

NETZSCH

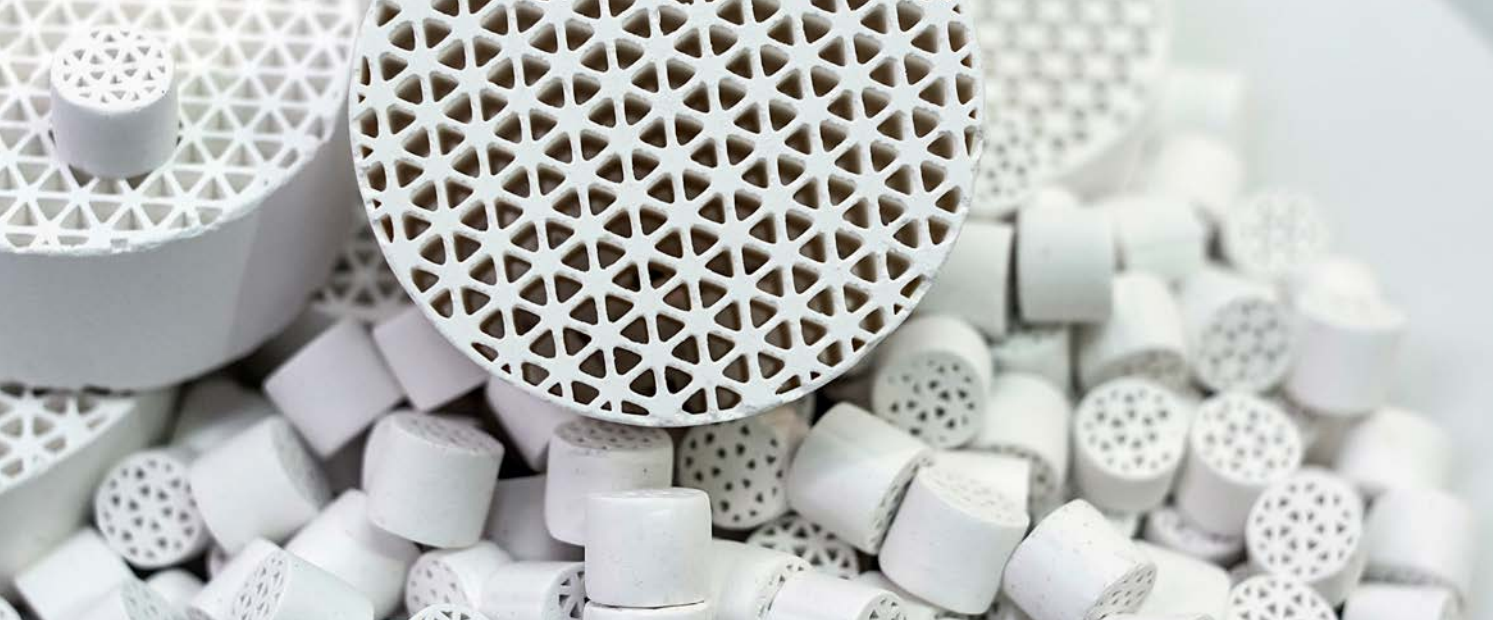
Proven Excellence.



Dilatometrie – DIL 502 *Expeditis*®-Serie

Methode, Geräte, Applikationen

Analyzing & Testing



Dilatometrie

Die Dilatometrie ist eine präzise Analysetechnik, mit der sich Dimensionsänderungen von Materialien in Abhängigkeit von Temperatur und/oder Zeit messen lassen. Die Technik liefert wichtige Informationen über wesentliche Materialeigenschaften. Diese Messungen sind sowohl für die Qualitätssicherung als auch für die Weiterentwicklung der Materialforschung von grundlegender Bedeutung. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Dilatometrie in Industrie und Forschung als zuverlässige Methode etabliert. Alle Dilatometer von NETZSCH basieren auf Normen wie DIN EN 821, DIN 51045 und ASTM E228.

Keramik und Glas: Die Dilatometrie trägt zu einem besseren Verständnis des Sinterprozesses und des thermischen Verhaltens dieser Materialien bei, was für ihre Anwendung im Bauwesen und in der Elektronik von entscheidender Bedeutung ist.

Metalle und Legierungen: Mit Dilatometrie werden Phasenübergänge in Stahl (z. B. Martensit) sowie thermische Ausdehnungskoeffizienten untersucht, um Temperatur-Zeit-Längen-Beziehungen zu analysieren, Mikrostrukturveränderungen aufzudecken und die Wärmebehandlung zu optimieren.

Verbundwerkstoffe: Die Bestimmung der Wärmeausdehnung ist bei Verbundwerkstoffen entscheidend, um die Materialverträglichkeit zu gewährleisten. Ein Beispiel hierfür ist Stahlbeton, bei dem Stahl und Beton nahezu identische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen müssen.

Polymere: Es wird zur Bestimmung der Glasübergangstemperaturen und der Wärmeausdehnungskoeffizienten eingesetzt. Dadurch wird ein umfassendes Verständnis und eine Optimierung der Polymerverarbeitung, des Designs und der Leistung in einer Vielzahl von Anwendungen ermöglicht.

Feuerfeste Werkstoffe: Mithilfe der Dilatometrie kann das thermische Verhalten von feuerfesten Materialien, wie beispielsweise Ausdehnung, Phasenübergänge und Sintern, durch die Messung von Dimensionsänderungen unter kontrollierten Temperaturen ermittelt werden.

Informationen aus DIL-Messungen

- Lineare thermische Ausdehnung
- Thermischer Ausdehnungskoeffizient (CTE)
- Erweichungspunkt
- Glasübergangstemperatur
- Phasenumwandlung
- Sintertemperatur und Schwindung
- Einfluss von Additiven und Rohmaterialien
- Zersetzungstemperatur von z.B. organischen Bindemitteln
- Anisotropes Verhalten
- Volumenausdehnung
- Dichteänderung
- Kalorische Effekte mittels DTA®

Die Methode zur Messung von Dimensionsänderungen

Die Schubstangendilatometrie ist eine Methode zur Bestimmung von Dimensionsänderungen in Abhängigkeit von der Temperatur und/oder der Zeit, während die Probe einem kontrollierten Temperaturprogramm ausgesetzt wird. Der Quotient aus Längen- und Temperaturänderung wird als Ausdehnungskoeffizient ($\bar{\alpha}$) des Materials bezeichnet.

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{L_0} \left(\frac{\Delta L}{\Delta T} \right)$$

$\bar{\alpha}$ mittlerer Ausdehnungskoeffizient
 L_0 Ausgangsprobenlänge
 ΔT Temperaturänderung
 ΔL Längenänderung

Zur Vorbereitung einer Dilatometermessung wird in der Regel eine stabförmige Probe in den Probenhalter eingelegt und mit

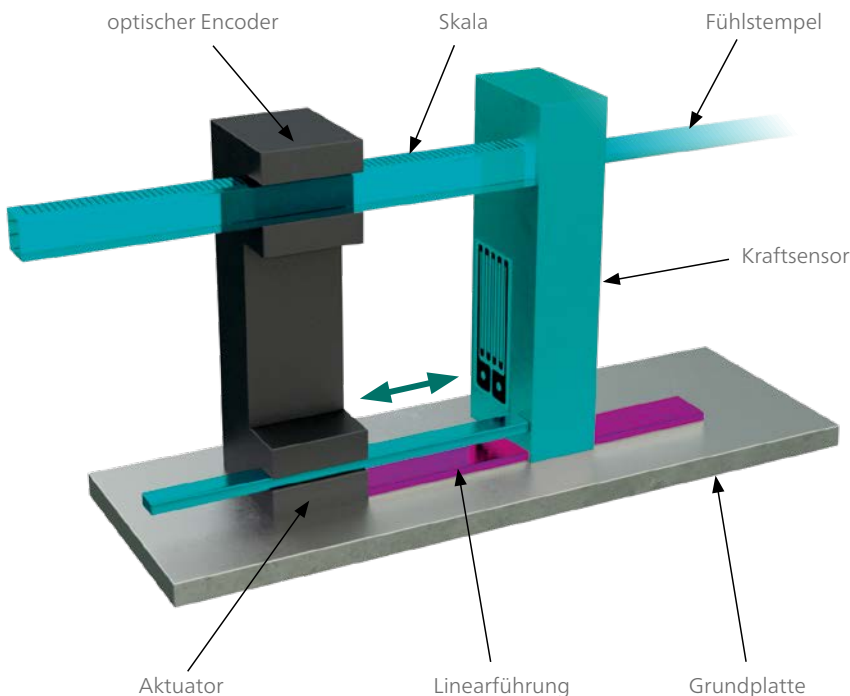
dem Fühlstempel in Kontakt gebracht. Nach Schließen des Ofens kann die Messung gestartet werden.

Die thermische Ausdehnung der Probe während des Aufheizens, Abkühlens oder unter isothermen Bedingungen wird von dem mit dem Fühlstempel verbundenen Längenmesssystem erfasst.

WEGMESSSYSTEM

Optoelektronisches Messsystem *NanoEye*

In der klassischen Dilatometrie führt eine Erhöhung der Auflösung häufig zu einer Verringerung des Messbereichs und umgekehrt. Das *NanoEye*-System überwindet diesen Konflikt und bietet neben einer hohen Auflösung einen unübertroffenen Messbereich. Es erreicht eine perfekte Linearität bei der Messung der thermischen Ausdehnung und übertrifft damit konventionelle Systeme.



Schema der *NanoEye*-Messzelle

NanoEye besteht aus:

- einem Aktuator, der eine geregelte Anpresskraft aufbringt und den Fühlstempel zur Anpassung an variable Probenlängen bewegt
- einem elastischen Kraftsensor, der die aktuelle Anpresskraft erfasst
- einem optischen Encoder (plus Skala), der die Ausgangsprobenlänge misst und die Längenänderung der Probe ermittelt

Funktionsprinzip

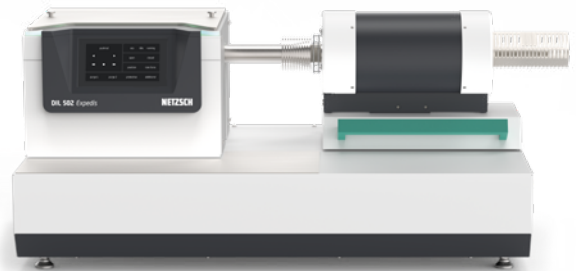
Ändert die Probe während der Messung ihre Länge, bewegen sich alle **grünen** Komponenten in der Grafik über die Linearführung (**lila**) nach hinten. Der optische Encoder bestimmt die entsprechende Längenänderung direkt auf der zugehörigen Skala.

