

NETZSCH

Proven Excellence.



Hochlast-DMA GABO EPLEXOR[®] HT-Serie bis 1500 °C

Dynamisch-mechanische Prüfsysteme

Analyzing & Testing



ZERSTÖRUNGSFREIER HEISSER MODUL

VON KERAMIKEN, GLÄSERN, METALLEN,
LEGIERUNGEN UND VERBUNDWERKSTOFFEN

Sie möchten Informationen über Steifigkeit und Dämpfungseigenschaften Ihres hochtemperaturbeständigen Materials? Mit nur einem zerstörungsfreien DMA-Test erhalten Sie die vollständige Charakterisierung über einen großen Temperaturbereich.

Hauptanwendungen für DMA-Tests bis 1500 °C:

- Luft- und Raumfahrt
- Energiegewinnung
- Transport

Die neue DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie von NETZSCH bietet

DYNAMISCH-MECHANISCHE ANALYSEN BIS 1500 °C

Die DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie zeichnet sich durch eine konkurrenzlose Technologie aus, hinter der mehr als 40 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung hochwertiger DMA-Prüfgeräte stehen.

Das Hochtemperatur-DMA GABO EPLEXOR®-Portfolio beinhaltet Geräte mit einem dynamischen Kraftbereich bis:

- ± 25 N
- ± 100 N
- ± 150 N
- ± 500 N

Dynamisch-Mechanische Analyse

Prinzip

Während eines dynamisch-mechanischen (DMA) Test wird eine sinusförmige Kraft (Spannung σ , engl. stress) mit einer bestimmten Frequenz auf eine Probe aufgebracht (Abb. 1), die eine sinusförmige Deformation (Dehnung ϵ , engl. strain) zur Folge (Abb. 2.) hat. Die Verzögerung zwischen Anregung und Antwortsignal wird als Phasenverschiebung (δ) bezeichnet. Theoretisch kann diese einen Wert von 0 °C für vollkommen elastische Proben und einen Wert von 90 °C für vollkommen viskose Substanzen annehmen. Tatsächlich liegt die Phasenverschiebung der meisten Materialien irgendwo dazwischen, abhängig von den elastischen und viskosen Anteilen.

Die mathematische Verarbeitung der Messdaten ergibt den komplexen Modul E^* , Speichermodul E' , Verlustmodul E'' und Verlustfaktor $\tan \delta$.

Der Speichermodul E' , der Realteil des komplexen Moduls E^* , bezieht sich auf den elastischen Teil des Antwortsignals und ist ein Maß für die Materialsteifigkeit. Der Verlustmodul E'' , der Imaginärteil, entspricht der dissipierten Oszillationsenergie. Der Verlustfaktor ($\tan \delta$), das Verhältnis zwischen E'' und E' , beschreibt die mechanische Dämpfung oder interne Reibung eines viskoelastischen Systems.

DMA/DMTA-Ergebnisse

- Dynamischer Modul
- Dämpfungsfaktor ($\tan \delta$)
- Elastizitätsmodul (statisch)
- Frequenzabhängigkeit
- Temperaturabhängigkeit
- Phasenübergänge
- Sekundäre Übergänge
- Masterkurve
- Darstellung der Hysterese
- Relaxation und Retardation
- Kriechversuche
- Alterungsverhalten
- Ermüdungstests
- Prognosetests
- Standzeittests
- Schlagzähigkeitstests
- Erweichung

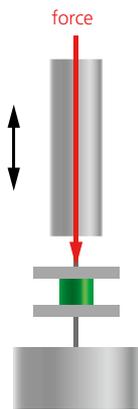


Abbildung 1: Aufbringen einer oszillierenden Kraft auf eine Probe im Kompressionsmodus (Schema)

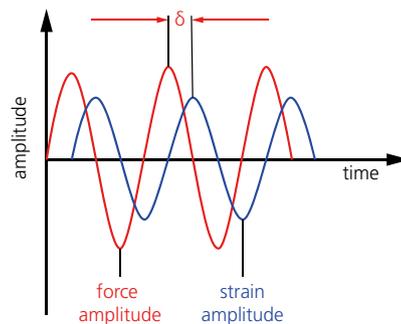


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dynamischer Kraft und Verformung für eine viskoelastische Probe; δ entspricht der Phasenverschiebung zwischen den zwei Kurven



DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie

EINZIGARTIGE SYSTEME

Die DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie umfasst die einzigen auf dem Markt erhältlichen DMA-Geräte, die für Messungen im Hochtemperaturbereich ausgelegt sind!



