

NETZSCH

Proven Excellence.



Dilatometer-Serie

DIL 402 *Expedis*® *Select*, *Supreme* und *Supreme HT*

Methode, Technik, Applikationen

Analyzing & Testing

Dilatometrie



Die Methode zur Messung von Dimensionsänderungen

Immer, wenn ein Material Temperaturänderungen ausgesetzt ist, ändern sich seine Dimensionen. Ob während der regulären thermischen Ausdehnung, beim Durchlaufen einer Phasenumwandlung oder während eines Sinterprozesses – das Material schrumpft oder dehnt sich aus.

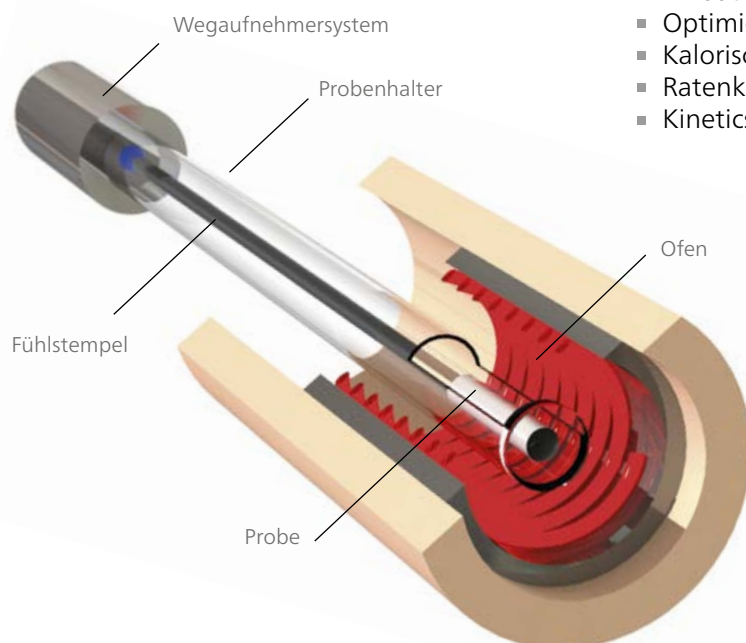
Dilatometrie ist die Methode der Wahl, um Längenänderungen von Keramiken, Gläsern, Metallen, Verbundwerkstoffen und Polymeren, aber auch anderen Konstruktionswerkstoffen zu untersuchen. So lassen Informationen über das thermische Verhalten und über Prozessparameter oder die Sinter- (und Vernetzungs-) Kinetik erhalten.

Zur Vorbereitung einer Dilatometermessung wird eine Probe mit planparallelen Stirnflächen in den Probenhalter eingelegt und in Kontakt mit dem Fühlstempel gebracht. Nach Schließen des Ofens kann das Experiment gestartet werden.

Die thermische Ausdehnung der Probe während der Aufheizung wird vom Wegaufnehmersystem, das mit dem Fühlstempel verbunden ist, detektiert.

Informationen aus DIL-Messungen

- Lineare thermische Ausdehnung
- Thermischer Längenausdehnungskoeffizient (CTE)
- Volumenausdehnung
- Schrumpfung und Schrumpfstufe
- Erweichungspunkt
- Glasübergangstemperatur
- Phasenumwandlung
- Sinter Temperatur und -stufe
- Dichteänderung
- Einfluss von Additiven und Rohmaterialien
- Zersetzungstemperatur von z.B. organischen Bindemitteln
- Anisotropie
- Optimierung von Brennprozessen
- Kalorische Effekte mittels *c-DTA*®
- Ratenkontrolliertes Sintern (RCS)
- Kinetics Neo



Dilatometrie neu definiert

MAXIMALE FLEXIBILITÄT

Der Ofenschlitten der DIL *Expedis*® *Select/Supreme*-Standard-Versionen für bis zu zwei Öfen ermöglicht es, den Temperaturbereich von -180 °C bis 2000 °C abzudecken oder alternativ den Probendurchsatz zu erhöhen.

HÖCHSTE VIELSEITIGKEIT

Aufgrund des großen dynamischen Kraftbereichs (Anpresskraft) des Messsystems ist es möglich, sowohl weiche als auch harte Proben ohne Verformung oder Schädigung zu untersuchen. Zusätzlich lässt das Messsystem Kraftmodulation zu und schlägt somit eine Brücke zur thermomechanischen Analyse (TMA).



NanoEye – GRÖSSTER MESS- BEREICH & HÖCHSTE AUFLÖSUNG

Das neue wegweisende opto-elektro-
nische NanoEye-Messsystem besticht
durch perfekte Linearität und maximale
Auflösung über einen bis dato
unerreichten Messbereich.

Gerätetyp	Auflösung	Messbereich
Select	1 nm	± 10 mm
Supreme	0,1 nm	± 25 mm

ANWENDER- OPTIMIERTER AUFBAU

Die einstellbare Anpresskraft, auch für
fragile Proben, eingebaute Massen-
durchflussregler und die elektrische
Thermostatisierung der Messzelle zur
Eliminierung von Temperatureinflüssen
aus der Umgebung sorgen für Benutzer-
freundlichkeit und maximale
Betriebssicherheit.

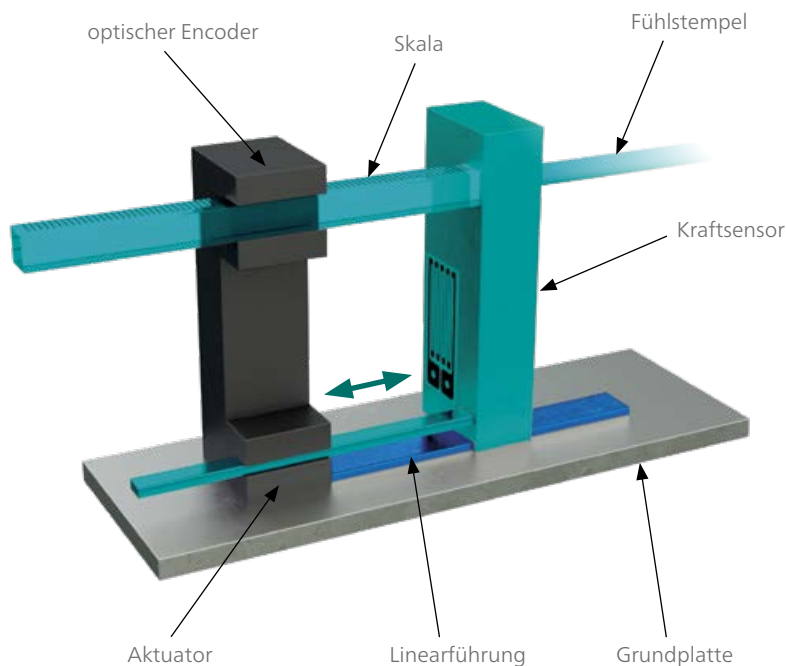
ALL-IN-ONE DESIGN
MODULARES KONZEPT
EINZEL- ODER DOPPEL-DILATOMETER
HOHER PROBENDURCHSATZ
GERINGE BETRIEBSKOSTEN
SCHNELLER START DER MESSUNG
GROßER TEMPERATURBEREICH
ROHRPROBENHALTER
STABPROBENHALTER
KRAFTMODULATION
OFENVIELFALT
MOTORISIERTER OFFEN
AUSTAUSCHBARE ÖFEN
ROBUST
MULTITOUCH
NANO EYE
HÖCHSTE AUFLÖSUNG
PERFEKTE LINEARITÄT
KONSTANTE AUFLÖSUNG
**ANWENDEROPTIMIERTER
AUFBAU**
BENUTZERFREUNDLICH
INNOVATIVE KRAFTREGELUNG
HÖCHSTE PRÄZISION
MAXIMALE FLEXIBILITÄT
VARIABLE ANPRESSKRAFT
FRAGILE PROBEN
HÖCHSTE REPRODUZIERBARKEIT
HÖCHSTE VIELSEITIGKEIT
AUTOMATISCHE
LÄNGENBESTIMMUNG
WEICHE PROBEN
DÄMPFUNG DER OFFENFÜHRUNG
ISOLIERTE MESSZELLE
KEIN KÜHLTHERMOSTAT
PRÄZISE ANPRESSKRAFT
KONSTANTE ANPRESSKRAFT
GROßER MESSBEREICH
VERSTELLBARES THERMOELEMENT
LANGZEIT-MESSUNGEN
ANSPRUCHSVOLLE APPLIKATIONEN
VAKUUMDICHT
DEFINIERTER ATMOSPHERE
MASSENDURCHFLUSSREGLER
EINFACHER PROBENHALTERWECHSEL
SCHNELLER & EINFACHER OFFENWECHSEL
ROBUSTE PROBENHALTER
EINFACHES REINIGEN