Die DIL 502 *Expedis*®-Serie

Classic

Wichtige Informationen über die Ausdehnung und Schrumpfung von z.B. Keramik, Glas Metallen und Baustoffen

- RT bis 1600 °C
- Öfen: SiO₂, SiC*
- Auflösung: 2 nm
- Messbereich: ± 5 mm
- Gasdicht



Das Arbeitspferd mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis

Das DIL 502 *Expedis*® *Classic* erleichtert die industrielle Qualitätskontrolle und Anwendung durch seinen wartungsfreien Betrieb und sorgt so für betriebliche Effizienz und Zuverlässigkeit. Das All-in-One-Design, das zusätzliche Kühl- oder Stromaggregate überflüssig macht, trägt zu einer übersichtlichen Arbeitsumgebung insbesondere im industriellen Umfeld bei. Für einen hohen Probendurchsatz kann das *Classic* mit Doppelofen und dualem Messsystem konfiguriert werden. Das robuste Design ermöglicht den Betrieb von Raumtemperatur bis 1600 °C mit einer Auflösung von bis zu 2 nm.

* erhältlich in unterschiedlichen Versionen. Siehe S. 10

Select

- -180 °C bis 2000 °C
- Öfen: Kupfer, Stahl, SiO₂, SiC*, Rh, Graphit
- Auflösung: 1 nm
- Messbereich: ± 10 mm
- Vakuumdicht

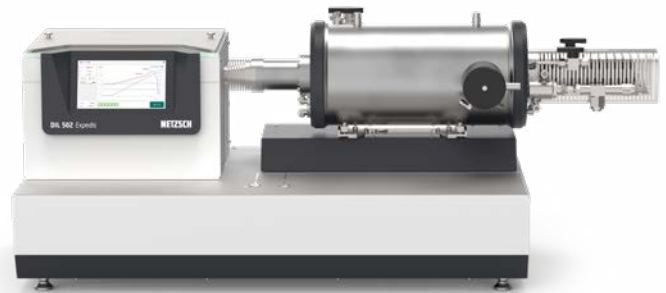


Der Allrounder für die meisten Anwendungen

Das Modell *Select* ist ideal für anspruchsvolle industrielle Forschungs- und Auftragslabore und bietet eine flexible Gerätekonfiguration. Bei Verwendung der Doppelofenkonstruktion kann dieses Gerät mit Temperaturen von -180 °C bis 2000 °C messen, ohne dass ein Ofenwechsel erforderlich ist. Wählen Sie zwischen verschiedenen Öfen, um Ihren Temperaturanforderungen gerecht zu werden, z.B. Kupferofen (-180 °C bis 500 °C) oder Graphitofen (RT bis 2000 °C).

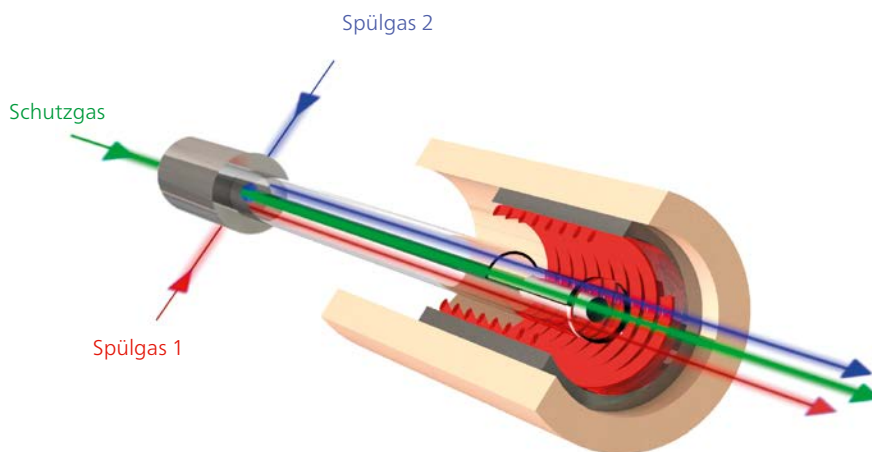
Supreme

- -180 °C bis 2800 °C
- Öfen: Kupfer, Stahl, SiO₂, SiC*, Rh, Graphit*
- Auflösung: 0,1 nm
- Messbereich: ± 25 mm
- Vakuumdicht



Der Experte für höchste Anforderungen

Die *Supreme*-Version ist für den High-End-Bereich in Forschung und Entwicklung sowie für anspruchsvolle industrielle Anwendungen konzipiert: Das umfangreiche, voll ausgestattete *Supreme*-Modell ermöglicht Temperaturen von -180 °C bis 2800 °C in einem Gerät und bietet eine außergewöhnliche Auflösung von bis zu 0,1 nm.



Schematische Dargestellung der Gaswege im Gerät bei Verwendung von einem Schutzgas und zwei Spülgasen

Getrennte Wege für Schutz- und Spülgase

Bei Verwendung von drei Massendurchflussreglern (4. optional) werden die Gasströme innerhalb der Apparatur geteilt. Das Schutzgas strömt zuerst durch die Messzelle und tritt dann in die Probenkammer ein, während das Spülgas (die Spülgase) direkt in die Probenkammer geleitet wird (werden).

Alle Schutz- und Spülgase verlassen die Apparatur gemeinsam durch den Ofenauslass. In der Standardausführung – mit einem Gasschalter oder einem integrierten MFC – nimmt das Spülgas den gleichen Weg wie das Schutzgas.

KOMBINATION VON MODERNSTER
TECHNOLOGIE UND ANWENDERFREUNDLICHKEIT

Die DIL 502 *Expedis*®-Serie



MASSGESCHNEIDERTES GERÄT

Passen Sie Ihr Setup mit einem oder zwei Öfen und/oder Messsystemen an. Das Doppelofensystem ermöglicht einen beeindruckenden Temperaturbereich von -180 °C bis 2000 °C (verfügbar für DIL 502 *Expedis*® *Select* und *Supreme*).



PROBENHALTER-VIELFALT

Anpassung an unterschiedliche Probengeometrien mit Einzel- oder Doppelprobenhalter und einem Probenhalter für Zugmessungen.



EMISSIONSGASANALYSE UND VAKUUM

Das vakuumdichte Design des DIL 502 *Expedis*® *Select* und *Supreme* ermöglicht den Anschluss an ein QMS oder FT-IR, um das Ausgasen von Verunreinigungen, Additiven oder Abbauprodukten zu untersuchen. Optionale Evakuierungssysteme ermöglichen Messungen unter Vakuum.

Automatische Erkennung der Probenlänge

Verabschieden Sie sich von der Ungenauigkeit manueller Messungen. Das DIL 502 *Expedis*® erkennt automatisch die Ausgangslänge einer Probe vor der Messung und sorgt so für Genauigkeit unter identischen Bedingungen.

MultiTouch-Technologie

Eine stabile Probenposition ist entscheidend für zuverlässige Ergebnisse. Mit der *MultiTouch*-Funktion wird die Probe vollautomatisch in die optimale Position „gerüttelt“, was die Messgenauigkeit verbessert.

Verstellbare Positionierung des Thermoelements

Dank des verstellbaren, kapillargeführten Thermoelements lassen sich Proben unterschiedlicher Länge einfach messen. Zudem lässt sich das Thermoelement präzise positionieren, ohne dass es sich verbiegt.

Schließt die Lücke zwischen Dilatometrie und TMA

Die DIL 502 *Expedis*®-Serie ist die erste horizontale Dilatometerserie auf dem Markt, die eine Kraftmodulation ermöglicht und damit die Lücke zwischen Dilatometrie und thermomechanischer Analyse (TMA) unter oszillierender Last schließt.

AutoVac – Messungen unter inerten Atmosphären

Das optional erhältliche *AutoVac* ermöglicht eine schnelle Evakuierung und Gasbefüllung für Messungen unter reiner Inertgasatmosphäre, z.B. bei sauerstoffempfindlichen Proben.

Hoher Probendurchsatz

Um die Effizienz und Produktivität zu maximieren, erhöht das optionale Doppelofendesign in Verbindung mit einem Doppelmesssystem die Messkapazität erheblich.



OFENAUSWAHL

Es stehen neun verschiedene Ofenmodelle* zur Verfügung, um Ihre Temperaturanforderungen genau zu erfüllen. Wählen Sie zwischen manuellem oder motorisiertem Betrieb, um Ihre Arbeitsabläufe zu optimieren.



UNERREICHTER MESSBEREICH UND AUFLÖSUNG

Erleben Sie das hochpräzise optoelektronische Messsystem *NanoEye* mit außergewöhnlicher Linearität und Auflösung über einen großen Messbereich, um selbst kleinste Dimensionsänderungen zu erfassen.



OPTIMIERTE EFFIZIENZ FÜR NACHHALTIGKEIT

Die Kombination aus elektronischer Temperaturstabilisierung und Eco-/Idle-Modus sorgt für maximale Leistung bei minimalem Energie- und Gasverbrauch und damit für erhebliche Einsparungen (siehe S. 8).

