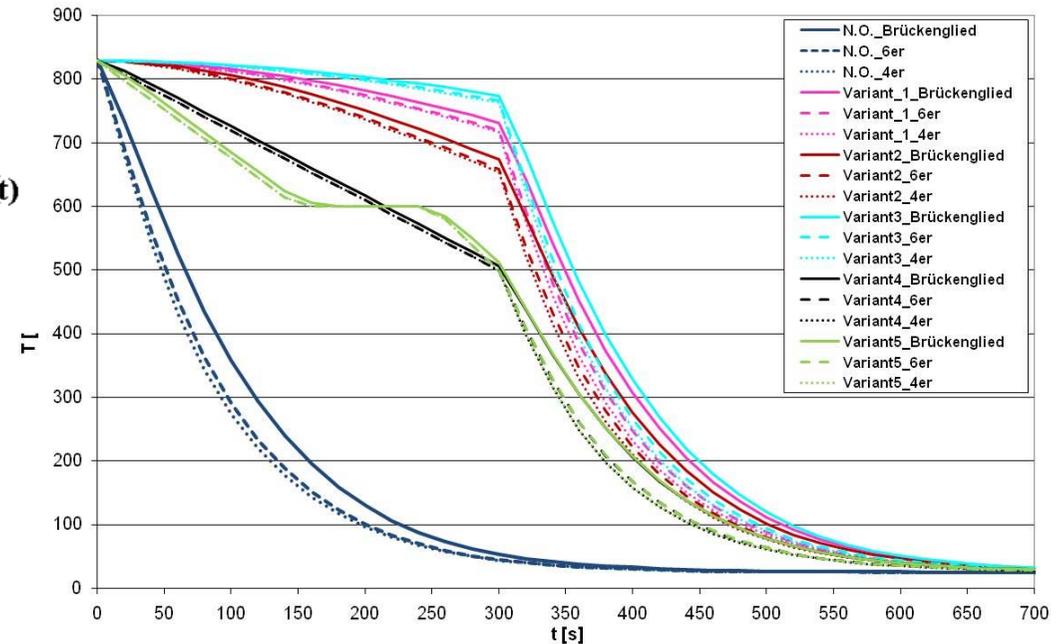


Problem:
Chipping (Abplatzungen der Verblendung)

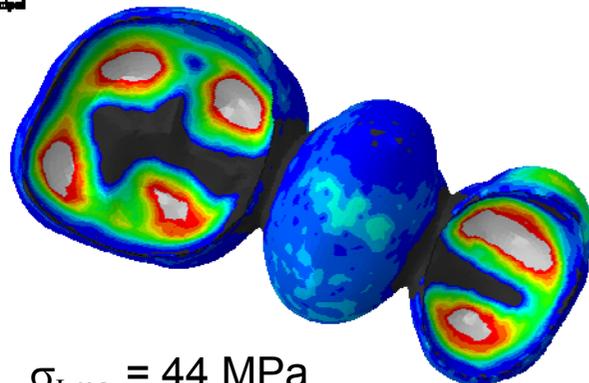
Rheologisches Modell für Dentalgläser



Kühlprofile: Temperatur-Zeit Verlauf



1. Max. Principal
(Avg: 7094)



$\sigma_{I,max} = 44 \text{ MPa}$

1. Hauptspannungsverteilung im Dentin bei 25 °C

Dilatometer am IWM

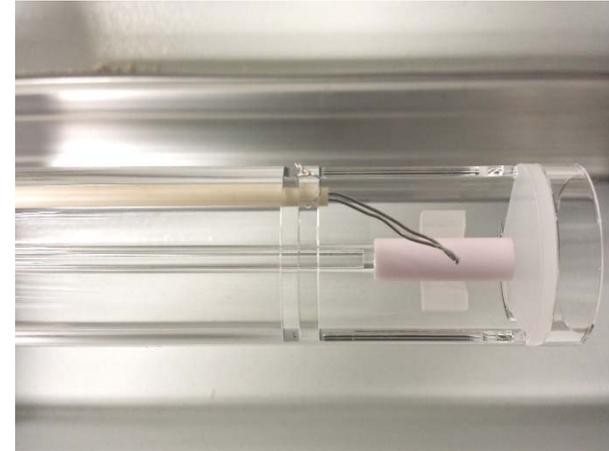
- Dilatometer DIL 402 C (Fa. Netzsch)
 - SiC-Röhrenofen luftgekühlt bis 1600 °C
 - Max. Aufheiz-/ Abkühlgeschwindigkeit: 0,83 K/s
 - Vakuum max. 10^{-3} mbar
 - Auflösung $dl = 1,25$ nm