NanoEye

Eine neue Dimension in Messbereich und Genauigkeit

In der klassischen Dilatometrie sind die beiden Parameter **großer Messbereich** und **hohe Auflösung** meistens nicht kombinierbar. Erhöht sich die Auflösung, verkleinert sich gewöhnlich der Messbereich und umgekehrt.

NanoEye, das neuartige opto-elektronische Wegmesssystem, überwindet diesen Konflikt und bietet eine Nanometer-Auflösung in Verbindung mit einem bisher unerreichten Messbereich.



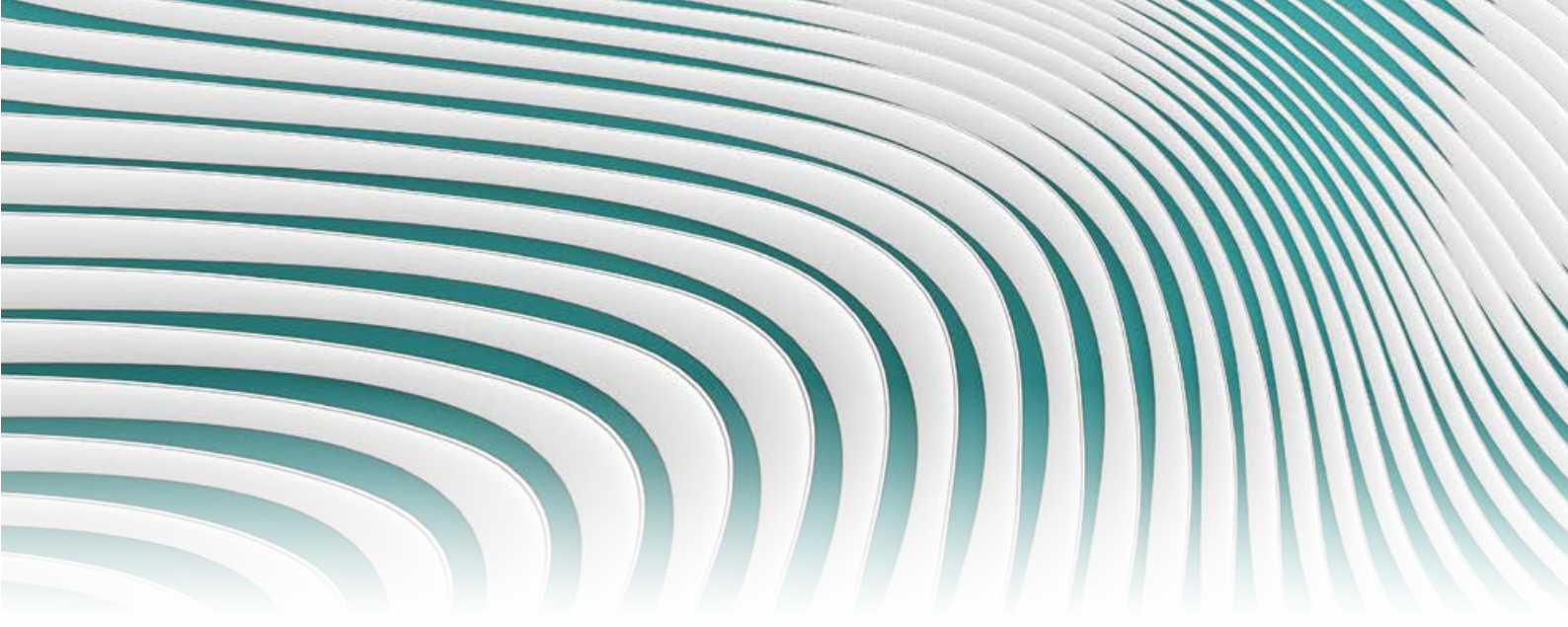
Schema der *NanoEye*-Messzelle

Funktionsprinzip

Dehnt sich die Probe während einer Messung aus, bewegen sich alle **grünen** Komponenten in der Grafik durch die Linearführung (**blau**) nach hinten. Der optische Encoder bestimmt die zugehörige Längenänderung direkt auf der entsprechenden Skala.

NanoEye besteht aus:

- einem Aktuator, der die geregelte Anpresskraft aufbringt und den Fühlstempel zur Anpassung variabler Probenlängen bewegt
- einem elastischen Kraftsensor, der die aktuelle Anpresskraft detektiert
- einem optischen Encoder (plus Skala), der die ursprüngliche Probenlänge mit einer definierten Anpresskraft misst und die Längenänderung der Probe bestimmt



Vorteile durch *NanoEye*

Perfekte Linearität

im Vergleich zu herkömmlichen Wegmesssystemen – für Messungen von großen thermischen Ausdehnungen und mit unerreichter Linearität über den gesamten Messbereich

Größerer Messbereich als jemals zuvor

bis zu einem Faktor von 10 im Vergleich zu traditionellen Dilatometern – für Messungen an Proben mit verschiedenen Längen und unterschiedlichem thermischen Ausdehnungsverhalten ohne manuelle Anpassung des Messbereichs

Reibungsfreie Konstruktion

ohne Gleitreibung und Rollwiderstand sowie Haft-Gleit-Effekte – für höchste Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Wegbestimmung mit Nanometer-Auflösung

über den gesamten Messbereich – zur Detektion kleinster Effekte bei jeder Temperatur

Geregelte Anpresskraft während der gesamten Messung

für Messungen an kleinen, heiklen, zerbrechlichen oder geschäumten Proben ohne Risiko einer nicht reproduzierbaren Deformation

Extrem kleine Kräfte

einstellbar – für Messungen an Grünkörpern oder weichen Proben

Wartungsfrei

Die beiden Standard-Versionen des DIL 402 *Expedis*® wurden speziell für den Bereich Forschung & Entwicklung, aber auch für anspruchsvolle Applikationen in der Industrie entwickelt: Das umfangreich ausgestattete Modell *Supreme* und das erweiterbare Modell *Select* (ein detaillierter Vergleich beider Modelle ist auf Seite 25 zu finden).

