

Thermomechanische Analyse TMA 600

- **Ausdehnungskoeffizient fester Stoffe**
- **Phasenübergang kristalliner Substanzen**
- **Sinterverhalten von Pulvern**
- **Glasübergang von Kunststoffen und Gläsern**
- **Spannungen in Kunststoffen durch Vorbehandlung (Memory-Effekte)**
- **Erweichungstemperaturen**
- **Verhalten bei Zugspannung unter Wärmeeinfluß**
- **Kaltfließen und plastisches Verhalten**
- **dynamische Elastizitätsmessungen**

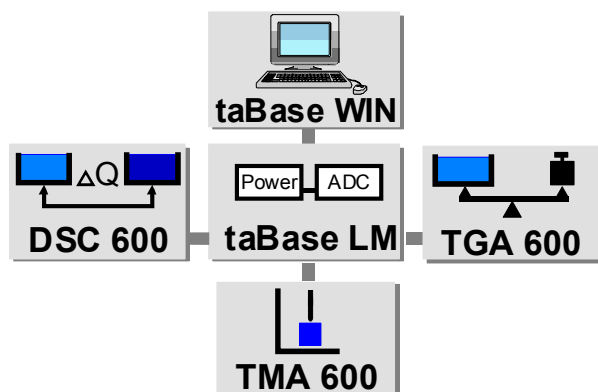


Für eine Vielzahl von Materialien wird heute eine genaue Kenntnis des Ausdehnungsverhaltens benötigt. Wichtig ist dies u.a. bei keramischen Werkstoffen, deren Komponenten beim Sintern ein kompatibles Verhalten zeigen müssen, oder bei Verbundmaterialien, die aufeinander abgestimmte Ausdehnungskoeffizienten besitzen müssen.

Der Glasübergang von Kunststoffen ist mit einem Dilatometer teilweise deutlicher zu erkennen, als mit einem Kalorimeter.

Bei einer nur wenige Mikrometer dünnen Kunststoffschicht auf einer Unterlage aus Metall oder Papier läßt sich mit dem Kalorimeter keine Aussage über die Beschichtung mehr treffen. Mit einem Dilatometer hoher Empfindlichkeit ist dies jedoch problemlos möglich.

Praktisch jeder Phasenübergang bei Festkörpern läßt sich mit einem Dilatometer untersuchen, da sich neben der spezifischen Wärme immer auch Gitterkonstanten, Gitterstrukturen oder Härte und Zugfestigkeit ändern.



Wir geben Ihnen das Werkzeug, mit dem Sie solche Veränderungen messen können:

das Dilatometer TMA 600

Bestimmung der thermomechanischen Eigenschaften

Mit der thermomechanischen Analyse werden Längen- oder Dickenänderungen von Materialien unter Temperatureinfluß aufgenommen. Die Auflösung dieses Verfahrens ist extrem hoch, so daß auch kleinste Proben und dünne Folien untersucht werden können.

Der praktische Ablauf der Messung ist einfach. Die Probe wird in einen Probenhalter aus Quarzglas eingesetzt. Ein Stempel aus Quarzglas ist in praktisch lastfreien Kontakt mit der Probenoberfläche. Ein Ofen sorgt für eine genau einstellbare und reproduzierbare Temperatur der Probe, die während der Messung meist kontinuierlich verändert wird.

Die Position des Stempels und die Temperatur der Probe werden fortlaufend vermessen und aufgezeichnet.

Durch die hohe Anzahl der möglichen Probenhalter und Stempelformen ist fast jede Anwendung denkbar, mit der man die mechanische Reaktion der Probe auf eine beliebig einwirkende Kraft messen kann. Mit einem optionalen Aufsatz kann die Elastizität der Probe unter Temperaturänderung bestimmt werden. Die Zugfestigkeit läßt sich mit einer speziellen Kombination aus Probenhalter und Stempel messen

Das TMA 600 - ein Gerät mit erfolgreicher Geschichte

Das TMA 600 basiert auf dem Dilatometer TMA 500 der Firma Heraeus. Die Firma wsk übernahm vor über 15 Jahren die Gerätefamilie TA 500 von Heraeus.

Auch heute arbeiten noch sehr viele Unternehmen und Institute mit dem TMA 500 und sind von seiner Präzision und Vielseitigkeit überzeugt – nach mittlerweile fast 25-jähriger Betriebszeit. Daher stellten wir uns der Aufgabe, das Gerät den modernen Anforderungen entsprechend zu modifizieren und neu auf den Markt zu bringen.

Dabei waren wir nicht bereit, Kompromisse in Bezug auf die Messgenauigkeit einzugehen.

Die Verbesserungen betrafen vor allem die Elektronik und das Handling. Das Gerät ist in allen Schnittstellen zu seinem Vorgänger identisch, Probenhalter, Stempel und die Öfen sind austauschbar.

