

# Reibung, Verschleiß und Schmierung

**Tribometer**



# Unser Portfolio

Anton Paar entwickelt, produziert und vertreibt analytische Messgeräte für Forschung, Entwicklung und Qualitätskontrolle. Ein Servicenetzwerk mit 86 Standorten garantiert weltweit qualifizierten Service und Support.

## Mit unser Tribometern steht Ihnen das umfangreichste Portfolio am Markt zur Verfügung

Seit mehr als 35 Jahren entwickeln und vertreiben wir erfolgreich Tribometer unter dem ehemaligen Markennamen CSM. Mit den MCR-Tribometern stehen Ihnen weitere hochqualitative Tribometer mit EC-Messantrieb zur Auswahl, dessen Antriebs-Technologie auf 20 Jahren Erfahrung basiert. Diese Geräte eignen sich besonders für anspruchsvolle Applikationen in der Forschung und Entwicklung.

Tribologie ist die Wissenschaft von aufeinander wirkenden Oberflächen in Relativbewegung inklusive verwandter Fachgebiete und Verfahren. Sie beinhaltet die Erforschung von Reibung, Verschleiß und Schmierung.

Die als Haftreibung bekannte Kraft ist als der Widerstand definiert, der beim Bewegen zweier Körper aufeinander entsteht. Immer, wenn zwei Flächen sich aufeinander bewegen, kommt es zu Verschleiß, was zu Beschädigungen und Materialverlust führen kann. Um diesen Schaden zu minimieren, werden dünne Schichten aus Gas, Flüssigkeiten und Feststoffen zwischen den beiden Oberflächen aufgetragen, was zu einer optimalen Bewegung führt. Dies ist als Schmierung bekannt.

# Größte Einflussfaktoren

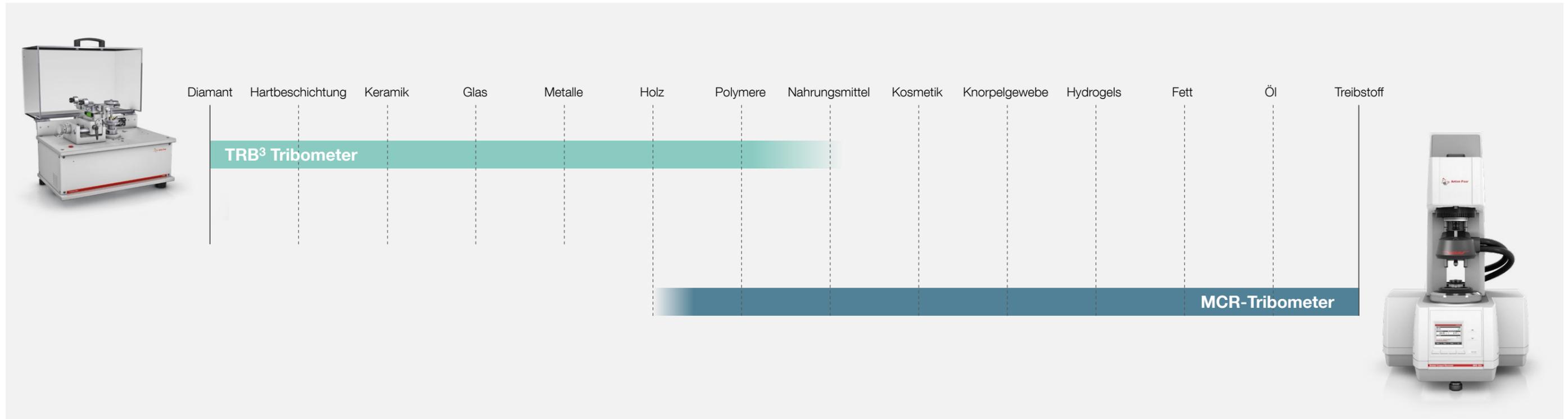
Bevor Materialien eingesetzt werden, muss deren tribologisches Verhalten ermittelt werden. Dabei ist es wichtig, Experimente und Analysen unter Betriebsbedingungen durchzuführen, da externe Faktoren die tribologischen Eigenschaften von Materialien beeinflussen. Dazu zählen:

- Flächenpressung
- Bewegungsmodus
- Bewegungsgeschwindigkeit
- Versuchsdauer
- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Vakuum-Niveau
- Gaszusammensetzung

... und viele mehr

Mit unseren Tribometern decken Sie verschiedene experimentelle Bedingungen ab.

