



Dynamisch-mechanische Analyse

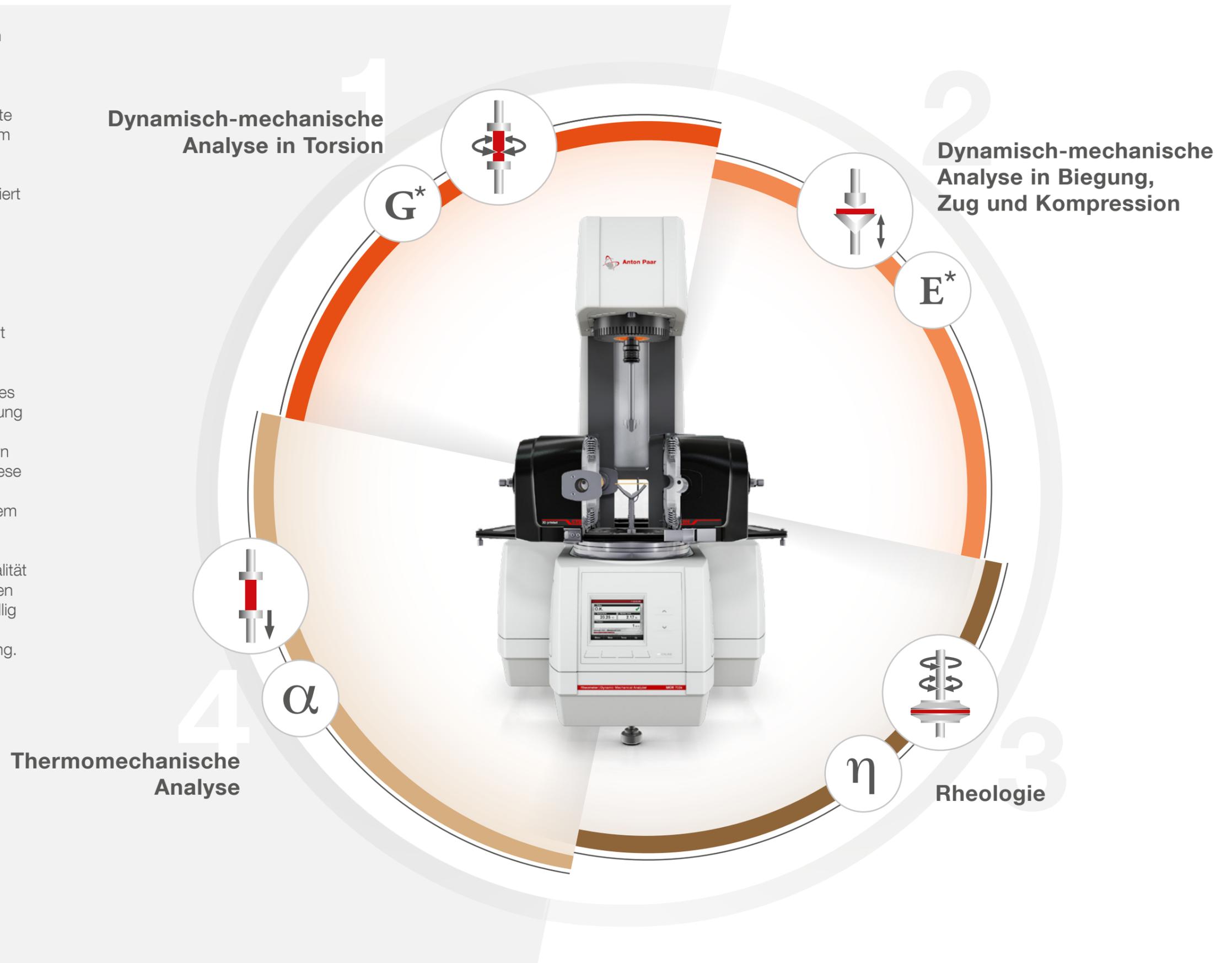
DMA und mehr

Die weltweit vielseitigste Plattform für die dynamisch-mechanische Charakterisierung.

