

# NETZSCH

Proven Excellence.



## Hochlast-DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Serie bis $\pm 500$ N

Dynamisch-mechanische Prüfgeräte

Analyzing & Testing



# Intelligente Materialprüfung

*BIS IN DEN HOHEN  
KRAFTBEREICH*

Mehr als 40 Jahre F&E-Erfahrung  
in hochqualitativer dynamisch-  
mechanischer Analyse

Der erfolgreichen Markteinführung von Materialien und Produkten gehen umfangreiche Tests zur Bestimmung der Alltagstauglichkeit voraus. Temperatur, Zeit, Frequenz, Kraftniveau und andere Parameter verändern die viskoelastischen Eigenschaften von Polymeren und Verbundwerkstoffen.

- Wie werden Ihre Produkte durch unterschiedliche Temperaturen oder Feuchtgrade beeinflusst?
- Inwieweit hängen die Materialeigenschaften von mechanischer Beanspruchung oder unterschiedlichen Frequenzen ab?
- Wie hoch ist die Lebensdauer des Materials unter extremen Beanspruchungsbedingungen (Wechselbeanspruchung, Hysterese usw.)?

Diese und weitere Fragen lassen sich mit Hilfe der zukunftsweisenden Technologie der NETZSCH-Geräte in Bereichen der Materialentwicklung und Konstruktion beantworten. Unsere Produktpalette – konzipiert von Experten für Experten – bietet kosteneffiziente und wettbewerbsfähige Lösungen für nahezu jede experimentelle Aufgabe.

Die DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Geräteserie basiert auf einer Vielzahl an Normen einschließlich DIN 53513, ISO 6721/1, ISO 6721/4, ISO 6721/5, ISO 6721/6, ISO 4664, ASTM D4065 und ASTM D4473.

# Dynamisch-mechanische Analyse

Der Dynamisch-Mechanisch-Thermische Analysator (DMA) übt erzwungene periodische Belastungen auf die Probe aus und analysiert die Phasenverschiebung zwischen dieser primären Anregung und der Antwort des Materials. Die Antwort eines idealen elastischen Systems (z. B. einer Feder) auf eine sinusförmige Belastung mit einer bestimmten Frequenz hat die gleiche Frequenz und ist genau in Phase mit der Erregung. In einem realen System ist die Situation anders: Bei linear viskoelastischen Materialien (z.B. Polymeren) tritt eine Phasenverschiebung ( $\delta > 0^\circ$ ) zwischen der primären Anregung und der Reaktion bei gleicher Frequenz auf, siehe Abbildung 1.

Die elastischen und nicht-elastischen Eigenschaften beschreiben schon an sich das dynamisch-mechanische Materialverhalten. Der Speichermodul  $E'$ , reelle Anteil des komplexen Moduls  $E^*$ , stellt die elastische Komponente dar; der Verlustmodul  $E''$ , der dissipierte Teil, ist der imaginäre Anteil. In der komplexen Ebene sind Verlustmodul und Speichermodul die Projektionen des komplexen Moduls auf die reelle und die imaginäre Achse (Abbildung 2). Die Tangente des Winkels zwischen der reellen Achse und des komplexen Moduls ( $E^*$ ) stellt die Phasenverschiebung ( $\tan \delta$ ) zwischen den beiden dar.

## DMA-Ergebnisse und Prüfmöglichkeiten

- Dynamischer Modul
- Dämpfungsfaktor ( $\tan \delta$ )
- Elastizitätsmodul
- Frequenzabhängigkeit
- Temperaturabhängigkeit
- Glasübergang
- Sekundäre Übergänge
- Masterkurve
- Hysterese
- Relaxation und Retardation
- Kriechversuch
- Alterung
- Ermüdungstest
- Lebensdauerprüfung
- Immersionstest
- Prüfungen unter kontrollierter Feuchte

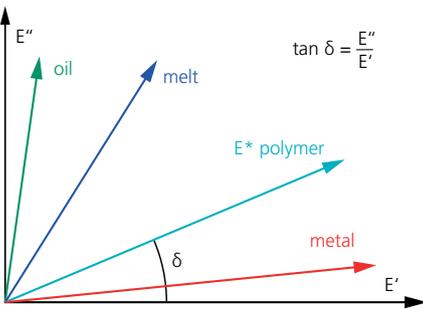


Abbildung 1: Viskoelastische Eigenschaften in der komplexen Ebene; verschiedene Materialklassen zeigen signifikante Unterschiede in den Phasenverschiebungen.

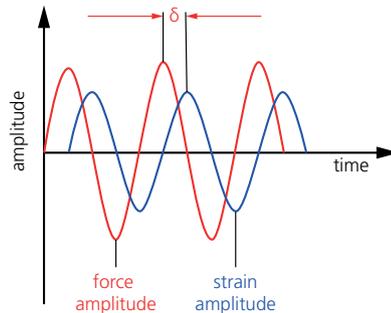


Abbildung 2: Gemessene Eigenschaften: Dämpfung ( $\delta$ ), Kraft und Verformungsamplitude

Von Honig bis hin zu Stahl –  
der DMA 503 Eplexor®  
analysiert die mechanischen  
Eigenschaften aller  
Materialien.

DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Serie

# MODULARES DESIGN – ZUKUNFTSSICHERE INVESTITION

Die DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Systeme bieten eine Vielzahl von  
Aufgaben bestens gerüstet!



DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT bis 1500 °C

DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> bis 500 °C

## Zukunftssicher

Die DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Serie ermöglicht ein einfaches Aufrüsten des Systems mit einer Vielzahl an Kraftsensoren und Erweiterungen zur Auslenkung sowie verschiedenen Öfen. Für den Dauerbetrieb steht ein vollautomatischer Probenwechsler zu Verfügung. Die verschiedenen DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Versionen werden ohne hydraulisches Pumpsystem betrieben und sparen dadurch Energie.

## Großer Deformationsbereich bei hoher Auflösung

Die präzise Messung der Verformung erfolgt mittels zweier kontaktloser optischer Sensoren. Dadurch ist eine Nanometer-Auflösung über den gesamten Bereich von bis zu 80 mm für die statische Verformung und bis zu  $\pm 6$  mm für die dynamische Amplitude gegeben.

## Zwei unabhängige Antriebe für statische und dynamische Kraft

Wie das Grundgerät DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> arbeitet auch der DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT mit zwei unabhängigen Antrieben für statische und dynamische Kraft. Nur durch dieses Prinzip ist es möglich, den gesamten großen Kraftbereich für DMA-Messungen zu nutzen.

## Größter Temperaturbereich

Durch die Kombination des Hochtemperaturofens bis 1500 °C mit einem gekühlten Niedertemperaturofen kann ein Temperaturbereich von -160 °C bis 1500 °C in einem DMA-Gerät abgedeckt werden. Die Öfen sind für den Anwender leicht austauschbar.

## Robustes Design

Hohe Temperaturen stellen hohe Anforderungen an die Biegefestigkeit des Aufbaus innerhalb der heißen Temperaturzone. Der DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT ist mit Probenhaltern aus gesintertem Siliziumcarbid (SiC) ausgestattet, einer dichten und steifen Keramik, die diese Eigenschaft auch bei 1500 °C beibehält.