Vorbereitet auf zukünftige Herausforderungen

Optimale Anpassungsfähigkeit

Ein oder zwei Öfen, manuelle oder motorisierte Ofenbewegung, Einzel- oder Doppel-Probenhalter, Rohr- oder Stab-Probenhalter ... dies sind nur einige der Ausstattungsvarianten von *Expedis*® *Select* oder *Supreme*, um nahezu jeder Applikation gerecht zu werden.

Hoher Probendurchsatz

Die Kombination aus Doppel-Ofen-Design und Doppel-Probenhalter im dualen Modus erhöht die Anzahl der möglichen Messungen und somit die Produktivität der Apparatur signifikant.





Größte Variabilität in der Anpresskraft

Die DIL 402 *Expedis*®-Serie ist die erste horizontale Dilatometer-Serie, die Kraftmodulation erlaubt und somit die Lücke zwischen Dilatometrie und thermomechanischer Analyse unter oszillierender Last schließt.

Für Untersuchungen unter statischen Kraftbedingungen können verschiedene Anpresskräfte gewählt werden. Somit sind beide Modelle nicht nur zur Messung weicher Proben, sondern auch zur Untersuchung spröder und fragiler Materialien geeignet.

Größter Temperaturbereich von -180 °C bis 2000 °C

Es sind verschiedene Öfen erhältlich. Zusammen mit der Doppelofenhalterung lässt sich damit der gesamte Temperaturbereich abdecken.

Ofentyp/Heizelement	Max. Temperaturbereich
Kupfer	-180 °C ... 500 °C
Edelstahl	-150 °C ... 1000 °C
Quarzglas (SiO ₂)	RT ... 1150 °C
Siliziumkarbid (SiC)	RT ... 1600 °C
Grafit	RT ... 2000 °C

*DIL 402 Expedis® Select/Supreme
– Herausragende Merkmale der
Standard-Versionen*

Intelligente Bedienbarkeit – mehr als nur anwenderfreundlich

Automatische Proben- längenbestimmung

Die Messung der Probenlänge mit einem Messschieber kann, insbesondere bei weichen Proben, zu einer Streuung der Ergebnisse führen. Das DIL 402 *Expedis*® ist jedoch in der Lage, die Ausgangsprobenlänge automatisch mit der vordefinierten Anpresskraft zu bestimmen, die auch während der Messung vorliegt.

Konstante Auflösung über einen großen Messbereich

Signalüberläufe konnten in der Vergangenheit oftmals nur durch Anpassung des Messbereichs an die erwarteten Dimensionsänderungen oder durch Reduzierung der Probenlänge vermieden werden. Mit dem DIL 402 *Expedis*® ist ein einziger Messbereich ausreichend, um selbst größte Dimensionsänderungen mit konstant hoher Auflösung quantifizieren zu können.

Perfekte Temperaturstabilität des Messsystems

Dank der ausgeklügelten elektronischen Temperierung von *NanoEye* bleibt das Messsignal unbeeinflusst von Temperaturschwankungen aus der Umgebung.

Temperaturmessung auf den Punkt gebracht

Die Position des Proben-thermoelements (falls benutzt) kann mittels einer geführten Kapillare schnell und einfach verändert werden. Dies sorgt bei Proben mit variabler Länge für eine genaue Temperaturbestimmung.



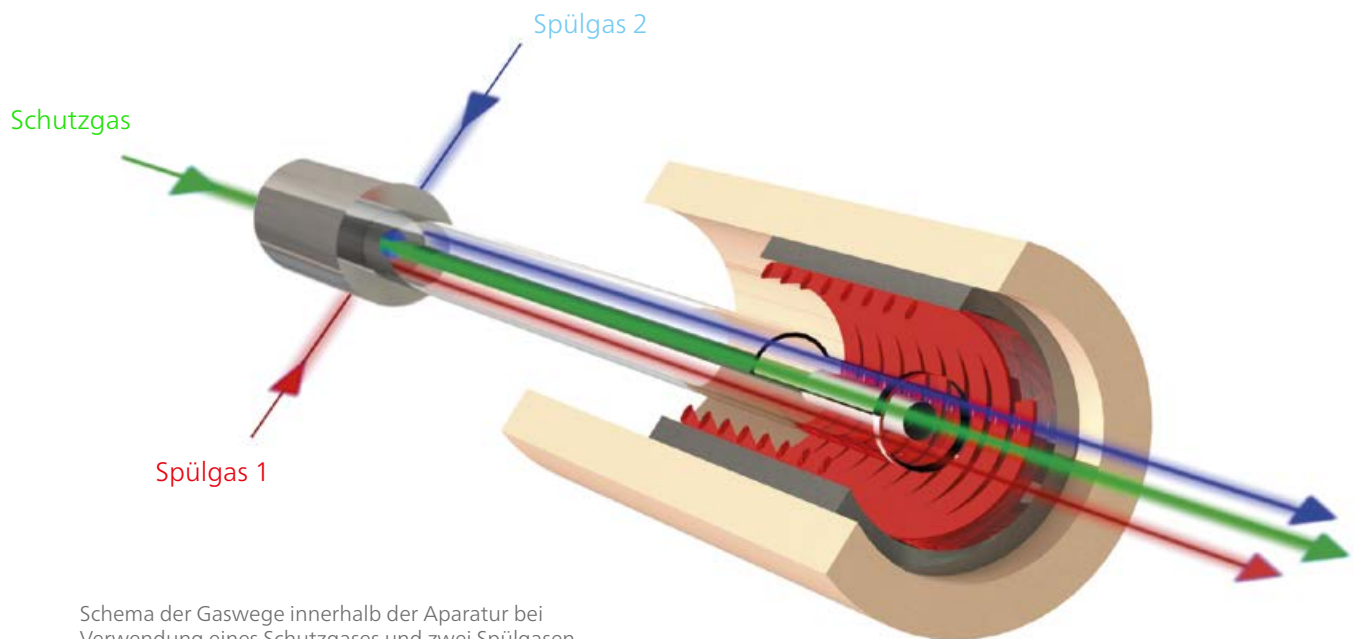
MultiTouch

Eine stabile Positionierung der Proben innerhalb des Probenhalters ist ein entscheidender Faktor für erfolgreiche Messungen. Durch die *MultiTouch*-Funktion wird die Probe völlig automatisch in die optimale Position „gerüttelt“.

Ausgezeichnete Bedingungen für reine Atmosphären

Separate Gaswege für Schutz- und Spülgase

Bei Verwendung von drei unabhängigen Massendurchflussreglern (MFC, optional) werden die Gasflusswege innerhalb der Apparatur aufgeteilt: Das Schutzgas fließt zunächst durch die Messzelle und tritt dann in die Probenkammer ein, wohingegen das Spülgas direkt in die Probenkammer geführt wird. Alle Schutz- und Spülgase verlassen die Apparatur zusammen über den Ofenauslass. In der Standardausführung – bei nur einem integrierten MFC – nimmt das Gas, wie oben beschrieben, den gleichen Weg wie das Schutzgas.





