

**NETZSCH**

Proven Excellence.



## TMA 402 **F3** Hyperion® Polymer Edition

Thermomechanische Analyse – TMA

Konzipiert für Anwendungen bei niedrigen Temperaturen

Analyzing & Testing

# Speziell für Polymer- Applikationen

Für Forschung und Entwicklung,  
Simulation und Qualitätskontrolle

## TMA-Tests an Polymeren

- Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient
- Phasenübergangstemperaturen
- Glasübergangstemperaturen
- Dilatometrischer Erweichungspunkt
- Volumetrische Ausdehnung
- Dichteänderungen
- Delamination
- Isostrain
- Kriechen
- Relaxation
- Spannungs-/Dehnungskurve

Die thermomechanische Analyse (TMA) ist eine Methode zur Bestimmung von Dimensionsänderungen von Festkörpern, Flüssigkeiten oder pastösen Materialien in Abhängigkeit von der Temperatur und/oder Zeit unter definierter mechanischer Belastung (DIN 51005, ASTM E831, ASTM D696, ASTM D3386, ISO 11359 – Teil 1 bis 3). Die TMA hat sich als bevorzugte Methode zur Messung des linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten erwiesen.

## TMA-Analyse für Polymere

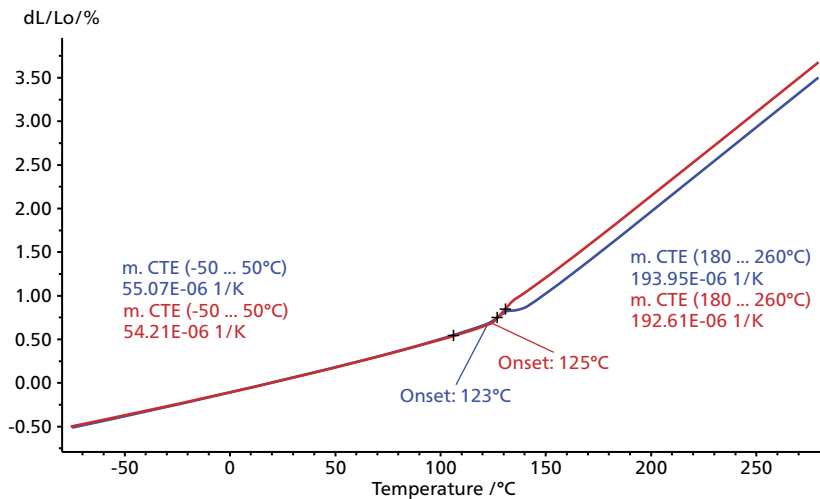
Polymere ändern beim Aufheizen und Abkühlen ihre thermomechanischen Eigenschaften. Eines der Haupteinsatzgebiete der TMA im Polymerbereich ist die Qualitätskontrolle. Dabei können verschiedenartige Materialien wie z. B. Schrumpffolien oder auch Klebstoffe untersucht werden. Aufgrund von TMA-Analysen lassen sich beispielsweise auch Rückschlüsse auf molekulare Orientierungs- und Abschreckeffekte während der Abkühlung ziehen. Diese können dann unterstützend bei der Materialentwicklung z. B. von Hybridverbindungen eingesetzt werden. Die TMA liefert somit wertvolle Hinweise auf Zusammensetzung, Struktur, Herstellungsbedingungen oder Einsatzmöglichkeiten für die unterschiedlichsten Werkstoffe.

Beim Nachweis des Glasübergangs ( $T_g$ ) von Polymeren mit Füllstoffen oder hochvernetzten Materialien wie Verbundwerkstoffe oder Leiterplatten bietet die TMA eine höhere Empfindlichkeit als die DSC-Methode. Sie ist daher die perfekte Methode, um schwache physikalische Übergänge zu detektieren, die mit Modulveränderungen, Nachhärtung oder Delamination verbunden sind, die mit anderen Methoden nur sehr schwierig oder nicht zu messen sind.

## Thermische Ausdehnung

Die lineare thermische Ausdehnung ist eine wichtige Größe zur Beurteilung des Dimensionsverhaltens eines Werkstoffes als Antwort auf eine Temperaturänderung. Sie zeigt, wie stark ein Material während der Verarbeitung schrumpft oder sich ausdehnt, ob ungleiche Materialien kombiniert werden können oder bei welcher Temperatur der Phasenwechsel und sich der CTE ändert.

