

Dynamic Mechanical Analyzer

MCR 702e MultiDrive



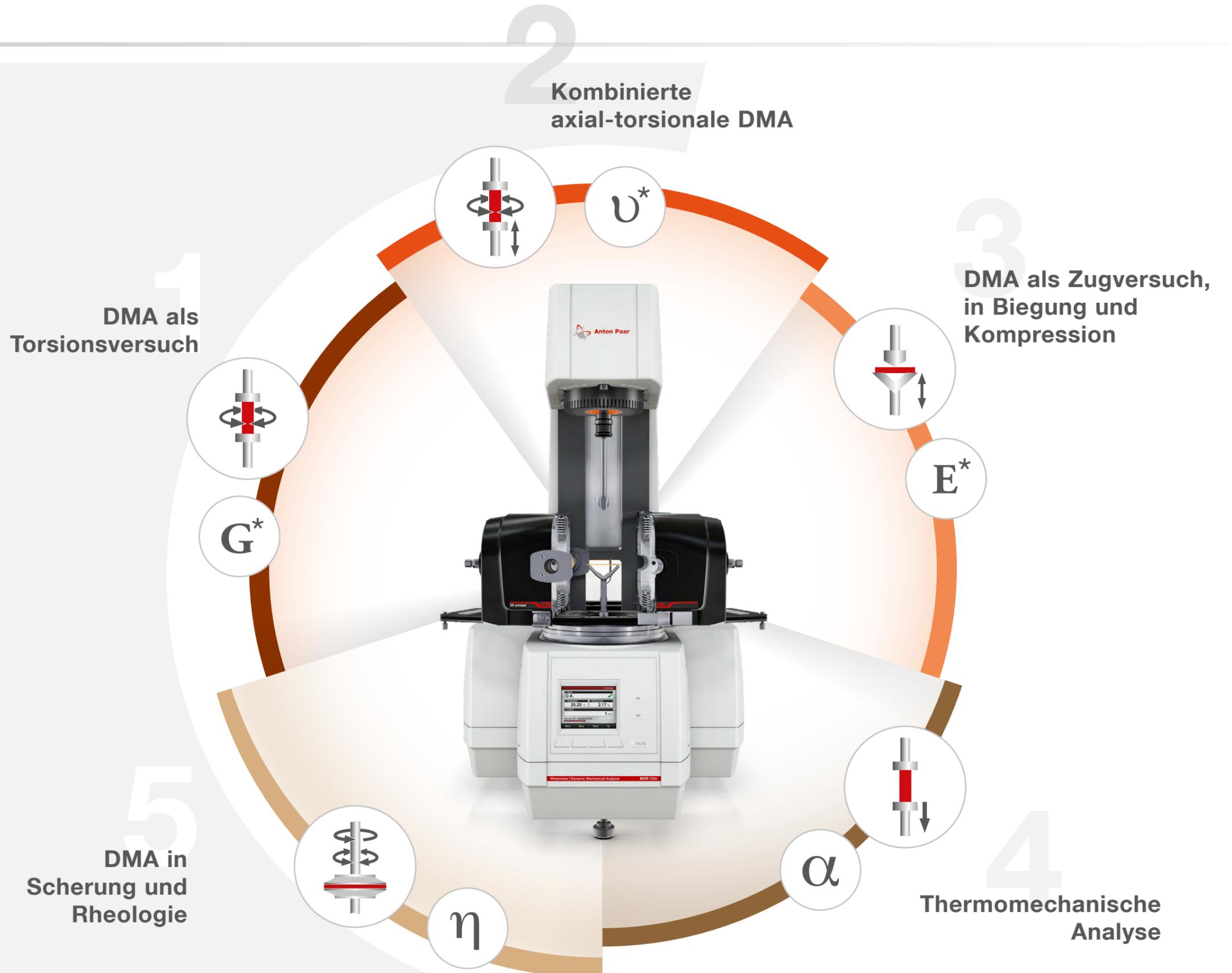
DMA und mehr

Die weltweit vielseitigste und leistungsfähigste Plattform für die dynamisch-mechanische Charakterisierung.

MCR 702e MultiDrive kombiniert einen hochmodernen Linearmotor mit der etablierten EC-Motor-Technologie der MCR-Rheometer. Das setzt neue Maßstäbe für die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) von flüssigen, weichen und festen Proben. Das Gerät ermöglicht Ihnen die Durchführung der DMA in Zug, Torsion, Biegung und Kompression sowie die rheologische Charakterisierung und thermomechanische Analyse (TMA) mit einem einzigen Messgerät.

Doch damit hören die Innovationen nicht auf. MCR 702e MultiDrive ermöglicht kombinierte axial-torsionale DMA innerhalb einer Versuchsvorgabe. Diese einzigartige Funktion ermöglicht die verbesserte Charakterisierung von anisotropen Materialien oder die Bestimmung der Poissonzahl innerhalb eines einzelnen Versuchs.

Mit dieser bahnbrechenden 5-in-1-Funktionalität setzt der MCR 702e MultiDrive einen neuen Standard für dynamisch-mechanische Analysegeräte und eröffnet völlig neue Möglichkeiten für die dynamisch-mechanische Materialcharakterisierung.



Die Messmodi machen es möglich

Dank der Kombination eines oberen EC-Motors (auch als Gleichstrommotor bezeichnet) mit einem unteren Linearmotor mit magnetischem Läufer ist das MCR 702e MultiDrive das erste Gerät weltweit, das sich für dynamisch-mechanische Messungen in torsionaler und linearer Richtung sowie für den kombinierten Axial-Torsional-Modus und für die thermomechanische Analyse eignet. Darüber hinaus unterstützt es eine breite Palette an unterschiedlichen rheologischen Messungen, die man von Luftlager-basierten Rheometern kennt. Damit bietet Anton Paar die maximale Flexibilität für Anwenderinnen und Anwender in Industrie und Forschung. Mit dem MCR 702e MultiDrive können Sie die größte Materialvielfalt – vom festen bis zum flüssigen Zustand – charakterisieren und dabei die Methode Ihrer Wahl einsetzen, um die zuverlässigsten und umfassendsten Ergebnisse aus Ihrer Charakterisierung zu erhalten.