MCR 702e MultiDrive ist die vielseitigste und leistungsfähigste Plattform auf dem Markt für die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) von flüssigen, weichen und festen Proben. Das Gerät kombiniert einen komplett neuen Linearmotor mit der etablierten EC-Motor-Technologie der MCR-Rheometer. Dieser moderne Linearmotor ermöglicht Ihnen die Durchführung der DMA in Zug, Biegung und Kompression sowie die thermomechanische Analyse (TMA) mit einem einzigen Messgerät.

Mehr noch: Der EC-Motor ermöglicht es Ihnen, Messungen in torsionaler Richtung durchzuführen – eine Methode, die bereits von den etablierten Rheometern der MCR-Serie gut bekannt ist. Auf diese Weise sind die DMA in Torsion sowie alle rheologischen Messungen mit einem Höchstmaß an Genauigkeit möglich.

Diese konkurrenzlose 4-in-1-Funktionalität in Kombination mit der multifunktionalen Software RheoCompass™ eröffnet völlig neue Möglichkeiten in der dynamisch-mechanischen 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 weltweit erste Gerät, das sich für dynamisch-mechanische Messungen in torsionaler und linearer Richtung sowie 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 Ergebnisse aus Ihrer Charakterisierung zu erhalten.

Wählen Sie den Prüfmodus, der am besten zu Ihren Anforderungen passt

LINEARANTRIEB	ROTATIONSANTRIEB
LINEARANTRIEB IN AKTION	
	
<p>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 die thermomechanische Analyse.</p>	

LINEARANTRIEB	ROTATIONSANTRIEB
ROTATIONSANTRIEB IN AKTION	
	
<p>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.</p>	

ROTATIONSANTRIEB
SINGLE-DRIVE-MODUS

<p>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, Temperatureinheiten 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.</p>

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 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, die von der Arbeit mit den hochwertigen Rheometern der MCR-Serie bekannt sind.

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 Probentemperatur 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 Komponentenerkennungs- und Konfigurationssystem, das alle verfügbaren Messsysteme erkennt. 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 maximaler Arbeitsraum 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.

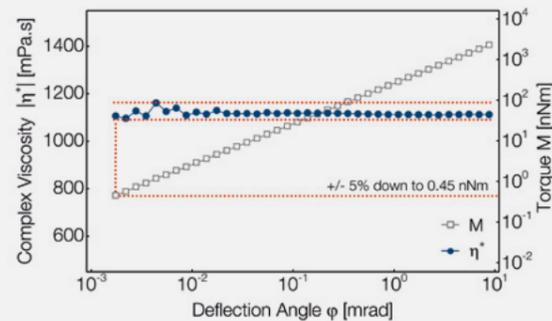


Einzigartige Motortechnologie – der Schlüssel zu höchster Präzision

ROTATIONSANTRIEB

Auf Basis eines EC-Motors (Permanentmagnet-Synchronmotor)

- Der Rotor ist mit Permanentmagneten ausgestattet. ❶
- 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 ❷ und radiale ❸ Luftlager ermöglichen die Charakterisierung von hochgradig steifen Proben im DMA-Modus sowie rheologische Messungen bei niedrigem Drehmoment.



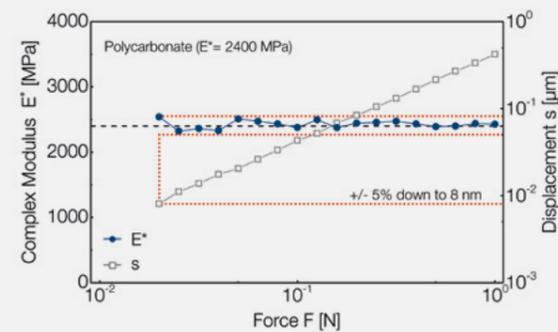
Vorteile für die Messung

- 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 ❹
- Statorspulen ❺ 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 ❻ und torsionale ❼ Luftlager ermöglichen Messungen mit geringer Kraft bei der DMA in Zug, Biegung und Kompression sowie die DMA in Torsion mit hochgradig steifen Materialien.