* je nach Geräteversion (siehe S. 10)

Nachhaltigere Thermische Analyse

REDUZIERTER VERBRAUCHS- UND BETRIEBSKOSTEN

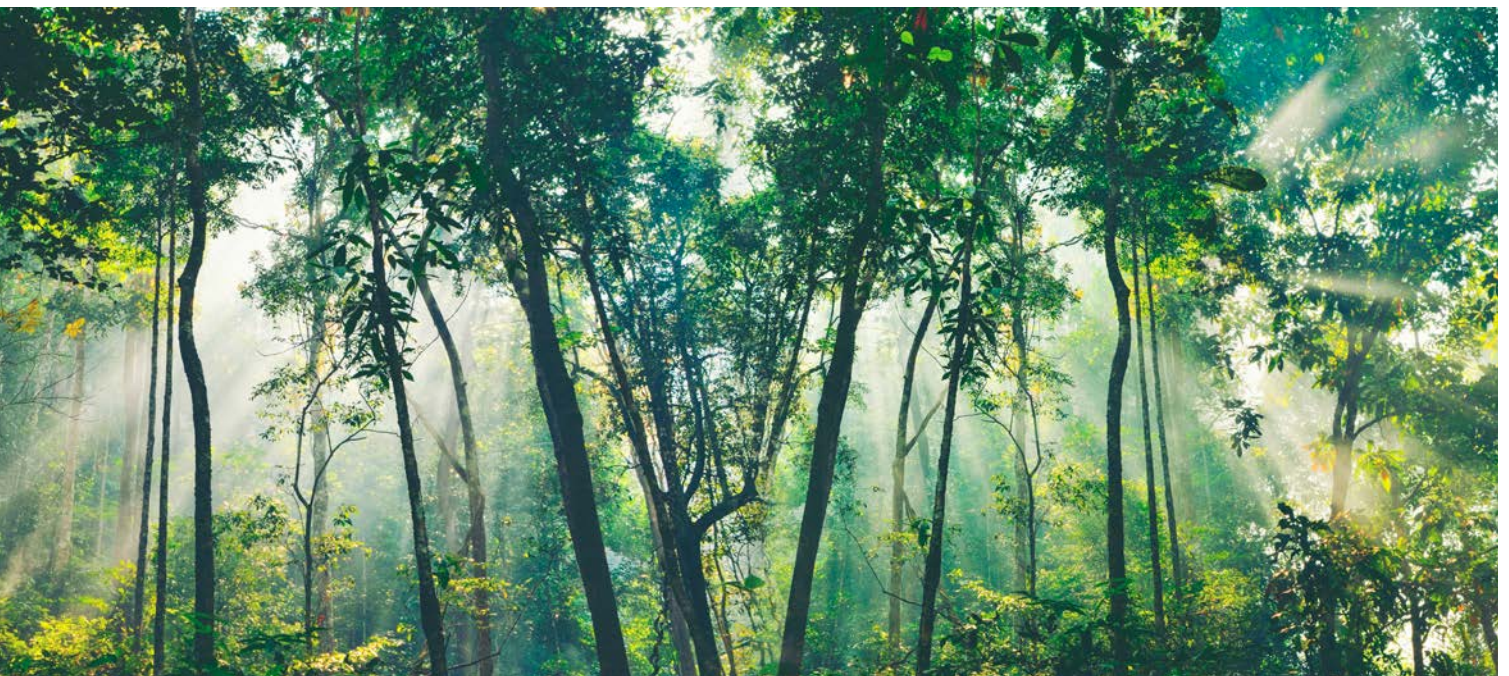
← Idle/Eco Mode							
General	Schedule						
	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
12:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
1:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
2:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
3:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
4:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
5:00 AM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
6:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
7:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
8:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
9:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
10:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
11:00 AM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
12:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
1:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
2:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
3:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
4:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
5:00 PM	ECO	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE	ECO
6:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
7:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
8:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
9:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
10:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO
11:00 PM	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO	ECO

Um genaue Ausdehnungsergebnisse zu erhalten, müssen die meisten Hersteller auf eine thermostatische Regelung über einen Wasserkreislauf zurückgreifen. Der Dauerbetrieb des Thermostaten verbraucht viel Energie und erzeugt Abwärme.

NETZSCH ist es gelungen, den externen Thermostaten zu eliminieren; die Temperatur in der Messkammer wird elektronisch geregelt und es wird eine hervorragende Temperaturstabilität erreicht. Dadurch kann der Energieverbrauch eines DIL 502 *Expedis*® deutlich reduziert werden.*

Darüber hinaus ermöglicht eine benutzerdefinierte Planungsfunktion dem System, je nach Bedarf zwischen einem Idle und einem Eco Modus zu wechseln. So wird sichergestellt, dass der Gasfluss rechtzeitig für die nächste geplante Messung wieder aktiviert wird – ohne dass ein vollständiger Neustart und eine lange Aufwärmphase erforderlich sind.

* Reduktion bis zu 60%



Unlimited Warranty



Das Engagement für Qualität geht bei NETZSCH weit über die Analysegeräte selbst hinaus. Wir wissen, dass Ihre Investition in Spitzentechnologie eine langfristige ist. Deshalb bieten wir Ihnen etwas Einzigartiges – unsere unbegrenzte Garantie.

Was bedeutet „Unlimited Warranty“?

Im Gegensatz zu anderen Garantien, die versteckte Einschränkungen haben können, ist die unbegrenzte Garantie von NETZSCH ein Beweis unseres Engagements für Ihren Erfolg. Solange es technisch möglich ist, stehen wir hinter unseren Analysegeräten und unterstützen Sie durch:

- **Attraktive Vertragspreise:** Nutzen Sie unser außergewöhnliches Preis-Leistungs-Verhältnis für die unbegrenzte NETZSCH Garantie.
- **Umfassenden Schutz:** Vom ersten Tag an und während der gesamten Lebensdauer Ihres Gerätes.

- **Kompetenten Service:** Erhalten Sie hochwertigen Service direkt von NETZSCH oder unseren autorisierten Händlern.
- **Kalkulierbare Kosten:** Mit unseren Wartungsverträgen können Sie Ihre Ausgaben sicherer planen.
- **Langfristige Zuverlässigkeit:** Unsere unbegrenzte Garantie stellt sicher, dass Ihr Gerät seinen Wert und seine Leistung behält.

Nutzen Sie dieses einzigartige Angebot für Ihre Bedürfnisse in der Thermischen Analyse, Rheologie und Brandprüfung.



<https://netzs.ch/unlimited-warranty>

Heiz- und Kühlzubehör

Ofentyp	Max. Temp.	Kühlsystem	Min. Temp.
Kupfer*	500 °C	Vortex AIC 80 LN ₂	0 °C -60 °C -180 °C
Edelstahl*	1000 °C	Lüfter (inklusive) Vortex AIC 80 LN ₂	RT 0 °C -40 °C -150 °C
Quarzglas	1150 °C	-	RT
Siliziumkarbid	1600 °C	Lüfter (inklusive)	RT
Siliziumkarbid (schnelles Abkühlen)	1600 °C	Lüfter (inklusive) Druckluft	RT
Rhodium*	1600 °C	Lüfter (inklusive)	RT
Graphit*	2000 °C	Leitungs- oder gekühltes Wasser*** Kühlthermostat	RT
Graphit**	2400 °C	Leitungs- oder gekühltes Wasser*** Kühlthermostat	RT
Graphit**	2800 °C	Leitungs- oder gekühltes Wasser*** Kühlthermostat	RT

* Select und Supreme

** Supreme

*** Anschluss an Leitungs- oder gekühltes Wasser erforderlich

Die Öfen sind für eine Vielzahl von Atmosphären – inert, oxidierend (für Graphit nur bis 1680 °C bei Ausstattung mit einem speziellen Schutzrohr), reduzierend oder Vakuum – ausgelegt und bieten eine optimale Leistung, die auf Ihre Produktvarianten und Temperaturanforderungen zugeschnitten ist.



Wählen Sie den passenden Ofen für Ihre Anwendung

Das DIL 502 *Expedis*® kann durch eine große Auswahl an austauschbaren Öfen an jede Anwendung angepasst werden. Mit dem Siliziumkarbid-Ofen können alle Versionen des DIL 502 *Expedis*® Temperaturen bis 1600 °C erreichen und sind damit für Routinemessungen geeignet. Für Anforderungen unterhalb der Raumtemperatur bieten die Versionen *Select* und *Supreme* kühlbare Öfen mit verschiedenen Kühloptionen.

Für Hochtemperaturanwendungen sind drei Graphitöfen mit Temperaturen von 2000 °C, 2400 °C und 2800 °C die geeignete Konfiguration für die Messung der thermischen Ausdehnung von Metallen, Legierungen, Keramiken und Verbundwerkstoffen. Dies ist ideal für Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Energieerzeugung, Öl und Gas sowie für anspruchsvolle Forschungsumgebungen.

Doppelofensysteme für mehr Produktivität und Flexibilität

Alle DIL 502 *Expedis*®-Versionen können mit einem oder zwei Öfen ausgestattet werden. Das Doppelofensystem erlaubt einen schnellen Wechsel. Dies sorgt für maximale Flexibilität. Sie können entweder identische Öfen für doppelten Durchsatz wählen oder verschiedene Ofentypen kombinieren, um ein breiteres Anwendungsspektrum abzudecken.

Für jedes Material die richtige Kühloption

Die Dilatometer der Serie DIL 502 *Expedis*® bieten eine Vielzahl von Kühloptionen, die exakt auf Ihre Prüfanforderungen abgestimmt werden können. So können Sie den Kühlprozess an reale Bedingungen oder spezifische Produktionsprozesse anpassen, um möglichst aussagekräftige und genaue Daten zu erhalten.



AIC 80 air Intracooler system

Kühlsysteme, wie z.B. Druckluftkühlung, verkürzen die Durchlaufzeiten drastisch und maximieren die Produktivität. Mit flüssigem Stickstoff (LN₂) können Temperaturen bis zu -180 °C/-150 °C erreicht werden. Zur Kühlung auf bis zu -60 °C ohne flüssigen Stickstoff kann ein Luft-Intracooler-System (AIC 80) angeschlossen werden.

Kontrollierte Atmosphären

Alle DIL 502 *Expedis*®-Geräte sind mindestens gasdicht; eine kontrollierte Umgebung für Dilatometermessungen:

- **Verhindert unerwünschte Reaktionen** durch Spülung mit Inertgasen
- **Simuliert reale Oxidation**, schafft präzise reduzierende Atmosphären
- **Erzeugt reine, sauerstofffreie Umgebungen mit Vakuum**
Konstante Bedingungen gewährleisten die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Messungen. Außerdem wird das Gerät vor Beschädigungen geschützt, indem Korrosion und Kontamination verhindert werden.