LINEARANTRIEB ROTATIONSANTRIEB

LINEAR- UND ROTATIONSANTRIEB IN AKTION



Kombinierte Messungen mit dem Linear- und dem Rotationsantrieb unter Verwendung von runden und rechteckigen Festkörpern (SCF, SRF) ermöglichen die Bestimmung des komplexen Elastizitätsmoduls (E^*) und des komplexen Schermoduls (G^*) als Funktion von Temperatur, Frequenz, Zeit oder Feuchtigkeit in einem einzigen Experiment. So lässt sich die Poissonzahl von isotropen Materialien zum ersten Mal präzise und schnell anhand einer einzigen Probe bestimmen. Darüber hinaus ist bei der Untersuchung anisotroper Materialien, wie z. B. Verbundwerkstoffen, eine schnelle richtungsabhängige und umfassendere Analyse der Probeneigenschaften möglich.

LINEARANTRIEB ROTATIONSANTRIEB

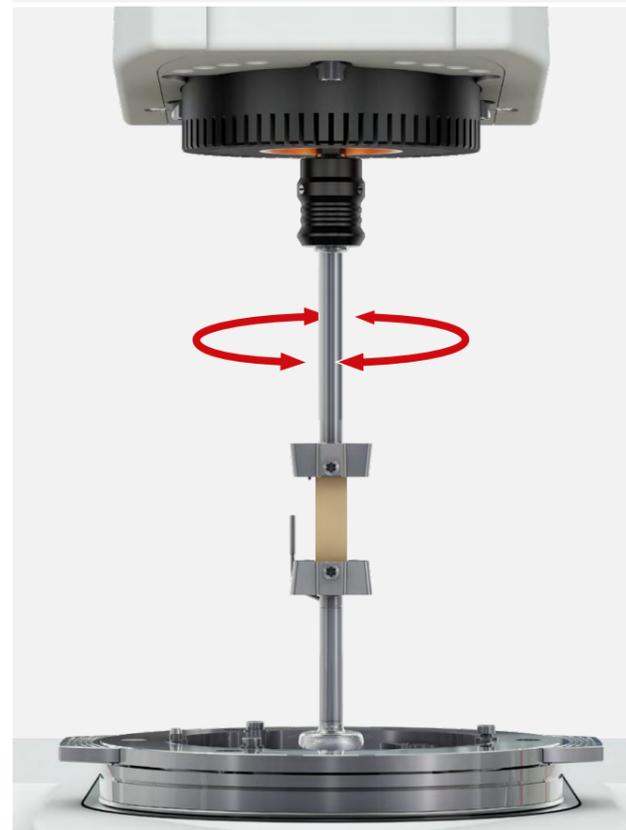
LINEARANTRIEB IN AKTION



In diesem Modus wird der Rotationsantrieb in eine feststehende Position gebracht, und der Linearantrieb wird genutzt, um entweder die Kraft oder die Auslenkung zu steuern. In Kombination mit Messsystemen wie Drei-Punkt-Biegung, Single-Cantilever, Dual-Cantilever, Einspannvorrichtungen für DMA in Zug oder DMA in Kompression eignet sich dieser Modus für die Durchführung der „klassischen“ dynamisch-mechanischen Analyse bei höchstmöglicher Präzision. Darüber hinaus ermöglicht dieser Modus die Durchführung von Kriech- und Erholungsprüfungen, Messungen bei konstanter Kraft oder Deformation und thermomechanischen Analysen.

LINEARANTRIEB ROTATIONSANTRIEB

ROTATIONSANTRIEB IN AKTION



In diesem Modus wird der Linearantrieb in eine feststehende Position gebracht, und der Rotationsantrieb wird genutzt, um Scherdeformation oder Schubspannung zu regeln. In Kombination mit den verfügbaren Einspannvorrichtungen für runde und rechteckige Festkörper (SCF, SRF) und Platte/Platte- oder Kegel/Platte-Messgeometrien ermöglicht diese Option die Durchführung der mechanischen Analyse in torsionaler Richtung sowie rheologische Messungen.

ROTATIONSANTRIEB

SINGLE-DRIVE-MODUS



In diesem Modus wird der Linearantrieb entfernt und das Messgerät wird als konventionelles Rotationsrheometer betrieben. Sobald der Linearmotor entfernt ist, kann das Gerät mit allen Messsystemen, Temperiereinheiten und/oder anwendungsspezifischen Zubehörteilen der MCR-Serie von Anton Paar ausgestattet werden, um rheologische Messungen für routinemäßige Aufgabenstellungen oder besonders anspruchsvolle rheologische Anwendungen an Ihrer Probe durchzuführen. Anstelle des Linearantriebs kann unten ein zweiter Rotationsantrieb montiert werden, um erweiterte rheologische Messungen mit allen für Rheometer verfügbaren Prüfmodi durchzuführen.

Technische Highlights

Fortschrittliches Konzept für höchste Flexibilität bei DMA und Rheometrie

Die besondere Kombination aus Linearantrieb und Rotationsantrieb in einem Messgerät ermöglicht die dynamisch-mechanische Analyse in linearer und torsionaler Richtung, erlaubt aber auch kombinierte Axial-Torsions-Messungen und sogar rheologische Messungen für die Materialcharakterisierung in der Beanspruchungsart, die am besten zur Anwendung Ihres Materials passt.

Einzigartige Motorkonstruktion – die Luftlager-Technologie

Aufgrund der besonderen Konstruktion bieten die Luftlager von Linear- und Rotationsantrieb eine außerordentlich hohe Empfindlichkeit für die dynamisch-mechanische Analyse sowie für alle Arten von rheologischen Messungen der hochwertigen MCR-Rheometer-Serie.

Präzise Kraftmessung und ein großer Wegmessbereich

Aufgrund der optimierten Konstruktion und der fortschrittlichen Materialauswahl des Linearantriebs mit magnetischem Läufer weist der Motor nur eine minimale magnetische Hysterese auf. Das erlaubt hochpräzise Messungen über einen breiten Kraftbereich bis zu 40 N zur Charakterisierung von weichen und steifen Materialien bei höchster Präzision und über einen Wegmessbereich von 9,4 mm. Dies ist beispielsweise bei Zugversuchen von Vorteil.