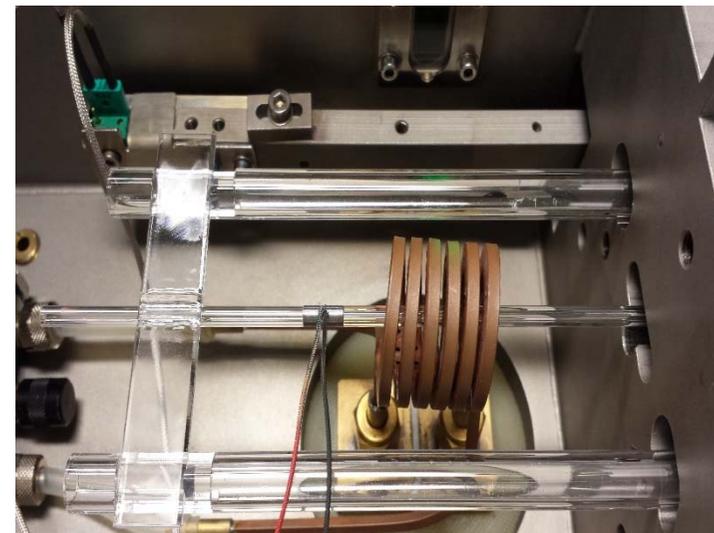
- Abschreck- und Umformdilatometer DIL 805 A/D/T (Fa. TA-Instruments / Bähr)
 - Induktionsofen wassergekühlt bis 1500 °C
 - Max. Aufheizgeschwindigkeit: 4000 K/s
 - Max. Abkühlgeschwindigkeit: 2500 K/s
 - Vakuum 10^{-5} mbar
 - Auflösung $dl = 50$ nm
 - Umformkraft: 20 kN
 - Umformgeschwindigkeit: 0,001 – 12,5 s⁻¹



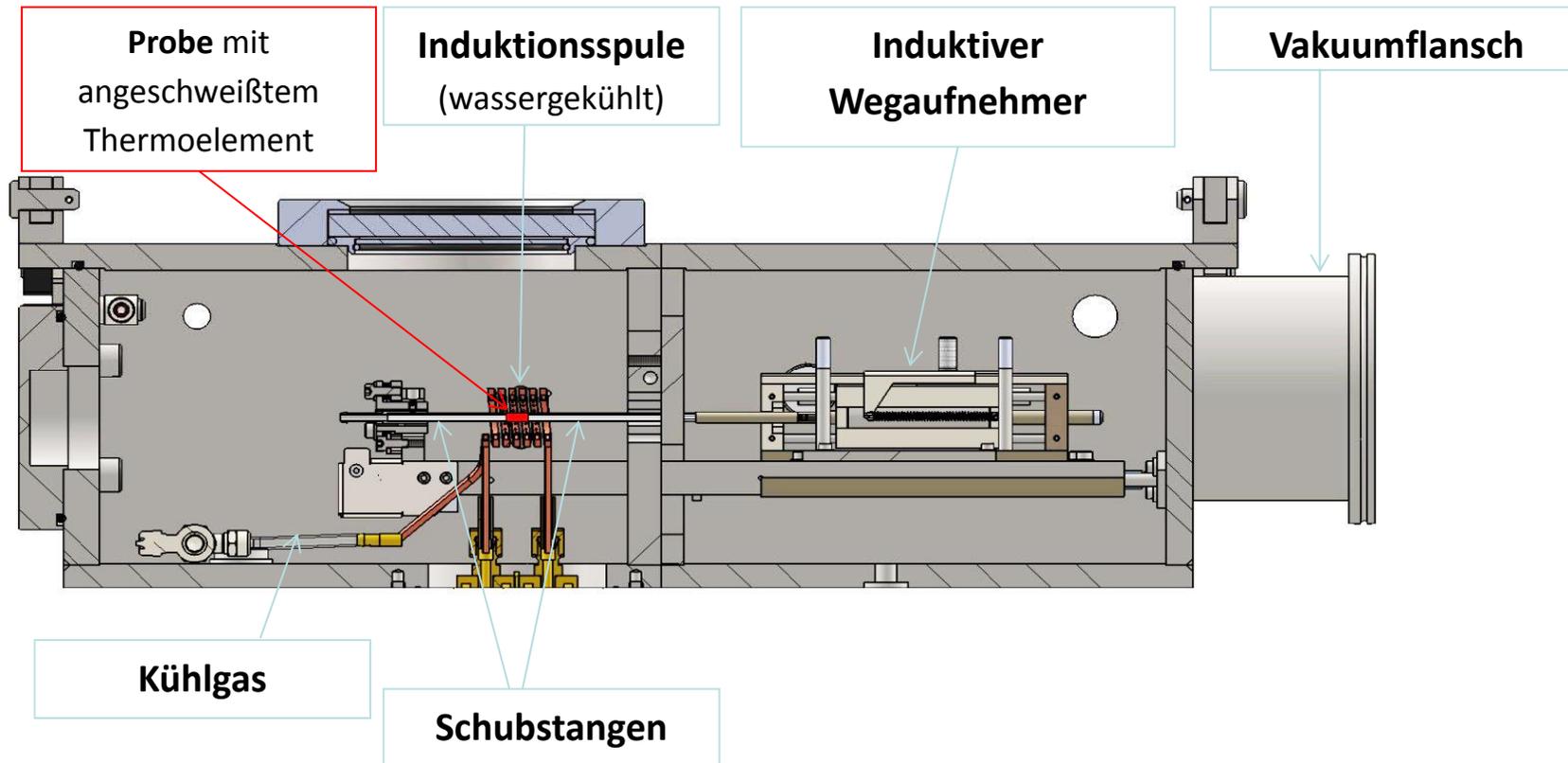
- Dilatometer DIL 402 C (Fa. Netzsch)
 - Probenlänge $L = 25 \text{ mm}$
 - Thermoelement in Probennähe
 - Dynamischer Gasfluss von Ofenstirnseit (langsameres Aufheizen des Gases)