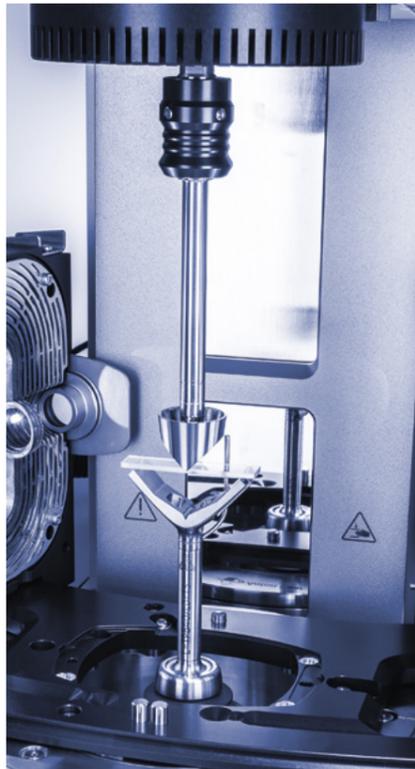


Vorteile für die Messung

- 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).

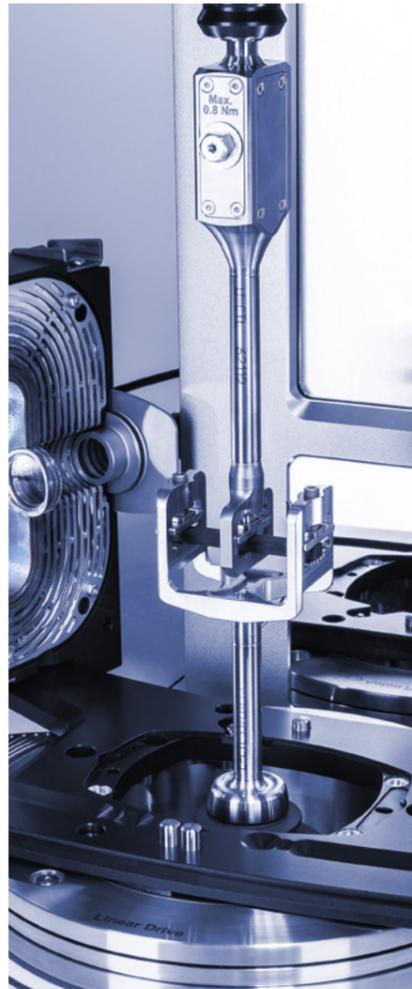


Messsysteme



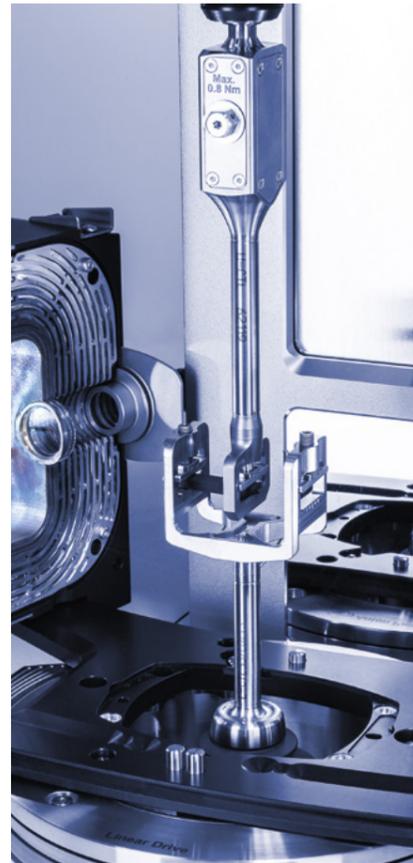
DREI-PUNKT-BIEGUNGS-SYSTEM

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.