Darunter befinden sich Stift-auf-Scheibe-Modelle und Tribometer für hohe Temperaturen, Nanomaterialien sowie Feuchte- und Vakuumanwendungen.



## Messprinzipien

Unsere Tribometer sind für die hochpräzise Messung des Reibungs-, Verschleiß- und Schmierverhaltens verschiedener Tribosysteme konzipiert. Sowohl mit TRB<sup>3</sup>-Tribometern als auch mit MCR-Tribometern können Messungen von trockenen oder geschmierten Kontakten durchgeführt werden.

Bei einem Tribologietest mit einem TRB<sup>3</sup>-Tribometer mit oder ohne Schmiermittel an einem Feststoff-Feststoff-Kontakt wird ein statischer Partner mit einer kugelförmigen, stiftförmigen oder flachen Geometrie auf eine Probe mit einer genau bekannten Kraft geladen. Ein steifer Cantilever, auf den der statische Partner montiert ist, dient als präziser und reibungsfreier Messwertempfänger. Die Reibungskraft wird durch Messung der Auslenkung des Cantilevers bestimmt. Der Verschleiß der Probe und des statischen Partners ergibt sich aus dem Volumenverlust des Materials während der Prüfung.

Für MCR-Tribometer stehen typische Kontaktgeometrien wie Rund-auf-Flach, Flach-auf-Flach und Rund-auf-Rund zur Verfügung, es können aber auch komplexere Szenarien wie die Prüfung von Rollenlagern durchgeführt werden. Die kontrollierte Normalkraft wird durch die Auf- und Abwärtsbewegung des MCR-Antriebs aufgebracht. Der EC-Motor regelt und misst das Drehmoment, mit dessen Hilfe die Reibungskraft berechnet wird. Das mit einem Luftlager ausgestattete MCR-Tribometer ermöglicht Messungen über mehrere Geschwindigkeitsdekaden.

## Kundenspezifische Lösungen

Unsere Tribometer lassen sich leicht an verschiedene Kunden- und Prüfungsanforderungen anpassen. Diese individuellen Lösungen reichen von Online-Messungen der Verschleißtiefe und Online-Profilometrie hin zu Messungen des elektrischen Übergangswiderstandes, Tribo-Korrosionsmessungen, präzisen Heizen und Kühlen, Flüssigkeitsprüfungen und vielem mehr.

## Bewegungsmodi

TRB<sup>3</sup>-Tribometer verfügen über drei Betriebsmodi: Rotation, lineare Pendelbewegung und drehende Pendelbewegung. Mit ihrer Hilfe lassen sich verschiedene Bewegungsarten simulieren. Darüber hinaus werden Messfehler, die durch eine mechanische Fehlausrichtung zwischen Last- und Rotationsachsen verursacht werden, durch den einzigartigen Bewegungsmodus der drehenden Pendelbewegung beseitigt. Auf einem MCR-Tribometer können sowohl rotierende als auch oszillierende Bewegungen umgesetzt werden. Oszillationsmessungen ermöglichen die Auswertung des komplexen Verhaltens von Tribosystemen.

## Tribologie-Referenzmustersatz

Mit dem Tribologie-Referenzmustersatz kann der Anwender eine Leistungsprüfung durchführen. TRB<sup>3</sup> kann den Reibungskoeffizienten (CoF) mit einer Standardabweichung von weniger als 0,0025 genau messen. Das einzigartige Design des TRB<sup>3</sup> gewährleistet diese Genauigkeit auch bei Langzeitmessungen (z. B. mehr als eine Stunde).