DIL 502 *Expedis*® *Select* und *Supreme*

MESSUNGEN BIS 2000 °C UND DARÜBER HINAUS

Pyrometer zur Erfassung höchster Temperaturen

Da W/Rh-Thermoelemente oberhalb 2000 °C mit Graphit reagieren können, wird die Proben-temperatur des DIL 502 *Expedis*® *Supreme* optisch mit einem leistungsstarken Pyrometer ab Raumtemperatur bestimmt.

Ausgeklügeltes Sicherheitssystem

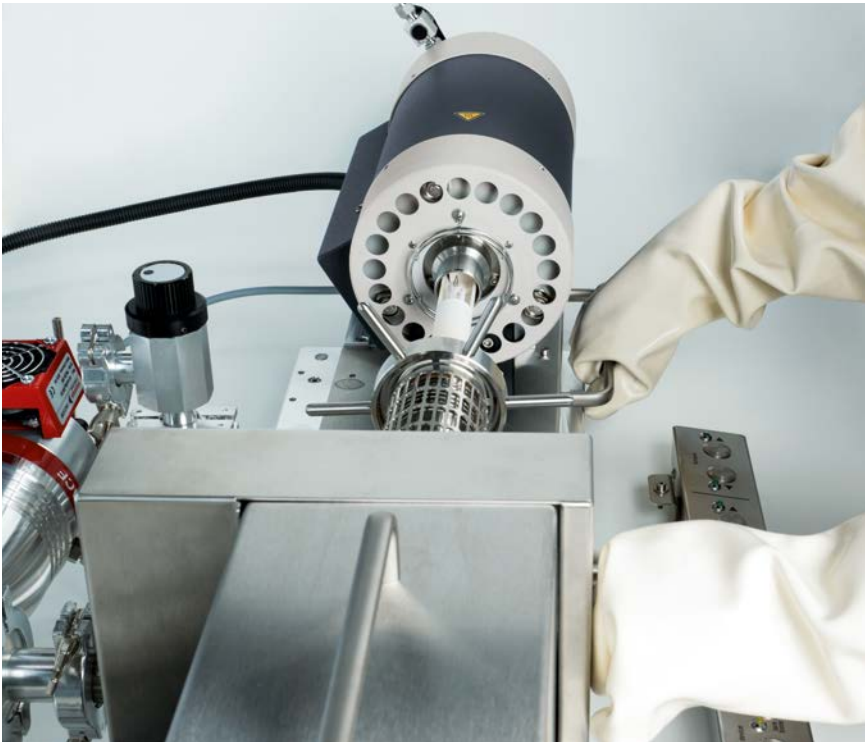
Ein ausgeklügeltes Sicherheitssystem überwacht das Kühlwasser und den Spülgasfluss während der gesamten Messung.

Variable Gasatmosphäre im Fokus

Bei den Graphitöfen 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 auch unter Luftatmosphäre gemessen werden.

Das DIL 502 *Expedis*® *Supreme*
erreicht Temperaturen bis 2800 °C





In der Glovebox – DIL Expedis® Supreme

Komfortable Bedienung

Die Glovebox-Version des DIL Expedis® Supreme verbessert die Mobilität des Anwenders durch große, leicht zugängliche Tasten für einen reibungslosen Betrieb.

Die Elektronik des Systems befindet sich außerhalb der Glovebox, und eine optionale Fernbedienung ermöglicht das einfache Bewegen der Schubstange oder des Ofens von außen – ideal, wenn das Dilatometer und die Elektronik außer Reichweite sind.

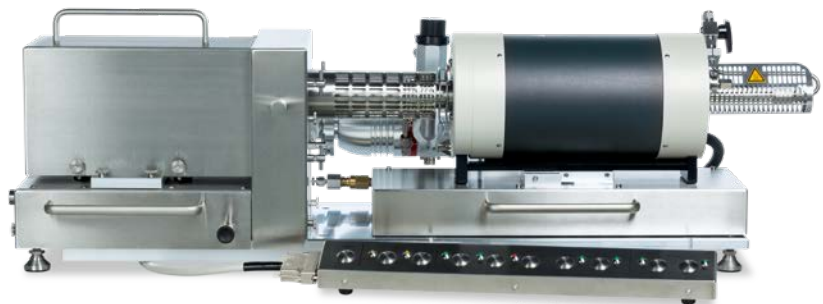
DIL Expedis® Supreme Glovebox-Version

Für Untersuchungen, die besondere Sorgfalt erfordern

Die Herausforderung bei sehr sauerstoff- oder feuchtigkeitsempfindlichen Materialien und in den Fällen, in denen der Anwender vor den Probeneigenschaften geschützt werden muss, kann oft nur durch den Einsatz einer Glovebox bewältigt werden. Genau dafür wurde die Glovebox-Version des DIL Expedis® Supreme entwickelt.

Das Gehäuse des Dilatometers ist vollständig aus Edelstahl gefertigt. Es gibt daher keine Kunststoffteile, die mit den Proben oder der Umgebung in Wechselwirkung treten könnten.

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



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

Probenhalter und Zubehör

Das DIL 502 *Expedis*® bietet eine große Auswahl an Probenhaltern und Zubehör aus verschiedenen Materialien an. Dies erweitert die Leistung Ihres Dilatometers und hilft letztendlich zuverlässigere Daten zu erhalten.



Rohrprobenhaltersystem aus Aluminiumoxid für das Doppel-Messsystem



Rohrprobenhaltersystem aus Quarzglas für das Einzel-Messsystem



Rohrprobenhaltersystem aus Graphit für das Einzel-Messsystem



Rohrprobenhaltersystem aus Aluminiumoxid für das Einzel-Messsystem



Zugprobenhaltersystem aus Aluminiumoxid

Höherer Durchsatz und Effizienz – Doppel-Probenhalter

Ein Doppelprobenhalter ermöglicht die simultane Messung von zwei Proben. Dies erhöht nicht nur den Durchsatz, sondern ermöglicht auch vergleichende Untersuchungen verschiedener Materialien unter identischen Bedingungen. Im Differenzmodus können sowohl die Messung der Probe als auch die Korrekturmessung gleichzeitig erfolgen. Zur Verwendung eines Doppelprobenhalters wird ein Gerät mit Doppelmesssystem benötigt.

Der richtige Probenhalter für Ihre Anwendung

Die für Probenhalter verwendeten Materialien haben unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten und Ausdehnungseigenschaften. Beispielsweise kann ein Probenhalter aus Graphit hohen Temperaturen und schnellen Abkühlraten standhalten und ist daher ideal für Hochleistungsanwendungen, z. B. in der Luft- und Raumfahrt oder im Energiesektor. Durch die Wahl des richtigen Haltermaterials kann eine höhere Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit erreicht werden, was für Forschung und Entwicklung unerlässlich ist.

Probenhalter für Filme, Folien und Fasern

Eine genaue und stabile Positionierung der Probe im Probenhalter ist entscheidend für erfolgreiche Messergebnisse. Bei Filmen, Folien und Fasern kann dies durch die Verwendung eines Zugprobenhalters erreicht werden.



Probenbehälter aus Aluminiumoxid, Saphir, Quarzglas und Graphit



Probenbehälter für Messungen an Wachs



Schutzhülsen aus Molybdän, Aluminiumnitrid (AlN) und Graphit

Von Schutzhülsen bis zu Spezialbehältern für kritische und sauerstoffempfindliche Proben

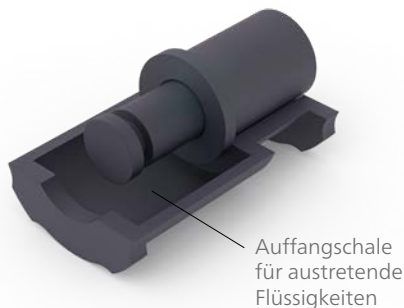
Die Verwendung von Probenbehältern und Schutzhülsen ist unerlässlich, um die Unversehrtheit sowohl der Proben als auch der Geräte zu gewährleisten.

Die Probenbehälter sind für die Messung von Proben in Pulver- oder Pastenform oder für die Messung von Materialien, die sich im Übergang vom festen zum flüssigen Zustand befinden, ausgelegt. Salzschnmelzen können mit einem speziellen Graphitbehälter gemessen werden. Um eine Beschädigung des

Probenhalters zu vermeiden, ist dieser mit einer Schale ausgestattet, die austretende Flüssigkeiten auffängt.

Sind Wechselwirkungen zwischen Probe und Material des Probenhalters zu erwarten, können Schutzhülsen verwendet werden, um Kontakt und Kontamination zu vermeiden. Diese Schutzhülsen sind in verschiedenen Materialien erhältlich für unterschiedliche Probenmaterialien und Temperaturbereiche.

Probenhalter für Salzschnmelzen



Auffangschale für austretende Flüssigkeiten

OTS® (Oxygen Trap System)



Wolfram-Probe im Probenhalter mit Oxygen Trap System zur Vermeidung von Korrosion. Dies sorgt für eine sauerstofffreie Atmosphäre während der Messung.

Proteus®-Software

Bewährte Verfahren für Messung und Auswertung

Die einzigartige Proteus®-Dilatometer-Software bietet alles, was sich der Anwender wünscht: Anhand von Messkurven lassen sich schnell und einfach zuverlässige Ergebnisse ermitteln. Die Software bietet eine große Auswahl an Funktionen bei gleichzeitig übersichtlicher Benutzeroberfläche. Sie ist intuitiv und leicht zu bedienen.

Weitere Optionen, die selbst den erfahrensten Anwender überzeugen, sind insbesondere die *Density Determination*, das patentierte c-DTA®, das ratenkontrollierte Sintern und das innovative Software-Feature *Identify*.

Density Determination

Diese Softwareoption ermöglicht die Bestimmung der Dichte- und Volumenänderung von Proben auf der Grundlage der gemessenen Wärmeausdehnung. Sie kann unter anderem für Feststoffe, Flüssigkeiten oder Fest-Flüssig-Übergänge eingesetzt werden.