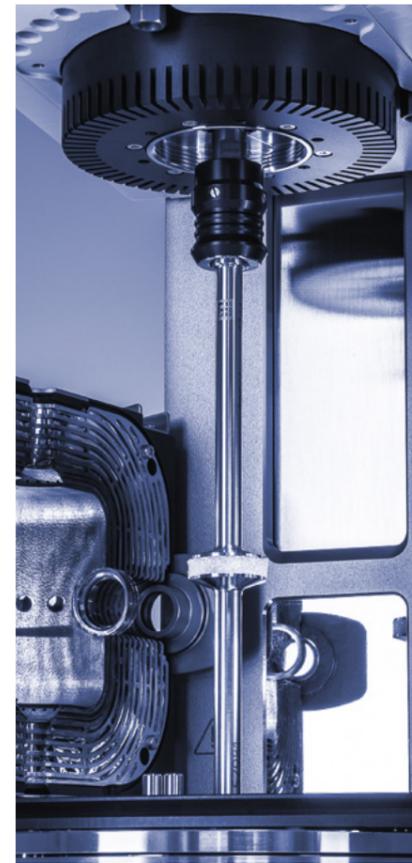
DUAL-CANTILEVER

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.



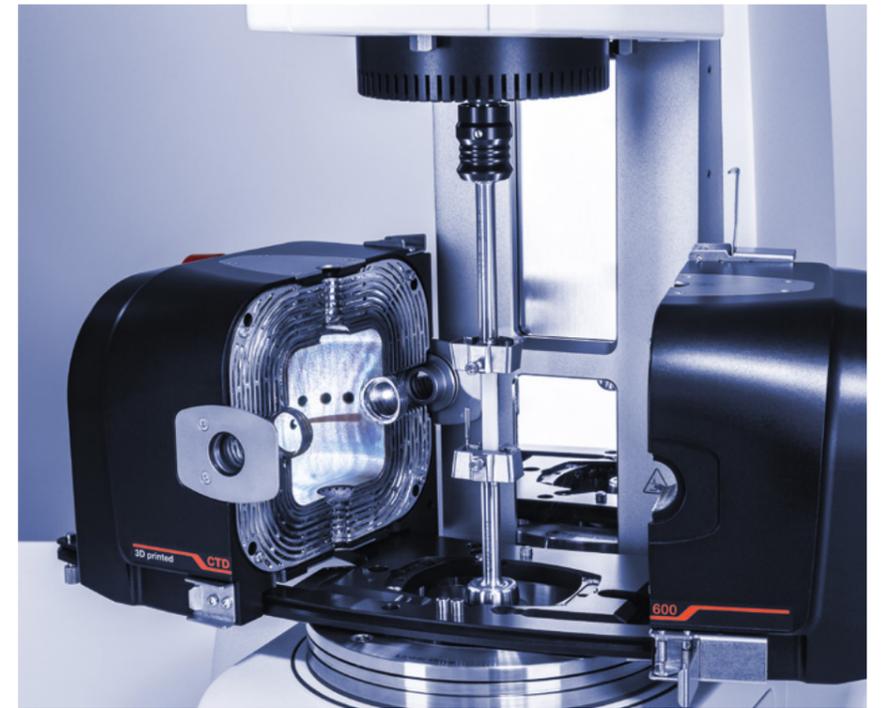
SINGLE-CANTILEVER

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 dem Dual-Cantilever ermöglicht Ihnen dieses Messsystem die Charakterisierung von Materialien, die durchhängen könnten, Beispiele dafür sind Thermoplaste und Elastomere.



KOMPRESSIONS-SYSTEM

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.



FESTKÖRPEREINSpanNVORRICHTUNG IN ZUG UND TORSION

In diesem Messsystem wird die Probe senkrecht positioniert, am oberen und unteren Ende eingespannt und einachsig verformt. Die spezielle Konstruktion dieses Messsystems sorgt dafür, dass Proben unterschiedlicher Dicke exakt mittig (bezogen auf die Achse des Messsystems) gemessen werden können. Auf diese Weise erreichen Sie reproduzierbare Ergebnisse für Filme, Fasern und auch dünne Festkörperstäbe. Neben der dynamisch-mechanischen Analyse ist das Messsystem auch für die Messung der Wärmeausdehnung von Festkörperstäben geeignet.

Das gleiche Messsystem kann 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. Auf diese Weise ist es möglich, das komplette Materialverhalten zu ermitteln, ohne Daten aus DMA in Zug in DMA in Torsion (und umgekehrt) konvertieren zu müssen.