- Abschreck- und Umformdilatometer DIL 805 A/D/T (Fa. Bähr)
 - Probenlänge: $L = 10 \text{ mm}$
 - Thermoelement auf Probe angeschweis
 - Statische Gasatmosphäre
 - Abkühlgas durch Löcher in Spule (Ar) (direkt auf Probe)



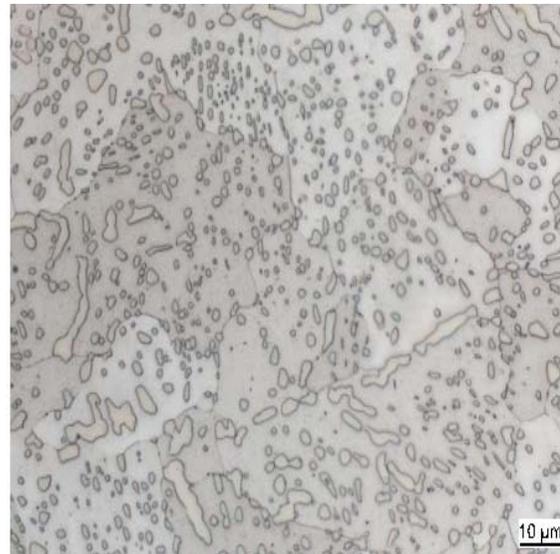
Schnitt durch das Abschreckdilatometer DIL 805 A/D/T



Beschreibung der Probe 1.1274



- Messerstahl C100
 - Weichgeglüht (keine Perlit)
 - $\alpha \rightarrow \gamma$ Umwandlung bei 722 °C (krz nach kfz mit Volumendehnung)
 - Dehnung durch C-Einbau im γ -Ferrit
 - Ferritische Matrix mit fein verteiltem Zementit (Fe_3C)



Probe: 15_0014

Bemerkung: C100

Ätzung: 3% Nital

Bildquelle: DM4000M

Vergrößerung: 1000x

DIL 805 (TA-Instruments)

- Probenlänge: 10 mm
- Probendurchmesser: 4 mm
- Thermoelement: Typ S, aufgeschweißt
- Aufheizung: Induktionsofen
- Aufheizgeschwindigkeit: 10 K/min
- Statische Ar-Atmosphäre
- Messbereich: nicht wählbar