Siliziumcarbid-Ofen mit angeschlossener Transferleitung für die Emissionsgasanalyse

Vakuumdichter Aufbau für ideale Probenbedingungen

Die Apparatur kann mit Evakuierungssystemen, wie z.B. *AutoVac* für schnelles Evakuieren und Wiederbefüllen mit Gas sowie für Messungen unter Vakuum, ausgestattet werden.

Sauerstofffreie Messung zur Untersuchung von Metallen und Legierungen

Um die Restsauerstoffkonzentration möglichst gering zu halten, kann *OTS®* (Oxygen Trap System) während der Messung eingesetzt werden. Dazu wird in den Probenhalter ein Getterring auf einer Keramikunterlage eingebracht, der den Restsauerstoff innerhalb des inerten Spülgases abfängt.

Identifizierung mittels Emissionsgasanalyse

Der vakuumdichte Aufbau des DIL 402 *Expedis®* mit SiC-Ofen ist bestens geeignet zum Anschluss an ein QMS oder ein FT-IR über eine Kapillarkopplung. Das ermöglicht das Ausgasen von Verunreinigungen, Additiven, organischen Bindemitteln und/oder Zersetzungsprodukten.

DIL 402 *Expedis*® Supreme Glovebox-Version



Für Untersuchungen, die besonderer Sorgfalt bedürfen

Die Herausforderung bei sehr sauerstoff- oder feuchtigkeitsempfindlichen Materialien und in den Fällen, wo der Anwender vor den Probeneigenschaften geschützt werden muss, können oft nur durch Anwendung einer Glovebox bewältigt werden. Genau dafür wurde die Glovebox-Version des DIL 402 *Expedis*® Supreme entwickelt – ein Muss für Gloveboxes, die nach der Implementierung nicht mehr geöffnet werden können.

Das Gehäuse des Dilatometers ist komplett aus Edelstahl gefertigt. Somit gibt es keine Plastikteile, die mit den Proben oder der Umgebung wechselwirken können.

Für Messungen bis 1650 °C (Ofentemperatur) in Argonatmosphäre bietet NETZSCH einen Rhodiumofen an, der speziell für diese Aufgabe konzipiert wurde.

Komfortable Handhabung

Beim Arbeiten in einer Glovebox ist die Bewegungsfreiheit des Anwenders oftmals stark eingeschränkt, doch die Glovebox-Version des DIL 402 *Expedis*® *Supreme* mit ihren großen, leicht zugänglichen Tasten erlaubt ein flüssiges Arbeiten.

Die Elektronik des Systems ist – soweit möglich – von den mechanischen Teilen getrennt und für eine Position von außerhalb der Glovebox konzipiert.

Die Fernbedienung (Option) erleichtert die Positionierung von Fühlstempel oder Ofen (Option) außerhalb der Glovebox. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn sich Dilatometer und Steuerung nicht zusammen im Aktionsradius des Anwenders befinden.

Alternativ ist ein separates Bedienfeld für das Arbeiten in der Glovebox mit großen Tasten und einem Gehäuse aus Edelstahl erhältlich.

Der Anwender kann es mit Handschuhen bedienen und dort positionieren, wo es am besten passt. Fühlstempel und Ofen können auch mit Handschuhen verschoben werden.

Die Funktion *Multitouch* (siehe Seite 11) stellt sicher, dass die Probe nach dem Einlegen in die optimale Position gebracht wird, ohne den Probenhalter oder die Apparatur antippen zu müssen.

Die Probenhalter sind als Einzel- oder Doppelsysteme erhältlich. Um den Probenhalterwechsel so einfach wie möglich zu gestalten, ist der Ofen schwenkbar; es werden ausschließlich Knebel- oder Rändelschrauben verwendet, die sich auch mit Handschuhen einfach handhaben lassen.



Glovebox-Version des DIL 402 *Expedis*® *Supreme* mit separatem Bedienfeld (Option) für Anwendungen innerhalb der Glovebox



Glovebox-Version des DIL 402 *Expedis*® *Supreme* mit Fernbedienung (Option) für Anwendungen außerhalb der Glovebox

Ausgeklügelte Lösungen für anspruchsvolle Aufgaben

DIL 402 *Expedis*® Supreme HT bis 2800 °C

Weitester Anwendungsbereich

Zwei Grafitöfen mit Endtemperaturen von 2400 °C und 2800 °C sorgen für die richtige Konfiguration bei der Messung der thermischen Ausdehnung von Metallen, Legierungen, Keramiken und Verbundwerkstoffen in der Luft- und Raumfahrt, Energieerzeugung, Öl- und Gasindustrie oder für anspruchsvolle Forschungsprojekte. Über einen Adapter lassen sich diese Grafitöfen durch einen Standardofen, wie SiC, SiO₂, Cu oder Stahl, ersetzen.

Aber auch das Gegenteil ist möglich: Ein DIL 402 *Expedis*® Supreme HT-Messteil mit Standardofen kann jederzeit mit einem Hochtemperaturofen nachgerüstet werden.

Pyrometer zur Detektion höchster Temperaturen

Da W-Rh-Thermoelemente über 2000 °C mit Grafit reagieren können, wird die Proben temperatur des DIL 402 *Expedis*® Supreme HT optisch mit einem leistungsfähigen Pyrometer ab Raumtemperatur ermittelt.

Ausgeklügeltes Sicherheitssystem

Ein ausgeklügeltes Sicherheitssystem überwacht das Kühlwasser und den Spülgasfluss während der gesamten Messung.

Variable Gasatmosphäre im Fokus

Im DIL 402 *Expedis*® Supreme HT sind Proben- und Ofenkammer immer durch ein Schutzrohr (Glaskohlenstoff oder Aluminiumoxid) voneinander getrennt. Dies erlaubt die Verwendung unterschiedlicher Atmosphären um die Probe und die Heizelemente. In Kombination mit einem Aluminiumoxid-Schutzrohr (maximale Ofentemperatur: 1680 °C) kann die Probe sogar in Luftatmosphäre gemessen werden.

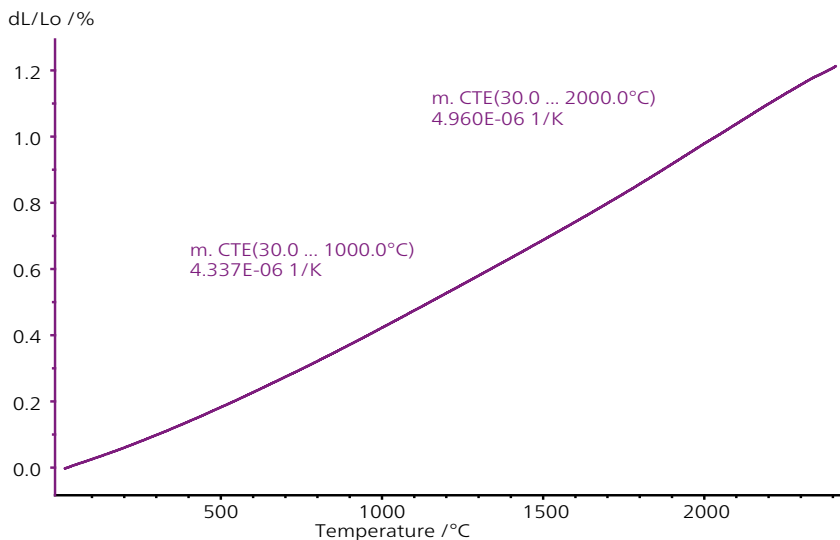
Das optionale *AutoVac*-System zum Evakuieren und Wiederbefüllen der Probenkammer mit integrierter Spülung des Pyrometerfensters unterstützt effektiv den direkten Wechsel zwischen oxidierenden und inerten Bedingungen.