IHRE VORTEILE

- ✓ Der integrierte Temperatursensor ermöglicht die Erkennung der 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.
- ✓ 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.

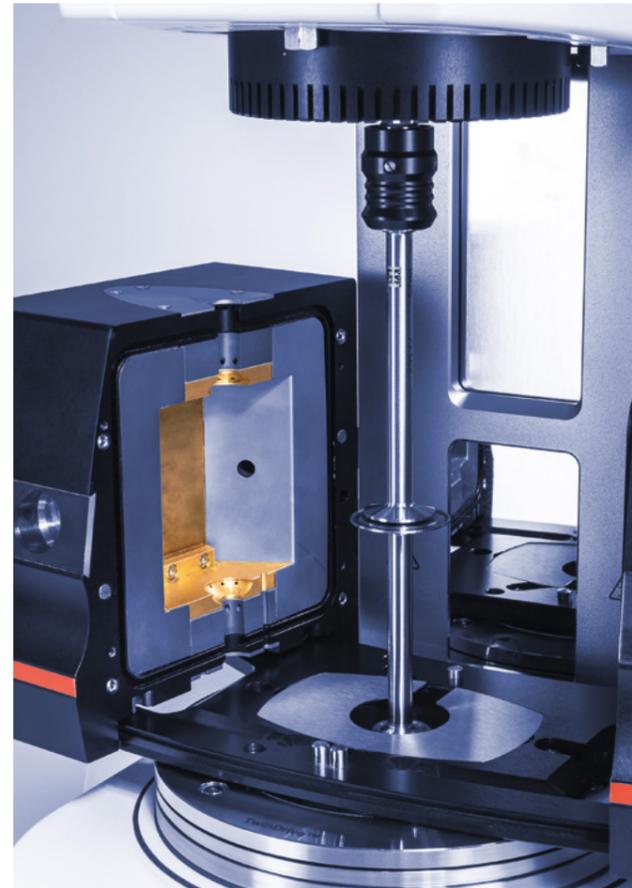
Zubehörteile zur Regelung von Temperatur und Feuchtigkeit

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 $+600\text{ °C}$ ab und können mit Luft oder Inertgas genutzt werden. Alle Systeme sind leicht austauschbar und gewährleisten eine genaue Temperaturregelung über den gesamten Temperaturbereich.



FEUCHTE-OPTION FÜR CTD 180 HR

- Wird optional an die Temperiereinheit CTD 180 HR angeschlossen und ermöglicht Prüfungen mit Messsystemen für DMA und Rheologie.
- Der externe Feuchtgenerator 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.



CTD 180 HR

Konvektionsofen mit Peltier-Temperierung

- Temperaturbereich: -20 °C bis $+180\text{ °C}$
- Geeignet für Kühlung ohne zusätzliche Kühloptionen wie Gas Chiller oder Flüssigstickstoff