Made in Germany

FÜR DYNAMISCHE TESTS BIS 1500 °C

Robustes Design

Hohe Temperaturen stellen hohe Ansprüche an die Biegefestigkeit des Aufbaus innerhalb der heißen Temperaturzone. Die DMA GABO EPLEXOR® HT-Geräte sind mit Probenhaltern aus gesinterter Siliciumcarbid (SiC) ausgestattet, einer dichten und steifen Keramik, die diese Eigenschaften auch bei 1500 °C beibehält.

Zukunftsorientiert

Aufgrund des modularen Designs der DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie ist ein Upgrade des Systems mit einer Vielzahl von Kraftsensoren sowie unterschiedlichen Öfen, abhängig vom Anwendungsbereich, einfach möglich.

Größter Temperaturbereich

Kombiniert man den Hochtemperatur-Ofen bis 1500 °C mit einem kühlbaren Tieftemperatur-Ofen, so kann mit einer DMA ein Temperaturbereich von -160 °C bis 1500 °C abgedeckt werden. In der linken Abbildung ist dieser Zweikammern-Betriebsmodus dargestellt.

Die Öfen lassen sich vom Anwender einfach austauschen.

Variabler Kraftbereich

Dieses einzigartige DMA-System bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Kraftsensoren mit maximalen Kräften von 10 N bis 2500 N zu installieren, zugeschnitten auf die individuellen Bedürfnissen des Anwenders. Dies erlaubt bestmögliche Bedingungen zur Optimierung der Ergebnisse. Die Kraftsensoren können vom Bediener mit minimalem Aufwand ausgetauscht werden.

Zwei unabhängige Antriebe für statische und dynamische Kraft

Analog zur DMA GABO EPLEXOR®-Serie arbeiten die GABO EPLEXOR® HT-Geräte mit zwei unabhängigen Antrieben für statische und dynamische Kraft. Nur aufgrund dieses Prinzips ist es möglich, den gesamten Kraftbereich für die Durchführung von DMA-Messungen auszunutzen.

-160 °C

1500 °C

Erstklassige Performance durch ausgeklügeltes konzeptionales Design

Maximale Flexibilität

Die DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie ist eine Geräteserie für alle Arten von mechanischen Messungen. Dynamisch-mechanische Standardparameter ($\tan \delta$, E' , E'' usw.) werden auf die selbe Art und Weise wie Ergebnisse aus Kriech-, Relaxations- oder Fatigue-Tests erhalten.

Der quasi-kontinuierliche Frequenzbereich mit hoher Datenerfassungsrate erlaubt den Betrieb zwischen 0,001 Hz und 100 Hz. Frequenzsweeps eignen sich zur Detektion schwach ausgeprägter Übergänge und können zur Erstellung der Masterkurve herangezogen werden. Der Frequenzbereich ist erweiterbar (0,0001 Hz; 200 Hz).

Der optionale digitale Signalprozessor (DSP) ist Voraussetzung für die Generierung von Anregungssignalen unterschiedlicher Form einschließlich Pulsen mit Oberwellenanalyse. Vordefinierte Signalformen (z. B. sinus, \sin^2 , halbsinus, doppel-sinus, dreieckig, rechteckig, sägezahnförmig, Hanning, Hamming, Blackman, Blackman-Harris oder anwender-definierte Formen) können durch optionale Software-Tools* erzeugt werden.

* Bitte kontaktieren Sie Ihren zuständigen Verkaufsberater für weitere Informationen

Erweiterter Kraftbereich dank unabhängiger Antriebe

Statische und dynamische Kraftaufnehmer können unabhängig voneinander angesteuert werden.

Die statische Kraft wird mittels Servomotor realisiert; die dynamische Kraft wird durch ein elektrodynamisches Shakersystem erzeugt. Dies ermöglicht die Aufbringung einer dynamischen Kraft von bis zu ± 500 N plus einer statischen Kraft von bis zu ± 1500 N.