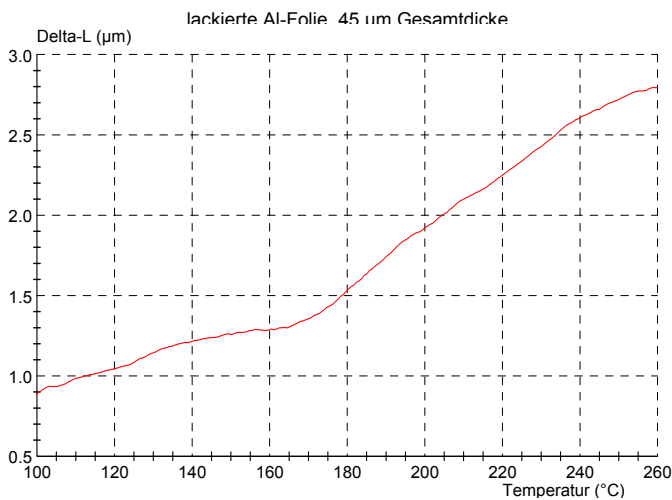
Eine Vielzahl von Materialeigenschaften können so untersucht werden:

- Ausdehnungskoeffizienten fester Stoffe
- Ausdehnungsverhalten geschichteter Materialien und Laminaten
- Phasenübergänge kristalliner Substanzen
- Sinterverhalten von Pulvern
- Umkristallisation in Kunststoffen
- Glasübergang von Kunststoffen und Gläsern
- Kaltfließen und plastisches Verhalten
- Spannungen in Kunststoffen durch die Vorbehandlung
- Erweichungs- und Quellverhalten von Deckschichten
- Nicht abgeschlossene Polymerisationsprozesse
- Erweichungstemperaturen
- Verhalten bei Zugspannung unter Wärmeeinfluß

Messungen mit dem TMA600

Natürlich können wir hier nur eine kleine Auswahl der Messmöglichkeiten zeigen, die Ihnen das TMA 600 bietet. Falls Sie eine spezielle Anforderung haben, sind wir gerne bereit, für Sie eine Applikationsmessung durchzuführen.

Untersuchung von Lackschichten



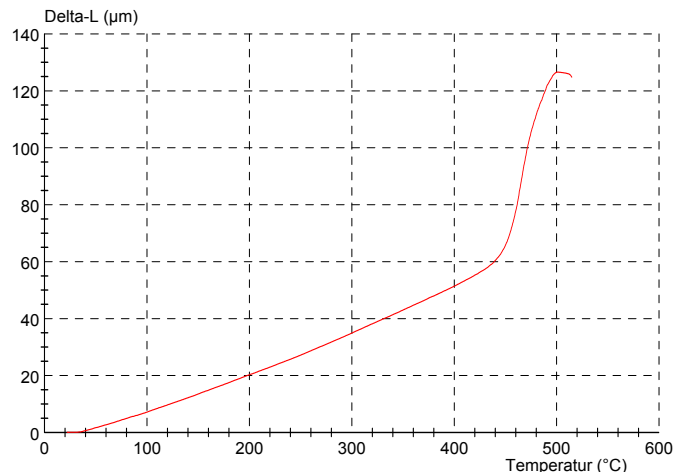
Das nebenstehende Diagramm zeigt eine Messung an einer lackierten Al-Folie an welcher eine Aussage über das Aushärten der Lackschicht gemacht werden. Die Glasübergangstemperatur ist ein Indiz für die Aushärtung der einzelnen Proben.

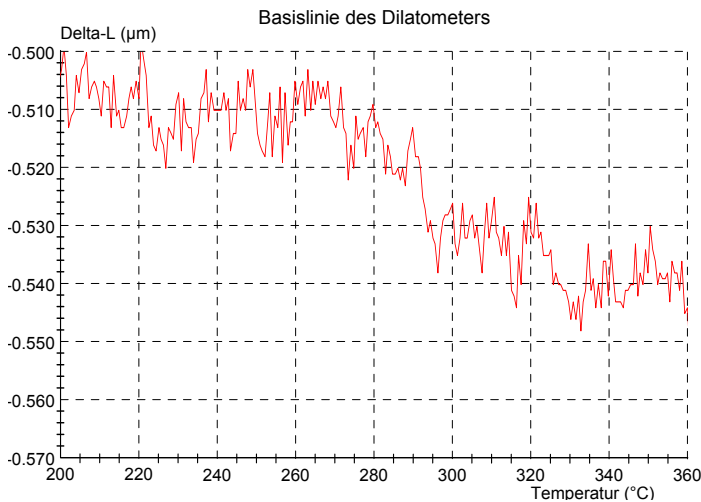
Bei diesen Messungen war das Problem das große Untergrundsignal von der Al-Trägerfolie. Es wurde eine unlackierte Folie gemessen und deren Ausdehnung von der beschichteten Proben subtrahiert. Als Ergebnis lag dann das Ausdehnungsverhalten der Lackschicht vor.