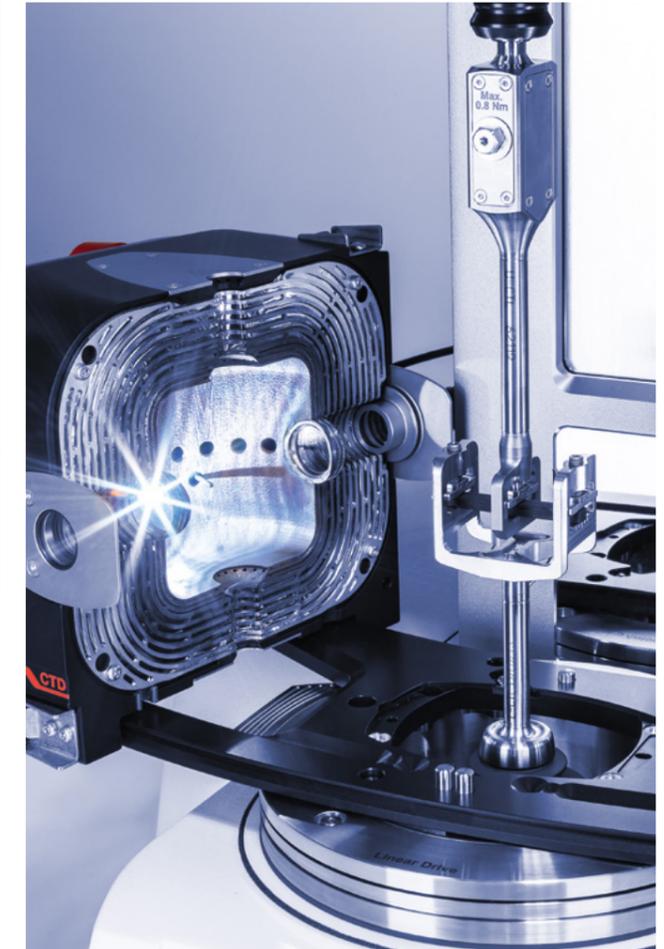
TIEFTEMPERATUR-OPTIONEN FÜR CTD 600 MDR

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

- Regelt aktiv das Verdampfen von **Flüssigstickstoff** und einen kontinuierlichen Stickstofffluss in die CTD 600 MDR.
- Der Stickstoffverbrauch wird in Abhängigkeit von der erforderlichen Temperatur optimiert, um die Betriebskosten zu senken.
- Die Gasversorgung schaltet automatisch auf Luft oder Inertgas (z. B. Stickstoff) oberhalb der Umgebungstemperatur um, um den gesamten Temperaturbereich der CTD 600 MDR abzudecken.

Option 2: Kundenspezifische Gas Chiller Unit für Temperaturen bis zu -90 °C

- Verwendet **komprimiertes Gas (Luft oder Inertgas)**.
- Minimiert Energieverbrauch, Geräuschentwicklung und Wärmeabgabe durch automatisches und kontinuierliches Umschalten vom Kalt- auf Warmgas, abhängig von der Temperatur.
- Die perfekte Wahl, wenn die Verwendung von Flüssigstickstoff durch interne Sicherheitsbestimmungen verboten ist.



CTD 600 MDR

Moderne Temperierung durch kombinierte Konvektion und Strahlung

- Temperaturbereich: -160 °C bis $+600\text{ °C}$
- 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