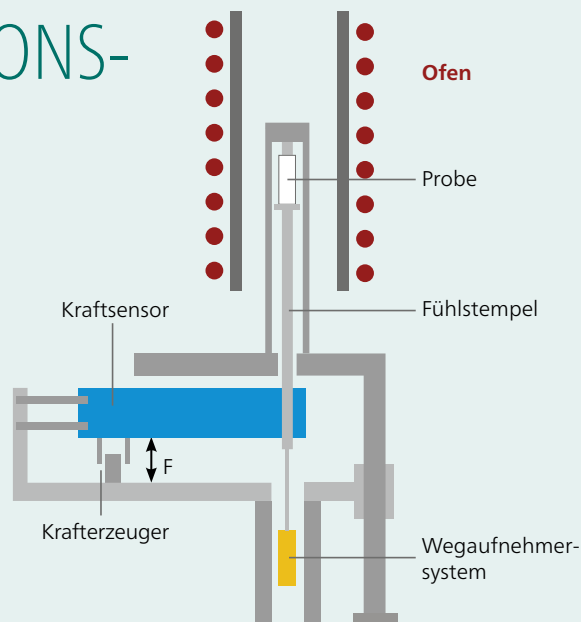
Die Abbildung zeigt die thermische Ausdehnung ( $dL/L_0$  in %) eines Epoxidharzes zwischen  $-70\text{ °C}$  und  $270\text{ °C}$ . In der 1. Aufheizung (blaue Kurve) tritt der Glasübergang ( $T_g$ ) bei  $123\text{ °C}$  (Onset) auf. In der 2. Aufheizung (rote Kurve) ist der  $T_g$  leicht zu  $125\text{ °C}$  (Onset) verschoben, was auf Relaxationseffekte oder eine Nachhärtung schließen lässt.



TMA-Messung im Expansionmodus an einem Epoxidharz: Quarzglasprobenhalter, 6 mm Probenlänge, 2 K/min Heizrate in der 1. und 2. Aufheizung

## PRÄZISE BESTIMMUNG VON LÄNGENÄNDERUNGEN AN KUNSTSTOFFEN, ELASTOMEREN UND VERBUNDWERKSTOFFEN

### FUNKTIONS-PRINZIP



Unabhängig von der gewählten Deformationsart (Expansion, Kompression, Penetration, Zug oder Biegung) wird die Längenänderung der Probe über einen Fühlstempel auf ein hochempfindliches induktives Wegaufnehmersystem (LVDT) übertragen und in ein digitales Signal umgewandelt.

Die Fühlstempel und die zugehörigen Probenhalterungen aus Quarzglas oder Aluminiumoxid sind für die unterschiedlichsten Applikationen optimiert und lassen sich schnell und einfach austauschen.

# TMA 402 *F3 Hyperion*<sup>®</sup> *Polymer Edition*

## liefert wertvolle Informationen über

### Nachweis kleinster Dimensionsänderungen

Der LVDT bildet das Herzstück der TMA 402 *F3 Hyperion*<sup>®</sup> *Polymer Edition*. Die dahinter stehende Technologie ist bewährt: Selbst kleinste Längenänderungen bis in den Nanometerbereich (digitale Auflösung von 0,125 nm) können detektiert und ausgewertet werden.

Made in Germany  
by NETZSCH

### Abkühlen ohne Aufwand

Die TMA 402 *F3 Hyperion*<sup>®</sup> *Polymer Edition* ist speziell für Polymeranwendungen konzipiert. Sie ist ausgestattet mit einem reaktionsschnellen Ofen, der – verbunden mit einem mechanischen Kühlsystem – einen Temperaturbereich von -70 °C bis 450 °C abdeckt. Für die Kühlung wird daher kein LN<sub>2</sub> benötigt.

### Flexible Atmosphären im vakuumdichten TMA-System

Sämtliche Verbindungsstücke sind vakuumdicht konzipiert und ermöglichen Messungen in hochreiner Atmosphäre oder unter Vakuum. Der softwaregesteuerte Massendurchflussregler (MFC) lässt sich mit einem weiteren unabhängigen MFC aufrüsten. Dies bietet optimale Flexibilität bei der Regelung und Änderung von Spül- und Schutzgasen.



# Produktleistung und Verarbeitungsverhalten

## Bestimmung viskoelastischer Eigenschaften wie Relaxation, Kriechen und Spannung/Dehnung

Die TMA 402 **F3** Hyperion® Polymer Edition bietet jetzt nicht nur die Möglichkeit, die Kraft konstant zu halten und die Längenänderung zu bestimmen, sondern auch die dL-Verschiebung zu verändern und die entsprechende Kraft zu messen. Dies kann z. B. in einem Spannungs-Relaxations-Test angewandt werden, in dem eine Probe um einen bestimmten Betrag gestreckt wird. Während des Tests wird die Deformation konstant gehalten und der Verlauf der Kraft aufgezeichnet. Diese Kraft nimmt als Folge der Relaxation des Materials kontinuierlich ab. Die Spannungs-Relaxation wird schließlich durch die nach einer definierten Expositionsdauer gemessenen Restspannung definiert. Ein Spannungs-Zeit-Diagramm stellt die Daten dar, indem sowohl das Spannungs-Relaxations-Verhalten als auch die Werte für die Relaxationsrate und -zeit abgelesen werden.

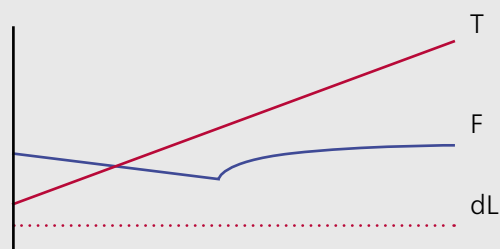
## Präzise Kraftregelung ermöglicht Tests an empfindlichen Materialien

Die auf die Probe wirkende Kraft wird elektromagnetisch erzeugt. Dies sorgt für eine schnelle Reaktionszeit bei Experimenten mit wechselnder Belastung. Ein hochempfindlicher Kraftsensor (digitale Auflösung < 0,01 mN, max. Kraft  $\pm 3$  N) misst kontinuierlich die über den Fühlstempel ausgeübte Kraft und regelt diese automatisch nach. Damit unterscheidet sich die TMA 402 **F3** Hyperion® Polymer Edition von herkömmlichen Geräten, die nur mit voreingestellten Werten arbeiten.