## Variabler Kraftbereich

Dieses einzigartige DMA-System bietet die Möglichkeit, verschiedene Sensoren mit maximalen Kräften von 10 N bis 2500 N zu installieren – zugeschnitten auf die individuellen Bedürfnisse des Anwenders. Dadurch können die bestmöglichen Bedingungen zur Optimierung der Ergebnisse erreicht werden. Die Kraftsensoren können vom Anwender mit minimalem Aufwand gewechselt werden.

# Wählen Sie aus drei verschiedenen dynamischen Kraftbereichen der DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Serie

### Kraftbereiche des DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> und DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT

<b>Dynamisch</b>	$\pm 100$ N (200 N)*	$\pm 150$ N (300 N)*	$\pm 500$ N (1000 N)*
<b>Statisch</b>	1500 N	1500 N	1500 N

\* Peakkraft (Peak-to-Peak)

# Erstklassige Performance durch steifen Rahmenaufbau und Echtzeit-Betrieb

## DMA 503 Eplexor®

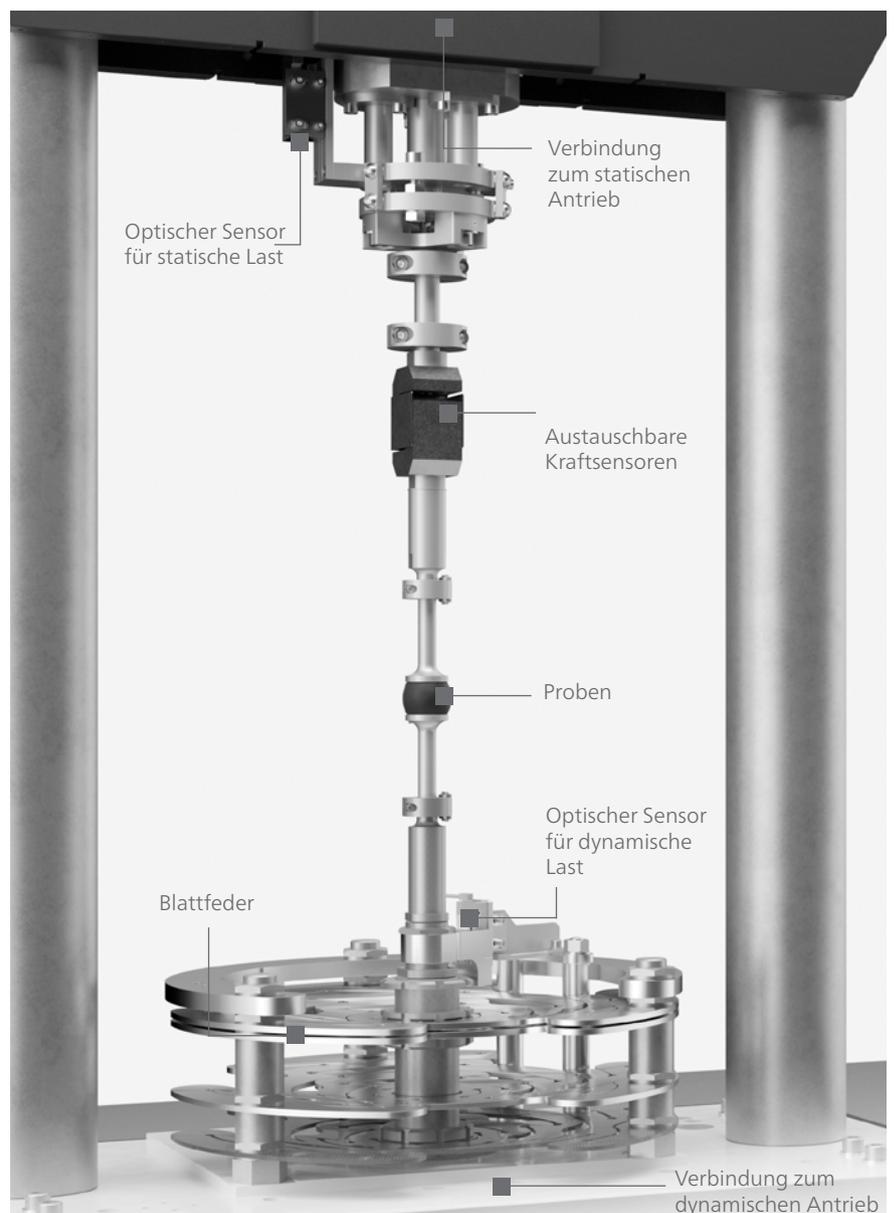
### Einzigartig durch Regeln und Echtzeit-Messung und digitaler Signalerzeugung

Das DMA-System ermöglicht den Echtzeitbetrieb.

Aufgrund des quasi-kontinuierlichen Frequenzbereichs mit hoher Datenerfassung ist ein Betrieb zwischen 0,0001 Hz and 100 Hz möglich. Frequenzsweeps mit hoher Detektionsempfindlichkeit sind selbst zur Ermittlung schwach ausgeprägter Übergänge geeignet und können zur Erstellung der Masterkurve herangezogen werden. Für Fatigue-Messungen kann die maximale Frequenz bis auf 200 Hz erweitert werden.

Der optionale digitale Signalprozessor für konventionelle und gepulste DMA ist Voraussetzung für die Generierung von Anregungssignalen unterschiedlicher Form einschließlich Pulsen mittels Oberwellenanalyse. Vordefinierte Signalformen (z.B. rechteckig, sägezahnförmig, Hanning, Hamming, Blackman, Blackman-Harris oder anwenderdefinierte Formen) können durch optionale Softwaretools\* erstellt werden.

\* Bitte kontaktieren Sie Ihren zuständigen Verkaufsberater für weitere Informationen



Schema des Eplexor®: Austauschbare Kraftsensoren

# DMA 503 Eplexor®

## FÜR JEDE ANWENDUNG DER OPTIMALE PROBENHALTER

Jede Untersuchung, Charakterisierung und Qualitätsprüfung sollte mit der Anwendung des Materials übereinstimmen. Ergebnisse aus Messungen, die den echten Applikationen sehr nahe kommen, erlauben eine genauere Abschätzung des tatsächlichen Materialverhaltens.

Eine Vielzahl an Probenrägern in Standardgeometrien (z.B. Biegung, Zug) ist ebenso erhältlich wie spezielle anwenderdefinierte Geometrien; auch Immersionssysteme sind Teil des Zubehörportfolios, siehe Seite 9.



Kompression



Zug



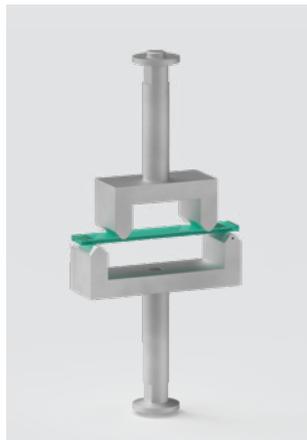
Zug für steife Proben



Scherung



3-Punkt-Biegung



4-Punkt-Biegung



geklemmte Biegung  
(Dual Cantilever)



Klebrigkeit

# FEUCHTIGKEIT

## SIMULATION VON UMGEBUNGSEINFLÜSSEN

Umgebungsbedingungen können Ursache für eine Wasseraufnahme sein und spielen daher eine wichtige Rolle beim Herstellungsprozess und der Lagerung von Materialien. In Kombination mit dem HYGROMATOR® kann der *Eplexor*® eine feuchte Umgebung innerhalb der Probekammer erzeugen, um den Einfluss der Umgebungsfeuchte auf die mechanischen Eigenschaften aufzuzeigen.