Bestimmung der Wegänderung bei höchster Auflösung

Ein linearer optischer Encoder wird im Messgerät genutzt, um die Wegänderung zu ermitteln. Diese optische Technologie ermöglicht stabile Messungen der Probendeformation mit einer Auflösung im Subnanometerbereich.

Optimierte Messsysteme für reproduzierbare Ergebnisse

Die innovative Konstruktion der Messsysteme – optimiert durch numerische Strömungssimulation (CFD) – garantiert vernachlässigbare Temperaturgradienten innerhalb der Probe. Jedes Messsystem verfügt über einen integrierten Temperatursensor, der sich nah an der eingespannten Probe befindet, um die aktuelle Proben temperatur mit höchster Reproduzierbarkeit über den gesamten Temperaturbereich messen zu können.

Einfache Anpassung und automatische Konfiguration aller Zubehörteile

Beim Wechsel zwischen Messsystemen bietet die bewährte QuickConnect-Kupplung großen Bedienkomfort, da weder Schrauben zur Fixierung der Messsysteme noch Ausrichtungsvorgänge nötig sind. Toolmaster™ ist ein komplett kontaktfreies automatisches Komponenten- und Konfigurationssystem zur Erkennung aller verfügbaren Messsysteme. Das ermöglicht einen zeitsparenden und fehlerfreien Wechsel von Messsystemen und Zubehörteilen, ohne die aktuell genutzte Konfiguration oder komplexe Geometriedaten manuell in die Software einzugeben.



MCR 702e Space MultiDrive

Die perfekte Wahl, wenn maximale Arbeitsfläche benötigt wird

Die freiliegende Rheometer-Stützplatte bietet Ihnen maximalen Arbeitsraum. Dies ist vor allem vorteilhaft, wenn Sie unterschiedlichstes MCR-Zubehör verwenden und vielfältige rheologische Versuche auch mit zusätzlichen externen Setups durchführen, z. B. in Kombination mit konfokaler Mikroskopie. Da dieses Gerät über eine externe Elektronikbox verfügt, bietet es ein Höchstmaß an Flexibilität hinsichtlich der Einbaubedingungen, z. B. für den Aufbau in einer Labor-Glovebox.

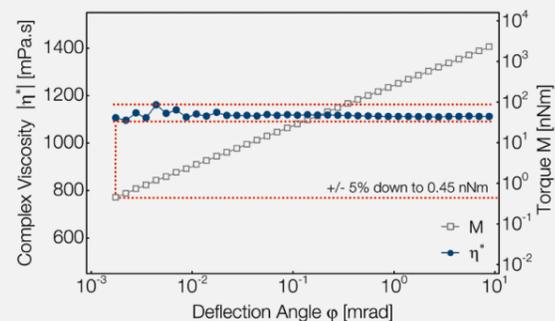


Einzigartige Motortechnologie – der Schlüssel zu höchster Präzision

ROTATIONSANTRIEB

Auf Basis eines EC-Motors (Permanentmagnet-Synchronmotor)

- Der Rotor ist mit Permanentmagneten ausgestattet. **1**
- Spulen erzeugen magnetische Pole im Stator.
- Der Eingangsstrom in den Spulen erzeugt ein rotierendes magnetisches Feld und bewirkt eine reibungsfreie synchrone Bewegung des Rotors.
- Axiale **2** und radiale **3** Luftlager ermöglichen die Charakterisierung von sehr steifen Proben im DMA-Modus sowie rheologische Messungen bei niedrigem Drehmoment.



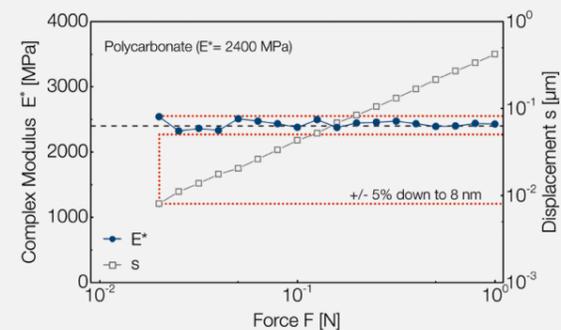
Vorteile für die Messung

- Lineare Beziehung zwischen Statorstrom und Drehmoment für präzise Drehmomentmessungen bis hinunter zu 0,5 nNm (siehe Abbildung oben)
- Hohe thermische Stabilität ohne Wärmezeugung und temperaturbedingte Signaldrifts im Motor für dauerhafte Drehmomente von bis zu 230 mNm
- Unverzögerter Aufbau des Magnetfeldes für schnelle Drehmomentregelung