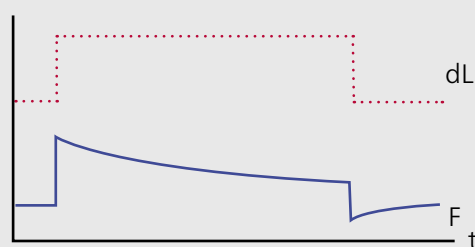
Der Kraftwert lässt sich im mN-Bereich einstellen – eine Voraussetzung für Untersuchungen an empfindlichen Materialien wie z. B. dünne Fasern oder Folien. Die auf die Probe ausgeübte Kraft kann über die Software schrittweise oder linear verändert werden, wodurch Prüfungen wie z. B. Kriechen besonders einfach durchführbar sind.

## Regelung des Wegsignals

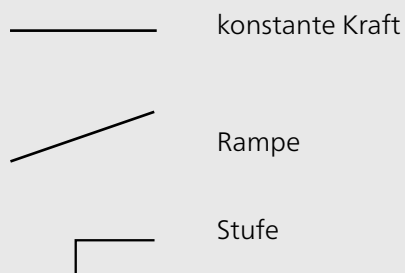
Isostrain



Relaxation



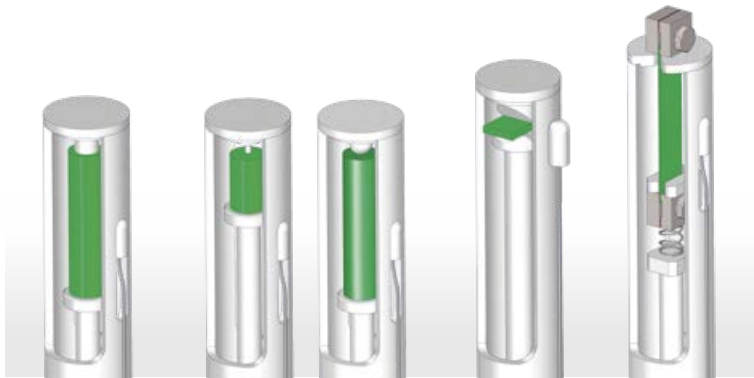
## Kraftregelung



# Zubehör für jeden Anwendungsbedarf

Leicht austauschbare Probenhalter für unterschiedliche Probengeometrien und Messmodi

## Probenhalter aus Quarzglas



Expansion/  
Kompression  
– Probenhalterungsrohr mit flacher Spitze, Ø 4 mm

Penetration –  
Probenhalterungsrohr mit flacher Spitze, Ø 1 mm (links) und halbkugelförmiger Spitze (rechts)

3-Punkt-Biegung,  
freie Biegelänge 5 mm

Zug,  
max. Probenlänge 30 mm,  
min. 5 mm

Der **Expansions-/Kompressionsmodus** wird bei Proben mit unterschiedlicher Geometrie, z. B. zylinderförmig oder rechteckig, eingesetzt.

Im **Penetrationsmodus** wird der Erweichungspunkt einer Probe bestimmt. Für diesen Test stehen Probenhalter mit halbkugel- oder zylinderförmiger Spitze zur Verfügung.

Der Probenhalter für **3-Punkt-Biegung** ist mit einer Biegelänge von 5 mm erhältlich.

Der **Zugmodus** wird zur Messung der Expansion und Schrumpfung dünner Folien oder Fasern angewandt.

Nahezu kraftfreie Zugmessungen durch Zugprobenhalter mit fixierbarer unterer Klemme



Vorrichtung zur Probenvorbereitung für Messungen im Zugmodus



Neuer Zug-Probenhalter mit Probe (grün)

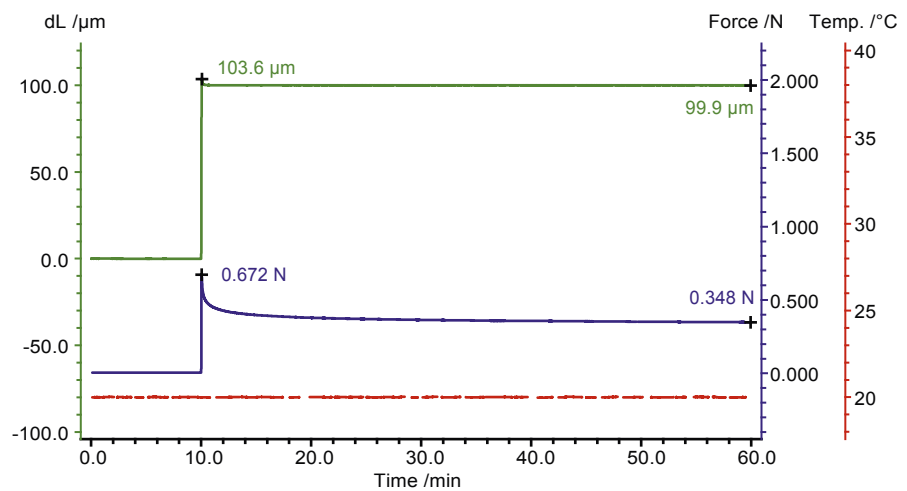
# Definition idealer Produktions- und Einsatzbedingungen für Polymermaterialien