### HYGROMATOR® – Die erste Klimakammer für DMA weltweit

Der Feuchtgenerator HYGROMATOR® kann Feuchtegrade von 5 % rF bis 95 % rF im Temperaturbereich von 5 °C bis 95 °C einstellen. Die Messungen können unter schrittweiser Änderung der Feuchte durchgeführt werden. Alternativ lassen sich lineare Feuchterampen zur Erhöhung oder Verringerung der Feuchte erstellen. Stabile Bedingungen sind bis zu 24 Stunden garantiert.

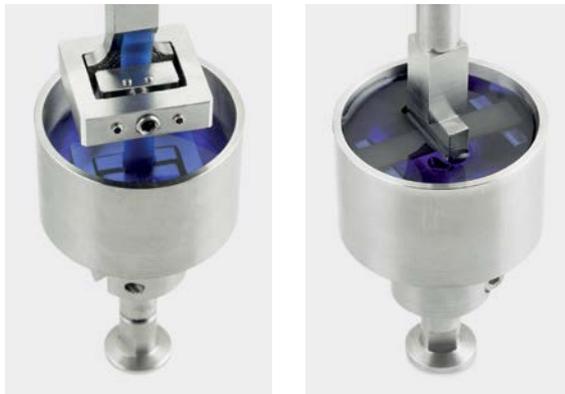


Feuchtebereich:  
5 % rF bis 95 % rF  
in einem Temperaturbereich  
von 5 °C bis 95 °C

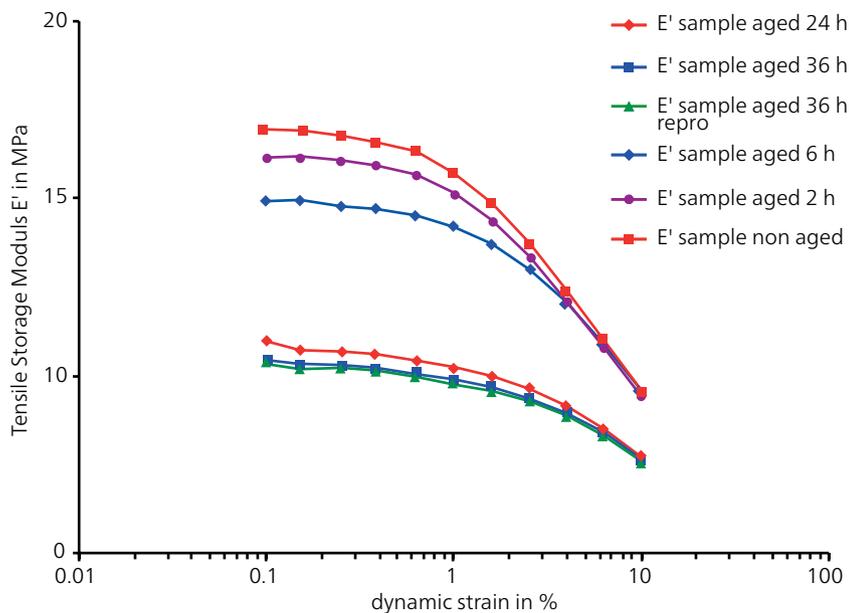
An den Standardofen angeschlossener Feuchtgenerator. Der HYGROMATOR® kann einfach installiert und demontiert werden. Jedes bestehende DMA 503 *Eplexor*®-System kann nachgerüstet werden.

# IMMERSION ZUR UNTERSUCHUNG DES QUELL- VERHALTENS UND WEITERE EFFEKTE

Das Immersionsbad ermöglicht Messungen in einer Flüssigkeit wie Wasser oder Öl in Kombination mit Probenhaltern wie z.B. für 3-Punkt-Biegung (Bild rechts) oder Zugversuche (Bild links), wenn die Verdampfungs- und Zersetzungstemperatur des Lösungsmittels oder der Flüssigkeit keine Rolle spielt.



Probenhalter für Zugtests (links) und Biegetests (rechts) in einem Immersionsbad



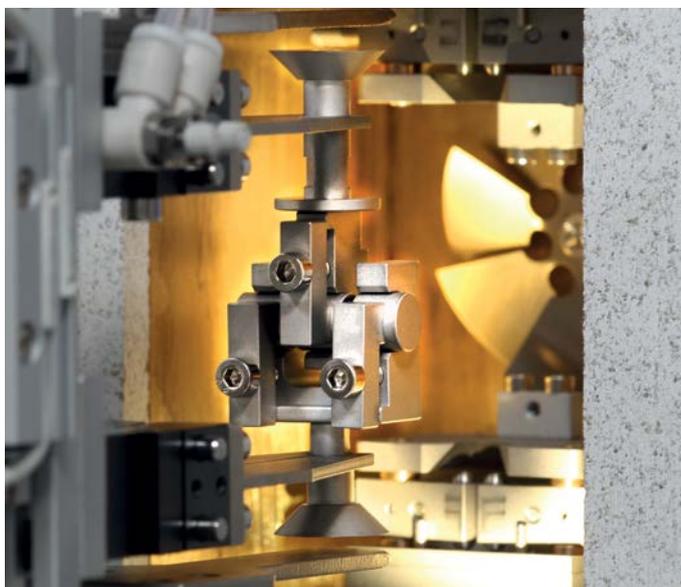
Ergebnisse einer Messungen an Gummi bei Raumtemperatur: Vorspannung 20 %, Frequenz: 10 Hz; Amplitudenscans wurden nach jedem Alterungsschritt durchgeführt; E' nimmt zunehmender Immersionszeit deutlich ab.



Spart Zeit und Kosten

# PRÜFEN – SO GANZ NEBENBEI

Mit dem automatischen Probenwechsler (ASC) kann jeder DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> zum vollautomatischen Materialprüfsystem werden. Diese Systeme liefern Messergebnisse mit der gleichen Reproduzierbarkeit und Genauigkeit, wie bei manuellem Probenwechsel, und können rund um die Uhr betrieben werden. Der ASC wird in verschiedenen Konfigurationen für bis zu 160 Proben angeboten.



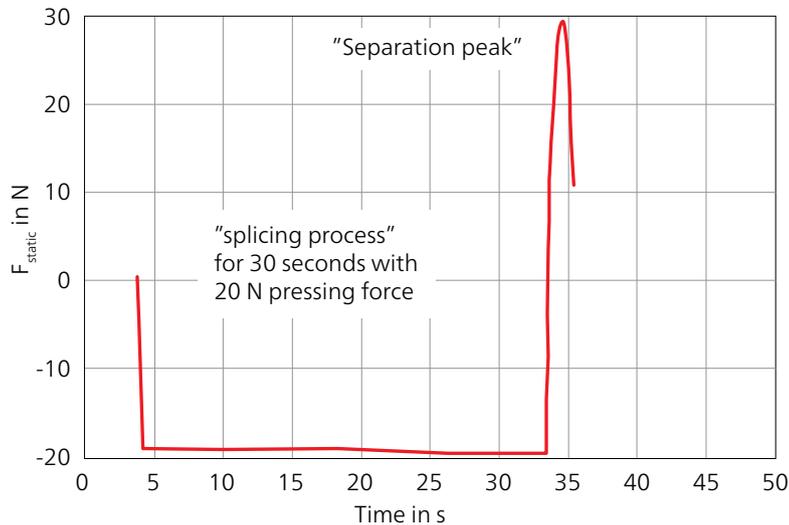
## Automatischer Probenwechsler

Sie wählen Ihre gewünschten Proben entweder in Zug-, Druck-, Scher- oder Biege-Geometrie. Der automatische Probenwechsler (ASC) entnimmt die Proben dem Probenmagazin und platziert sie in der Temperaturkammer. Alle Prüfungen laufen vollautomatisch ab. Sie müssen lediglich die Testgeometrie wählen, den entsprechenden Greifer montieren und das System im Automatikmodus starten.