## Umgebungsbedingungen

Unsere Stift-Scheibe-Tribometer sind mit einem Gehäuse ausgestattet, damit kontrollierte Atmosphären mit veränderlicher Luftfeuchtigkeit und Gaszusammensetzung während der Messung aufrechterhalten werden können. Spezielle Luftfeuchte- und Vakuumkammern ermöglichen eine hochmoderne Umgebungssteuerung, während Hoch- und Tieftemperaturoptionen verfügbar sind, um extreme Testbedingungen zu erfüllen. MCR-Tribometer ermöglichen außerdem eine Temperaturregelung mit Peltier- oder Elektroheizsystemen. Diese Messgeräte können auch mit Temperiereinheiten (als Zubehör) erweitert werden, um eine bestimmte kontrollierte Atmosphäre (Gas und relative Feuchte) aufzubringen.

## Internationale Normen

Unsere TRB<sup>3</sup>-Tribometer sind konform mit den Normen ASTM G99 und ASTM G133.

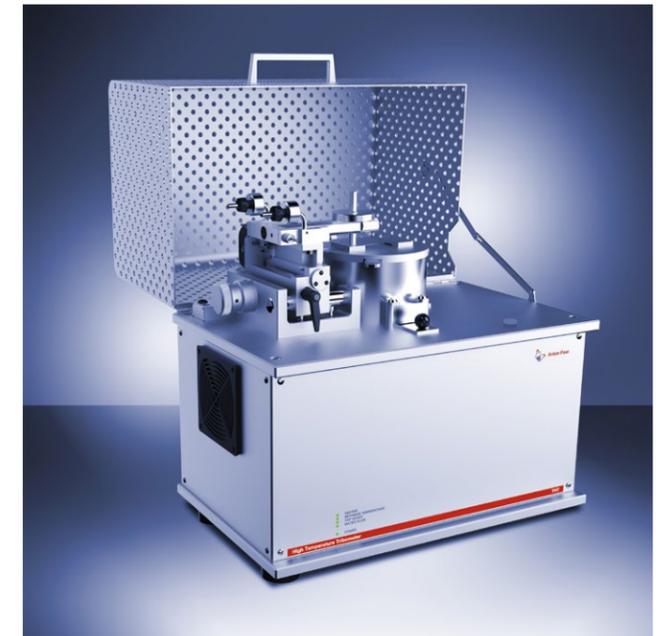


## Stift-Scheibe-Tribometer (TRB<sup>3</sup>)

Mit über 1000 installierten Systemen weltweit in den vergangenen 35 Jahren sind unsere Pin-On-Disk-Tribometer der Standard für Messungen von Reibung, Verschleiß und Schmierung. Die große Auswahl an Prüfparametern, Kontaktgeometrien und Zusatzoptionen ermöglicht es, Tribologie-Tests mit Simulation aller Betriebsbedingungen durchzuführen, z. B. verschiedene Bewegungsmodi (rotierend, sowohl linear als auch winklig hin- und herbewegend), Kontaktmodi, Geschwindigkeiten, Schmierung, Materialien, hohe Temperaturen, Feuchtigkeit usw.

### Einzigartige Merkmale:

- Zwei Reibungskraftsensoren zur Minimierung von Fehlern durch thermischen Drift
- Unabhängige Anwendung der Normallast und Messung der Haftreibungskraft, um gegenseitige Beeinflussung durch verschiedene Kraftsignale zu vermeiden
- Integrierte Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren für die Umgebungsüberwachung in Echtzeit
- Einfache Kalibrierung von Reibkraft und Drehzahl
- Referenzmustersatz zur einfachen Leistungsüberprüfung des Tribometers durch Endanwender
- Integrierte Python-Programmierungsumgebung mit Skriptfunktion für die Datenanalyse und kundenspezifische Prüfabläufe
- Konform mit ASTM G99 und ASTM G133