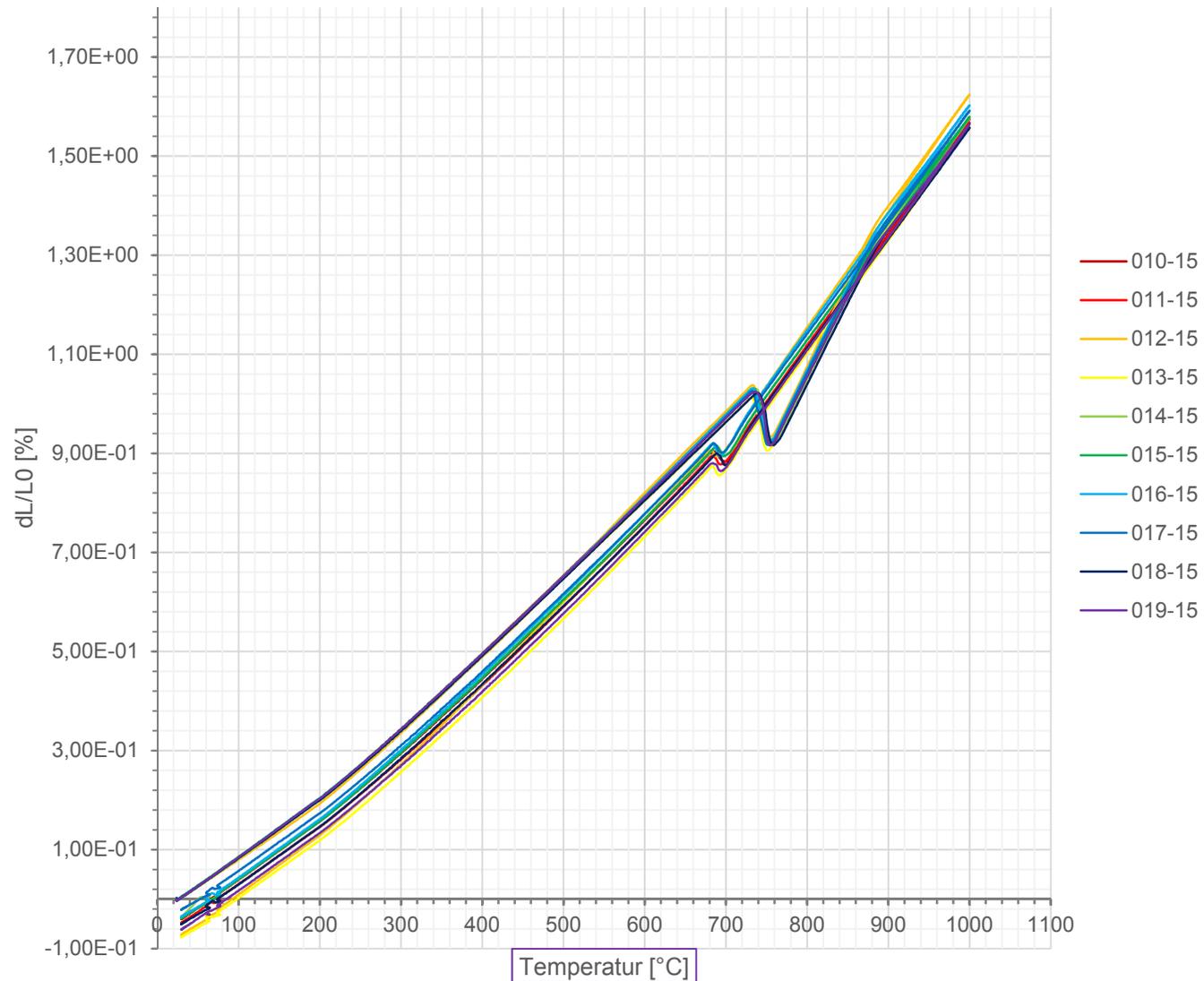
DIL 402C (Netzsch)

- Probenlänge: 25 mm
- Probendurchmesser: 4 mm
- Thermoelement: Typ S
- Aufheizung: Röhrenofen
- Aufheizgeschwindigkeit: 2 K/min