LINEARANTRIEB

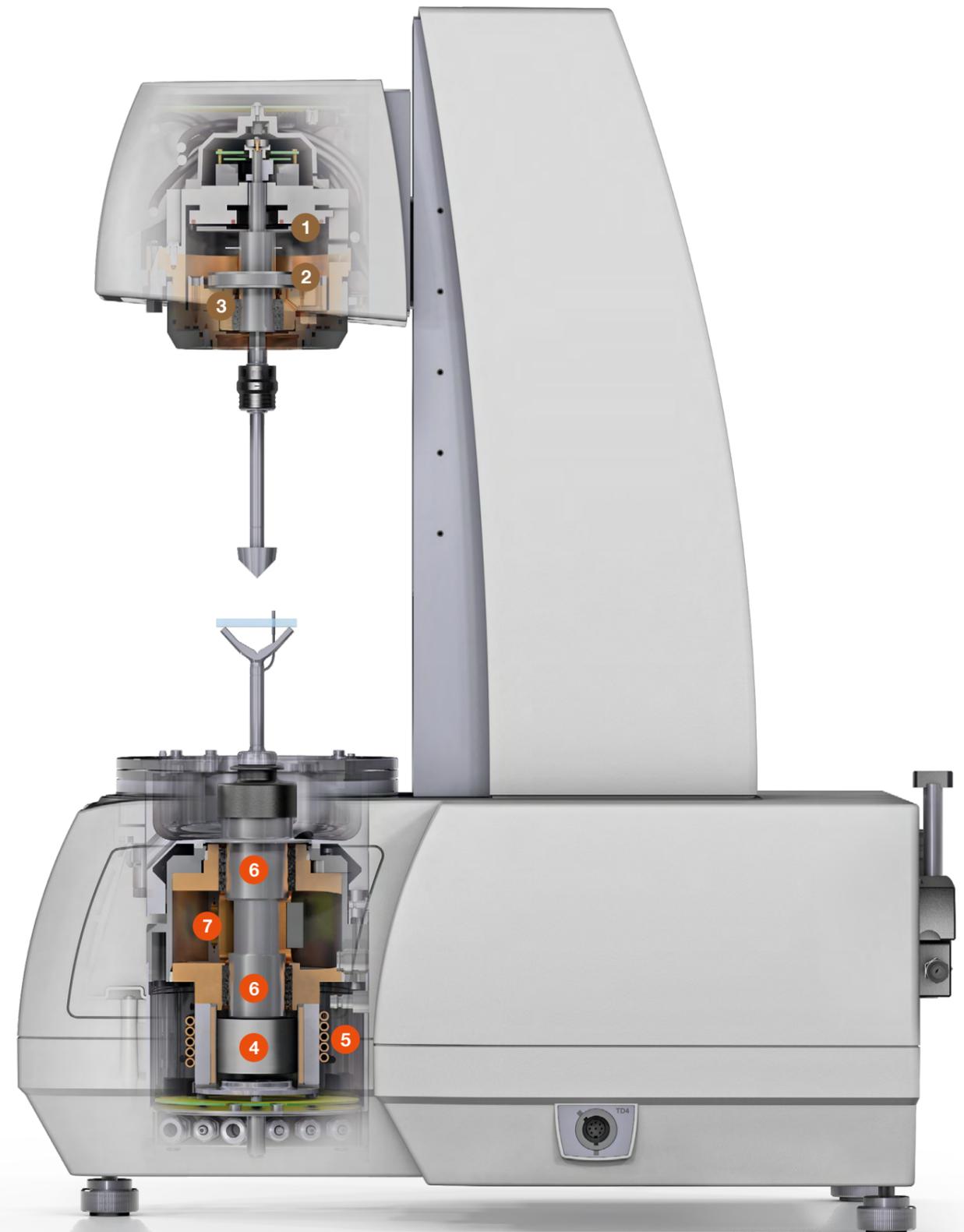
Auf Basis eines Motors mit magnetischem Läufer

- Gewichtsoptimierte Antriebswelle mit einem Permanentmagneten **4**
- Statorspulen **5** erzeugen ein Magnetfeld und bewirken die axiale Bewegung der Antriebswelle.
- Aufgrund der einzigartigen Magnetfeldtechnologie können Wegänderungen mit kleinsten Strömen erzeugt und mithilfe eines optischen Encoders gemessen werden.
- Radiale **6** und torsionale **7** Luftlager ermöglichen Messungen mit geringer Kraft bei der DMA in Zug, Biegung und Kompression sowie der DMA in Torsion mit hochgradig steifen Materialien.

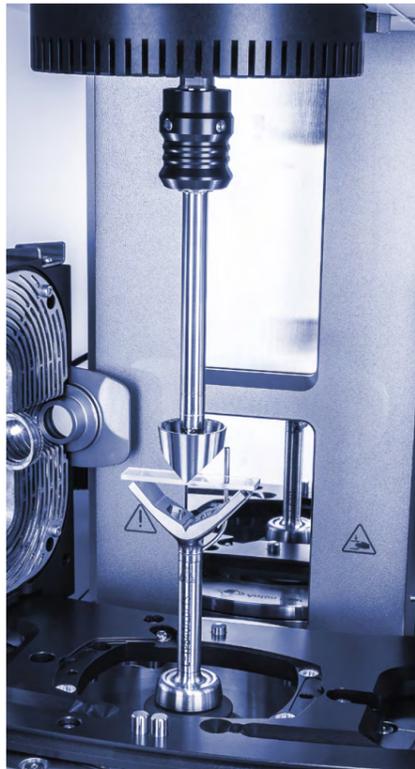


Vorteile für die Messung

- Die Magnetfeldtechnologie garantiert Kraftmessungen mit hervorragendem Signal-Rausch-Verhältnis bis 0,5 mN.
- Das Motorkonzept bietet perfektes Wärmemanagement und verhindert temperaturbedingte Signaldrifts auch bei hohen Lasten von bis zu 40 N und langen Messzeiten.
- Die Kombination aus optischem Encoder und äußerst präzisiertem Linearantrieb führt zu einem herausragenden Wegmessbereich von 9,4 mm bis 10 nm (siehe Abbildung oben).