Bestimmung des Erweichungspunkts

Wenn das Material bei einer definierten Belastung und kontrollierten Heizrate seinen Erweichungspunkt erreicht, verformt es sich merklich. Dies wird als Schrumpfung in der Wärmeausdehnungskurve aufgezeichnet. Nach Erreichen eines definierten Schrumpfungswertes wird die Messung beendet und die Schubstange zieht sich automatisch von der Probe zurück, um Schubstange und Probenhalter vor Beschädigung zu schützen. Diese Funktion ist wichtig bei der Messung von Materialien wie Glas und Glasuren, die beim Aufheizen zum Erweichen neigen.

Patentiertes* c-DTA®

Das c-DTA®-Signal ermöglicht die gleichzeitige Analyse von Längenänderungen und endothermen/exothermen Effekten. Es kann auch zur Temperaturkalibrierung verwendet werden.

* DE102013100686

Ratenkontrolliertes Sintern (RCS)

Mit RCS können Sie die Sintergeschwindigkeit während einer DIL-Messung durch präzise, nichtlineare Heizprofile steuern. Diese optimieren die Mikrostruktur und Verdichtung Ihrer Materialien. Das Temperaturprogramm des Ofens wird so gesteuert, dass die für die Probe vordefinierte Sintergeschwindigkeit erreicht wird. Je nach gewähltem RCS-Modus wird der Ofen möglicherweise nicht mehr mit konstanter Geschwindigkeit beheizt. Der Heizvorgang kann je nach Sinterverhalten der Probe gestoppt, gestartet oder kontinuierlich angepasst werden. Das gemessene Temperaturprofil kann anschließend zur Optimierung des Produktionsprozesses verwendet werden.

Prozessoptimierung durch Vorhersage: Kinetics Neo

Steigende Energiekosten und die steigende Nachfrage nach hochwertiger Keramik machen eine Prozessoptimierung unerlässlich. Kinetics Neo ist eine präzise und effiziente Lösung, die die Keramikherstellung rationalisiert, Zeit und Ressourcen spart und dabei keine Abstriche bei der Qualität macht. Kinetics Neo bietet eine hochmoderne Lösung, die Präzision und Effizienz vereint, um die Keramikherstellung zu revolutionieren und sowohl Zeit und Ressourcen zu sparen, ohne die Qualität zu beeinträchtigen.

Proteus® Search Engine

- Effizientes Datenmanagement
- Direkter Zugriff und Sortierung der Daten nach Kriterien
- Schnelle Anzeige von Mess- und Analysevorschauelementen ohne Öffnen von Dateien
- Schnelles und einfaches Abrufen von Daten
- Suche nach Kriterien wie Gerätenamen, Methoden, Benutzer, Dateityp und Signaltyp, Messbedingungen oder ausgewertete Effekte

Software-Eigenschaften

	Classic	Select	Supreme
Reportgenerator	■	■	■
Erweichungspunktbestimmung	■	■	■
Automatische Bestimmung der Probenlänge	■	■	■
Softwaregesteuerte Kraftanpassung (inkl. konstante Kräfte, Rampen, Stufen)	■	■	■
Eco-Modus	■	■	■
AutoEvaluation	■	■	■
Identify	□	□	■
RCS (ratenkontrolliertes Sintern)	□	□	■
c-DTA® (kalorische Effekte oder Kalibrierung)	□	□	■
Density Determination	□	□	■
Kraftmodulation	□	□	■
Temperaturmodulation	□	□	□
Proteus® Search Engine	□	□	□
LabV®	□	□	□
Kinetics Neo	□	□	□

■ inklusive
□ optional



LabV®*

- **Digitale Arbeitsabläufe**
Optimieren Sie Ihre Prozesse mit automatisierten Workflows und intuitiver Benutzeroberfläche
- **Datenplattform**
Verbinden Sie alle Ihre Prüfgeräte und IT-Systeme für eine ganzheitliche End-to-End-Prozessintegration.
- **KI-gestützter digitaler Assistent**
Die erste Datenplattform, die Laboren Zugang zu KI ermöglicht, indem sie natürliche Sprache verwendet

* LabV® Intelligent Solutions GmbH ist ein Mitglied der NETZSCH Gruppe

AutoEvaluation

Integrierte Kompetenz für thermische Analyse

AutoEvaluation

AutoEvaluation ist eine intelligente Softwarefunktion, die exklusiv von NETZSCH angeboten wird. Hierbei handelt es sich um eine automatische Auswertung thermoanalytischer Messkurven, die ohne vordefinierte Makros auskommt. Dies bedeutet eine enorme Unterstützung und Zeitersparnis.

AutoEvaluation bietet spezielle Funktionen zur Auswertung verschiedener Materialien. Bei der Prüfung von Metallen wertet "Metal Melting" automatisch den Schmelzbeginn aus. „Glasübergang und Erweichung“

zeigt mit einem Klick den Beginn des Glasübergangs und den Erweichungspeak an. Bei der Messung von Keramik werden die Sinterstufen angezeigt, wenn die Sinterung einer Probe erkannt wird.

AutoEvaluation ist beim Kauf eines Gerätes der Serie DIL 502 *Expedis*® im Lieferumfang enthalten.

Diese intelligente Funktion arbeitet unabhängig von den Eingaben des Bedieners und gewährleistet so eine objektive Bewertung bei gleichzeitiger Zeitersparnis.

Eingabeassistent für schnellen Start und automatische methodenbasierte Auswertung

Mit der *Proteus*®-Software können Kenngrößen und Methoden aus vorhandenen Messdateien per Mausklick übernommen werden. Die Auswerteschritte eines Referenzprüflaufes können in einer Methode gespeichert und nach deren Abschluss vollautomatisch auf eine Probenmessung angewendet werden. Es ist auch möglich, von den gewählten Qualitätskriterien abweichende Ergebnisse durch die Software hervorheben zu lassen.

Identify

Die Software-Erweiterung *Identify* hilft bei der Identifizierung und Interpretation von Dilatometermessungen und bietet NETZSCH-Bibliotheken mit hunderten von Einträgen aus verschiedenen Bereichen. Benutzerspezifische Bibliotheken können über ein Netzwerk gemeinsam genutzt werden. *Identify* ermöglicht die Identifizierung unbekannter Proben aus gemessenen Kurven anhand von Absolutwerten oder Formen. Es ermöglicht auch Vergleiche mit bekannten Proben, um das prinzipielle Materialverhalten zu bestimmen, wobei alle Messungen für zukünftige Identifizierungen oder Qualitätsvergleiche gespeichert werden.

Qualitätskontrolle

Vergleich der aktuellen Messung mit ausgewählten Datenbank-einträgen

Datenbankfunktionalität

Archivierung von aktuellen Messungen und Suche nach geeigneten Messbedingungen für zukünftige Prüfungen anhand vorhandener Datenbankeinträge.





Umfassend informiert im Vorbeigehen – LED-Statusleiste

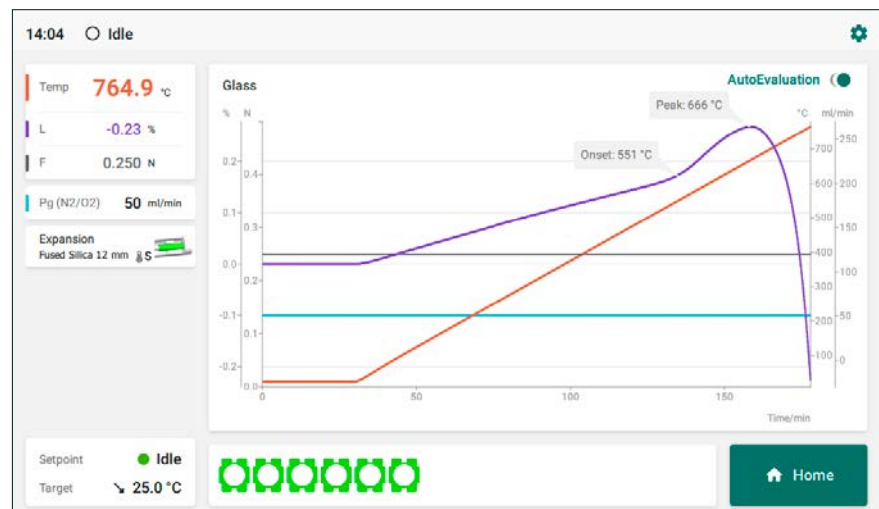
Die DIL 502 *Expeditis*®-Serie ist mit einer LED-Statusanzeige ausgestattet, die je nach Gerätestatus die Farbe wechselt. So können Sie quasi im Vorbeigehen den Status Ihres Gerätes überprüfen. Verge-
wissen Sie sich aus der Ferne, ohne sich in den PC einloggen zu müssen, ob Ihre Messung reibungslos verläuft und erhalten Sie Statusmeldungen wie:

- Gerät ist bereit
- Messung läuft
- Messfortschritt
- Aufheizung/Abkühlung auf Sollwert
- Benutzereingriff erforderlich
- Ein Problem ist aufgetreten

Steigern Sie Ihre Produktivität und Ihren Workflow mit der neuen Benutzeroberfläche

Über das integrierte Farbdisplay können Sie eine Messung mit der NETZSCH *Proteus*®-Software starten und haben die Möglichkeit:

- den Messfortschritt und die verbleibende Messzeit zu sehen
- kürzlich durchgeführte Messungen zu überprüfen
- Gase und Sollwertstatus zu überprüfen und zu ändern
- einen sofortigen Überblick über die ausgewertete Messung zu erhalten
- *AutoVac*, zu konfigurieren und zu starten und dessen Status zu überprüfen
- die statische Kraft zu ändern
- die Probenlänge zu bestimmen
- den Probenhalter auszuwählen

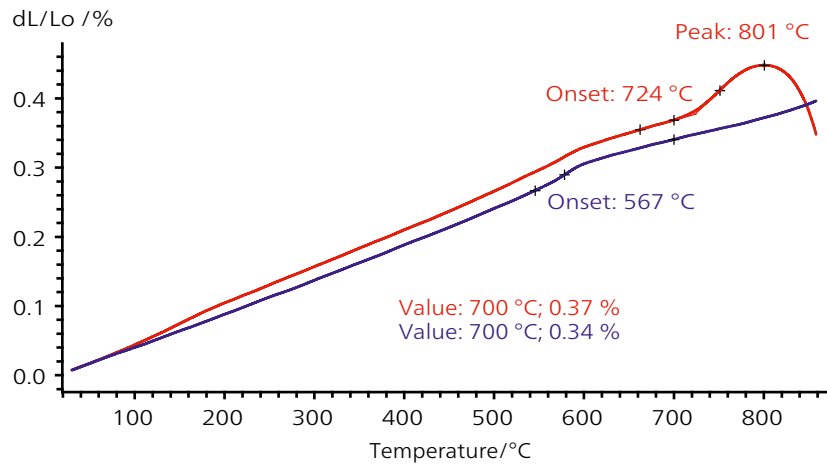


Anzeige von *AutoEvaluation* nach Messende

Applikationen

Spannungen in Glasuren

Passen Scherben und Glasur in ihrem Ausdehnungsverhalten nicht zueinander, kann dies zu Glasurrissen führen, die ein Spinnennetzmuster in der Glasur bilden. Dies kann durch Anpassung des Ausdehnungsverhaltens vermieden werden. Der Plot zeigt die relative Längenänderung der Glasur (rote Kurve) im Vergleich mit der des dazugehörigen Scherbens (blaue Kurve). Bei 700 °C – kurz vor der Glasübergangstemperatur der Glasur bei 724 °C – beträgt der Unterschied in der Ausdehnung 0,03 %. Die Erweichung der Glasur setzt bei 801 °C ein. Rissbildung tritt auf, wenn die Glasur während des Abkühlens unter Spannung steht (gedehnt wird). Dies kann auftreten, wenn sich die Glasur stärker ausdehnt als der Scherben.