- Dyn. Ar-Atmosphäre: 80 ml/min
- Messbereich: 5000 μm

Hysterese der Phasenumwandlung



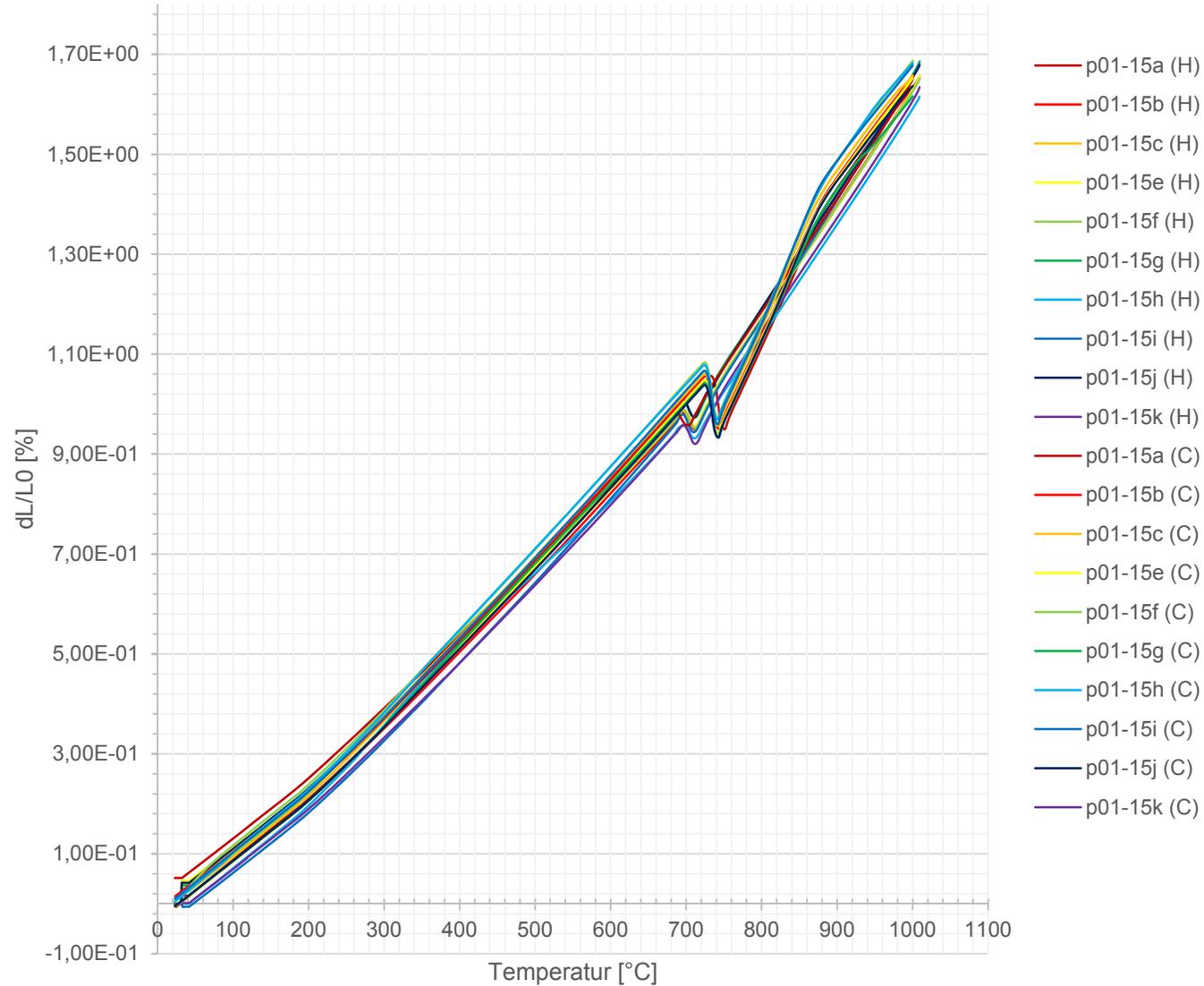
Thermische relative Längenänderung von C100 mittels DIL805A