DIL 402 *Expedis*[®] Supreme HT mit 2800 °C-Ofen. Aufgrund des Gewichts des Hochtemperaturofens plus Peripherie ist der Ofenschlitten nur für einen Ofen ausgelegt.

Für horizontale Dilatometer Weitester Temperatur- bereich auf dem Markt



DIL-Messung an rekristallisiertem Siliciumcarbid (RSiC), Grafit-Probenhalter, Grafit-Schutzplättchen (zwischen Probe und Probenhalter/Fühlstempel), Ausgangsprobenlänge: 18,98 mm, He-Atmosphäre (50 ml/min), Heizrate von 10 K/min.

Rekristallisiertes Siliciumcarbid bis 2400 °C

Rekristallisiertes gesintertes SiC (RSiC) ist eine technische Keramik, die oft bei Temperaturen um 2400 °C hergestellt wird. Während des Sinterns wird eine Mischung aus fein- und grobgemahlenem Pulver nahezu schwingungsfrei in eine kompakte SiC-Matrix umgewandelt.

Im vorliegenden Fall dehnt sich die Probe über den gesamten Temperaturbereich von RT bis 2400°C nur aus mit CTE-Werten von $4,337 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ (zwischen 30 °C und 1000 °C) und $4,960 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ (zwischen 30 °C und 2000 °C).

Proteus®-Software

Best Practice für Messung und Auswertung

Die einzigartige Proteus®-Dilatometer-Software hat alles, was sich Anwender schon immer gewünscht haben: Anhand der Messkurven lassen sich zuverlässige Ergebnisse einfach und schnell ermitteln. Die Software bietet dabei eine große Auswahl an Funktionen bei gleichzeitig übersichtlicher Benutzeroberfläche. Sie ist intuitiv und leicht bedienbar.

Weitere Optionen, die selbst den erfahrensten Anwender beeindruckern, sind insbesondere die *Density Determination*, das patentierte *c-DTA®*, das ratenkontrollierte Sintern und das innovative Software-Feature *Identify* (mehr zu *Identify* auf den Seiten 20/21).

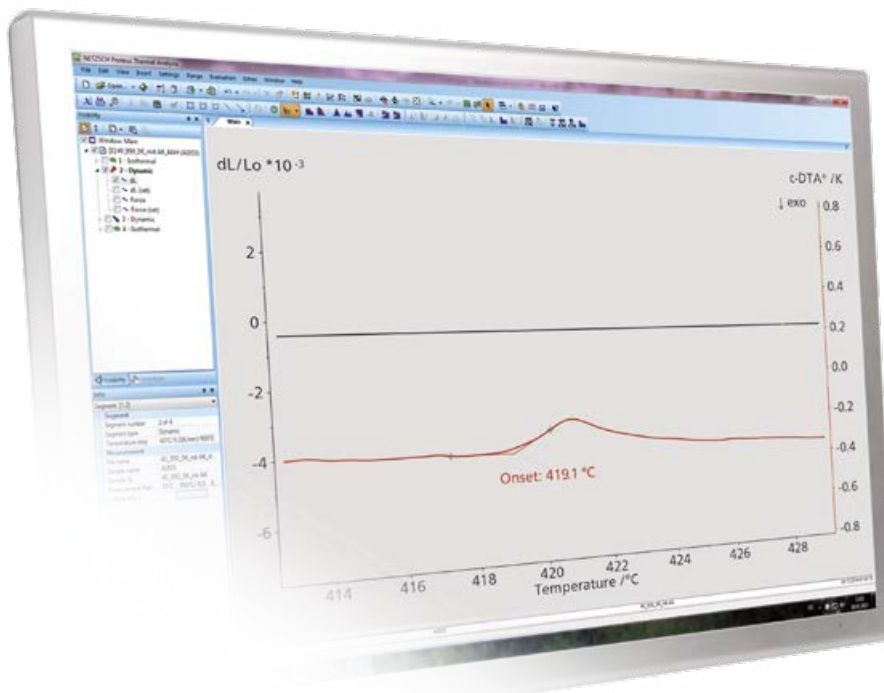
Density Determination

Diese Programmiererweiterung erlaubt die Bestimmung der Dichteänderung von Proben unterschiedlicher Konsistenz, d.h. von Festkörpern, viskosen Materialien wie Pasten, Flüssigkeiten oder Schmelzen sowie die Volumenausdehnung isotroper Materialien.

Patentierte* c-DTA®

Das c-DTA®-Signal ermöglicht die simultane Analyse von Längenänderungen sowie endothermen/exothermen Effekten und kann zur Temperaturkalibrierung herangezogen werden.

* DE102013100686



Spezielle Eigenschaften der Proteus®-Software für DIL 402 Expedis® Select und Supreme auf einen Blick*

Softwaregesteuerte Kraftregelung
(inkl. konstanter Kräfte, Rampen, Stufen)

Kraftmodulation

Density Determination

c-DTA® zur Temperaturkalibrierung oder Bestimmung von
kalorischen Effekten

RCS ratenkontrolliertes Sintern

Identify Identifizierung unbekannter $\Delta L/L_0$ -Kurven durch Daten-
bankvergleich

Advanced Software (für eine weiterführende Auswertung der Messdaten)*

Kinetics Neo

PeakSeparation (verwendet die 1. Ableitung)

*Ein Überblick über die Software-Eigenschaften, die in der jeweiligen Standard-
konfiguration enthalten sind, und diejenigen, die als Option erhältlich sind, ist
auf Seite 25 zu finden.

INFORMATIONEN AUF EINE
GRAFISCHE DARSTELLUNG
AUSGEKÜGELTE SOFTWARE
MULTIPLE FENSTER
METHODENBASIERTE MESSUNGEN
UMFANGREICHE TEMPERATURPROGRAMME
LOOP PROGRAMMING
(MESS-) STATUSFENSTER
VERGLEICHENDE ANALYSE
SIMULTANE ANALYSE
ZEIT- UND TEMPERATURSKALIERUNG
EXTRAPOLATION VON AUSDEHNUNGS-
KOEFFIZIENTEN AUF 20 °C
ÄNDERUNGEN VON EINHEITEN
ZOOMFUNKTION
ERWEICHUNGSPUNKTBESTIMMUNG
**RATENKONTROLLIERTES
SINTERN**
DATENEXPORT
TABELLARISCHER AUSDRUCK
DER ERGEBNISSE
IDENTIFY
OPTIMIERTE DATENSPEICHERUNG
DICHTEBESTIMMUNG
AUSWERTUNG VON
KURVENSCHAREN
XY-OFFSET-VERSCHIEBUNG
c-DTA®
EINGABE VON KOMMENTAREN
OFFSET-BESTIMMUNG AUF
DER BASIS VON ROHDATA
ONSET-EXTRAPOLATION
DIN- UND ASTM-KORREKTUREN
GASMANAGER
SEGMENTWEISE GASREGELUNG
AUTOMATISCHE DETEKTION
DER PROBENLÄNGE
EINGABEASSISTENT
SNAPSHOT
SPRUNGFUNKTIONEN
STATUSMELDUNGEN PER E-MAIL
PIP UND FLIP
AUTOMATISCHES LADEN MULTIPLER DATEIEN
IMPORT VON STANDARDTABELLEN
AUSWERTUNG ÜBER ALLE SEGMENTE
IMPORT- UND EXPORTROUTINEN
EINSTELLBARE GLÄTTUNGSFILTER
SPLINE-INTERPOLATION