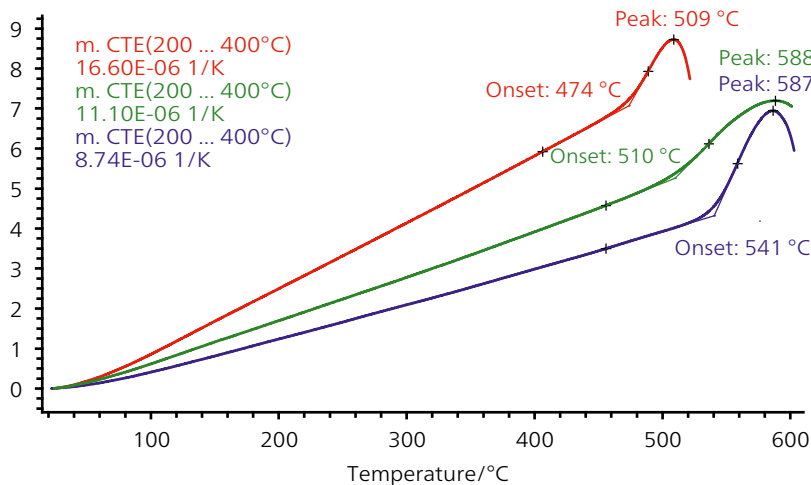


Vergleich der thermischen Ausdehnung einer Glasur (rot) und des Scherbens (blau), auf dem sie aufgebracht werden soll. Die $\alpha \rightarrow \beta$ -Umwandlung von Quarz wurde bei 575 °C detektiert. Die 1. Ableitung der Messung am Scherben wird durch die blau gestrichelte Kurve dargestellt. Messbedingungen: Heizrate 5 K/min, Luftatmosphäre.

Im Idealfall dehnen sich Glasur und Scherben gleichmäßig aus und ziehen sich gleichmäßig zusammen. In der Praxis ist dies jedoch selten der Fall. Hier kommt die Dilatometrie ins Spiel.



dL/Lo*10⁻³



Thermische Ausdehnung von drei verschiedenen Gläsern.
Messbedingungen: Heizrate 5 K/min, Luftatmosphäre.

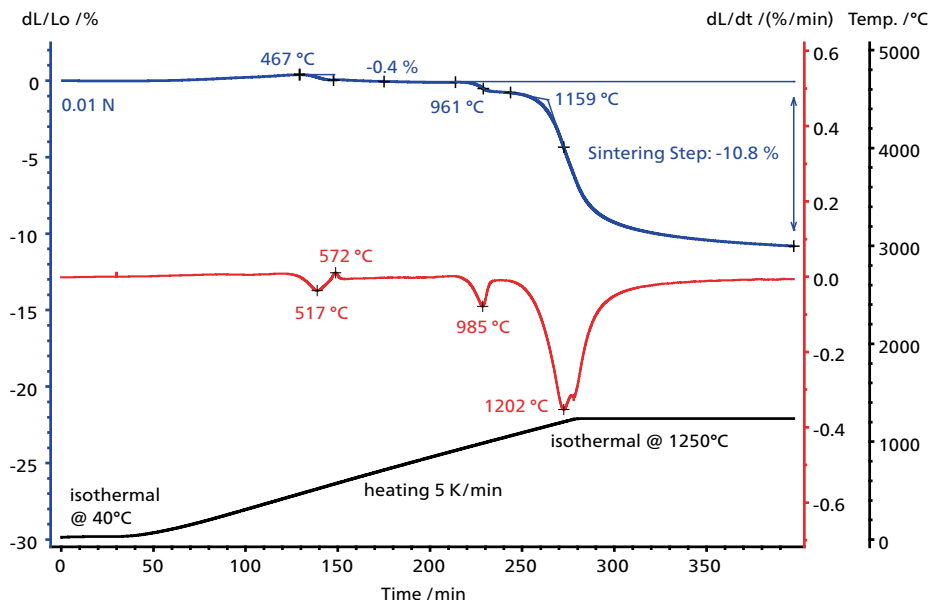
Bestimmung der Qualitätsparameter in der Glasherstellung

Dank ihrer hervorragenden optischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften eignen sich Gläser für die Herstellung hochwertiger Produkte, wie beispielsweise implantierbare medizinische Geräte und Geräte für die Weltraumforschung. Diese Grafik veranschaulicht die Wärmeausdehnung von drei verschiedenen Glasarten zwischen Raumtemperatur und 600 °C und hebt dabei deren unterschiedliches Ausdehnungs- und Erweichungsverhalten hervor. Daher eignet sich die Dilatometrie ideal zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Zusammensetzungen und Produktionsbedingungen auf die Wärmeausdehnung.

Sinterverhalten von Porzellan

Porzellan ist eine Keramik, die hauptsächlich aus Kaolinit, Feldspat und Quarz besteht. Bei einer Brenntemperatur von über 1200 °C bildet es Glas und Mullit, wodurch es seine Härte, Festigkeit und Transluzenz erhält.

Während der Aufheizung des Porzellan-Grünkörpers tritt zwischen 450 °C und 570 °C die Dehydration des Kaolinit auf, was zur Bildung von Metakaolinit führt (Effekt bei 467 °C in der thermischen Ausdehnung, blau, zugehörig zum Peak bei 517 °C in der 1. Ableitung, rot). Dieser Temperaturbereich markiert die Freisetzung von chemisch gebundenem Wasser aus der Tonstruktur, was zu einer Schrumpfung von etwa 0,4 % führt. Der Peak bei 572 °C in der 1. Ableitung weist auf die $\alpha \rightarrow \beta$ -Umwandlung des Quarzes hin. Ein weiterer Effekt bei 961 °C (blau) steht mit dem Peak bei 985 °C in der 1. Ableitung (rot) in Verbindung. Dieser kann dem strukturellen Zusammenbruch des Metakaolinit und der Bildung von



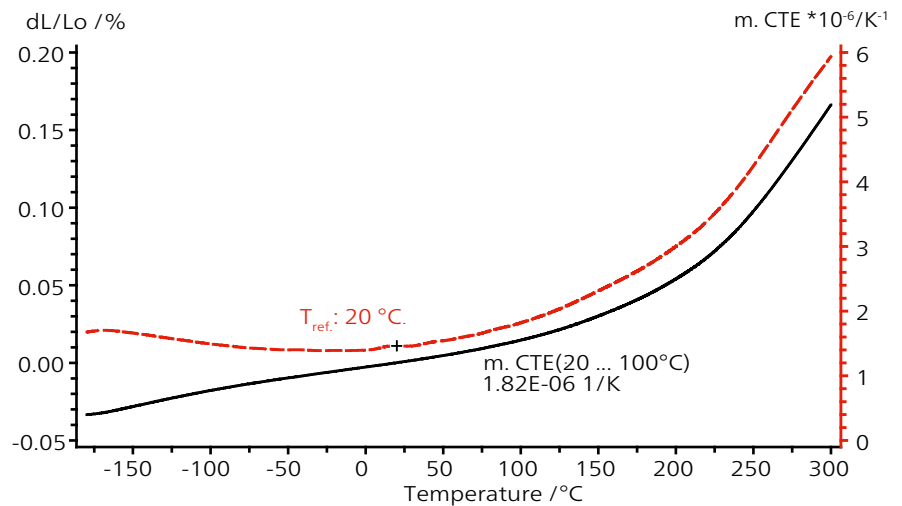
Porzellan-Grünkörper (blaue Kurve: relative Längenänderung; rote Kurve: 1. Ableitung);
Messbedingungen: RT bis 1250 °C, Heizrate 5 K/min, dynamische Luftatmosphäre
(20 ml/min), Anpresskraft der Schubstage 0,01 N

γ -Al₂O₃ [1] zugeschrieben werden. Mit dem vollständigen Schmelzen des Feldspats und der Bildung von Mullit beginnt ein zweistufiges Sintern oberhalb von 1159 °C. Die gesamte Schrumpfung beträgt 10 %.