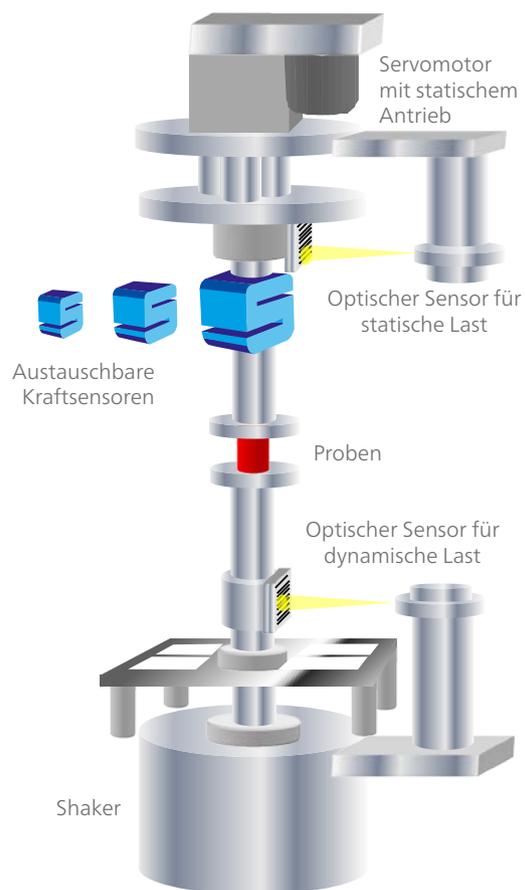
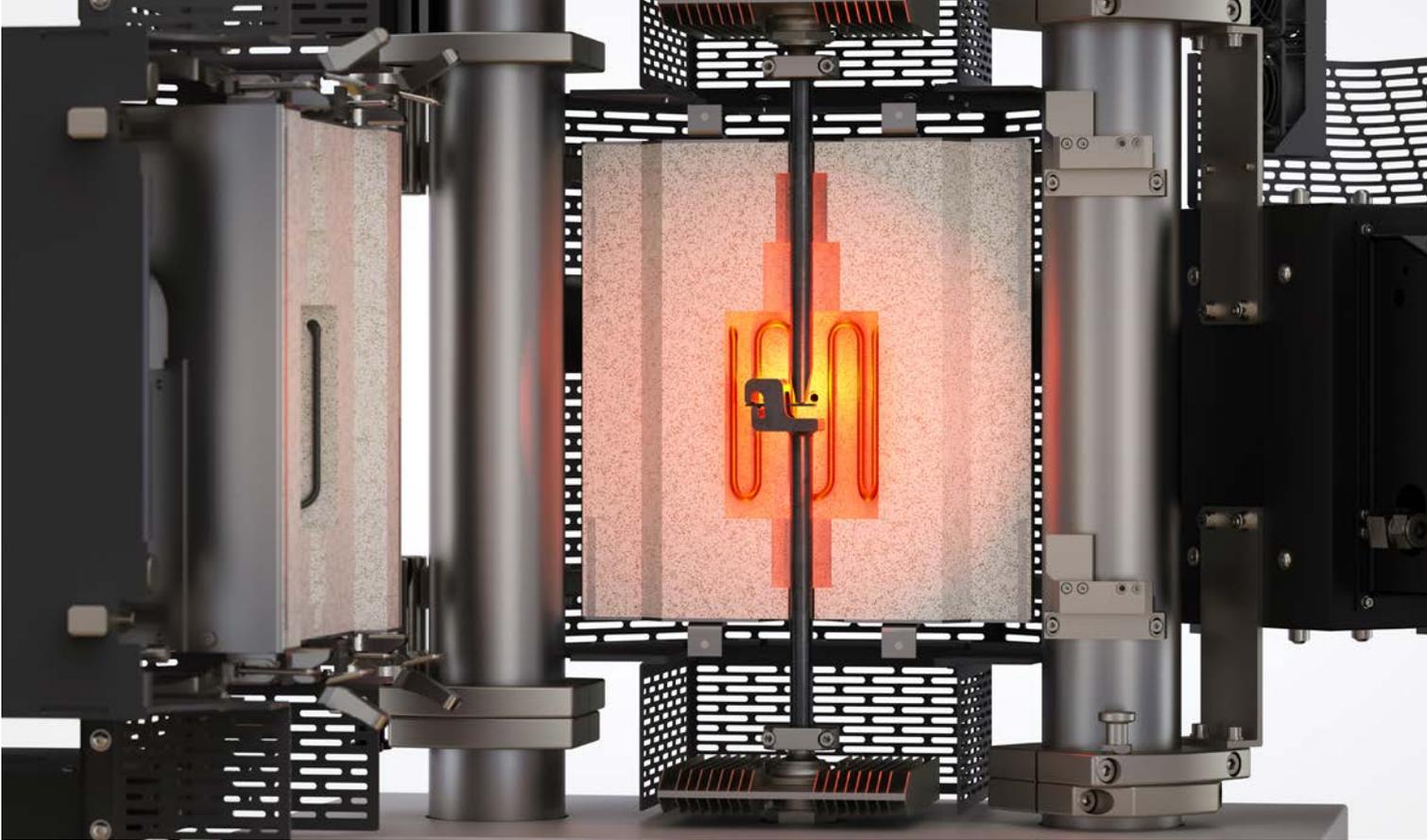