Klassifikation von Gläsern und Kunststoffen

Das Diagramm zeigt eine klassische Anwendung des Dilatometers: Bestimmen der mechanischen Eigenschaften eines Glases. Die Probenlänge ist hier mit rund 30 mm etwa um Faktor 1000 größer als beim letzten Diagramm, trotzdem wird der lineare Bereich nur zu 5 % ausgenutzt.

Deutlich zu erkennen ist der Glasübergang bei ca. 450 °C und das beginnende Erweichen der Probe bei knapp 500 °C.





Hohe Messpräzision dank geringem Rauschen

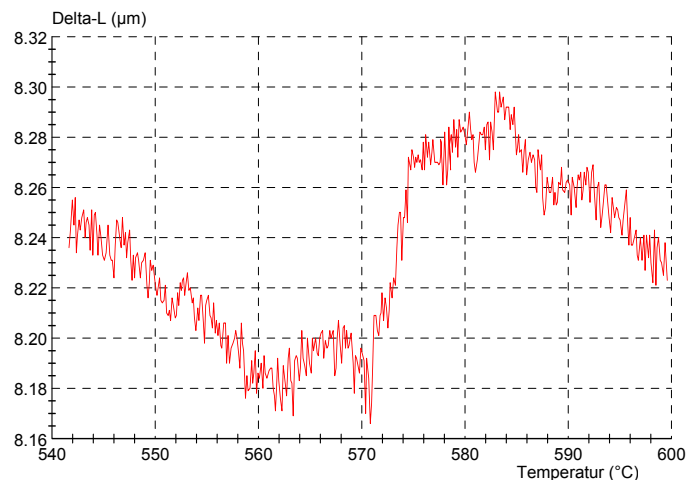
Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus der Basislinie des Dilatometers, aufgenommen mit dem Dreizonenofen und einem ca. 50 mm langen Quarzglaszylinder als Probenkörper. Das überlagerte Rauschen markiert mit einer Amplitude von 10 nm die Auflösungsgrenze des Gerätes.

Zum Vergleich: Die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes beträgt 350 bis 700 nm! Die Wellenlänge des roten Lichtes ist also im gezeigten Maßstab 10fach größer als die Höhe des Diagramms.

α - β -Umwandlung von kristallinem Quarz

Die nebenstehende Kurve zeigt, daß die Auflösungsgrenze tatsächlich bei wenigen Nanometern liegt. Bei der Probe handelt es sich um kristallines Quarzpulver, zwischen zwei Quarzglasplättchen in einem Standardprobenhalter platziert.

Quarz zeigt bei 573 °C einen α - β -Übergang, dessen Gitterstrukturverlagerung zu einer Längenänderung führt. Bei dieser Messung bestand die Schicht aus einer dünnen Pulverlage von ca. 50 µm. Trotzdem läßt sich der Übergang deutlich erkennen. Die Kurve zeigt die unbearbeiteten Messdaten.



Technische Daten TMA 600

Messkopf: Messsignal: 5 mV/ μ m
Auflösung: 20 nm
Linearer Messbereich : $\pm 1,25$ mm
Probenbelastung: 0,1 cN 2 N

Temperaturbereich: **Dreizonenofen 20-1000 wassergekühlt**
Innendurchmesser 20 mm
Temperaturbereich RT ... 1000°C
Temperaturprofil besser ± 3 K über 50 mm
nutzbare Probenlänge
Heizrate 0.1 ... 10 K / min



Tiefentemperaturofen 20-500
Innendurchmesser 20 mm
Temperaturbereich -150°C ... 500°C
incl. Dewar-Gefäß
Heizrate 0.1 ... 20 K / min

Hochtemperaturofen 20-1400
Innendurchmesser 20 mm
Temperaturbereich RT ... 1400°C
*Betrieb nur mit Spezialprobenhalter und
Zubehör aus Al_2O_3*
Heizrate 0.1 ... 10 K / min (RT bis 1200°C)
Heizrate 0.1 ... 5 K / min ($> 1200^{\circ}\text{C}$)

Probenhalter: Probengröße max: Länge 50 mm, Durchmesser 9 mm
Probenhalter und Stempel aus Quarzglas
Standardprobenhalter für Ausdehnung und Penetrationsmessungen
Probenhalter für Zugspannungsmessungen an Fasern und Folien
Probenhalter für Biegespannungsmessungen
Schneidenabstand 12 mm oder 20 mm
Probenlängen 16 mm oder 30 mm
Standardprobenhalter für Hochtemperatur aus Al_2O_3