[1] Classic and Advanced Ceramics: From Fundamentals to Applications, Robert B. Heimann, 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Messung kleinster thermischer Ausdehnungen an einer Invar-Legierung

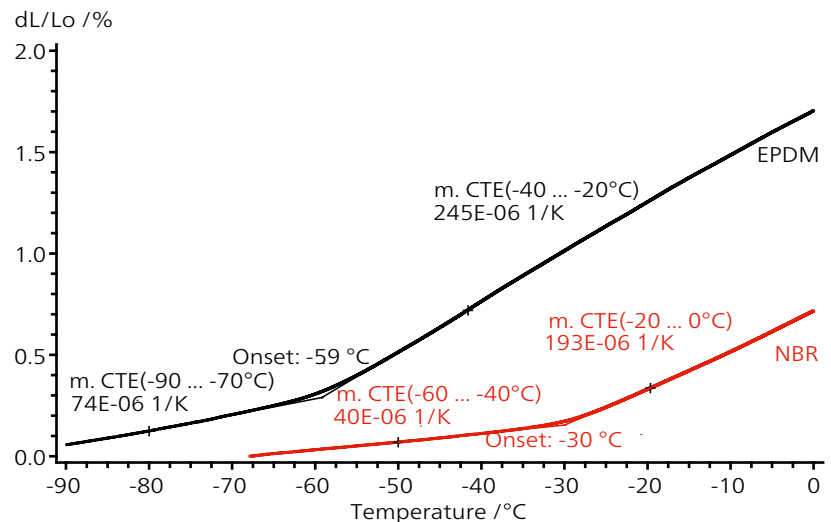
Invar 36® ist eine Nickel-Eisen-Legierung mit 36 % Nickel, die für ihre außergewöhnlich geringe Wärmeausdehnung bekannt ist – etwa ein Zehntel derjenigen von Kohlenstoffstahl. Sie behält ihre Formstabilität von kryogenen Temperaturen bis zu 227 °C und bietet Zähigkeit, Vielseitigkeit und zuverlässige Festigkeit bei niedrigen Temperaturen. Daher wird sie in Anwendungen eingesetzt, bei denen trotz Temperaturschwankungen eine hohe Maßgenauigkeit erforderlich ist. Die rechte Abbildung zeigt die Wärmeausdehnung und den Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE) in Abhängigkeit von der Temperatur. Während der Aufheizung wurde im Temperaturbereich von 20 °C bis 100 °C ein CTE von $1,82 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ gemessen.



Thermische Ausdehnung (durchgezogene Linie) und mittlerer CTE (gestrichelte Linie) zwischen -180 °C und 300 °C von Invar 36®; Heizrate: 5 K/min, He-Atmosphäre, Probenhalter aus Quarzglas

Bestimmung der thermischen Ausdehnung von Elastomeren

Bei der Prüfung technischer Elastomere sind genaue Kenntnisse der Glasübergangstemperatur und der Wärmeausdehnung erforderlich. Dieses Beispiel zeigt die lineare Wärmeausdehnung von Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (EPDM) und Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR). Je nachdem welche zusätzlich erhältliche Kühloption an das DIL 502 angeschlossen wird, können unterschiedliche Temperaturbereiche unterhalb der Raumtemperatur erfasst werden. In diesem Beispiel wurde EPDM mit einer LN₂-Kühloption (bis mind. -180 °C) und NBR mit dem zweistufigen Luftkühler AIC 80 (bis mind. -60 °C) gemessen.



Wärmeausdehnung und mCTE-Werte von EPDM und NBR; Heizrate: 1 K/min, He-Atmosphäre, Probenhalter aus Quarzglas



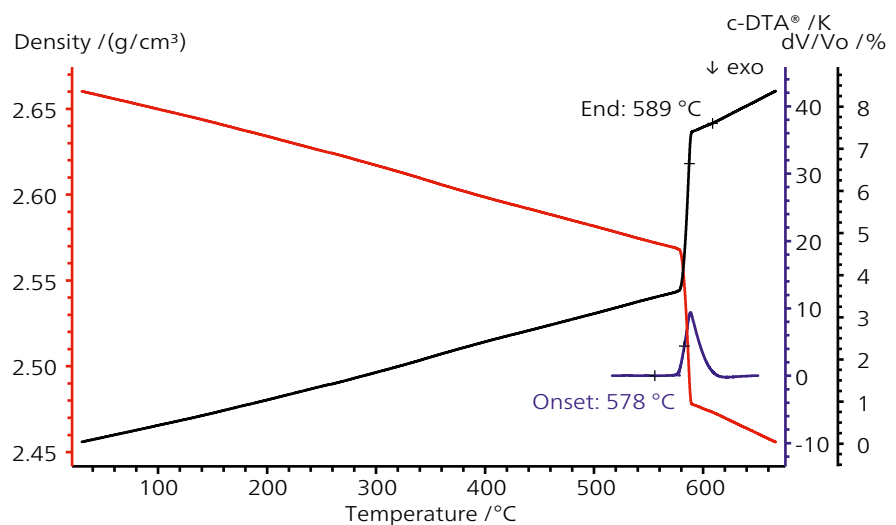
Volumenausdehnung einer Aluminiumlegierung bis in die Schmelze

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 578 °C (der extrapolierten Anfangstemperatur des c-DTA®-Signals, dargestellt in blau) zu schmelzen. Für ein solches Experiment ist ein spezieller Behälter erforderlich, beispielsweise aus Aluminiumoxid. Während des Schmelzens kommt es zu einer starken Ausdehnung. Oberhalb von 589 °C ist die Probe komplett aufgeschmolzen.

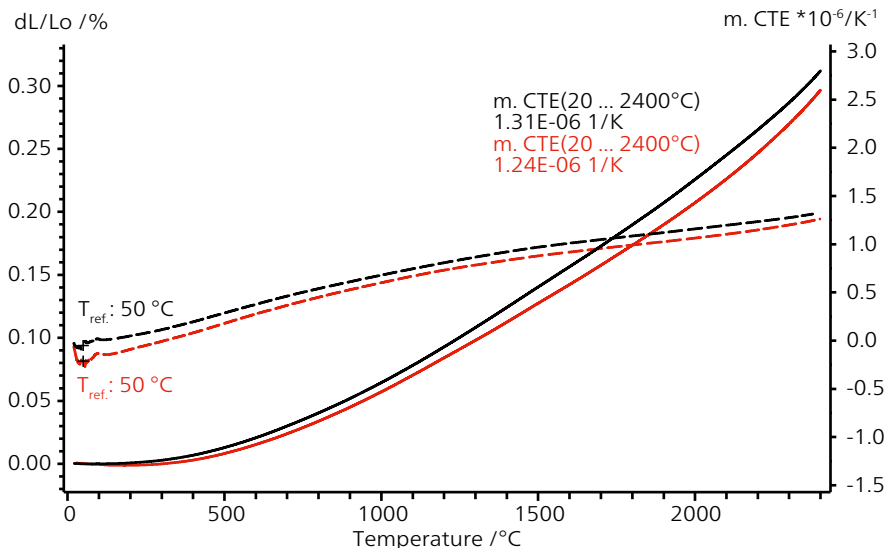
Mit zunehmendem Volumen nimmt die Anfangsdichte bis zum Ende der Messung um etwa 9 % (von 2,66 g/cm³ auf 2,46 g/cm³) ab.

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



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

Thermisches Verhalten von kohlefaserverstärktem Kohlenstoff bis 2400 °C



Thermische Ausdehnung (durchgezogene Linien) und mittlerer CTE (gestrichelte Linien) von zwei CFC-Proben, gemessen bei 45° (schwarz) und 0° (rot) relativ zur Faserrichtung; Heizrate: 5 K/min, He-Atmosphäre, Graphit-Probenhalter

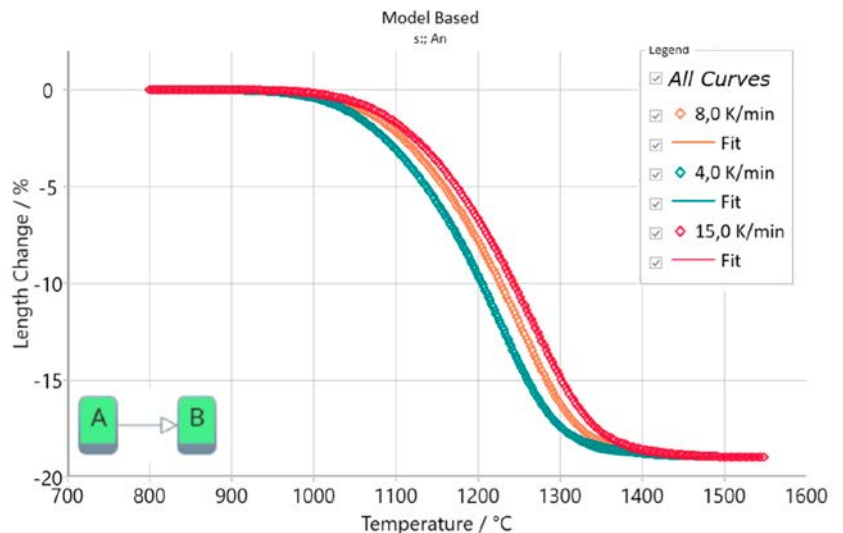
Dieser Verbundwerkstoff besteht aus einer reinen Kohlenstoffmatrix, die mit Kohlenstofffasern verstärkt wurde. Er weist eine hohe mechanische Festigkeit und Hochtemperaturstabilität auf. Die Wärmeausdehnung von C/C-Werkstoffen hängt von ihrer Faserstruktur ab.

In diesem Fall wurden Versuche bei Winkeln von 45° (schwarz) und 0° (rot) zur Faserrichtung durchgeführt. Der mittlere CTE-Wert der Probe, gemessen zwischen 20 °C und 2400 °C, die in einem Winkel von 45° zur Faserrichtung geschnitten wurde, ist nur um 0,07 E-06 K-1 höher als der der Probe, die in einem Winkel von 0° geschnitten wurde. Dies deutet darauf hin, dass die Materialeigenschaften nur sehr geringfügig von diesen räumlichen Ausrichtungen abhängen.