Identify

Integrierte Kompetenz für thermische Analyse

Die innovative Software-Erweiterung *Identify* zur Identifizierung von Materialien und Interpretation von DIL-Messungen beinhaltet mehrere NETZSCH-Bibliotheken mit Hunderten von Einträgen aus den Bereichen Keramik, Anorganik, Metalle, Legierungen, Polymere und Organik. Zusätzlich lassen sich benutzerspezifische Bibliotheken erstellen, die mit anderen Anwendern innerhalb eines Computer-Netzwerks geteilt werden können.

Identify erlaubt die Identifizierung unbekannter Proben anhand der Absolutwerte der relativen Längenänderung sowie der Steigung oder der Form der Messkurve. Dies eröffnet unter anderem die Möglichkeit, bekannte Proben mit einer Vielzahl von anderen Proben zu vergleichen, um somit eine Aussage über prinzipielles Materialverhalten treffen zu können. Alle eigenen Messungen können in einer umfangreichen Datenbank gespeichert werden und stehen somit zur Identifizierung oder für einen Qualitätsvergleich mit künftigen Messungen zur Verfügung.



Identify – alle Informationen mit nur einem Mausklick



Identifizierung
unbekannter Messkurven

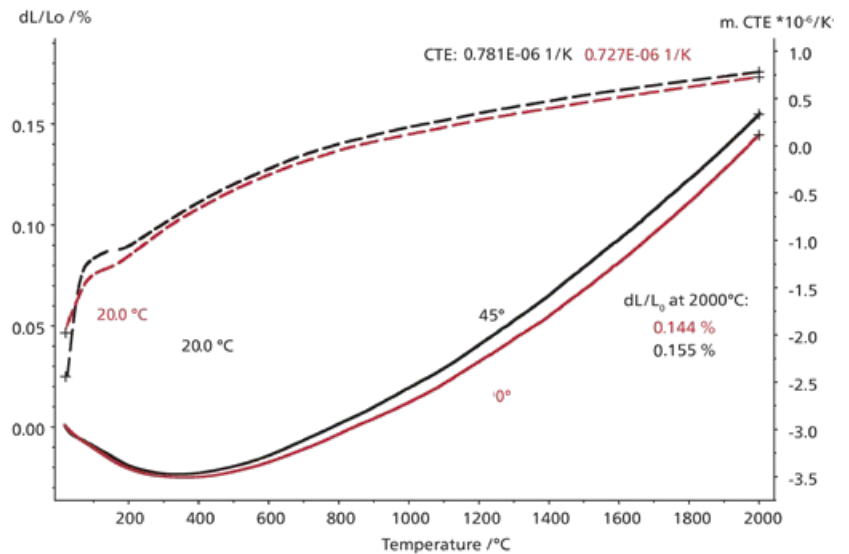
Qualitätskontrolle
durch Vergleich der aktuellen Messung mit ausgewählten
Datenbankeinträgen

Archivierungsfunktion
für vorhandene und neue Messungen



Applikationen

Thermisches Verhalten von kohlefaserverstärktem Kohlenstoff bis 2000 °C



Vergleich zweier Ausdehnungsmessungen an einem CFC-Material, gemessen 45° (schwarz) und 0° (rot) relativ zur Faserrichtung; Heizrate: 5 K/min, He-Atmosphäre, konstante Kraft: 225 mN, Grafitprobenhalter. Dargestellt sind die relativen Längenänderungen (durchgezogene Linien) und die mittleren Ausdehnungskoeffizienten (mittlerer CTE), basierend auf 20 °C (gestrichelte Linien).

Dieses Verbundmaterial besteht aus einer Matrix aus reinem Kohlenstoff, in die Kohlefasern eingelagert sind.

Die thermische Ausdehnung von CFC-Materialien hängt von deren Faserarchitektur ab. Hier wurden Untersuchungen an Proben mit Winkeln von 45° (schwarz) und 0° (rot) relativ zur Hauptfaserorientierung durchgeführt. Beide Kurven zeigen ein für faserverstärkte Verbundwerkstoffe charakteristisches Verhalten: auf ein Längenänderungsminimum zwischen ca. 300 °C und 400 °C folgt eine Ausdehnung.

Bei 2000 °C ist die relative Längenänderung (dL/L_0 in %) sowie der entsprechende mittlere CTE-Wert der

mit einem Winkel von 45° relativ zur Faserrichtung (schwarz) herausgeschnittenen Probe nur ca. 7 % höher als die der Probe, die mit einem Winkel von 0° herausgeschnitten wurde (0,155 % und $0.781 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ (schwarz) gegenüber 0,144 % und $0.727 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ (rot)).

Dies deutet auf eine geringe Abhängigkeit der Probeneigenschaften von den beiden Raumrichtungen hin.





Volumenausdehnung einer Aluminiumlegierung bis in die Schmelze

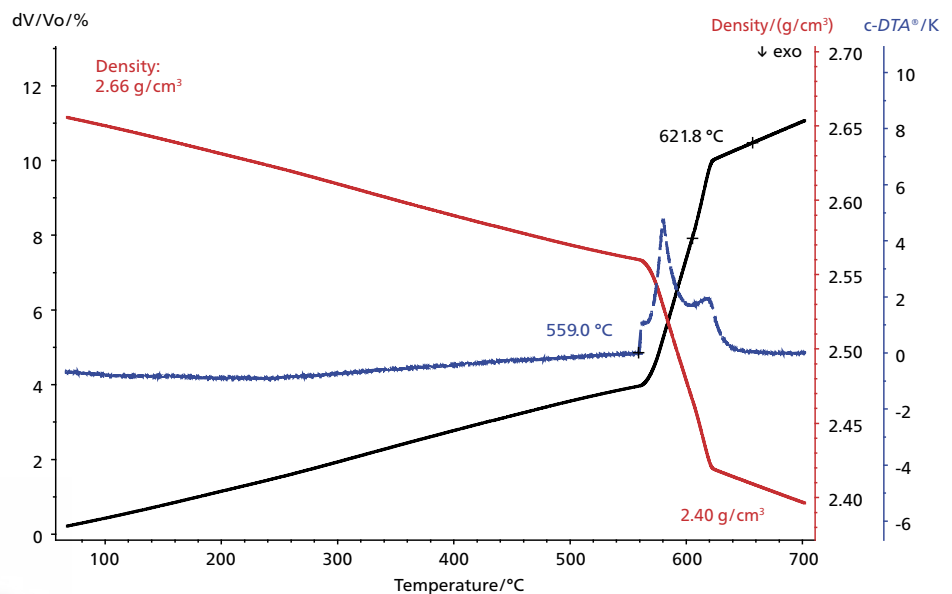
Hier ist das Verhalten einer Legierung auf Aluminiumbasis während der Aufheizung dargestellt. Gezeigt sind die Volumenausdehnung (dV/V_0 , schwarz) und Dichteänderung (rot), die beide mittels der NETZSCH-Software *Density Determination* aus den gemessenen thermischen Ausdehnungsdaten berechnet werden können.