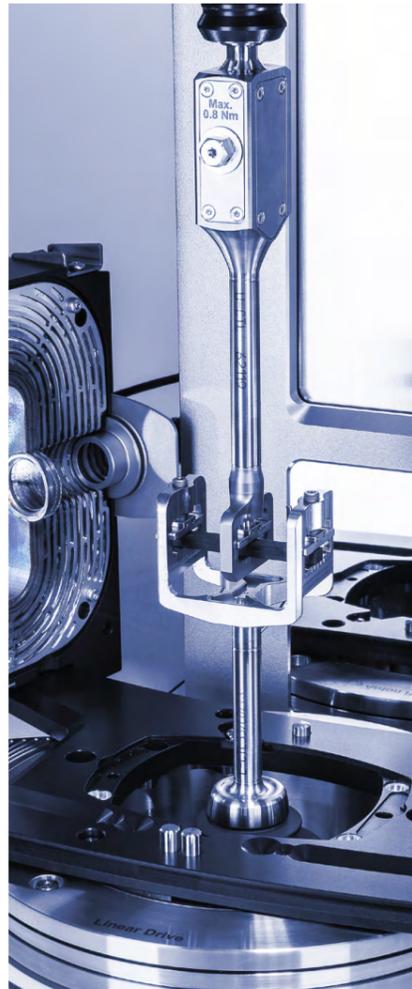


Messsysteme



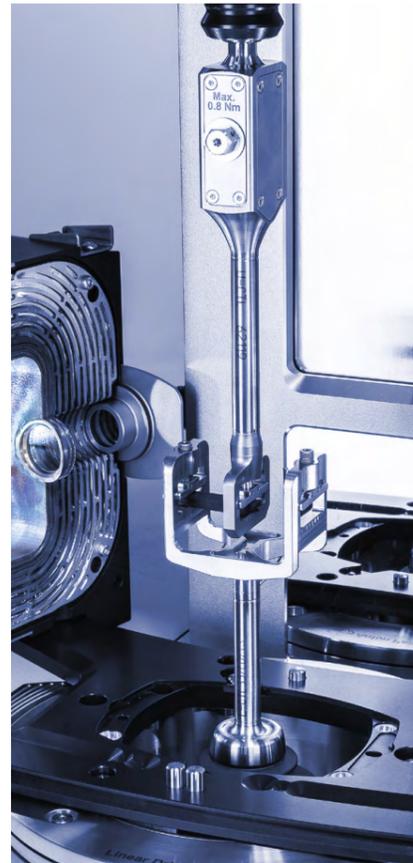
DREI-PUNKT-BIEGUNGSSYSTEM

Die Probe wird auf zwei beweglichen Auflagen an beiden Enden platziert, und ein statischer Schaft wird im Mittelpunkt der Probe positioniert. Da kein zusätzliches Einspannen der Probe erforderlich ist, werden Messfehler aufgrund von Halteeinrichtungen minimiert. Das Messsystem eignet sich zur Charakterisierung steifer Materialien wie beispielsweise Verbundwerkstoffen und Thermoplasten unterhalb ihrer T_g , Duroplasten sowie Metallen und Keramik.



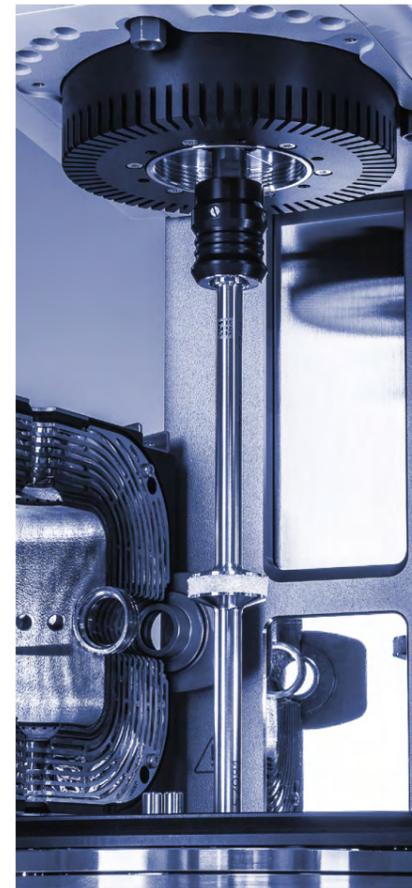
DUAL-CANTILEVER

Bei diesem Messsystem wird die Probe zwischen zwei Klemmen an beiden Enden und einer mittigen Klemme am Mittelpunkt der Probe befestigt. Dank der Klemmen eignet sich das Messsystem auch für Materialien mit geringer Steifheit, die anderenfalls durchhängen könnten.



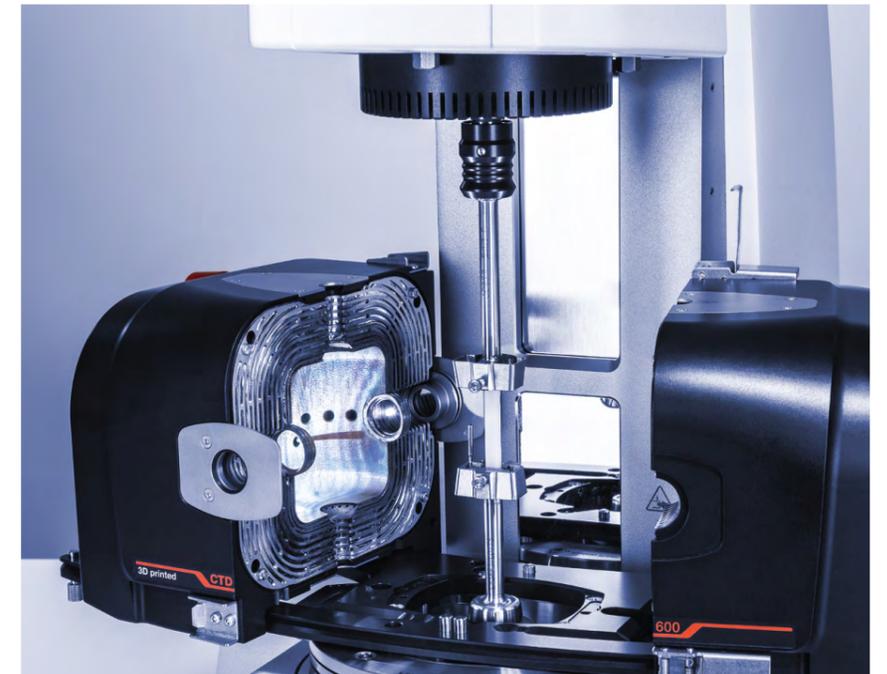
SINGLE-CANTILEVER

Die Probe wird in diesem Messsystem zwischen der mittigen Klemme und nur einer Klemme am Ende eingespannt. Dieses System kann für Proben mit kürzerer Länge genutzt werden. Ähnlich wie der Dual-Cantilever ermöglicht Ihnen dieses Messsystem die Charakterisierung von Materialien, die durchhängen könnten. Beispiele dafür sind Thermoplaste und Elastomere.