ASC-Probengreifer beim Austausch des Probenhalters für Doppelscherung

# ERWEITERUNG FÜR KLEBRIGKEITSTESTS

Die Erweiterung für Klebrigkeitstests für den DMA 503 *Eplexor*® und Gabometer® nutzt ein patentiertes Verfahren zur zuverlässigen Messung der Schälkraft zweier Klebstoffkomponenten.



Kontaktklebung zweier unvulkanisierter Gummioberflächen  
Normalkraft: N, Dauer: 20 s

## Anwendungsbereich

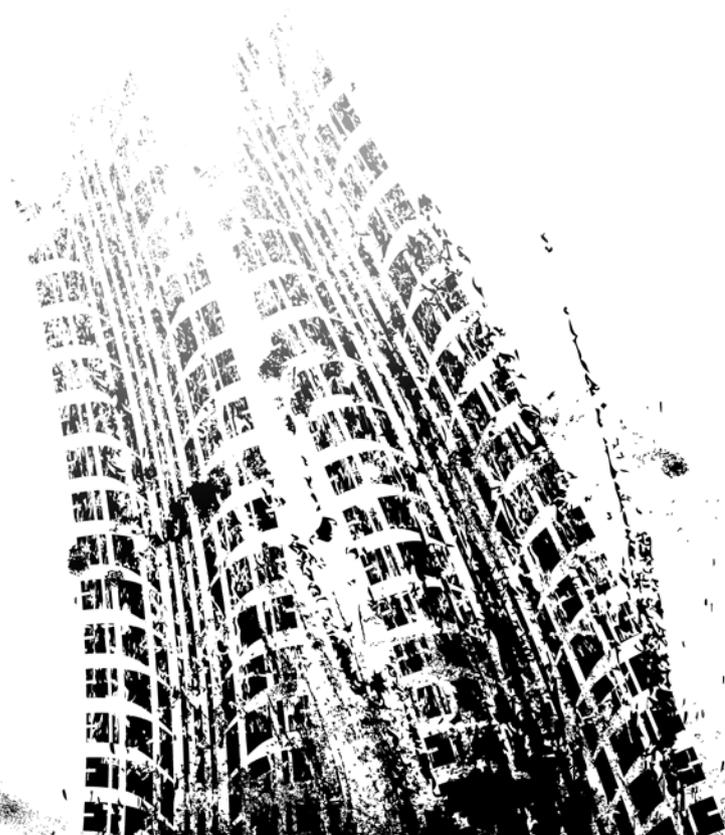
Klebrigkeit von "Reifenrohlingen",  
Klebstoffen und Farbschichten.

## Besonderheiten

Klebstoffe werden mit einer Kraft  
von bis zu 500 N aufgetragen;  
Haftkräfte werden mit einer  
Auflösung von 10 mN und bis zu  
50 Messpunkten pro Sekunde  
aufgetragen.

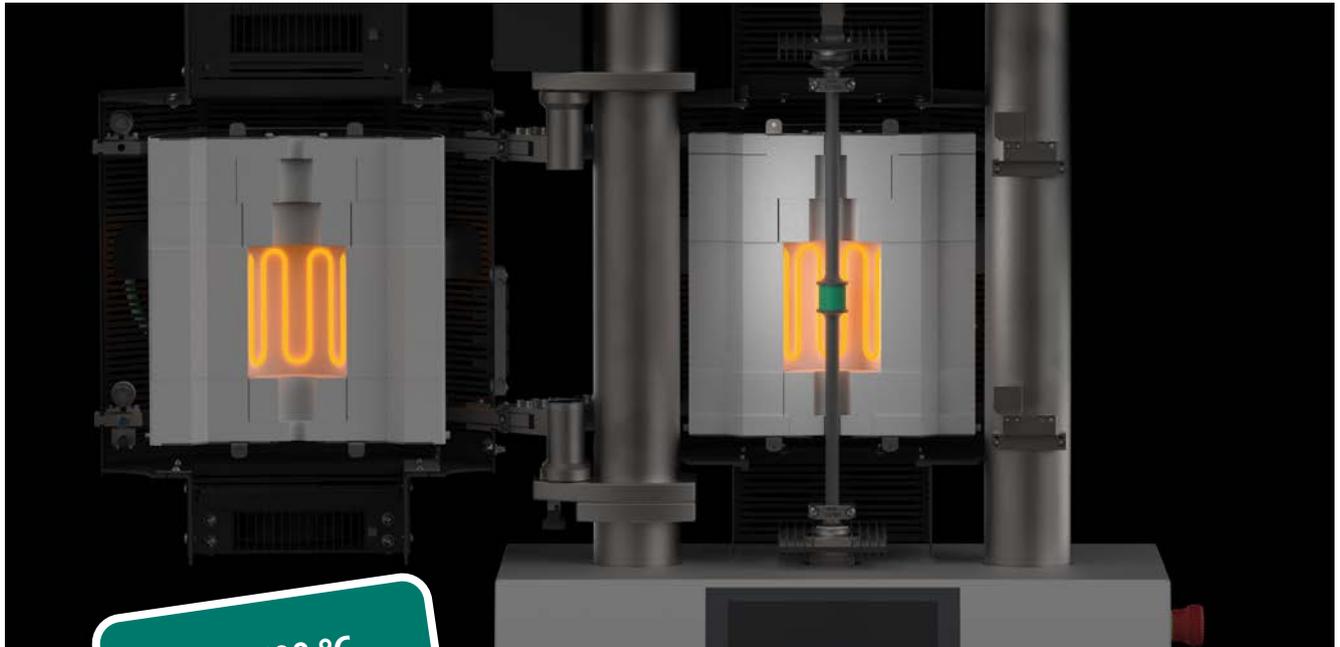


Probenhalter für Klebrigkeitstests



# Der DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT

## EINZIGARTIGE SYSTEME FÜR DYNAMISCHE TESTS AN METALLEN, GLAS, KERAMIK ODER VERBUNDWERKSTOFFEN



Bis 1500 °C

### Zwei Temperaturkammern für den größten Temperaturbereich

Mit dem DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT kann der Anwender zwischen drei verschiedenen Öfen wählen: einem Standardofen für den Betrieb von -160 °C bis 500 °C und einem Hochtemperaturofen, der von Raumtemperatur bis 1500 °C arbeitet.

Um den gesamten Temperaturbereich zu nutzen, können ein Standard- und ein Hochtemperaturofen gemeinsam auf einem System montiert werden.

### Entwickelt für die Prüfung von Metallen, Glas, Keramik oder Verbundwerkstoffen

Die DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup>-Serie bis ± 500 N verwendet einen sehr steifen Rahmen, der direkte Kompressionstests an Festkörpern in dehnungsgeregelten Messungen ermöglicht. Die geringe Nachgiebigkeit bietet ideale Bedingungen für die Untersuchung sehr steifer Proben. Die digitale dynamische Dehnungslösung beträgt 1 nm, was für sehr präzise Messungen vorteilhaft ist.