Nach einer anfänglichen linearen Ausdehnung beginnt die Aluminiumlegierung bei 559 °C zu schmelzen (extrapolierte Onsettemperatur des c-DTA®-Signals, blau gestrichelte Kurve). Zur Realisierung dieses Experiments ist ein spezieller Container nötig (hier Aluminiumoxid, siehe Foto).

Während des Schmelzens tritt eine starke Ausdehnung auf. Oberhalb von 622 °C ist die gesamte Probe geschmolzen.

Während das Volumen ansteigt, nimmt die Dichte während der Messung um insgesamt ca. 10 % ab (von 2,66 g/cm³ auf 2,40 g/cm³).

Die c-DTA®-Kurve (blau) zeigt aufgrund endothermer Effekte deutlich den Schmelzbereich.



Thermisches Verhalten einer Aluminiumlegierung, Heizrate: 5 K/min, He-Atmosphäre, konstante Anpresskraft: 250 mN, Probenhalter und -container aus Al₂O₃. Dargestellt sind die Volumenausdehnung (schwarz durchgezogene Linie), die berechnete Dichteänderung (rot durchgezogene Linie) sowie die c-DTA®-Kurve (blau gestrichelte Linie).

Applikationen

Ohne Oxidation zu höchsten Temperaturen!

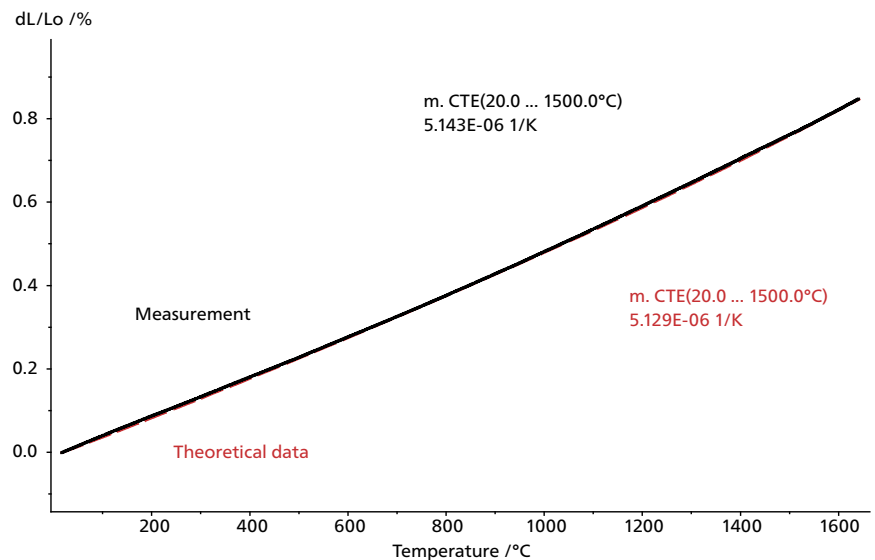
Wolfram ist bei hohen Temperaturen oxidationsempfindlich. Aufgrund des vakuumdichten Aufbaus des DIL 402 *Expedis*[®] *Supreme* kann das Material zur Bestimmung des wahren, unbeeinflussten Ausdehnungsverhaltens jedoch in Kombination mit OTS[®] (Oxygen Trap System) in reiner He-Atmosphäre gemessen werden. Selbst bei typischen Spülgasreinheiten mit einem Anteil von ca. 10 ppm Sauerstoff kann mit OTS eine oberflächliche Oxidation vollständig verhindert werden (Veränderung der Probenfarbe; siehe Foto unten links).

Vergleich von Messung und Literatur

Gemessener CTE
zwischen 20 °C und 1500 °C
 $5,143 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

Literaturdaten
(NIST-Standardtabelle)
 $5,129 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$

Differenz zwischen Messung
und Literatur
 $1,4 \times 10^{-8} \text{ 1/K}$



Thermisches Verhalten von Wolfram, Probenlänge: 25,00 mm, Heizrate: 5 K/min, He-Atmosphäre, konstante Anpresskraft: 250 mN, Probenhalter: Aluminiumoxid. Dargestellt sind die Längenänderung der Probe (schwarze durchgezogene Linie) zusammen mit den theoretischen Daten (rot gestrichelte Linie, entnommen aus der NIST-Standardtabelle).



Im obigen Bild ist die Messanordnung mit OTS dargestellt. Das Bild links zeigt zwei Wolfram-Proben nach Messungen bis jeweils 1640 °C. Die rechte rötliche Probe ist aufgrund der nicht sauerstofffreien Atmosphäre korrodiert. Die linke Probe ist aufgrund der sauerstofffreien Atmosphäre immer noch glänzend.

Konfigurationen

Parameter	Supreme	Select	Supreme HT
Max. Temperaturbereich	-180 °C ... 2000 °C	-180 °C ... 1600 °C	(-180°C)* ... RT ... 2800°C
Messbereich	50 mm (± 25 000 µm)	20 mm (± 10 000 µm)	50 mm (± 25 000 µm)
ΔL Auflösung (über den gesamten Messbereich)	0,1 nm	1 nm	0,1 nm
Doppelofenschlitten	■	■	N/A
Motorisierte Ofenbewegung	□	□	■
Vakuumdichter Aufbau	■	■	■
Automatisches Evakuierungssystem – AutoVac	□	□	□
Massendurchflussregler (MFC) – einzeln/ dreifach	■ / □	■ / □	■ / □
Erhältliche Kühleinrichtungen	Vortex, LN ₂	Vortex, LN ₂	Vortex, LN ₂
Elektrische Temperierung der Messzelle	■	■	■
Kraftänderung (Rampe, Stufe, bei jedem neuen Segment)	■	■	■
Kraftmodulation (Frequenzbereich bis 1 Hz)	■	□	■
Einzel-/Doppel-DIL	■ / □	■ / □	■ / □
Automatische Probenlängendetektion	■	■	■
Erweichungspunkterkennung	■	■	■
<i>Density Determination</i>	■	□	■
<i>c-DTA</i> ®	■	□	■ **
RCS (ratenkontrolliertes Sintern)	■	□	■
<i>Identify</i>	■	□	■
Emissionsgasanalyse (Kopplung mit GC-MS/QMS und/oder FT-IR) – für SiC-Ofen	□	□	□

* DIL 402 *Expedis*® Supreme HT mit Adapter für Standardöfen

** Nicht über 2000 °C, nur im Thermoelementbetrieb

Beide Geräteversionen arbeiten auf der Basis von DIN 51045, ASTM E228, ASTM D696 oder DIN EN 821.