## APPLIKATIONEN

### Relaxation – eine wichtige Materialeigenschaft für Polymerfolien

Kunststoffverpackungen müssen flexibel, leicht, robust, öfter auch undurchlässig und im Bedarfsfall einfach zu sterilisieren sein. Sowohl das verwendete Material als auch die Prozessbedingungen bestimmen die späteren Eigenschaften des Produkts. Eine wichtige Materialinformation für Folien ist die Relaxation, um Vorhersagen über die Ermüdungs- und Verschleißfestigkeit der verwendeten Folien zu ermöglichen.

Polymerfolien zeigen die Tendenz, bei erhöhten Temperaturen zu entspannen, nachdem sie während der Verarbeitung vorgedehnt wurden. Aufgrund der Kriech- und Spannungs-Relaxation nimmt die Stabilität von Schrumpfolienverpackungen im Laufe der Zeit ab. Im gezeigten Test wird die Probe unter konstanter Verformung gehalten, und der Verlauf der Zugkraft aufgezeichnet.



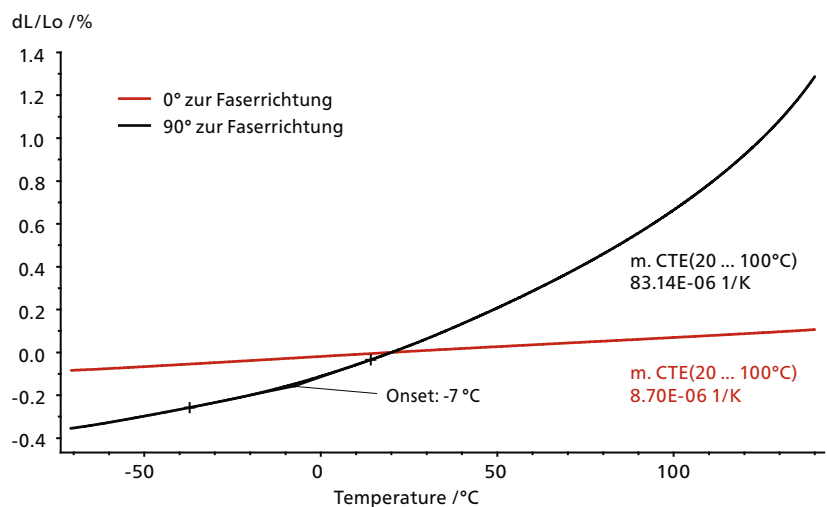
Relaxationsmessung einer LDPE-Folie, Quarzglasprobenhalter, gemessen bei Raumtemperatur und in Stickstoffatmosphäre, Probenlänge 10 mm, Probenbreite 5 mm





## Anisotropes Verhalten in Verbundwerkstoffen

Mit der TMA lässt sich die Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ) duro- und thermoplastischer Matrixverbundwerkstoffe bestimmen. Für thermoplastische Matrixverbundwerkstoffe wie PP-GF signalisiert der Glasübergang den Bereich, in dem das Material zu erweichen beginnt. Fasern und andere Füllstoffe verringern die thermische Ausdehnung beträchtlich. Der Grad der Anisotropie des Füllstoffs und die Füllstofforientierung haben großen Einfluss auf den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE). So weisen unidirektionale Verbundwerkstoffe den CTE von Fasern in Faserrichtung auf. Sie zeigen auch eine Mischung des CTE von Matrix und Faser in Abhängigkeit des Faservolumengehalts senkrecht zur Faserrichtung. Die rote Kurve zeigt die Messung in Faserrichtung; der CTE wird von der geringen



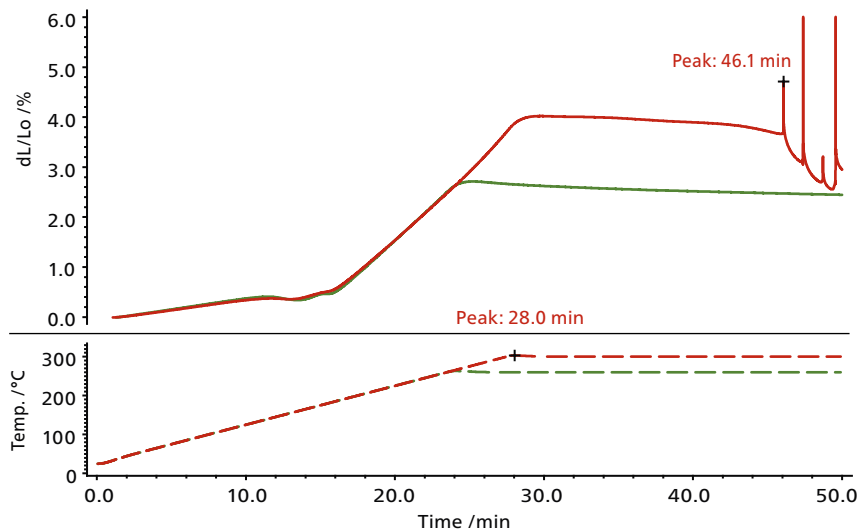
Komposit gemessen in zwei Richtungen; Probenlänge 25 mm, Heizrate 5 K/min von -70 °C bis 140 °C, N<sub>2</sub>-Atmosphäre, Probenhalter aus Quarzglas für den Expansionsmodus