Temperatur-Messfühler: Thermoelement NiCr-Ni, oder PtRh-Pt
Atmosphäre: Luft, Vakuum oder Schutzgas
Gas-Druckbereich: 1 100.000 Pa
Spülgasdurchfluß: max 50 ml/min

Geräteabmessungen: B 280 / H 730 / T 300 mm
Gewicht: ca. 15 kg (ohne Ofen)
Elektrische Leistung: Elektronik max. 10 W, Ofen bis zu 600 W

Anforderungen an Thermostat: $\pm 0,02$ K für Auflösung < 1 μ m
 $\pm 0,1$ K für Auflösung > 1 μ m

Temperaturabhängigkeit: $-2,3$... $-1,9$ $\mu\text{m}/\text{K}$ Thermostattemperatur

Standardprobenhalter und Zubehör:

Art.-Nr.:

Standardprobenhalter für Dilatations- und
Penetrationsmessungen,
max. Probengröße \varnothing 9 mm Länge 50 mm

80 491 037

Stempel, Probenlänge 0 - 10mm

80 491 135

Stempel, Probenlänge 10 - 30mm

80 491 133

Stempel, Probenlänge 30 - 50mm

80 491 031

Stempel, Probenlänge auf Kundenwunsch

auf Anfrage

Stempel mit ebener Auflagefläche \varnothing 1mm
für Penetrationsmessungen (0 – 10 mm)

80 491 362

Stempel mit Platin- Auflagefläche \varnothing 1mm

80 491 935

Stempel mit Kugelauflegefläche \varnothing 0,39 mm

80 491 936

Quarzglasscheibe 1mm, \varnothing 9mm

80 491 150

Quarzglasscheibe 1mm, \varnothing 5mm

80 500 171

Quarzglasscheibe 3mm, \varnothing 5mm

80 491 141

Quarzglaszylinder 10mm, \varnothing 7mm

80 491 140

Quarzglaszylinder 20mm, \varnothing 7mm

80 500 170

Quarzglaszylinder 30mm, \varnothing 7mm

80 500 196

Quarzzylinder mit Kolben für Pulver und Sintermessungen

80 500 189

Zugspannungsmessungen:

Probenhalter für Zugspannungsmessungen

80 491 356

Stempel mit Haken

80 491 357

Hakeneinsatz

80 491 139

Einspannvorrichtung für Fasern und Folien

80 491 360

Biegespannungsmessung:

Probenhalter klein für Standard-Ofen

80 491 354

Probenaufgabe aus 2 Schneiden im Abstand von
12 mm, Probenlänge max. 16 mm

Probenhalter groß für Ofen mit 34mm Innen-Durchmesser

80 491 355

Probenaufgabe aus 2 Schneiden im Abstand von
20 mm, Probenlänge max. 30 mm

Stempel mit 5mm breiter Schneide

80 491 149

Schneidewerkzeug kpl.

80 490 990

zum Ausstanzen von Proben

Ersatzmesser für Schneidewerkzeug

80 490 991

allgemeines Zubehör:

Schutzrohr mit seitlicher Absaugöffnung	80 491 131
Glasglocke mit Metallflansch	80 491 049
Thermopaar NiCr-Ni Ø 0.3 mm	80 491 040
Thermopaar PtRh-Pt Ø 0.2 mm	80 491 102
Dewar –Ofenmantel für Tieftemperaturofen (20 mm und 34 mm Durchmesser)	80 491 911
Gewichtsaufлагeteller aus Al	80 491 030
Titanhülse mit Anschlußgewinde M3 für alle Probenstempel	99 999 999

Dichtungsringe:

Dichtungsring 80 x 3 mm für Messkopf	03 654 548
Dichtungsringe 6 x 1.5 mm (2 Stück) für Kühlwasserflansch am Probenhalter	03 654 610
Dichtungsring 34 x 2,3 mm Ansatz Probenhalter an Messkopf	03 654 632
Dichtungsring 18 x 2 mm Probenaufnahme / Schutzrohr oben	03 654 536
Dichtungsring 15 x 2 mm Probenaufnahme / Schutzrohr oben	03 654 543
Dichtungsring 17.3 x 2.4 mm Messkopf / Vakuumflansch	03 654 605

Hochtemperaturzubehör:

Standardprobenhalter aus Al ₂ O ₃	auf Anfrage
Probenstempel aus Al ₂ O ₃	auf Anfrage

Weiteres Zubehör (Stempel, Quarzscheiben etc..) oder Apparaturen aus Quarzglas für kundenspezifische Anwendungen fertigen wir nach Ihren Angaben.

Kalibrierstäbe aus Platin, Gold, Silber, Alu oder anderen Materialien in verschiedenen Abmessungen auf Anfrage.