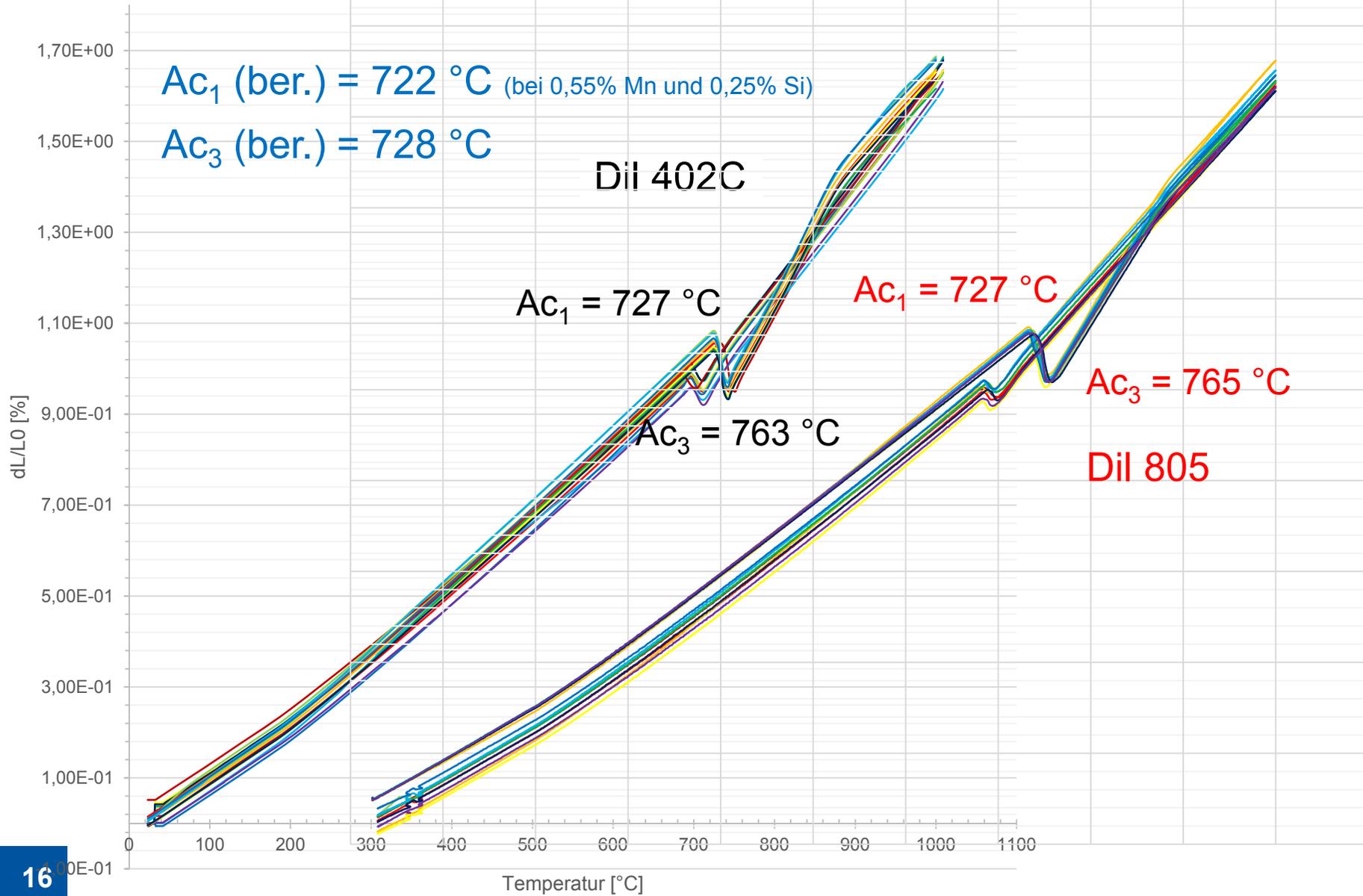
Hysterese der Phasenumwandlung



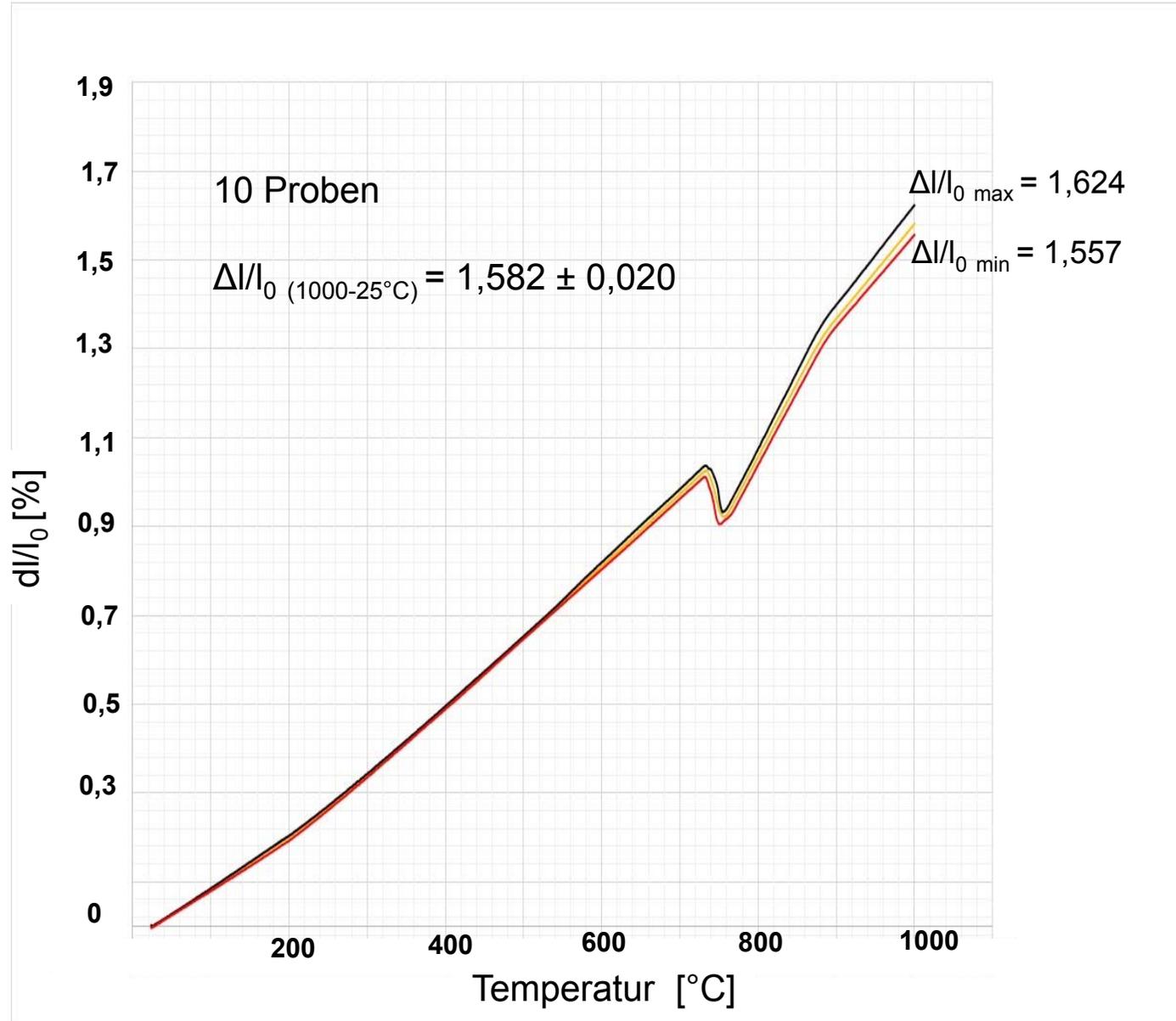
Thermische relative Längenänderung von C100 mittels DIL402C