thermischen Ausdehnung der Glasfaser dominiert. Die Probe 90° zur Faserrichtung wird von der Polypropylenmatrix dominiert

und weist einen viel höheren Wert auf. Daher lässt sich der  $T_g$  von PP nur in dieser Richtung gemessen beobachten.



## Das richtige Material für die Funktionselektronik spezifizieren



Bestimmung der Zeit bis zur Delamination an einer FR4-Verbundleiterplatte. Probengröße 6,35 mm<sup>2</sup> gemäß IPC-Norm, 2-stündige Trocknung vor der Messung bei 105 °C, Heizrate 10 K/min, N<sub>2</sub>-Atmosphäre, Probenhalter aus Quarzglas; Isothermsegment bei 260 °C bzw. 300 °C.

Die Elektronikfertigung fordert die Messung der thermischen Ausdehnung, des Glasübergangs und des Erweichungspunktes nach IPC-Norm (siehe IPC-TM-650 2.4.24.1 Zeit bis zur Delamination (TMA-Methode)). Nach der Umstellung auf bleifreie Lötverfahren in der Leiterplattenproduktion stieg die Schmelztemperatur des Lötmaterials an. Dies führte aufgrund der höheren thermischen Belastung zur Delamination von Leiterplatten und Baugruppen. Die Hersteller reagierten darauf mit der Umstellung auf FR4-Substrate mit einem höheren  $T_g$ . Dennoch werden auch heute die meisten FR4-Substrate mit allgemeinen Materialspezifikationen bestellt, die in ihren Materialeigenschaften variieren können.

Beim Glasübergang nimmt die Ausdehnungsrate der Epoxidmatrix zu, was zur Delamination zwischen Fasern und Matrix und somit Produktversagen führen kann.

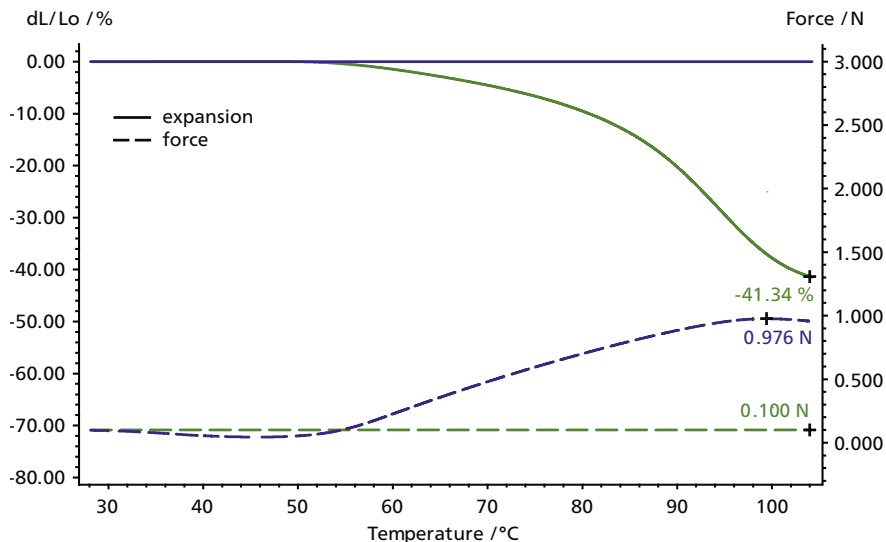
Die Abbildung zeigt eine Messung an einem FR4-Verbundwerkstoff, bei der die Zeit bis zur Delamination aufgezeichnet wurde. Es wurden zwei Messungen durchgeführt; eine nach IPC-Norm mit einer isothermen Temperatur von 260 °C (grüne Kurve) und eine zweite mit einer isothermen Temperatur von 300 °C (rote Kurve). In der 260 °C-Messung ist keine Delamination zu beobachten, wohingegen bei der 300 °C-Messung die Zeit bis zur Delamination nach 18,1 (Zeitpunkt nach Start des Isothermsegmentes) eintritt.

**Thermische Ausdehnung – ein Grund für das Versagen elektronischer Produkte**



Typische Verfärbung als Zeichen der beginnenden Degradation: links: vor der Messung, Mitte: nach der Messung bis 260 °C, rechts: nach der Messung bis 300 °C. Beide gemessenen Proben zeigen keine sichtbare Delamination, jedoch ist die TMA-Methode empfindlich genug, diese bei 300 °C nachzuweisen.