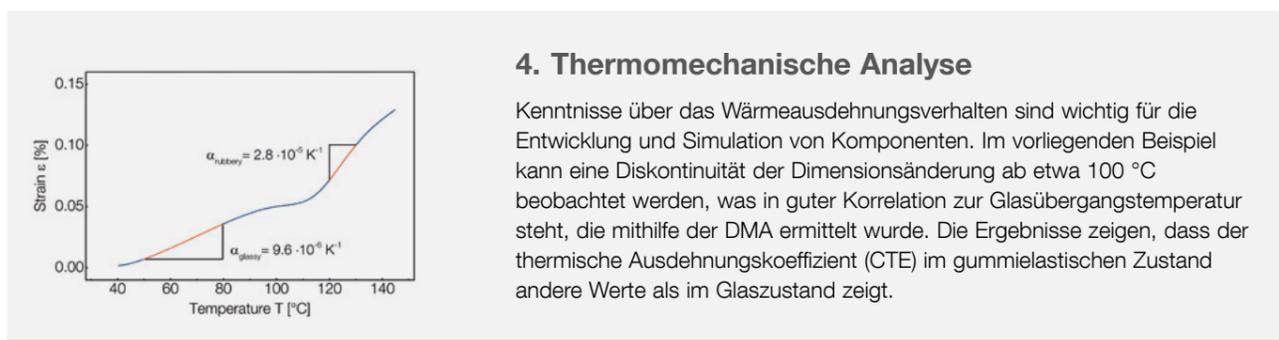
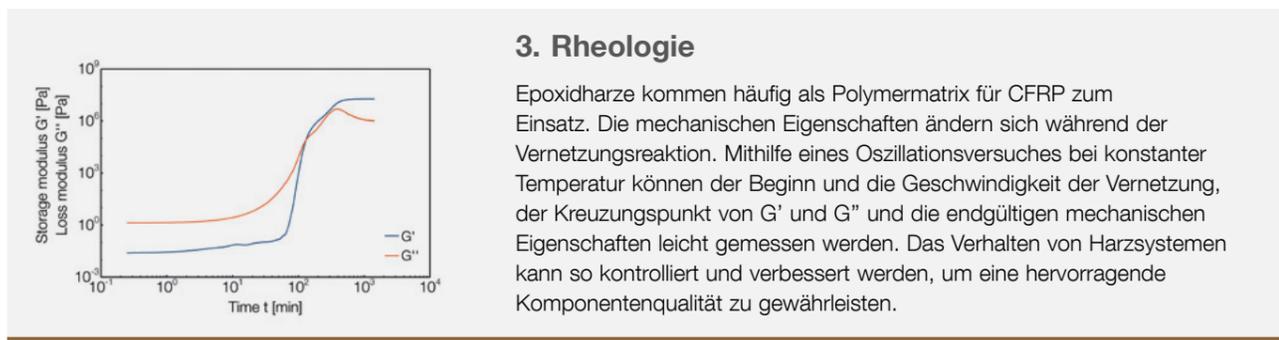
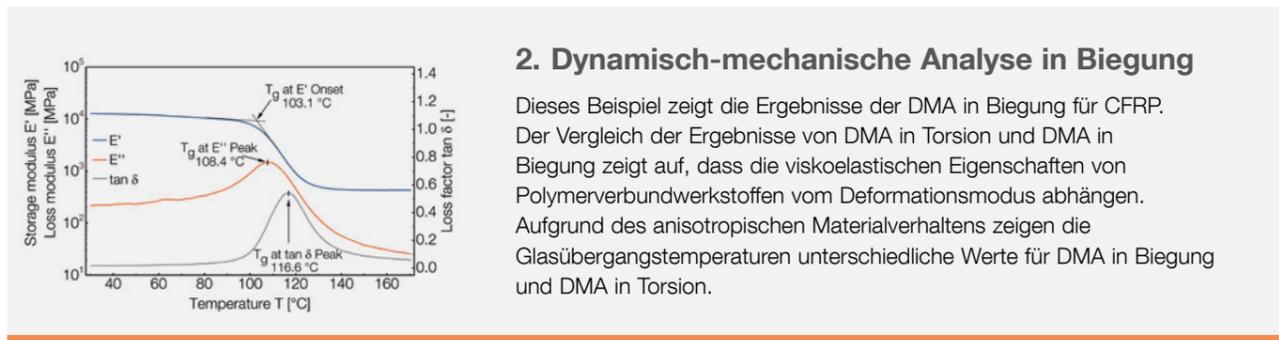
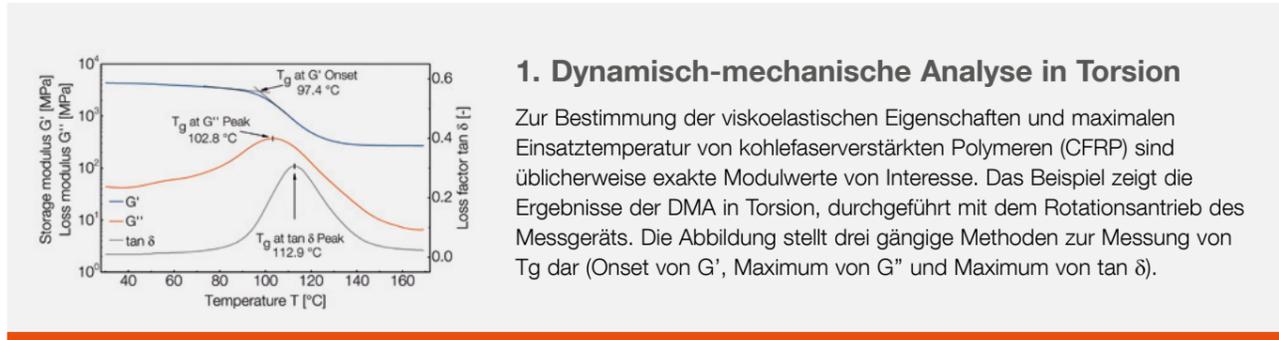
IHRE VORTEILE

- ✓ 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 kundenspezifischen Geometrie kombinierbar sind, und sogar Lösungen für die Charakterisierung von Materialien bei Temperaturen bis zu 1000 °C . Eine vollständige Übersicht finden Sie auf der Webseite von Anton Paar.