Diagramm des DMA GABO EPLEXOR®:
Kraftsensoren sind auswechselbar



Einblick in den 1500 °C-Hochtemperatur-Ofen; die Probenkammer ist rot dargestellt. Das System kann entweder manual oder mittels elektronischem Gasflussregler betrieben werden.

Größter Temperaturbereich von -160 °C bis 1500 °C

Der Anwender kann aus zwei unterschiedliche Öfen auswählen: ein Standardofen von -160 °C bis 500 °C und ein Hochtemperatur-Öfen für den Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 1500 °C.

Um den gesamten Temperaturbereich auszuschöpfen, können ein Standard- und ein Hochtemperatur-Ofen gleichzeitig am selben System angebracht werden.

Für die Untersuchung von Metallen, Gläsern, Keramiken oder Verbundwerkstoffen

Bei der DMA GABO EPLEXOR®-Serie bis ± 500 N wird ein sehr steifer Rahmen verwendet, der direkte Kompressionsversuche an Festkörpern in dehnungs-geregelten Messungen erlaubt. Aufgrund der geringen Nachgiebigkeit sind auch Untersuchungen an sehr steifen Proben möglich. Die digitale dynamische Dehnungsauflösung beträgt 1 nm!

Bestimmung des linearen und nicht-linearen mechanischen Verhaltens

Der DMA GABO EPLEXOR® HT und die DMA GABO EPLEXOR®-Serie sind die einzigen auf dem Markt erhältlichen DMA-Systeme, die sowohl lineare als auch nicht-lineare mechanische Eigenschaften der zu untersuchenden Materialien bestimmen können. Nicht-lineare Eigenschaften können mittels Fourier-Transformation (FFT) und Hystereseanalyse (optional) ausgewertet werden. Alle dynamischen Parameter (E' , E'' , $\tan \delta$) sind auf lineare und nicht-lineare Probensimulationen ausgelegt.

... ERÖFFNET NEUE APPLIKATIONSPERSPEKTIVEN

Für jede Applikation der perfekte Probenhalter

Für zuverlässige Messergebnisse sind Probenhalter für eine Vielzahl von Probengeometrien und Temperaturbereiche erhältlich:

- Kompressionshalter aus SSiC – bis 1500 °C/1000 N
- 3-Punkt-Biegung (20- und 40-mm freie Biegelänge, SSiC) bis 1500 °C/500 N
- Asymmetrische Biegehalter, SSiC – bis 1500 °C/25 N
- Zughalter aus einer hochtemperaturbeständiger Legierung – bis 900 °C

Gesintertes Siliciumcarbid (SSiC), das beständig gegen hohe Temperaturen und Temperaturwechsel ist, ist steif und zeichnet sich durch hohe Wärmeleitfähigkeit sowie hohe Verschleißfestigkeit aus. Somit ist es das optimale Material für Messungen bis 1500 °C.

Zusätzlich können alle Probenhalter für das DMA GABO EPLEXOR® 500 N-System wie Doppelscherung oder ein- und zweiarmige Biegung in niedrigeren Temperaturbereichen bis 500 °C eingesetzt werden.