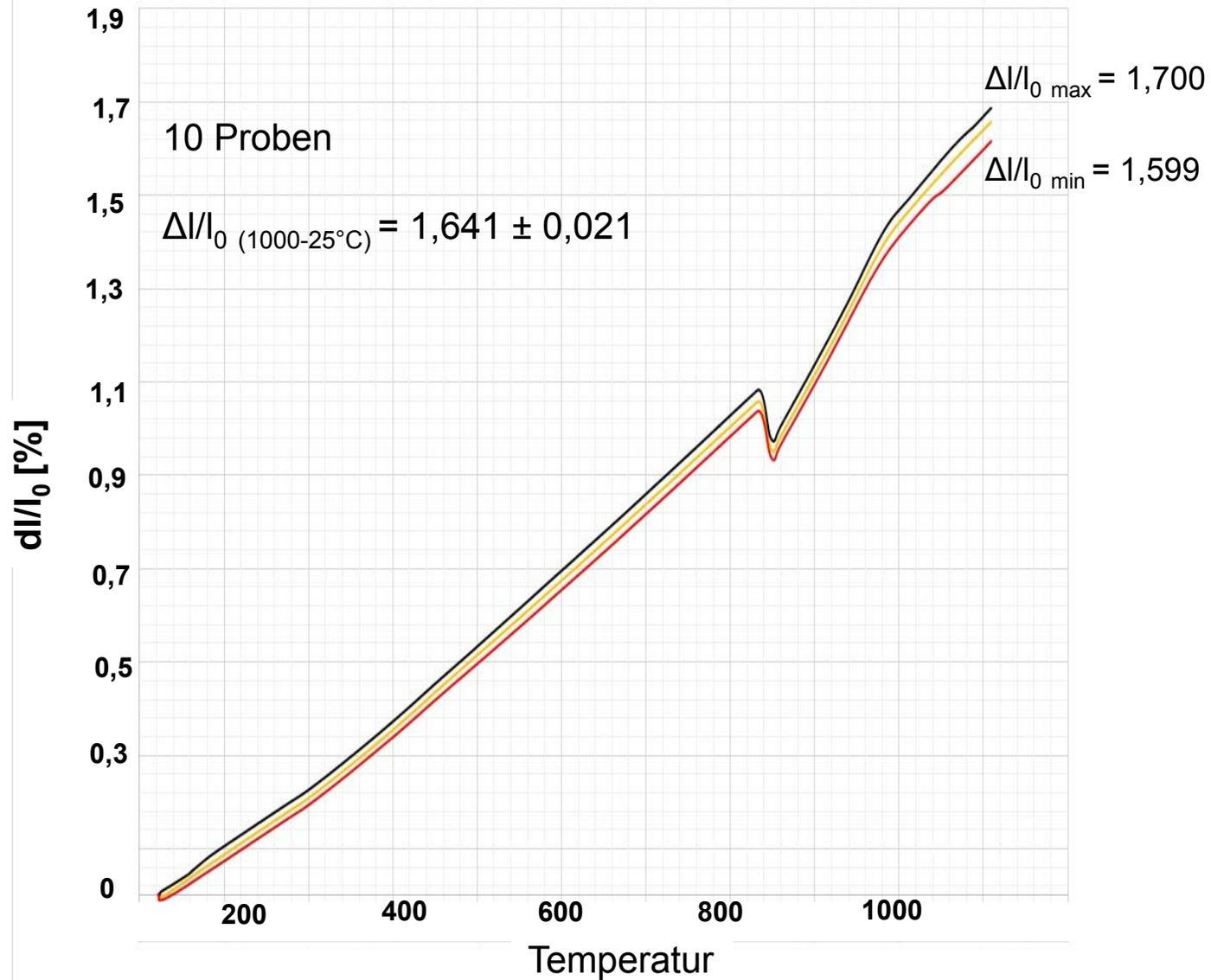
Hysterese der Phasenumwandlung



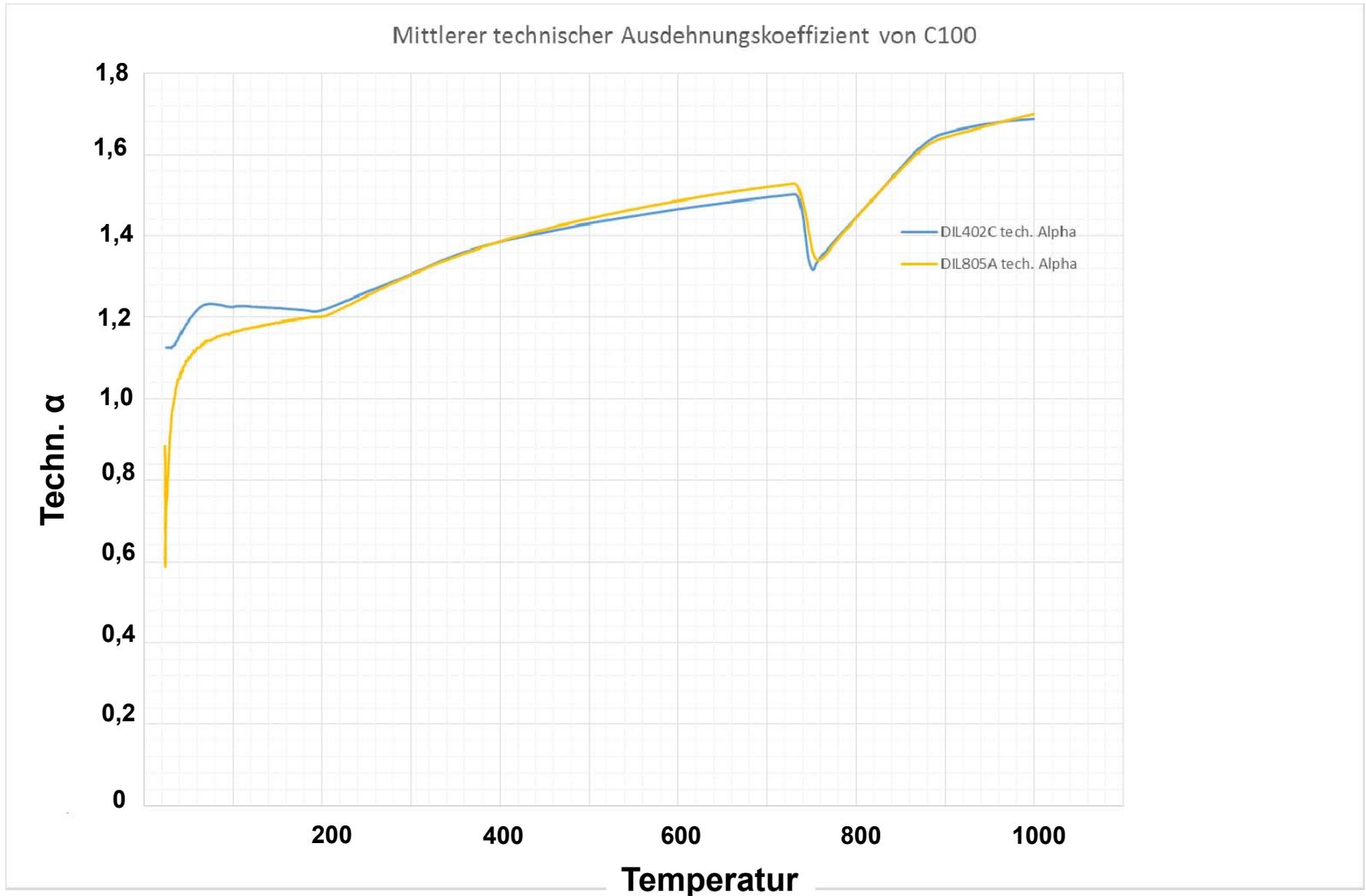
Rel. Längenänderung DIL 805A



Rel. Längenänderung DIL 402C



Bestimmung techn. Alpha



DIL 805 (TA-Instruments)

- Probenlänge: 10 mm
- $\Delta l/l_0$ (700-25°C): $0,974 \pm 0,007$
- $\alpha_{(700-25^\circ\text{C})}$: $1,520 \cdot 10^{-5}$

DIL 402C (Netzsch)

- Probenlänge: 25 mm
- $\Delta l/l_0$ (700-25°C): $1,005 \pm 0,015$
- $\alpha_{(700-25^\circ\text{C})}$: $1,495 \cdot 10^{-5}$

Abweichungen zwischen Gerätetypen

mittleres $\Delta l/l_0$ (700-25°C):	1,582 ± 0,020	
Streuung:	0,030	(= 2,23 %)
mittleres $\alpha_{(700-25^\circ\text{C})}$:	$1,508 \cdot 10^{-5}$	
Streuung:	$0,002 \cdot 10^{-5}$	(= 1,17 %)

DIL 805 (TA-Instruments)

- Probenlänge: 10 mm
- $\Delta l/l_0$ (1000-25°C): $1,582 \pm 0,020$
- $\alpha_{(1000-25^\circ\text{C})}$: $1,700 \cdot 10^{-5}$

DIL 402C (Netzsch)

- Probenlänge: 25 mm
- $\Delta l/l_0$ (1000-25°C): $1,641 \pm 0,021$
- $\alpha_{(1000-25^\circ\text{C})}$: $1,690 \cdot 10^{-5}$

Abweichungen zwischen Gerätetypen

mittleres $\Delta l/l_0$ (1000-25°C): $1,582 \pm 0,020$
Streuung: 0,030 (= 1,831 %)

mittleres $\alpha_{(1000-25^\circ\text{C})}$: $1,695 \cdot 10^{-5}$
Streuung: $0,005 \cdot 10^{-5}$ (= 0,295 %)

- Bei Verwendung der optimalen gerätespezifischen Parameter ergeben sich nur minimale Abweichungen (in den Messtoleranzen)
- Überlegungen zur Aufnahme induktiv beheizter Dilatometer in DIN 51045-1
- Untersuchungen zum Einkoppeln des induktiven Feldes
 - Abhängig von elektr. Leitfähigkeit
 - Abhängig von Wärmeleitfähigkeit
- Untersuchung zum Aufheizen elektr. Isolatoren (Keramik) mittels Heizringadapter im induktiven Feld



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ewald Pfaff

IWM – Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau

RWTH Aachen University

Augustinerbach 4

52062 Aachen

www.iwm.rwth-aachen.de