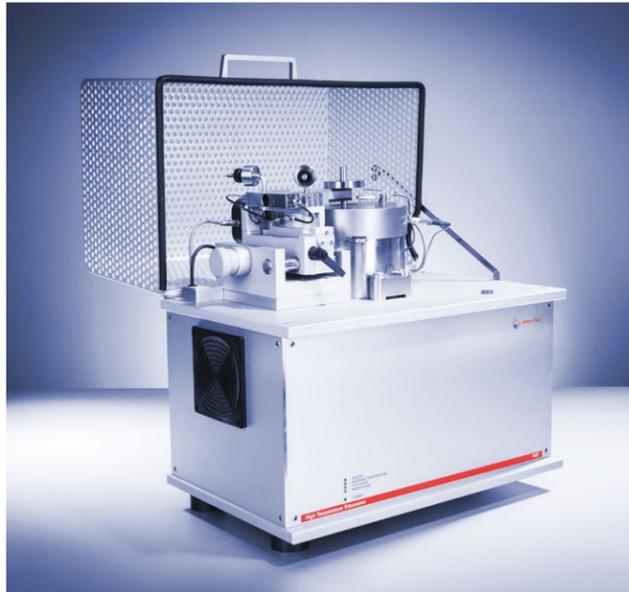
## Hochtemperatur-Tribometer (THT 800 °C)

Die Analyse der Reibungs- und Verschleißigenschaften von Materialien bei erhöhten Temperaturen wird immer wichtiger, besonders für die Entwicklung und Qualitätskontrolle von Schneidwerkzeugen, Verbrennungsmotoren und Anlagenteilen in Kraftwerken. Um diese Anforderung an die Materialprüfung zu erfüllen, bieten wir leistungsfähige Hochtemperatur-Tribometer an. Diese erhitzen die Probe gleichmäßig und regeln die Proben temperatur exakt auf bis zu 800 °C, um die Betriebsbedingungen des Materials zu simulieren.

### Einzigartige Merkmale:

- Doppelte Haftreibungskraft-Sensoren minimieren bei Haftreibungsmessungen Fehler durch thermische Drift
- Ein rundes Heizelement und Wasserkühlung ermöglichen eine präzise und gleichmäßige Temperaturregelung bei bis zu 800 °C
- Unabhängige Anwendung von Normallast und Haftreibungskraft, um gegenseitige Beeinflussung durch verschiedene Kraftsignale zu vermeiden
- Hochgradig linearer und präziser elastischer Arm für Messungen der Haftreibungskraft
- Konform mit ASTM G99 und ASTM G133

# Anton Paar-Tribometer



## Hochtemperatur-Tribometer (THT 1000 °C)

Durch seine einzigartige Konstruktion mit zwei Heizelementen hebt das THT 1000 °C die Hochtemperatur-Tribologie auf ein neues Niveau an Verlässlichkeit und Stabilität. Differenzielle Messung der Haftreibungskraft sichert einen vernachlässigbaren Signaldrift bei äußerst hohen Temperaturen. Die sorgfältige Konstruktion des statischen Partners und der Probenhalter ermöglicht problemlose Messungen – sogar während Tribologietests bei über 1000 °C.

### Einzigartige Merkmale:

- Doppelte Haftreibungskraft-Sensoren minimieren bei Haftreibungsmessungen Fehler durch den thermischen Drift
- Obere und kreisförmige Heizelemente in Kombination mit einer Wasserkühlung ermöglichen eine präzise und gleichmäßige Temperaturregelung bei bis zu 1000 °C
- Unabhängige Anwendung von Normlast und Haftreibungskraft, um gegenseitige Beeinflussung durch verschiedene Kraftsignale zu vermeiden
- Hochgradig linearer und präziser elastischer Arm für Messungen der Haftreibungskraft
- Konform mit ASTM G99 und ASTM G133

## Vakuum-Tribometer / Vakuum-Hochtemperaturtribometer (TRB V/THT V)

Unsere Tribometer sind darauf ausgelegt, präzise Vakuum-Niveaus bis zu  $10^{-7}$  mbar oder gasförmige Umgebungen für Reibungs- und Verschleißstudien bei Raum- oder Hochtemperaturen bereitzustellen. Das professionelle Vakuumsystem ermöglicht es der Nutzerin bzw. dem Nutzer, die erforderlichen atmosphärischen Bedingungen gut kontrolliert und verlässlich zu erreichen.