KOMPRESSIONSSYSTEM

Für DMA in Kompression sind konventionelle Platte/Platte-Messsysteme erhältlich. Die Probe wird zwischen dem oberen und dem unteren Messsystem eingespannt und einer einachsigen Last ausgesetzt. Dieser Deformationsmodus ist besonders nützlich für die Charakterisierung von Schäumen, Elastomeren und anderen weichen Festkörpern wie Nahrungsmitteln und Gelen.



EINSpanNVORRICHTUNGEN FÜR RECHTECKIGE UND ZYLINDERFÖRMIGE PROBEN

In diesem Messsystem wird die Probe senkrecht positioniert, am oberen und unteren Ende eingespannt und einachsig verformt. Die spezielle Konstruktion dieser Messsysteme sorgt dafür, dass Proben unterschiedlicher Dicke und Durchmesser exakt mittig (bezogen auf die Achse des Messsystems) gemessen werden können. Auf diese Weise erreichen Sie reproduzierbare Ergebnisse für Filme, Fasern und auch Stäbe.

Die gleichen Messsysteme können in Kombination mit dem Rotationsmotor genutzt werden, um die dynamisch-mechanische Analyse in Torsion ergänzend zur DMA in Zug mit dem Linearantrieb zu ermöglichen. Daraus resultierend können erstmalig das Elastizitätsmodul und das Schermodul der gleichen Probe mit einer einzigen Versuchsgestaltung gemessen werden, ohne dass Probe, Messsysteme oder Zubehörteile gewechselt werden müssen. Dadurch ist es möglich, Materialeigenschaften, die bisher mit einer DMA nicht bestimmbar waren, einfach zu ermitteln. Dazu zählen z. B. die Poissonzahl, die richtungsabhängige Charakterisierung von anisotropen Materialien oder die Bestimmung des gesamten Materialverhaltens, ohne dass die Daten der DMA als Zugversuch zur DMA als Torsionsversuch und umgekehrt umgerechnet werden müssen.

IHRE VORTEILE

- ✓ Der integrierte Temperatursensor erfasst die Probentemperatur mit höchster Reproduzierbarkeit
- ✓ Die mithilfe von Strömungssimulation (CFD) optimierte Konstruktion garantiert geringstmögliche Temperaturgradienten innerhalb der Probe.
- ✓ Die robuste Geometrie gewährleistet die Charakterisierung von steifen Proben ohne Nachgiebigkeitsprobleme.

IHRE VORTEILE

- ✓ Die QuickConnect-Funktion ermöglicht schraubenlose und schnelle Wechsel des Messsystems in nur wenigen Sekunden.
- ✓ Die Toolmaster™-Funktion ermöglicht die automatische Komponentenerkennung und -konfiguration ganz ohne manuelle Einstellungen in der Software.
- ✓ Die automatische ZeroGap/ZeroAngle-Funktion gewährleistet eine reproduzierbare Positionierung des Messsystems ohne komplexe Ausrichtungsverfahren.

Zubehörteile zur Regelung von Temperatur und Feuchtigkeit

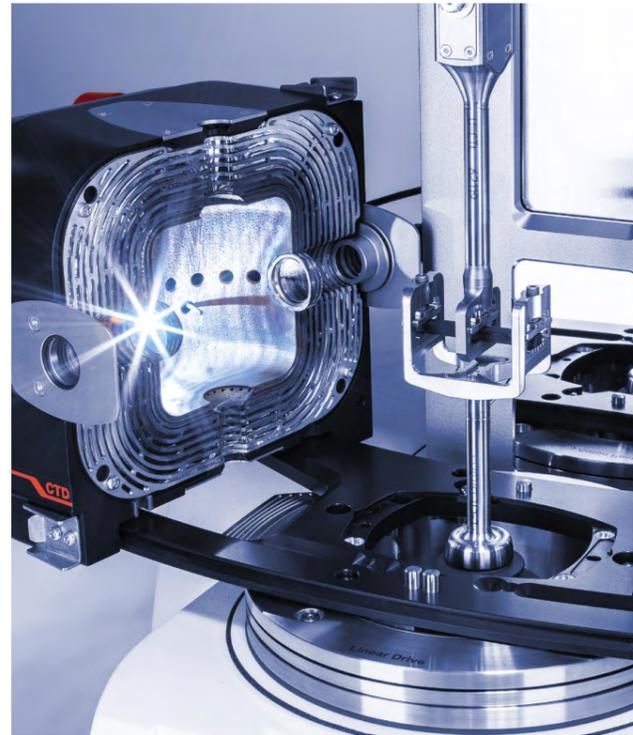
Anton Paar bietet eine breite Palette an Konvektionstemperiereinheiten (CTD), die auf die besonderen Anforderungen von DMA und Rheologie zugeschnitten sind. Die Temperiereinheiten decken einen Temperaturbereich von -160 °C bis +1.000 °C ab und können mit Luft oder Inertgas genutzt werden. Alle Systeme sind leicht austauschbar und gewährleisten eine genaue Temperaturregelung über den gesamten Temperaturbereich.