## Untersuchung eines Schrumpfschlauchs



Messungen an einem Schrumpfschlauch unter konstanter Kraft (grüne Kurven) und unter konstanter Auslenkung (blaue Kurven). Aufheizung von RT bis 120 °C, N<sub>2</sub>-Atmosphäre, Probenlänge 25 mm (blau) bzw. 10 mm (grün).

Schrumpfschläuche, auch als Schrumpfmuffen bekannt, werden zur Reparatur und Isolierung von Drähten und Kabeln verwendet. Nach dem Aufziehen des Schlauches auf das Kabel wird zur Schrumpfung eine Wärmequelle eingesetzt.

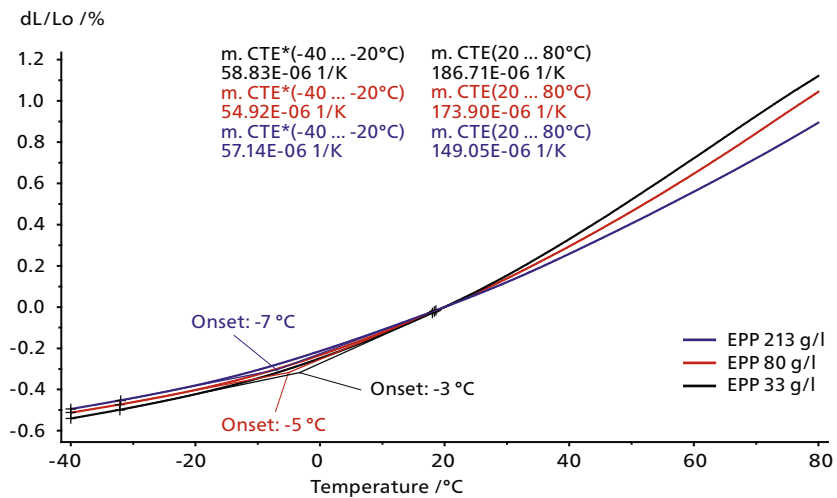
TMA-Messungen liefern Informationen, bei welcher Temperatur das Schrumpfen des Materials einsetzt und wie stark und mit welcher Kraft es schrumpft. Wird die Kraft konstant gehalten, beginnt die Probe bei ca. 60 °C zu schrumpfen und erreicht bei Messende einen Schrumpf um ca. 40 % (grüne Kurven). In der zweiten Messung wird die Wegamplitude konstant gehalten und die entsprechende Kraft gemessen (Maximum bei 0,98 N, blaue Kurven).





## Thermische Ausdehnung von Isoliermaterial

Polymerschäume werden eingesetzt, wo geringes Gewicht, ein ausgezeichnetes Gewichts-/Stabilitätsverhältnis sowie ein hervorragendes thermisches und akustisches Isolations- und Energieabsorptionsverhalten erforderlich sind. Expandierte Schaumstoffe wie EPS und EPP gewinnen nicht nur im Bauwesen, sondern auch in der Automobilindustrie zunehmend an Bedeutung. Materialien verschiedener Dichte zeigen ein unterschiedliches Ausdehnungsverhalten. Deshalb ist die thermische Ausdehnung ein wichtiges Qualitätskriterium bei der Auswahl von Dämmstoffen. Der Schaumstoff mit der geringsten Dichte weist hier im Beispiel rechts den höchsten CTE bei ähnlichem  $T_g$  auf.



Ausdehnungsmessungen an drei verschiedenen EPP-Schäumen mit unterschiedlicher Dichte. Probenlänge 20 mm, Heizrate 5 K/min von -40 °C bis 80 °C unter  $N_2$ -Atmosphäre, Probenhalter für Expansion aus Quarzglas, Probenbelastung von 50 mN.

# Proteus® – Nur ein Mausklick entfernt

## Eingabeassistent für einen schnellen Start und eine methodenbasierte und automatische Auswertung

Die *Proteus*®-Software ermöglicht es, Einstellungen und Methoden aus zuvor ausgeführten Messdateien mit einem Mausklick anzuwenden. Die Auswertestufen für einen Referenztest können in einer Methode gespeichert und nach Beendigung vollautomatisch auf eine Probenmessung angewendet werden. Die Software markiert die Ergebnisse, die von den gewählten Qualitätskriterien abweichen.

## AutoEvaluation – die Auswertung mit einem Klick

Die exklusiv von NETZSCH angebotene Softwarefunktion *AutoEvaluation* ermöglicht eine intelligente, zeitsparende und selbsttätige Auswertung thermoanalytischer Messkurven ohne Verwendung vordefinierter Makros. *AutoEvaluation* bietet spezielle Funktionen für die Auswertung verschiedener Materialien. Bei der Messung von Polymeren findet *AutoEvaluation* automatisch den Onset des Glasübergangs sowie die Peaks der Erweichungspunkte und wertet sie mit nur einem Mausklick aus.

## Temperaturmodulierte TMA

Für temperaturmodulierte TMA-Messungen lassen sich Modulationsamplitude und -periode segmentweise definieren. Die Auswertesoftware erlaubt die Bestimmung der/des

- gesamten TMA
- reversierenden und nicht reversierenden TMA
- gesamten CTE
- reversierenden und nicht reversierenden CTE
- Amplitude und Phase

mit grafischer Darstellung der Ergebniskurven in Mehrfachfenstertechnik. *Proteus*® bietet auch die Möglichkeit, Grafiken zu exportieren und auszudrucken oder den Datenexport als ASCII-Dateien.