### Einzigartige Merkmale:

- Primäre ( $10^{-3}$  mbar) oder sekundäre ( $10^{-7}$  mbar) Vakuumsteuerung
- Mischung von bis zu drei Gasarten, mit präziser Rückmeldung von Druck oder Massendurchfluss
- Unabhängige Anwendung von Normlast und Haftreibungskraft, um gegenseitige Beeinflussung durch verschiedene Kraftsignale zu vermeiden
- Hochgradig linearer und präziser elastischer Arm für Messungen der Haftreibungskraft
- Konform mit ASTM G99 und ASTM G133



# Spezifikationen

	Standard-Tribometer (TRB <sup>3</sup> )	Hochtemperatur-Tribometer (THT)
Normalkraftbereich	Bis zu 60 N	Bis zu 60 N
Normalkraftauflösung	- (Leergewicht)	- (Leergewicht)
Reibkraftbereich	Bis zu 20 N (5 N optional)	Bis zu 10 N (20 N optional)
Reibkraftauflösung	0,06 mN (0,015 mN optional)	0,03 mN
<b>Drehbewegung</b>		
Geschwindigkeit	0,2 U/min bis 2000 U/min	0,3 U/min bis 600 U/min (1500 U/min optional)
Radius	Bis 40 mm	0,5 mm bis 35 mm
Maximales Drehmoment	450 mN.m	450 mN.m
<b>Lineare Hin- und Herbewegung<sup>1)</sup></b>		
Hublänge	Bis 60 mm	-
Geschwindigkeit	Bis zu 370 mm/s	-
Frequenz	0,01 Hz bis 10 Hz	-
<b>Rotierende Hin- und Herbewegung<sup>2)</sup></b>		
Geschwindigkeit	0,2 U/min bis 2000 U/min	0,3 U/min bis 600 U/min (1500 U/min optional)
Frequenz	0,01 Hz bis 7 Hz	0,01 Hz bis 7 Hz
Winkelamplitude	±5° bis ± 150°	±10° bis ± 150°
Winkelaufösung	0,1°	0,1°
<b>Optionen</b>		
Online-Verschleißtiefe	-2 mm bis 2 mm	Bis 1,2 mm
Heizkraft	Bis zu 450 °C in trockenem Zustand Bis zu 150 °C im flüssigen Zustand	Bis zu 1000 °C
Elektrischer Übergangswiderstand	Bis zu 1000 Ohm	Bis zu 1000 Ohm
Vakuum-Niveau	Bis zu $10^{-7}$ mbar	Bis zu $10^{-7}$ mbar
Relative Feuchte	15 % bis 95 % <sup>3)</sup>	-

1) Die Spezifikationen für die lineare Pendelbewegung sind von der Kombination aus Hublänge, Frequenz und Masse in der Probenkammer abhängig.

2) Die Spezifikationen für die drehende Pendelbewegung hängen von der Kombination aus Winkelamplitude, Frequenz und Masse in der Probenkammer ab.

3) Für Tribometer mit Luftfeuchteregelung können kundenspezifische Lösungen angeboten werden.

## Softwarefunktionen:

- Kontinuierliche Datengewinnung des Reibungssignals in Echtzeit während der Messung
- Programmierbare inkrementelle Geschwindigkeit und Normalkraft in einer Messung
- Benutzerdefinierte Testabfolgen in einer Messung
- Statistikmodus für die Messdatenanalyse
- Anpassbare Datengewinnungsrate bis zu 400 Hz für die Aufzeichnung von Reibungsphänomenen mit hoher Genauigkeit
- Software zur Modellierung der Hertzschen Pressung: bessere Auswahl von Testparametern für die tribologische Analyse
- Modus mit mehrfacher drehender Oszillation zur Beseitigung von Fehlern durch Falschrichtungen zwischen den Achsen der Normlast und der Probe
- Automatischer Schutz beim Schwellenwert für Reibkraft und Reibungskoeffizient
- Automatisches Kalibrierverfahren für Reibkraft, Drehgeschwindigkeit und Messradius
- Automatische Erstellung von Berichten für einen Satz Messungen