Dank der 4-in-1-Funktionalität bietet das MCR 702e MultiDrive die umfangreichste Auswahl an Prüfmodi für dynamisch-mechanische Charakterisierungen. Die folgenden vier Messungen beschreiben beispielhaft wichtige Anwendungen in der Polymerindustrie, um typische Verbundwerkstoffe charakterisieren und optimieren zu können. Durch die Nutzung des MCR 702e MultiDrive können alle diese Messaufgaben mit einem einzigen Gerät in herausragender Qualität erledigt werden.



	Einheit	Spezifikationen
Linearantrieb für DMA als Zugversuch, in Biegung und Kompression		
Maximale Kraft	N	40
Minimale Kraft	N	0,0005
Maximaler Weg	µm	9400 ⁽¹⁾
Minimaler Weg	µm	0,01
Maximale Frequenz	Hz	100
Minimale Frequenz	Hz	0,001
Maximale Temperatur	°C	600 (950) ⁽²⁾
Minimale Temperatur	°C	-160 ⁽³⁾
Maximale Heizrate	K/min	35 ⁽²⁾
Maximale Kühlrate	K/min	30 ⁽³⁾

	Einheit	Spezifikationen
Rotationsantrieb für DMA in Torsion und Rheologie		
Maximales Drehmoment	mNm	230
Minimales Drehmoment Rotation	nNm	1
Minimales Drehmoment Oszillation	nNm	0,5
Maximaler Auslenkwinkel (Sollwert)	µrad	∞
Minimaler Auslenkwinkel (Sollwert)	µrad	0,05
Maximale Winkelgeschwindigkeit	rad/s	314
Minimale Winkelgeschwindigkeit	rad/s	0 ⁽⁴⁾
Maximale Kreisfrequenz	rad/s	628 ⁽⁵⁾
Minimale Kreisfrequenz ⁽⁶⁾	rad/s	10 ⁻⁷ ⁽⁷⁾
Normalkraftbereich	N	-50 bis +50
Max. Temperaturbereich	°C	-160 bis +1000

Weitere Informationen über die allgemeinen Funktionsmerkmale, Messsysteme, Zubehörteile 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	✓
Rheologie	✓
Thermomechanische Analyse	✓
Toolmaster™, Messsystem	✓
Toolmaster™, Messzelle	✓
QuickConnect für Messsysteme, ohne Verschraubung	✓
T-Ready™	✓
Tieftemperaturoption, Stickstoff-Verdampfeinheit	○
Tieftemperaturoption, kundenspezifische Gas-Chiller-Option	○
Feuchte-Option	○

✓ inkludiert | ○ optional

¹ In Oszillation maximaler Weg von ±4500 µm.
² In Kombination mit CTD 600 MDR. Standard-Messsysteme sind für den Einsatz bis 350 °C ausgelegt. Auf Anfrage sind Messsysteme für Versuche bis 600 °C erhältlich. In Kombination mit der CTD 1000 sind kundenspezifische Lösungen bis 950 °C auf Anfrage möglich.
³ In Kombination mit CTD 600 MDR und Tieftemperaturoption.
⁴ Bei kontrollierter Schubspannung (CSS). Bei kontrollierter Scherrate (CSR) in Abhängigkeit von Messpunktdauer und Messrate.
⁵ Höhere Frequenzen sind bei der Verwendung des Mehrfrequenz-Versuches (Multiwave-Test) möglich (942 rad/s (150 Hz) oder höher, abhängig von Messsystem und Probe).
⁶ Frequenzsollwerte unter 10⁻⁴ rad/s sind wegen der Messpunktdauer von >1 Tag nicht von praktischer Bedeutung.
⁷ Theoretischer Wert (Dauer pro Zyklus = 2 Jahre).