3-Punkt-Biegung
20 mm



3-Punkt-Biegung
40 mm



Asymmetrische
Biegung



Kompression



Zug

Technische Eckdaten

DMA GABO EPLEXOR® HT-Series bis 500 N

	EPLEXOR® HT 25 N	EPLEXOR® HT 100 N	EPLEXOR® HT 150 N	EPLEXOR® HT 500 N
Dynamischer Kraftbereich	± 25 N (50 N)*	± 100 N (200 N)*	± 150 N (300 N)*	± 500 N (1000 N)*
Statischer Kraftbereich	150 N (optional: 1500 N)	1500 N	1500 N	1500 N
Dynamische Verformung	± 1,5 mm (3 mm)*	± 1,5 mm (3 mm)*	± 1,5 mm (3 mm)* optional: ± 3 mm (6 mm)*	± 1,5 mm (3 mm)* optional: ± 6 mm (12 mm)*
Statische Verformung	Bis 60 mm	Bis 60 mm	Bis 60 mm	Bis 60 mm
Frequenzbereich	0,001 Hz bis 100 Hz Optionaler Bereich: 0,0001 bis 200 Hz	0,001 Hz bis 100 Hz Optionaler Bereich: 0,0001 bis 200 Hz	0,001 Hz bis 100 Hz Optionaler Bereich: 0,0001 bis 200 Hz	0,001 Hz bis 100 Hz Optionaler Bereich: 0,0001 bis 200 Hz
Temperatur	RT bis 1500 °C RT bis 500 °C Optional**: -160 °C bis 500 °C	RT bis 1500 °C RT bis 500 °C Optional**: -160 °C bis 500 °C	RT bis 1500 °C RT bis 500 °C Optional**: -160 °C bis 500 °C	RT bis 1500 °C RT bis 500 °C Optional**: -160 °C bis 500 °C
Kühlsysteme für 500 °C-Ofen	LN ₂ (bis -160 °C) oder Druckluft (-60 °C bis 300 °C)	LN ₂ (bis -160 °C) oder Druckluft (-60 °C bis 300 °C)	LN ₂ (bis -160 °C) oder Druckluft (-60 °C bis 300 °C)	LN ₂ (bis -160 °C) oder Druckluft (-60 °C bis 300 °C)
Max. Heizraten für 1000 °C/ 1500 °C-Öfen	50 K/min (bis 1000 °C)			
Heizrate während ballistischer Aufheizung	30 min zwischen RT und 1500 °C			

* Peakkraft (Peak-to-Peak)

** Ein Tief- und ein Hochtemperatur-Ofen können bei bereits installierten DMA GABO EPLEXOR® HT-Systemen nachgerüstet werden.

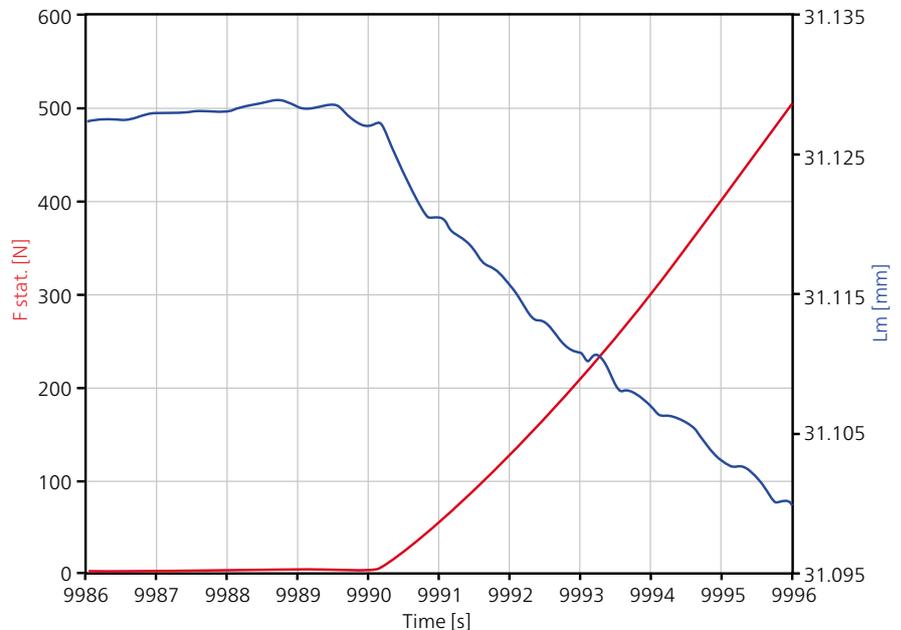
Applikationen

Biegeversuch an Bauxit*

Bauxit ist ein Aluminiumerz und Basis für die Herstellung von metallischem Aluminium.