### Auf einen Blick – Die Highlights der TMA *Proteus*®-Software TMA 402 **F3** Hyperion® Polymer Edition

Automatische Erfassung der Probenlänge	■
Krafteinstellung/Segment	■
Erweichungspunktabschaltung	■
<i>c-DTA</i> ®	□
Kraftmodulation	□
Temperaturmodulation	□
Wegregelung	■
Reportgenerator	■
<i>Identify</i>	□
<i>AutoEvaluation</i>	■

■ im Standardlieferprogramm enthalten  
□ Optional

# CLEVERE FEATURES FÜR INTELLIGENTE ANALYSEN

## von zuverlässigen Ergebnissen

### Identify – Identifizierung und Klassifizierung von TMA-Kurven

Die *Identify*-Datenbank bietet die neuesten Mittel zur Materialüberprüfung durch den Vergleich einer gegebenen Kurve mit weiteren individuellen Kurven (z. B. Gruppen von Kurven in der Qualitätskontrolle) oder Literaturdaten ausgewählter Bibliotheken. Alle vom Anwender erstellten Bibliotheken und Klassen können innerhalb von *Identify* bearbeitet oder erweitert werden.

Datenbankeinträge lassen sich über eine Vielzahl von Kriterien filtern und Messkurven – selbst unterschiedlicher Art – für Vergleichszwecke übereinanderlegen.

### Software-Optionen für weiterführende Auswerteschritte

PeakSeparation für die Auftrennung überlappender Effekte

Automatische Bestimmung der Ausgangsprobenlänge im Expansions-, Penetrations- und Zugmodus!

### TMA 402 F3 Hyperion® Polymer Edition

Ofen IC-Ofen: -70 °C bis 450 °C mittels mechanischer Kühlung

Heizraten 0,001 K/min bis 30 K/min

Messbereiche/ $\Delta l$ -Auflösung

- 500  $\mu\text{m}$  ( $\pm 250 \mu\text{m}$ ) / 0,125 nm
- 5000  $\mu\text{m}$  ( $\pm 2500 \mu\text{m}$ ) / 1,25 nm

Kraft und Deformation Simultane Messung von Kraft- und Wegsignal

Kraftbereich (an der Probe) 0,001 N bis 3 N ohne zusätzliche Gewichte

Kraftauflösung < 0,01 mN

Probenhaltersysteme Quarzglas

Probendimensionen

- Expansion/Penetration: Länge: 30 mm max.; Probenhalter  $\varnothing$  8 mm
- Zug: Länge: 30 mm max.; Breite: 6 mm, Dicke: 1 mm
- 3-Punkt-Biegung: Länge: 10 mm max.; Breite: 5 mm

Atmosphären

1 Massenflussregler (MFC, 2. unabhängiger MFC optional), Gasflussrate 0 bis 250 ml/min, softwaregesteuert, inert, oxidierend, reduzierend, Vakuum ( $10^{-4}$  mbar)

Zubehör Scheibchen, Tiegel und spezielle Wachscontainer



# Expertise in Service

## Unsere Kompetenz – Service

Der Name NETZSCH steht weltweit für umfassende Betreuung und kompetenten, zuverlässigen Service – vor und nach dem Gerätekauf. Unsere qualifizierten Mitarbeiter aus den Bereichen Applikation, Technischer Service und Beratung freuen sich darauf, Ihre Fragen im direkten Gespräch persönlich zu beantworten. In speziellen, auf Sie und Ihre Mitarbeiter zugeschnittenen Trainingsprogrammen lernen Sie, die Möglichkeiten Ihres Gerätes auszuschöpfen.

Zur Erhaltung Ihrer Investition begleitet Sie unser sachverständiges Serviceteam während des gesamten Lebenszyklus' Ihres Analysengerätes.

## Unsere Kompetenz – Applikationslabors

Die Applikationslabore von NETZSCH Analysieren & Prüfen sind ein kompetenter Partner bei annähernd allen Fragestellungen in der thermischen Analyse. Das beinhaltet sorgfältigste Probenvorbereitung sowie die Prüfung und Interpretation Ihrer Messergebnisse. Unsere Messmethoden entsprechen dem neuesten Stand der Technik.

Im Rahmen der thermischen Analyse und der Messung thermophysikalischer Eigenschaften bieten wir Ihnen ein umfassendes Programm von verschiedensten Analyseverfahren zur Charakterisierung von Werkstoffen.

Messungen sind an unterschiedlichsten Geometrien und Konfigurationen möglich. Messergebnisse mit hoher Genauigkeit und weiterführende Interpretationen erhalten Sie von uns in kürzestmöglicher Zeit. Damit ist es Ihnen möglich, neue Werkstoffe und Bauteile vor dem eigentlichen Einsatz genau zu spezifizieren, Ausfallrisiken zu minimieren oder entscheidende Vorteile gegenüber Ihren Mitwettbewerbern zu erarbeiten.