CTD 180 HR

Konvektionsofen mit Peltier-Temperierung

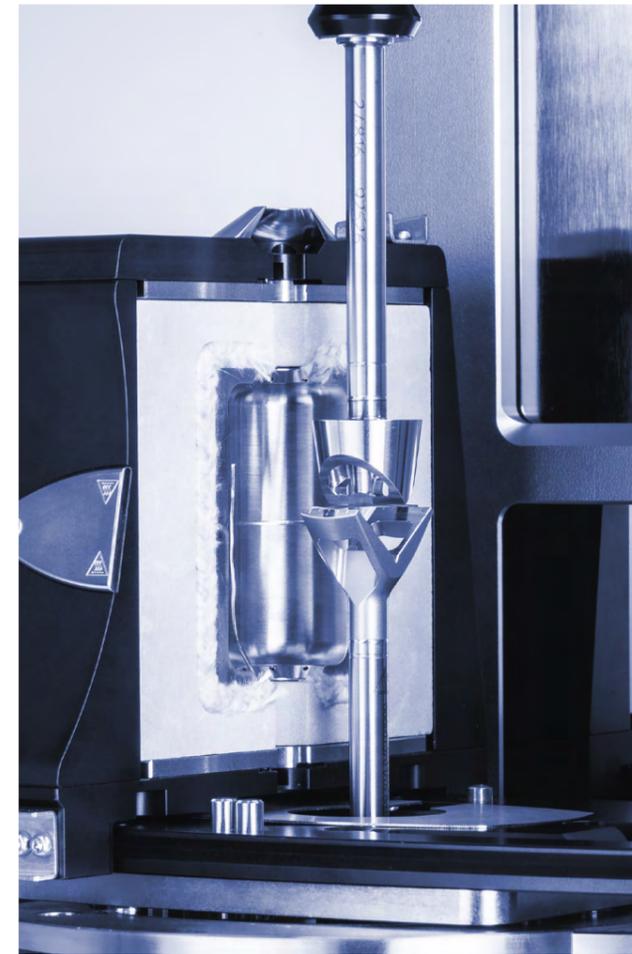
- Temperaturbereich: -20 °C bis +180 °C
- Geeignet für Kühlung ohne zusätzliche Kühloptionen wie Gas Chiller oder Flüssigstickstoff
- Die perfekte Wahl für die Charakterisierung des Einflusses der relativen Luftfeuchtigkeit auf Polymere, Lebensmittel und Pharmazeutika



CTD 600 MDR

Präzisionsste, hochmoderne Temperierung durch kombinierte Konvektion und Strahlung

- Temperaturbereich: -160 °C bis +600 °C
- Innovative 3D-Metalldruck-Fertigungstechnologie für eine präzise und stabile Temperaturregelung auch bei Niedrigst- und Höchsttemperaturen
- Optionale Digital-Eye-Kamera zur Erkennung von Messeffekten wie Durchhängen, Gleiten, Bruch oder optisch sichtbaren Phasenübergängen



CTD 1000 MDR

Leistungsstarke Konvektionstemperierung für einen großen Temperaturbereich

- Temperaturbereich von -150 °C bis +1.000 °C
- Geeignet für die Charakterisierung von Metallen und Legierungen, Glas und Keramiken



TIEFTEMPERATUR-OPTIONEN

Option 1: EVU 20 für Temperaturen bis -160 °C

- Regelt aktiv das Verdampfen von Flüssigstickstoff und einen kontinuierlichen Stickstofffluss in die CTD 600 MDR oder die CTD 1000 MDR
- Die Gasversorgung schaltet automatisch auf Luft oder Inertgas um, um den gesamten Temperaturbereich der CTD 600 MDR abzudecken

Option 2: Gas Chiller Unit für CTD 600 MDR und Temperaturen bis zu -90 °C

- Verwendet komprimiertes Gas (Luft oder Inertgas)
- Die perfekte Wahl, wenn die Verwendung von Flüssigstickstoff durch interne Sicherheitsbestimmungen verboten ist

FEUCHTE-OPTION FÜR CTD 180 HR

- Der externe Feuchtegenerator regelt die relative Feuchte von 5 % bis 95 % in Abhängigkeit von der Ist-Temperatur
- Wird verwendet, um den Einfluss auf die Trocknung, Erweichung, aber auch die Aushärtung von Materialien zu untersuchen

IHRE VORTEILE

- ✓ Temperaturregelung mit einem homogenen Gasfluss innerhalb des Systems und dadurch hohe Genauigkeit
- ✓ Langzeitmessungen auch bei Maximaltemperaturen
- ✓ Geringer (Inert-)Gasverbrauch für reduzierte Betriebskosten und präzise Messungen auch bei niedrigen Drehmomenten und Kräften

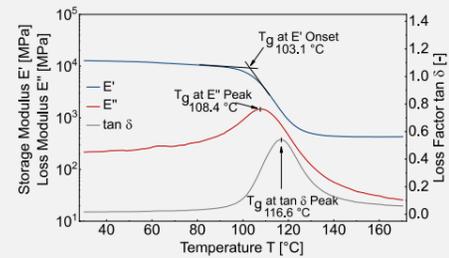
BEREIT FÜR ALLE MCR-ZUBEHÖRTEILE

Durch das Entfernen des Linearmotors kann das MCR 702e MultiDrive als CMT-Rheometer genutzt werden (CMT = Combined Motor Transducer). Die Konfiguration ist für jede beliebige Temperiereinheit und jedes anwendungsspezifische Zubehör bereit – dafür gibt es unzählige Optionen zur Auswahl. Darüber hinaus liefert Anton Paar kundenspezifische Produkte für spezielle Anwendungen wie Systeme für DMA an Festkörpern, die in Flüssigkeit eingetaucht sind, Messachsen, die mit jeder beliebigen Einweg- oder Sondergeometrie kombinierbar sind, und sogar Materialtaschen für die Prüfung pulverförmiger Proben mit typischen DMA-Messsystemen im Biegemodus oder ein Scher-Sandwich zur Charakterisierung viskoelastischer Materialien mit DMA in axialer Scherrichtung. Eine vollständige Übersicht finden Sie auf der Webseite von Anton Paar.

MCR 702e MultiDrive – die weltweit vielseitigste Plattform für die dynamisch-mechanische Charakterisierung

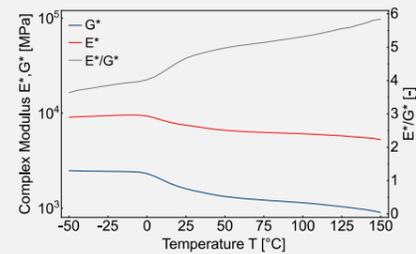
Spezifikationen

Dank der 5-in-1-Funktionalität bietet das MCR 702e MultiDrive die umfangreichste Auswahl an Prüfmodi für dynamisch-mechanische Charakterisierungen. Die folgenden vier Messungen beschreiben wichtige Anwendungen in der Polymerindustrie, um typische Verbundwerkstoffe charakterisieren und optimieren zu können. Durch die Nutzung des MCR 702e MultiDrive können all diese Messaufgaben mit einem einzigen Gerät in herausragender Qualität erledigt werden.