# Zubehör für den DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT

Für zuverlässige Messergebnisse wird eine Vielzahl an Proben-geometrien und Temperaturbereichen angeboten.

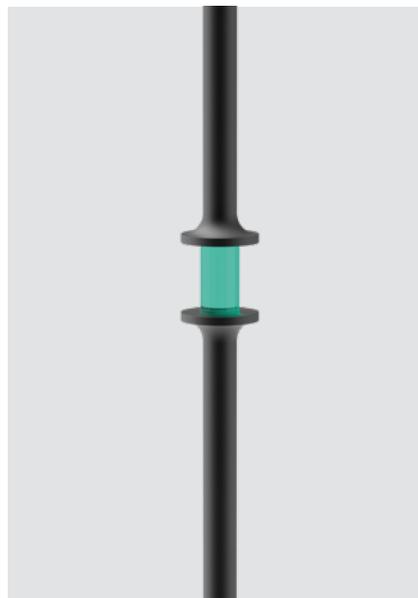
- Kompressionshalter: aus SSiC, bis 1500 °C mit 1000 N
- 3-Punkt-Biegung; freie Biegelänge von 20 mm und 40 mm, aus SSiC, bis 1500 °C mit 500 N
- Zughalter: aus hochtemperaturbeständiger Legierung, bis 900 °C

Gesintertes Siliciumcarbid (SSiC) ist ein steifes, hochtemperatur- und temperaturwechselbeständiges Material mit hoher Verschleißfestigkeit. Damit es das optimale Material für Messungen bis 1500 °C.

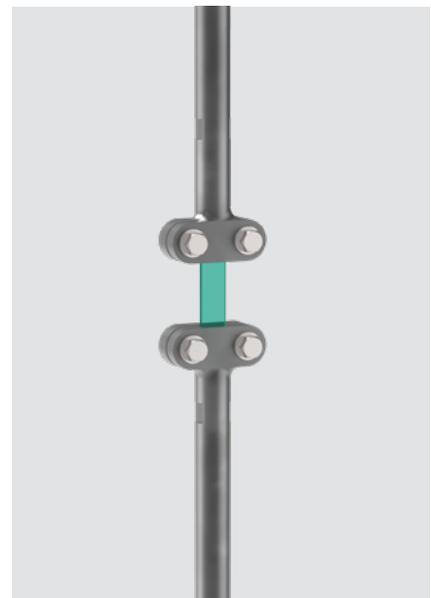
Darüber hinaus können alle Probenhalter des DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> 500 N-Systems, wie z.B. Doppelscherung oder einarmige/ zweiarmlige Biegung für Anwendungen bei niedrigeren Temperaturen bis 500 °C verwendet werden.



3-Punkt-Biegung



Kompression



Zug

# Applikationen

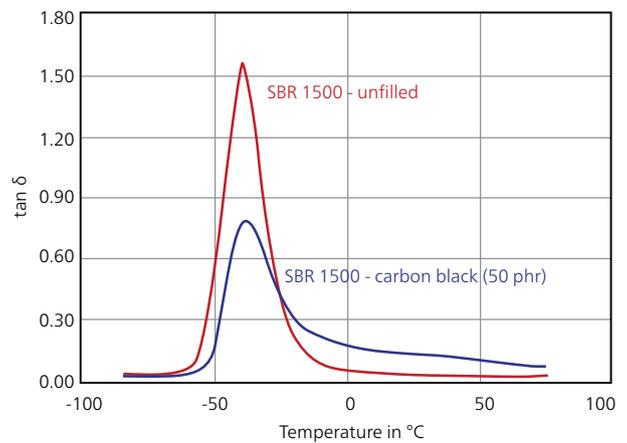
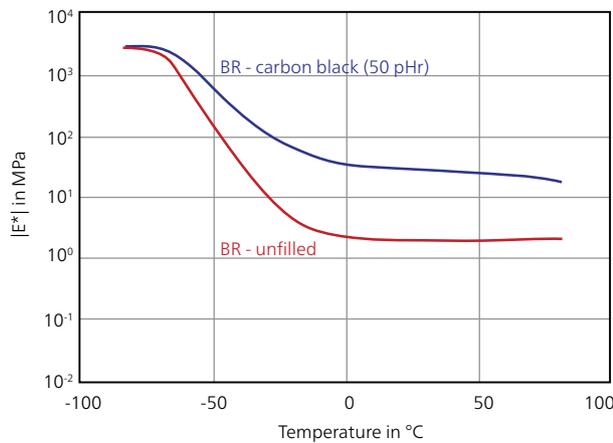
## DMA 503 Eplexor®

### Einfluss von Rußgehalt auf Kautschuk

Der Eplexor® ist das perfekte Gerät zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Füllstoffkonzentrationen. In diesem Beispiel wird Butylkautschuk (IIR), mit 50 phr Ruß gefüllt, mit IIR ohne Füllstoff

im Kompressionsmodus verglichen. Aufgrund des Rußgehalts ist der Elastizitätsmodul des gefüllten IIR bei Temperaturen über 0 °C etwa zehnmal höher als der von reinem IIR. Beide Systeme

zeigen einen sehr breiten Glasübergangsbereich, der einen Temperaturbereich von etwa 50 °C abdeckt (halbe  $\tan \delta$ -Peakbreite). Die  $\tan \delta$ -Peakhöhen der beiden Systeme unterscheiden sich jedoch deutlich.

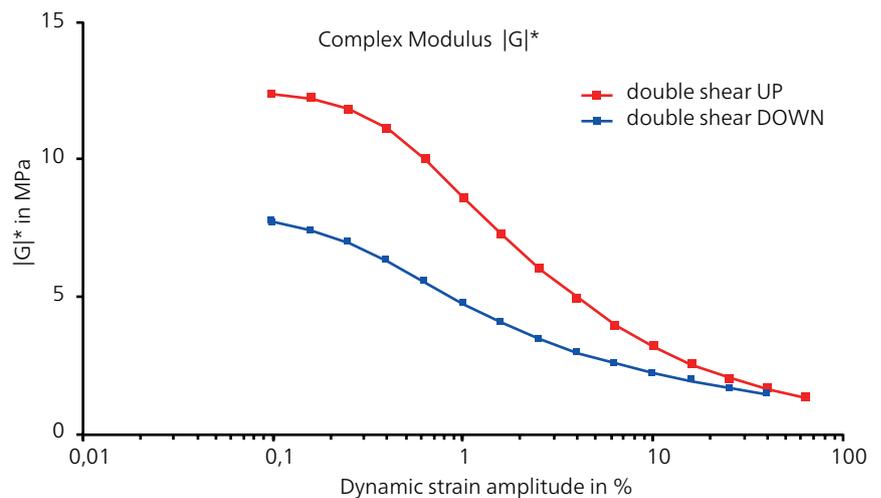


Ruß im Kompressionsmodus

Messparameter: -80 °C bis +80 °C; statische Dehnung 4 %; dynamische Dehnung  $\pm 0,2$  % mit 10 Hz; Probendimensionen:  $\varnothing$  10 mm x 10 mm Höhe

### Payne-Effekt – gängige Prüfungen für Gummimaterialien

Der Payne-Effekt tritt nur bei gefüllten Elastomeren auf und entwickelt sich im Füllstoffnetzwerk. Er führt zu einer Abnahme des Speichermoduls und ist abhängig von Füllstoff-Füllstoff-Wechselwirkungen wie dem Aufbrechen physikalischer Bindungen zwischen den Füllstoffpartikeln. Sobald die Probe wieder entlastet ist, kehrt sich dieser Effekt nach einiger Zeit wieder um. Hier sind die Ergebnisse von Dehnungsmessungen an einem Kautschukmaterial im Doppelschermodus gezeigt. Mit zunehmender Verformung sinkt der Modul aufgrund der schwächer werdenden Füllstoff-Füllstoff-Wechselwirkungen ab.