Optimierung von Sinterprozessen

Optimierte und herausragende Qualität – Zirkoniumoxid-Grünkörper für dentale Lösungen neu definiert

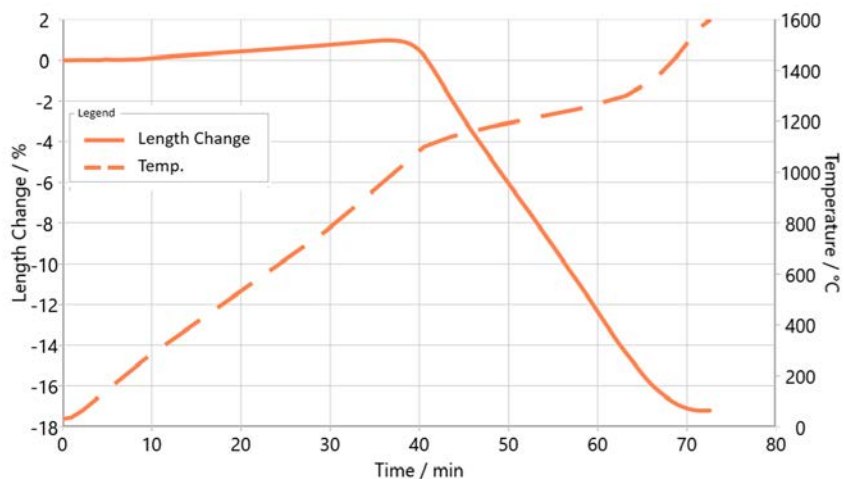
Das Brennen von Keramik geht mit einer Längenverringerung einher, wobei die Sintergeschwindigkeit von der Aufheizgeschwindigkeit abhängt. Die Abbildung zeigt Dilatometer-Messungen (Symbole) bei verschiedenen Aufheizgeschwindigkeiten von 4, 8 und 15 K/min nach Abzug der linearen Wärmeausdehnung und mit einer endgültigen Längenverringerung von 18,9 %. Mit Hilfe der Software Kinetics Neo wurde für diese experimentellen Kurven das gängige kinetische Modell vom Avrami-Typ erstellt. Für jede experimentelle Aufheizgeschwindigkeit wird die Längenänderung durch das kinetische Modell simuliert (durchgezogene Kurven in der Abbildung) und stimmt sehr gut mit den experimentellen Längenkurven überein. Dieses kinetische Modell kann für Sintervorhersagen für andere Temperaturprofile sowie für die Optimierung von Temperaturprofilen in industriellen Prozessen verwendet werden.



Dilatometer-Messungen (Rauten-Symbole) und kinetisches Modell (durchgezogene Linien) der Sinterung von Zirkonoxid-Grünkörpern bei Heizraten von 4, 8 und 15 K/min.

Die Kombination von Dilatometer-Messungen mit einer fortschrittlichen kinetischen Modellierung unter Verwendung der Software „Kinetics Neo“ ermöglicht eine Optimierung des Sinterprozesses. Dadurch lässt sich die Produktqualität deutlich verbessern, die Kosteneffizienz steigern und die Entwicklung sowie Skalierung beschleunigen.

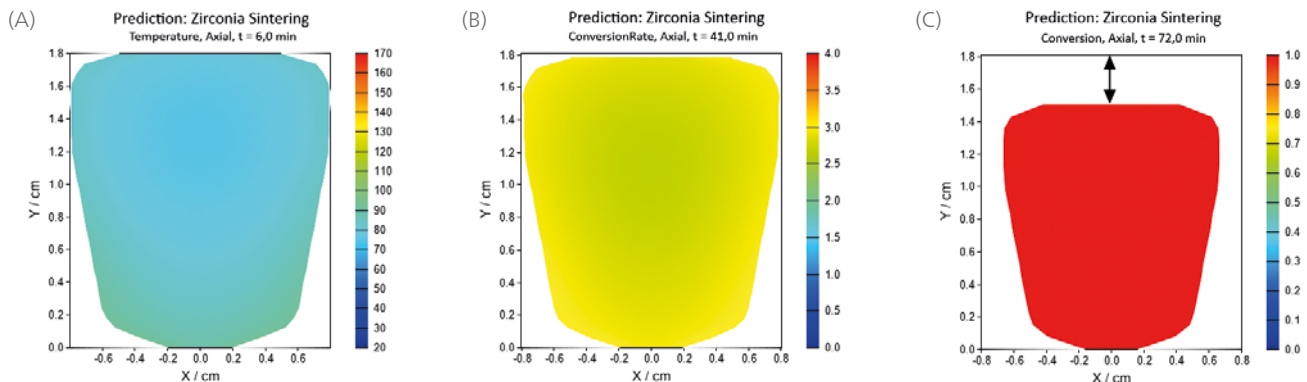
Mithilfe verschiedener Temperaturprofile oder durch die Steuerung konstanter Schrumpfraten kann der Sinterprozess in der Software Kinetics Neo genau modelliert werden. Dadurch entfallen langwierige und kostspielige Versuche nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum. Die Abbildung zeigt die optimierte Temperatur (gestrichelte Linie), die speziell zur Verbesserung der Sinterleistung von Keramikwerkstoffen mit einer konstanten Sinterungsrate von 3,5 % angepasst wurde. Die durchgezogene Linie entspricht der gemessenen Längenänderung für dieses Profil. Wie aus der Simulation zu erwarten war, ist die gemessene Schrumpfrate konstant. Die optimierte Sinterzeit wurde um mehr als 50 % reduziert.



Optimiertes Temperaturprofil für das Sintern von Keramik (gestrichelt) und gemessene Längenänderung (durchgezogen) zur Verifizierung dieses Profils

Für komplexe geometrische Bauteile simuliert Termica Neo thermische Schrumpfung und Temperaturgradienten.

Mithilfe der Software Termica Neo kann die Simulation des Sinterns im Inneren des Materials unter Berücksichtigung von Temperaturgradienten, Umwandlung und Sintergeschwindigkeit an jedem Punkt des Sintervolumens durchgeführt werden. Hier wird das optimierte Temperaturprofil als Umgebungstemperatur ausgewählt. Abbildung (A) zeigt die Temperatur bei $t = 6,0$, Abbildung (B) die Sintergeschwindigkeit zum Zeitpunkt $t = 41,0$ min. Letztere ist höher und hängt leicht von den Koordinaten ab. Abbildung (C) zeigt den Umwandlungsgrad nach einem Brennzyklus von 72,0 Minuten. Die rote Farbe und die verringerte lineare Größe bedeuten in diesem Fall eine vollständige Sinterung.



Simulation von Dentalkeramik für ein optimiertes Temperaturprofil. Vertikale Querschnitte für die Temperatur bei $t = 6,0$ min (A), die Umwandlungsrate bei $t = 41,0$ min (B) und den Umwandlungsgrad bei $t = 72,0$ min (C)

DIL 502 Expedis®

	<i>Classic</i>	<i>Select</i>	<i>Supreme</i>
Design	▪ Horizontal, Fühlstempel ▪ Einzel- oder Doppel-ofen	▪ Horizontal, Fühlstempel ▪ Einzel- oder Doppel-ofen	▪ Horizontal, Fühlstempel ▪ Einzel- oder Doppel-ofen***
Geräteinterface	Beleuchtete Frontfolie (optionales Touch-Display)	Touch-Display	Touch-Display
Temperaturbereich	RT ... 1600 °C	-180 °C ... 2000 °C	-180 °C ... 2800 °C
Heizraten	0,001 ... 50 K/min	Abhängig vom Ofen: 0,001 ... 50 K/min Graphit: 0,001 ... 100 K/min	
Kühlsysteme	Abhängig vom Ofen: Luftkompressor	Abhängig vom Ofen: Vortex, LN ₂ -Gerät, Luftkompressor	Abhängig vom Ofen: Vortex, LN ₂ -Gerät, Luftkompressor
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Graphit, austauschbar	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Graphit, austauschbar	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Graphit, austauschbar
Vom Anwender austauschbare Probenhaltersysteme	▪ Einzelsystem (ein Fühlstempel) ▪ Duales System mit zwei Fühlstempeln, verwendbar im dualen oder Differenzmodus	▪ Einzelsystem (ein Fühlstempel) ▪ Duales System mit zwei Fühlstempeln, verwendbar im dualen oder Differenzmodus	▪ Einzelsystem (ein Fühlstempel) ▪ Duales System mit zwei Fühlstempeln, verwendbar im dualen oder Differenzmodus
Probendimensionen	Länge: Max. 52 mm Ø 12 mm Standard (optional Ø 19 mm max.) Ø 8 mm im dualen Probenhaltersystem	Länge: Max. 52 mm (Graphitofen: 25 mm) Ø 12 mm Standard (optional Ø 19 mm max.) Ø 8 mm im dualen Probenhaltersystem	Länge: Max. 52 mm (Graphitofen: 25 mm) Ø 12 mm Standard (optional Ø 19 mm max.) Ø 8 mm im dualen Probenhaltersystem
Gasatmosphäre	Inert, oxidierend unter statischen oder dynamischen Bedingungen	Inert, oxidierend**, reduzierend, Vakuum	Inert, oxidierend**, reduzierend, Vakuum
Gasregelung	3-fach-Schalter oder 1-/3-/4-fach MFC*	1-fach MFC oder 3-/4-fach MFC*	1-fach MFC oder 3-/4-fach MFC*
Gasdicht	Ja	vakuumdicht	vakuumdicht
Oxygen Trap System (OTS®)	Optional, für Einzel- und für duale Probenhaltersysteme		

DIL 502 Expedis®

	<i>Classic</i>	<i>Select</i>	<i>Supreme</i>
Temperaturgenauigkeit	1 K	1 K	1 K
Temperaturpräzision	0,1 K	0,1 K	0,1 K
Temperaturauflösung	0,001 K	0,001 K	0,001 K
Thermische Stabilität (isotherm)	± 0,02 K	± 0,02 K	± 0,02 K
Messbereich	± 5000 µm	± 10000 µm	± 25000 µm
ΔL-Auflösung	2 nm	1 nm	0.1 nm
ΔL/L ₀ -Wiederholbarkeit	0,002 %, absoluter Wert	0,001 %, absoluter Wert	0,001 %, absoluter Wert
ΔL/L ₀ -Genauigkeit	0,003 %, absoluter Wert	0,002 %, absoluter Wert	0,002 %, absoluter Wert
Kraftbereich (an der Probe)	10 mN ... 3 N (Druck- und Zugkraft abhängig vom Probenhalter)		
Kraftauflösung	0,001 mN	0,001 mN	0,001 mN

* optional

** Graphitofen: Messungen in oxidierender Atmosphäre bis 1680 °C nur möglich bei Ausstattung mit einem speziellen Schutzrohr

*** 2400 °C und 2800 °C-Graphitöfen nur im Einzelofenbetrieb

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@netsch.com
<https://analyzing-testing.netsch.com>



NETZSCH®

www.netsch.com