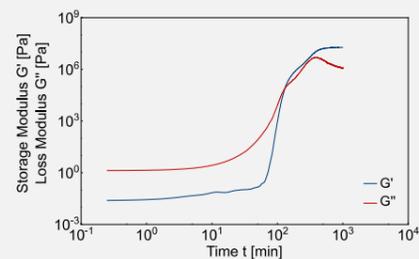
1. DMA als Biegeversuch

Um die viskoelastischen Eigenschaften von kohlefaserverstärkten Polymeren (CFRP) zu bestimmen, wird häufig eine DMA als Biegeversuch durchgeführt. Die Abbildung stellt drei gängige Methoden zur Messung von Tg dar (Onset von G', Maximum von G'' und Maximum von tan δ). Damit können Sie die geeignete Anwendungstemperatur und die tatsächlichen mechanischen Eigenschaften des Materials während seiner Verwendung bestimmen.



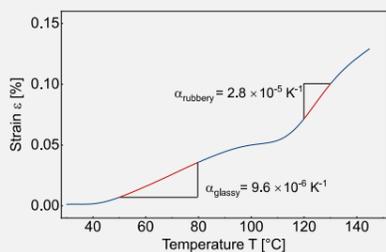
2. DMA im kombinierten Axial-Torsional-Modus

Aufgrund ihrer anisotropen Beschaffenheit können Polymerverbundwerkstoffe viskoelastische Eigenschaften aufweisen, die stark vom Deformationsmodus abhängen. Das Beispiel zeigt die temperaturabhängigen Ergebnisse eines CFRP für DMA als Torsionsversuch und als Zugversuch. Ein sich änderndes Verhältnis zwischen E* und G* deutet darauf hin, dass die mechanischen Eigenschaften des CFRP je nach Belastungsrichtung in unterschiedlichem Maße von der Temperatur beeinflusst werden.



3. Rheologie

Epoxidharze kommen häufig als Polymermatrix für CFRP zum Einsatz. Die mechanischen Eigenschaften ändern sich während der Vernetzungsreaktion. Mithilfe eines Oszillationsversuches bei konstanter Temperatur können der Beginn und die Geschwindigkeit der Vernetzung, der Kreuzungspunkt von G' und G'' und die endgültigen mechanischen Eigenschaften leicht gemessen werden. Das Verhalten von Harzsystemen kann so kontrolliert und verbessert werden, um eine hervorragende Komponentenqualität zu gewährleisten.



4. Thermomechanische Analyse

Kenntnisse über das Wärmeausdehnungsverhalten sind wichtig für die Entwicklung und Simulation von Komponenten. Im vorliegenden Beispiel kann eine Diskontinuität der Dimensionsänderung ab etwa 100 °C beobachtet werden, was in guter Korrelation zur Glasübergangstemperatur steht, die mithilfe der DMA ermittelt wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient (CTE) im gummielastischen Zustand andere Werte als im Glaszustand zeigt.

	Einheit	Spezifikationen
Linearantrieb für DMA als Zugversuch, in Biegung und Kompression		
Maximale Kraft	N	40
Minimale Kraft	N	0,0005
Maximaler Weg	µm	9.400 ⁽¹⁾
Minimaler Weg	µm	0,01
Maximale Frequenz	Hz	100
Minimale Frequenz	Hz	0,001

Rotationsantrieb für DMA in Torsion und Rheologie		
Maximales Drehmoment	mNm	230
Minimales Drehmoment Rotation	nNm	1
Minimales Drehmoment Oszillation	nNm	0,5
Maximale Winkelauslenkung (Sollwert)	µrad	∞
Minimale Winkelauslenkung (Sollwert)	µrad	0,05
Maximale Winkelgeschwindigkeit	rad/s	314
Minimale Winkelgeschwindigkeit	rad/s	0 ⁽²⁾
Maximale Kreisfrequenz	rad/s	628 ⁽³⁾
Minimale Kreisfrequenz ⁽⁴⁾	rad/s	10 ⁻⁷ ⁽⁵⁾
Normalkraftbereich	N	-50 bis +50

Temperaturregelung		
Maximaler Temperaturbereich	°C	-160 bis +1.000 ⁽⁶⁾
Maximale Heizrate	K/min	60 ⁽⁶⁾
Maximale Kühlrate	K/min	30 ⁽⁶⁾

Weitere Informationen über die allgemeinen Funktionsmerkmale, Messsysteme, Zubehöreile und Spezifikationen bei ausschließlicher Verwendung der Rotationsantriebe finden Sie in der MCR Evolution-Broschüre.

Merkmale	
DMA als Zugversuch, in Biegung und Kompression	✓
DMA als Torsionsversuch	✓
DMA im kombinierten Axial-Torsional-Modus	✓
Thermomechanische Analyse	✓
Toolmaster™, Messsystem	✓
Toolmaster™, Messzelle	✓
QuickConnect für Messsysteme, ohne Verschraubung	✓
T-Ready™	✓
Tieftemperaturoption, Stickstoff-Verdampfeinheit	○
Tieftemperaturoption, Gas-Chiller	○
Feuchte-Option	○

✓ inkludiert | ○ optional

¹⁾ In Oszillation maximaler Weg von ±4.500 µm.

²⁾ Bei kontrollierter Schubspannung (CSS). Im Modus mit kontrollierter Scherrate (CSR) in Abhängigkeit von Messpunktdauer und Abtastrate.

³⁾ Höhere Frequenzen sind bei der Verwendung des Mehrfrequenz-Versuches (Multiwave-Test) möglich (942 rad/s [150 Hz] oder höher, abhängig von Messsystem und Probe)

⁴⁾ Frequenzsollwerte unter 10⁻⁴ rad/s sind wegen der Messpunktdauer von > 1 Tag nicht von praktischer Bedeutung

⁵⁾ Theoretischer Wert (Dauer pro Zyklus = 2 Jahre).

⁶⁾ Die Grenzwerte hängen vom verwendeten Konvektionsofen und den Messsystemen ab. Kundenspezifische Tieftemperatur-Option für Temperaturen bis -170 °C auf Anfrage erhältlich.