- In Standardkonfiguration enthalten
- Optional erhältlich
- N/A Nicht zutreffend

Technische Daten

DIL 402 Expedis® Supreme, Supreme HT und Select

Aufbau	Schubstangen-Dilatometer, Einzel- oder Doppelsystem
Öfen	Verschiedene austauschbare Typen (bei <i>Supreme HT</i> teilweise über Adapter): Stahl, Kupfer, SiO ₂ , SiC, Grafit (<i>Supreme</i> -Version)
Heizraten	Abhängig vom Ofentyp: - Stahl, Kupfer, Quarzglas, Siliziumkarbid: 0,001 ... 50 K/min - Grafit: 0,001 ... 100 K/min
Kühlsysteme	Abhängig vom Ofentyp: Vortex, Flüssigstickstoff, Luftkompressor
Probenhaltersysteme	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Grafit (<i>Supreme</i> -Version), austauschbar Alle Probenhaltersysteme sind erhältlich als: - Einzelsystem (ein Fühlstempel) - System mit zwei Fühlstempeln im Doppel- oder Differenzmodus - Al₂O₃-Zugprobenhalterung* SiO ₂ - und Al ₂ O ₃ -Probenhalter sind als Rohr- oder Stabprobenhalterungen lieferbar
Probendimensionen	Max. Probenlänge: 52 mm (Grafitofen: 25 mm) Durchmesser (Einzelprobenhalter): Standard 12 mm, optional 19 mm Durchmesser (Doppelprobenhalter): 8 mm
Automatische Detektion der Probenlänge	Ja
Wegaufnehmersystem	<i>NanoEye</i>
Temperaturgenauigkeit/-präzision/-auflösung	1 K / 0,1 K / 0,001 K
Thermische Stabilität (isotherm)	± 0,02 K
Temperaturkalibrierung	- Längenänderungsmethode durch Verwendung von Referenzmetallen - c-DTA® (optional für <i>Select</i>-Version; inkl. endo-/exotherme Effekte)
Messbereich	± 25000 µm (<i>Supreme</i>) ± 10000 µm (<i>Select</i>)
ΔL Auflösung	0,1 nm (<i>Supreme</i>) 1 nm (<i>Select</i>)
ΔL/L ₀ Präzision	0,001 %, absoluter Wert
ΔL/L ₀ Richtigkeit	0,002 %, absoluter Wert
Kraftbereich (an der Probe)	10 mN ... 3 N (gültig für Druck- und Zugkraft in Abhängigkeit vom Probenhalter)
Kraftregelung	<i>Supreme</i> : verschiedene Optionen, inkl. Kraftmodulation <i>Select</i> : Modi pro Segment einstellbar (konstante Kraft, Rampen)
Kraftauflösung	0,001 mN
Gasatmosphäre	Inert, oxidierend, reduzierend, Vakuum
Gasregelung	MFC - Standard: 1 x Schutzgas - Optional: 1 x Schutzgas, 2 x Spülgase
Oxygen Trap System (OTS®)	Optional
Software	Windows 7 32/64 bit Professional®, Enterprise® und Ultimate®, Windows 8.1 Pro® und Enterprise® Windows 10 Pro® und Enterprise®

* Bitte beachten Sie, dass die Zugprobenhalterung Einfluss auf das Rauschverhalten und bei Messungen mit dem Kupferofen auf dessen Temperaturbereich haben kann.



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.

Expertise in SERVICE

TECHNISCHER SERVICE



Wartung und
Reparatur



Software-
Updates



Austausch-
Service



IQ/OQ-
Dokumente



Kalibrier-
Service



Ersatzteil-
Service



Umzugs-
Service

SCHULUNG



Individualschulung/
Grundlagenseminare

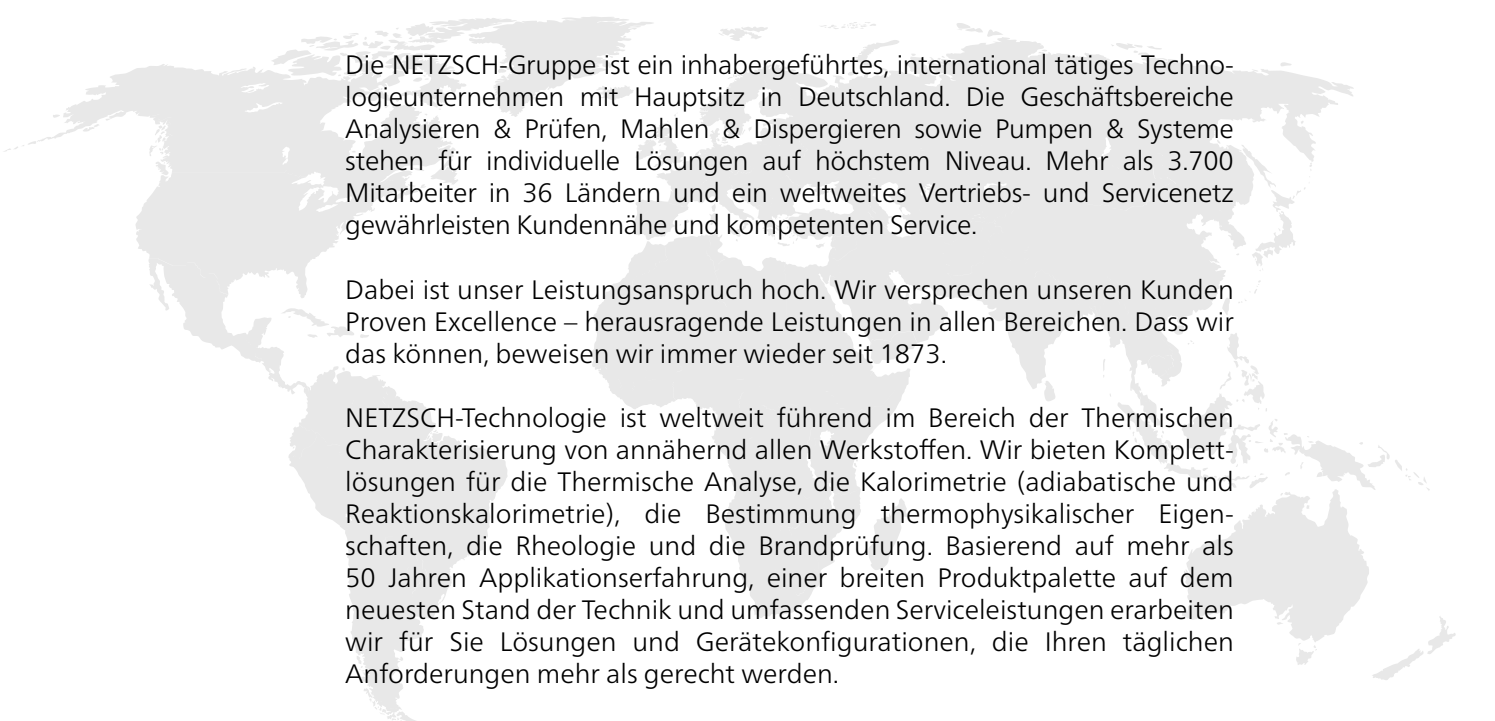


Individualschulung
und Anwenderseminare

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 3.700 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@netzsch.com

NETZSCH®

www.netzsch.com