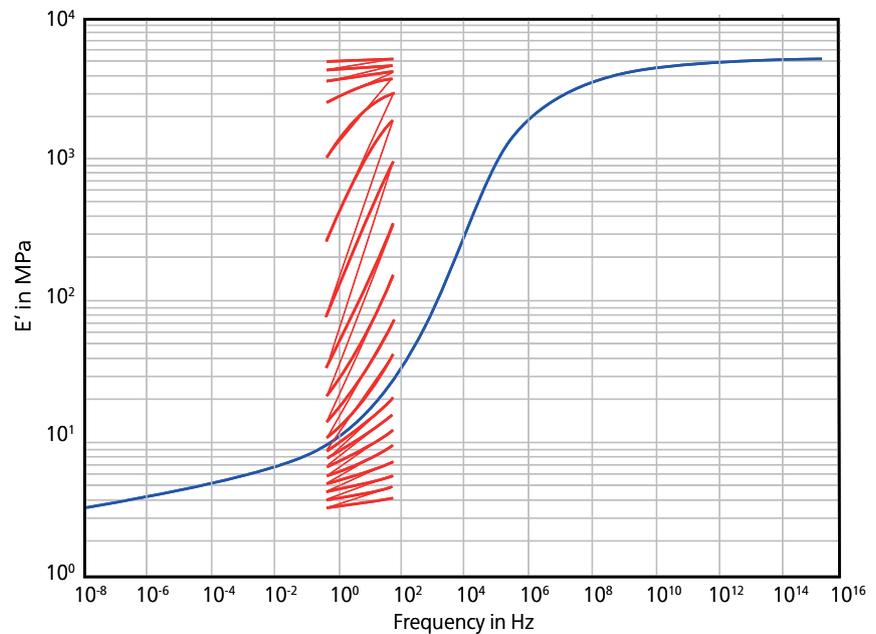


Gefülltes Elastomer im Doppelschermodus

## Zeit-Temperatur-Überlagerung

Kautschukanwendungen sind häufig dynamischen Beanspruchungen über einen großen Frequenzbereich ausgesetzt. Untersuchungen der Frequenzabhängigkeit dynamisch-mechanischer Eigenschaften werden daher häufig durchgeführt, um Daten für die Entwicklung geeigneter Kautschukmischungen zu erhalten.

Die Grafik zeigt das Ergebnis eines Multifrequenztests an einem Kautschuk im Zugmodus. Durch Anwendung der Zeit-Temperatur-Überlagerung (TTS; rote Punkte) konnte eine Masterkurve (blaue Kurve) nach der Williams-Landel-Ferry-Gleichung erstellt werden.



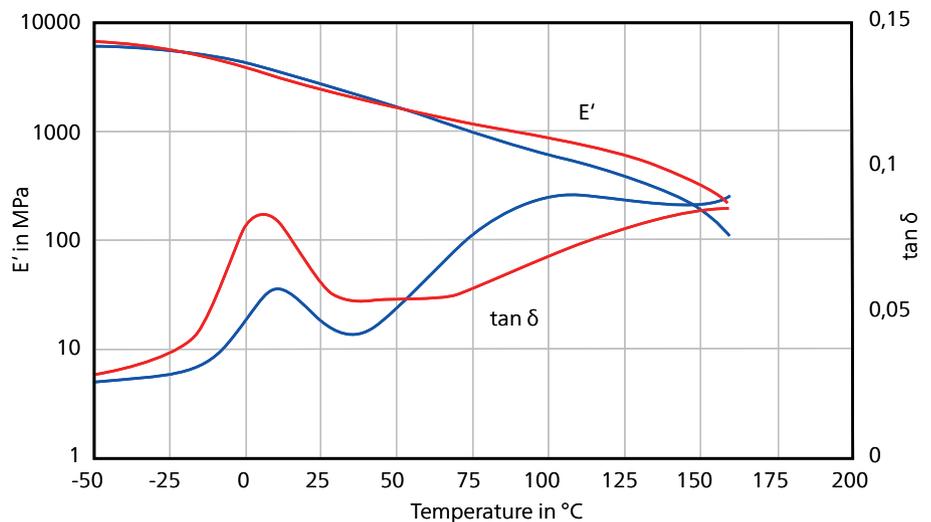
Messung an Kautschukmaterial zwischen  $-80\text{ °C}$  und  $80\text{ °C}$ ,  $5\text{ K}$ -Intervall, die Temperatur wurde konstant gehalten und es wurde ein Frequenzscan von  $0,5\text{ Hz}$  bis  $50\text{ Hz}$  durchgeführt; die Frequenz wurde über den GHz-Bereich extrapoliert.

## Temperatur-Sweeps

### Thermische Behandlung von PP

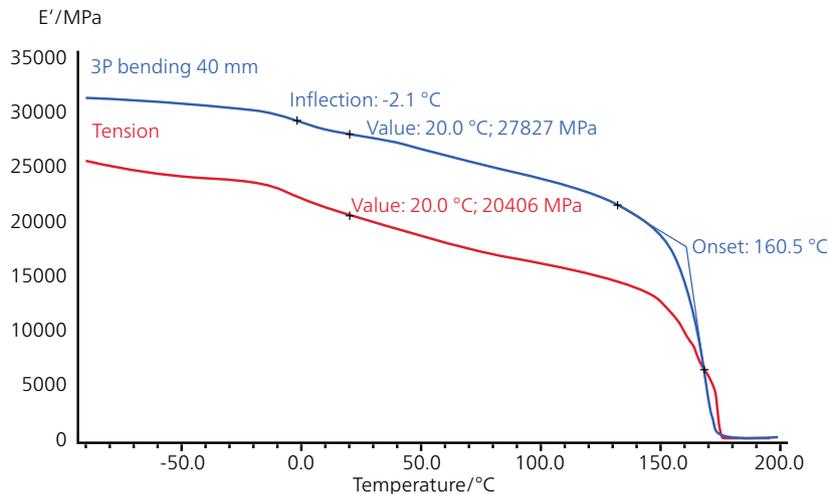
Temperatur-Sweeps sind nützlich, um das viskoelastische Verhalten eines Polymers vor und nach einer thermischen Behandlung zu analysieren. Hier sind der Speichermodul  $E'$  und die viskoelastische Dämpfung  $\tan \delta$  in Abhängigkeit von der Temperatur von Polypropylen dargestellt. Das Dämpfungsverhalten ändert sich deutlich aufgrund der thermischen Belastung im 1. Sweep.

Der Glasübergang (Peaks in den  $\tan \delta$ -Kurven) verschiebt sich geringfügig zu tieferen Temperaturen und zeigt einen höheren Dämpfungspeak. Die  $\tan \delta$ -Schulter zwischen  $50\text{ °C}$  und  $125\text{ °C}$  ist im 2. Sweep nicht mehr sichtbar.