### TECHNISCHER SERVICE



Wartung und  
Reparatur



Software-  
Updates



Austausch-  
Service



IQ/OQ-  
Dokumente



Kalibrier-  
Service



Ersatzteil-  
Assistance



Umzugs-  
Service

### SCHULUNG



Individualschulung/  
Grundlagenseminare

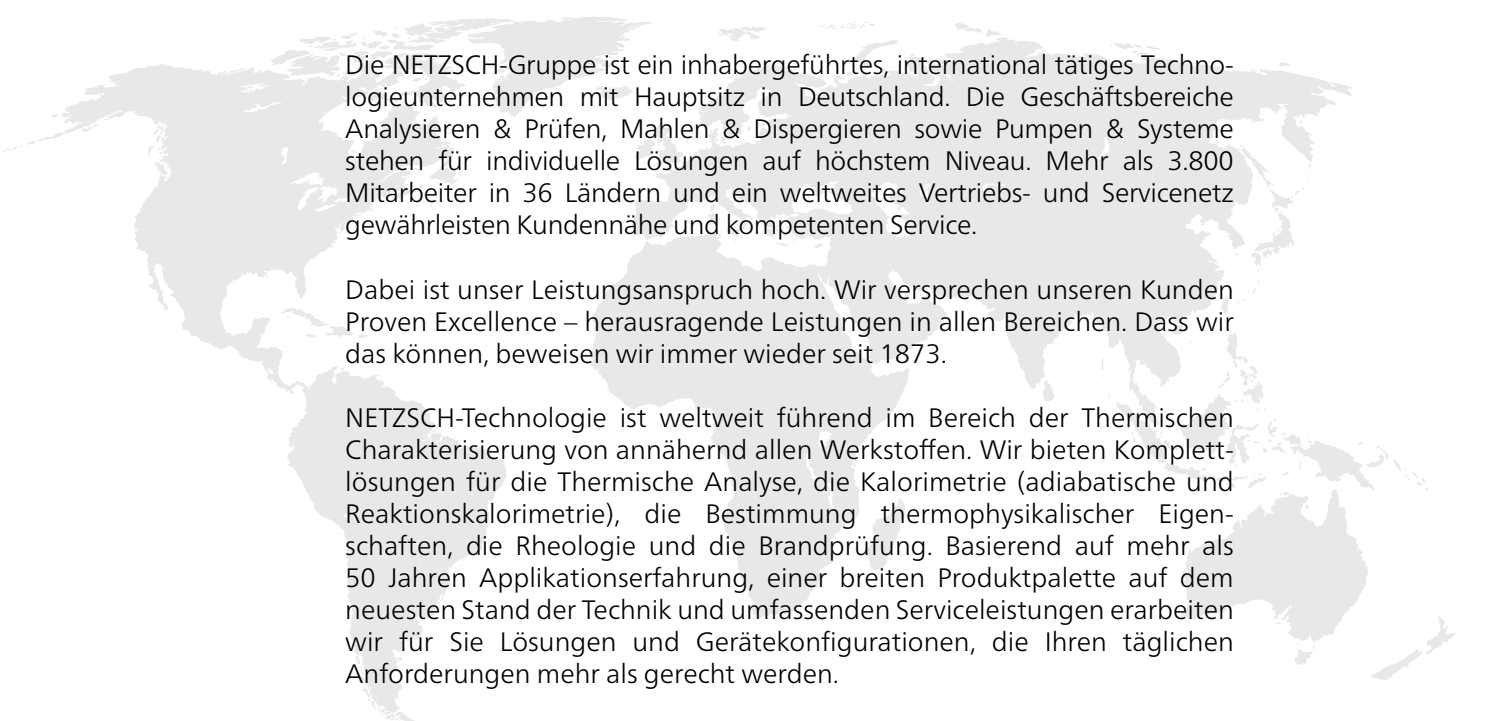


Individualschulung  
und Anwenderseminare

### LABOR



Applikationsservice  
und Auftragsmessungen



Die NETZSCH-Gruppe ist ein inhabergeführtes, international tätiges Technologieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland. Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 3.800 Mitarbeiter in 36 Ländern und ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

Dabei ist unser Leistungsanspruch hoch. Wir versprechen unseren Kunden Proven Excellence – herausragende Leistungen in allen Bereichen. Dass wir das können, beweisen wir immer wieder seit 1873.

NETZSCH-Technologie ist weltweit führend im Bereich der Thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die Kalorimetrie (adiabatische und Reaktionskalorimetrie), die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften, die Rheologie und die Brandprüfung. Basierend auf mehr als 50 Jahren Applikationserfahrung, einer breiten Produktpalette auf dem neuesten Stand der Technik und umfassenden Serviceleistungen erarbeiten wir für Sie Lösungen und Gerätekonfigurationen, die Ihren täglichen Anforderungen mehr als gerecht werden.

## Proven Excellence.

NETZSCH-Gerätebau GmbH  
Wittelsbacherstraße 42  
95100 Selb  
Deutschland  
Tel.: +49 9287 881-0  
Fax: +49 9287 881 505  
at@netsch.com

**NETZSCH**<sup>®</sup>

[www.netsch.com](http://www.netsch.com)