Um das mechanische Verhalten von Bauxit zu charakterisieren, wurde in diesem Beispiel ein Materialstab bei 800 °C mit 3-Punkt-Biegevorrichtung gemessen. Die Temperatur wurde konstant gehalten, während die statische Kraft um 85 N pro Sekunde erhöht wurde (d. h. ca. 510 N innerhalb von 6 Sekunden); unter diesen Bedingungen wies die Probe eine Biegung von ca. 30 µm auf.

DMA-Geräte sind nicht speziell auf zerstörende Experimente ausgelegt, jedoch bietet das einzigartige Blattfedersystem in der DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie in diesem Fall ein größtmögliches 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.

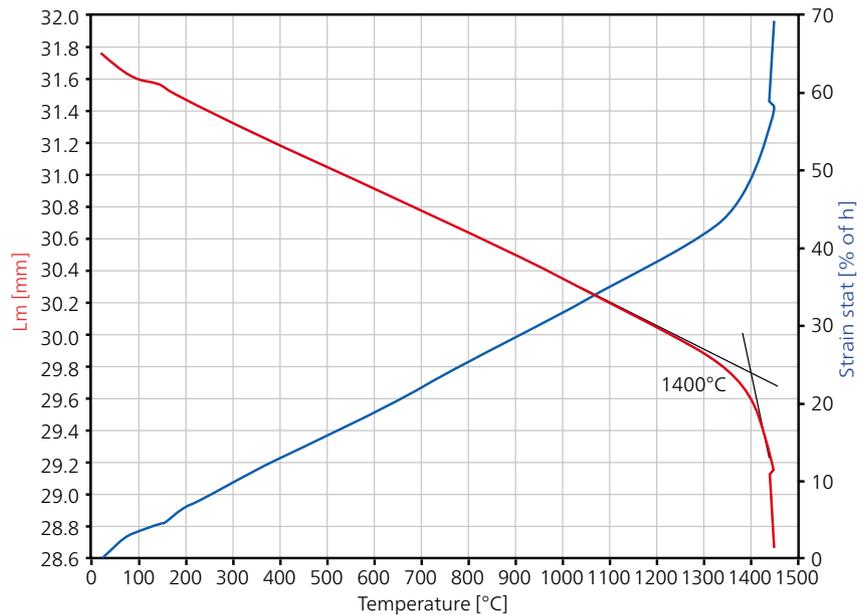


* Wir danken dem Fraunhofer ISC, Bayreuth, für die Bereitstellung der Messungen

Biegung und Erweichung einer Al_2O_3 -Metallverbindung*

Die Aufheizung einer keramischen/ Metallverbindung mit Al_2O_3 als Keramikkomponente im 3-Punkt-Biegemodus bis 1450 °C 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 Dehnung von ca. 40 % (relativ zur ursprünglichen Probenhöhe) entspricht. Bei ca. 1400 °C (extrapolierte Onsettemperatur) ist diese noch ausgeprägter, was auf die Erweichung der Probe aufgrund der Schmelzphase des enthaltenen Metalls zurückzuführen ist.

Die DMA GABO EPLEXOR® HT-Serie ist speziell für solche hohen Temperatur ausgelegt.



DMA-Test an Al_2O_3 + Metall; 3-Punkt-Biegemodus; Heizrate: 5 K/min; statische Kraft: 50 N. Die statische Dehnung ist in Blau, die Durchbiegung der Probe in Rot dargestellt.

Expertise in Service

TECHNISCHER SERVICE



Wartung und Reparatur



Software-Updates



Austauschservice



Kalibrier-service



Ersatzteil-service



Umzugs-service

SCHULUNG



Schulung



Umfangreiche Geräte- und Methodenschulungen

LABOR



Applikationsservice und Auftragsmessungen

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