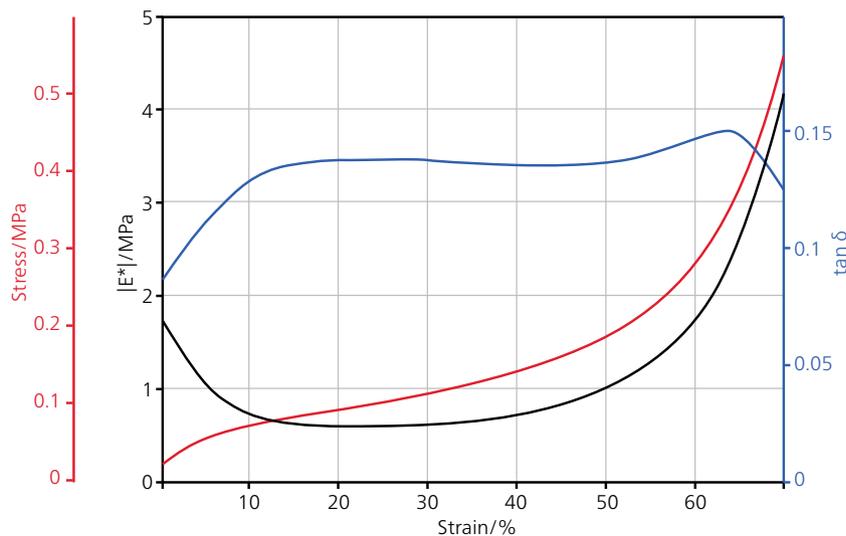
Temperatur-Sweeps im Zugmodus: Vergleich von 1. Sweep (blaue Kurven) und 2. Sweep (rote Kurven). Statische Verformungsbelastung:  $1\%$ ; dynamische Verformungsbelastung:  $0,1\%$ , Frequenz:  $10\text{ Hz}$

## Composite im Zug- und Biegemodus



PP mit unidirektionalen Glasfaserschichten  
 Messparameter: -100 °C bis 200 °C mit 2 °C/min; statischer PF 1.1 (Zug), PF 1.2 (Biegung); dynamische Dehnung:  $\pm 0,1$  % mit  $\pm 150$  N-Limit mit 1 Hz; Proben-  
 dimensionen 55 x 10 x 1,8 mm.

Eine Polypropylen (PP)-Probe mit Glasfaser-Laminatstruktur [0/90/0/90/0/90/0] wird in Zug- und Biegerichtung gemessen. Der Speichermodul im Biegemodus ist praktisch über den gesamten Temperaturbereich höher als im Zugmodus. Dieses Verhalten ist auf den asymmetrischen Schichtaufbau der Probe zurückzuführen. Da die äußeren Fasern deutlich mehr zur Biegung beitragen als das Material in der Mitte, wirken die äußeren Fasern in Belastungsrichtung versteifend auf die Probe.



Statischer Sweep von reinem PUR-Schaum  
 Messparameter: RT; statische Dehnung: 0,5 bis 70 %; dynamische Dehnung:  
 0,5 % bei 10 Hz; Proben dimensionen: 18 x 18 x 20 mm

## Viskoelastische Eigenschaften von Schaum

Ein offenzelliger PUR-Schaum wurde mit einer statischen Dehnung von 0,5 % bis 70 % komprimiert. Schäume zeigen typischerweise einen Bereich linearer Verformung bei kleinen Dehnungen, doch mit zunehmender Dehnung beginnen die Zellen zu kollabieren und die statische Spannungskurve flacht ab, begleitet von einer Abnahme des dynamischen Moduls. Bei einer statischen Dehnung über 30 % nimmt die Steigung der statischen Spannung und der dynamische Modul wieder zu, was in der Regel als weitere Kompaktierung der weitgehend kollabierten Zellen interpretiert wird. Die dynamisch-mechanische Analyse erlaubt die gleichzeitige Messung der statischen und dynamischen Eigenschaften von Schaumstoffen unter verschiedenen statischen Belastungen und Temperaturen.

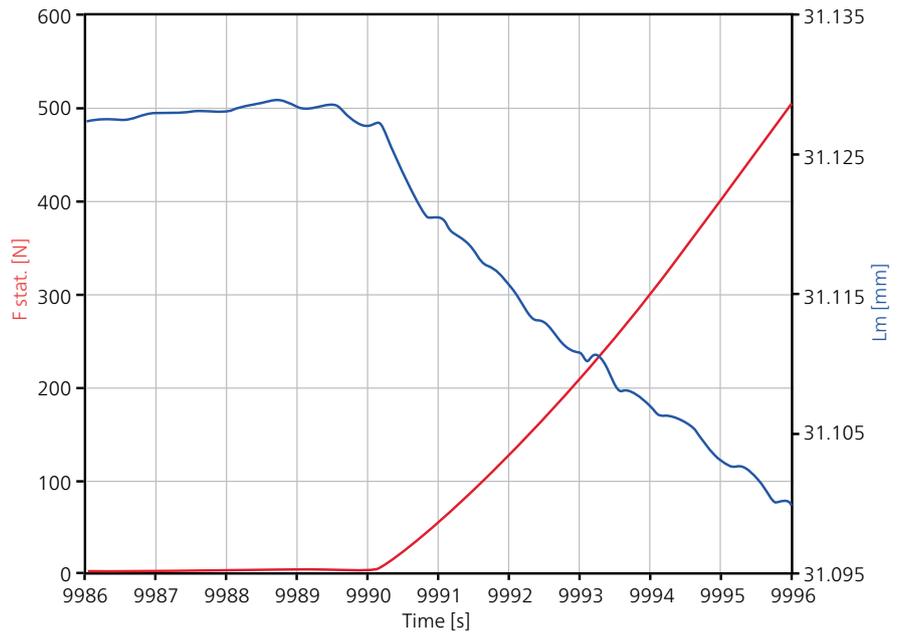
# Applikationen

## DMA 503 *Eplexor*<sup>®</sup> HT

### Biegetest an Bauxit\*

Um das mechanische Verhalten von Bauxit zu charakterisieren, wurde ein Materialstab gemessen. Die Temperatur wurde konstant gehalten, während die statische Kraft um 85 N pro Sekunde erhöht wurde (d.h. ca. 510 N in 6 Sekunden); unter diesen Bedingungen zeigte die Probe eine Biegung von ca. 30  $\mu\text{m}$ .

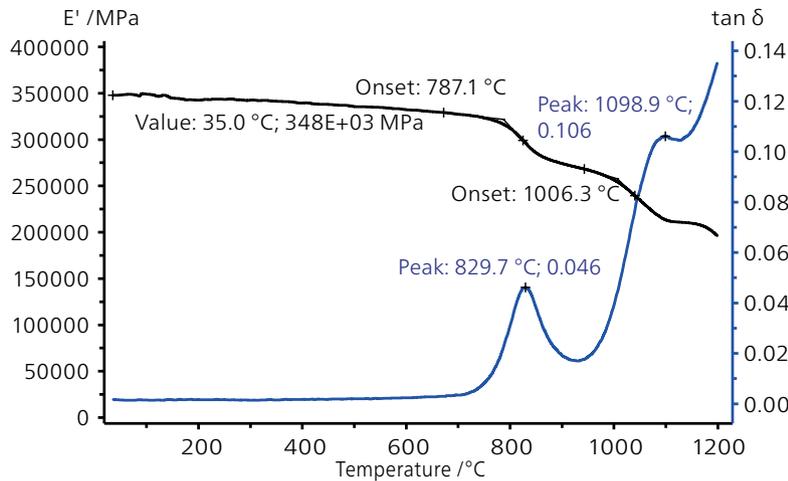
DMA-Geräte sind nicht speziell für zerstörende Prüfungen konzipiert, aber bietet das einzigartige Blattfedersystem der DMA *Eplexor*<sup>®</sup> HT-Serie in diesem Fall ein höchstmögliches Maß an Sicherheit.



Allgemeiner Test an Bauxit  
3-Punkt-Biegemodus; isotherme Temperatur: 800 °C; statische Kraft: bis 500 N. Die statische Kraft ist in Rot, die Durchbiegung der Probe in Blau dargestellt.

\* Die Messung wurde uns vom Fraunhofer ISC in Bayreuth, Deutschland, zur Verfügung gestellt, wofür wir uns herzlich bedanken.





Rubalit® in 3-Punkt-Biegung  
 Messparameter: RT bis 1200 °C mit 3 K/min; statischer PF 1,5;  
 dynamische Amplitude 30 µm mit einem 10 N-Kraftlimit bei 5 Hz.

## Temperatursweep von Rubalit®\*

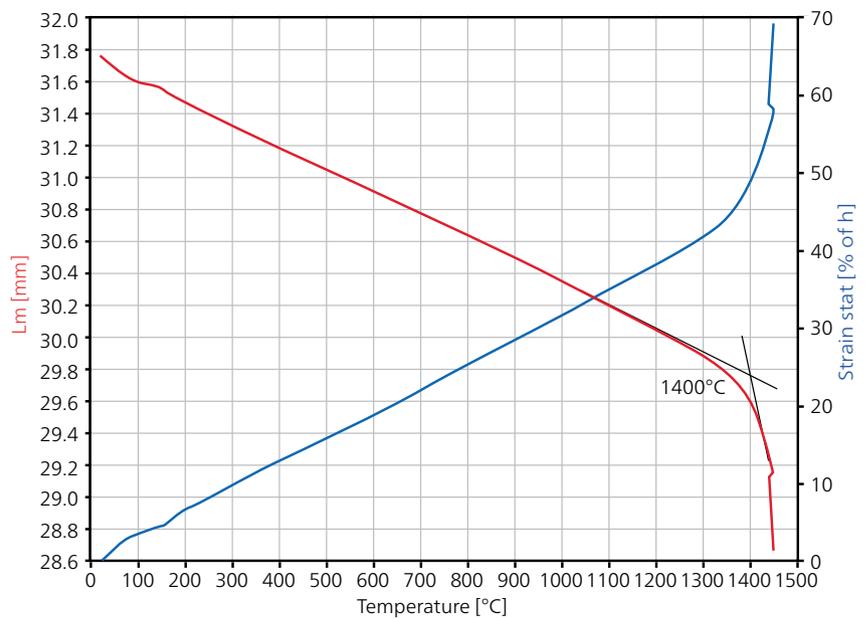
Rubalit® besteht zu 96 % aus Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und wird häufig in der Elektronikindustrie eingesetzt. Sein Speichermodul ist etwas geringer als das von reinem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ein Temperatursweep zeigt den Einfluss zusätzlicher Phasen bei 787 °C (Onset E') und 1006 °C (Onset E').

\* Rubalit® ist ein Markenname von Ceramtec

## Biegung und Erweichung einer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Metallverbindung\*

Die Aufheizung einer keramischen/Metallverbindung mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> als Keramikkomponenten auf 1450 °C im 3-Punkt-Biegemodus hat eine starke Verformung der Probe zur Folge. Zwischen RT und 1250/1300 °C tritt eine Biegung von ca. 2 mm auf, die einer statischen Kraft von ca. 40 % (bezogen auf die ursprüngliche Probenhöhe) entspricht. Bei ca. 1400 °C (extrapolierte Onsettemperatur) ist die Biegung noch ausgeprägter, was auf die Erweichung der Probe aufgrund der Schmelzphase des enthaltenen Metalls zurückzuführen ist.

Die DMA 503 *Eplexor® HT*-Serie ist speziell für solche hohen Temperaturen ausgelegt.



DMA-Test an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Metall; 3-Punkt-Biegemodus; Heizrate: 5 K/min; statische Kraft: 50 N. Die statische Dehnung ist in Blau, die Biegung der Probe in Rot dargestellt.

\* Die Messung wurde uns vom Fraunhofer ISC in Bayreuth, Deutschland, zur Verfügung gestellt, wofür wir uns herzlich bedanken.

DMA 503 <i>Eplexor</i> <sup>®</sup> -Serie bis ± 500 N			
	100 N	150 N	500 N
Dynamischer Kraftbereich	± 100 N (200 N)*	± 150 N (300 N)*	± 500 N (1000 N)*
Statischer Kraftbereich	1500 N	1500 N	1500 N
Dynamische Verformung	± 2 mm (4 mm)*	± 3 mm (6 mm)*	± 6 mm (12 mm)*
Statische Verformung	Bis 80 mm; 45 mm mit Ofen	Bis 80 mm; 45 mm mit Ofen	Bis 80 mm; 45 mm mit Ofen
Frequenzbereich	0,0001 Hz bis 100 Hz; für Fatigue bis 200 Hz	0,0001 Hz bis 100 Hz; für Fatigue bis 200 Hz	0,0001 Hz bis 100 Hz; für Fatigue bis 200 Hz
Aufheizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup>: RT bis 500 °C</li> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup> HT: RT bis 1500 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup>: RT bis 500 °C</li> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup> HT: RT bis 1500 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup>: RT bis 500 °C</li> <li>■ DMA 503 <i>Eplexor</i><sup>®</sup> HT: RT bis 1500 °C</li> </ul>
Abkühlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ AIC: -70 °C bis 500 °C</li> <li>■ LN<sub>2</sub>: -160 °C bis 500 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ AIC: -70 °C bis 500 °C</li> <li>■ LN<sub>2</sub>: -160 °C bis 500 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ AIC: -70 °C bis 500 °C</li> <li>■ LN<sub>2</sub>: -160 °C bis 500 °C</li> </ul>
Zubehör	Automatischer Probenwechsler, Feuchte, Immersion, Spülgas		
Deformationsmodi:	Kompression, Zug, Biegung, Cantilever, Scherung		
Software	Masterkurve, Segmente, Kriechen/Relaxation, Load Sweep, Fatigue, Zeit-Sweep, Temperatur-Sweep, Frequenz-Sweep, Temperatur-Frequenz-Sweep, Universal Test, Hysterese, Puls		

\* Peak-to-Peak

# Technische Daten

Die inhabergeführte NETZSCH Gruppe ist ein weltweit führendes Technologieunternehmen, das sich auf den Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau spezialisiert hat.

Unter der Führung der Erich NETZSCH B.V. & Co. Holding KG besteht das Unternehmen aus den drei Geschäftsbereichen Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme, die branchen- und produktorientiert ausgerichtet sind. Ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleistet Kundennähe und kompetenten Service 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 60 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@netzsch.com  
<https://analyzing-testing.netzsch.com>



**NETZSCH**®

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