# Anton Paar-Tribometer

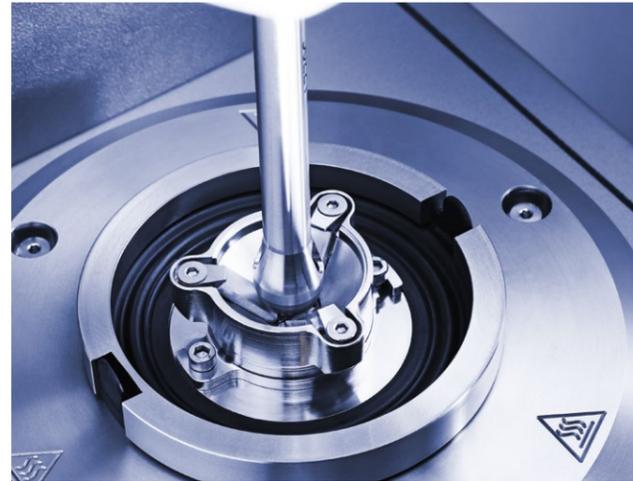


## MCR-Tribometer: Eine Evolution in der tribologischen Prüfung

Nützen Sie die präzise Bewegungs- und Normalkraftregelung der MCR-Tribometer von Anton Paar für Ihre tribologischen Messungen. Erweitern Sie Ihre herkömmlichen tribologischen Prüfungen durch völlig neue Messbereiche an einem einzigen Gerät. MCR-Tribometer verfügen über zahlreiche Testaufbauten und Kontaktgeometrien, die Ihren Anforderungen entsprechen. Profitieren Sie von unserer jahrzehntelangen Erfahrung in der Herstellung von Präzisionsgeräten.

### Einzigartige Merkmale:

- Nahtlose Messung der Losbrechkraft sowie der Haft- und Grenzreibung von trockenen und geschmierten Kontakten
- Darstellung von Stribeck-Kurven über neun Dekaden der Gleitgeschwindigkeit – wenige Nanometer pro Sekunde bis 3,3 Meter pro Sekunde.
- Für Lebensmittel und Getränke, Schmierstoffe und Fette, Polymere, Ophthalmika, Biomedizin usw.
- Alle Vorteile der erweiterten Regelung der Messatmosphäre
- Temperaturbereich von -160 °C bis +600 °C
- Feuchtigkeitsregelung 5 % bis 95 %
- Zusätzlich zu den verfügbaren Konfigurationen kann die Konfiguration auch immer an Ihre spezielle Anwendung angepasst werden.



## Kugel-auf-drei-Platten-System: (T-PTD200) Höchste Flexibilität in den Bewegungsprofilen und herausragende Präzision

Das Tribologie-System für das Anton Paar-Rheometer der MCR-Serie macht sich die exzellente Normalkraft-, Drehzahl- und Drehmomentauflösung des Rheometers zunutze. Es ermöglicht die Charakterisierung von Haft- und dynamischer Reibung sowie Verschleißmessungen von trockenen und geschmierten tribologischen Kontakten.

Das Herz der Messanordnung ist eine selbstausrichtende Aufnahme für unterschiedlichste Probenhalterungen. Dies garantiert eine homogene Kraftverteilung.

### Einzigartige Merkmale:

- Neun Dekaden der Gleitgeschwindigkeit – von wenigen Nanometern pro Sekunde bis zu 3,3 Metern pro Sekunde.
- Kontaktdruck von wenigen kPa bis 1,2 GPa
- Breites Anwendungsspektrum – von Lebensmitteln und Getränken über Schmierstoffe und Fette bis hin zu Metallbearbeitung, Flüssigkeiten usw.
- Große Bandbreite an Probekörpern und Halterungen für individuelle Anwendungen
- Peltier-Heizsystem ermöglicht eine hervorragende Temperaturregelung von -40 °C bis +200 °C



## Kugel-auf-drei-Platten-System: (T-BTP) Erweiterter Temperaturmessbereich und Simulation von applikationsnahen Umgebungsbedingungen

Diese Konfiguration ermöglicht Messungen in einem Temperaturbereich von -160 °C bis +600 °C oder bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 5 % und 95 %. Es können Normalkräfte bis zu 0,1 N aufgebracht werden. Die Steifigkeit des Messsystems kann durch das patentierte Federsystem eingestellt werden, das die aufgebrachten Normalkräfte in vertikaler Richtung überträgt (Pat. Nr. AT514726A1).

### Einzigartige Merkmale:

- Profitieren Sie von den kompletten Bewegungs- und Kraftbereichen des MCR-Tribometers mit zusätzlicher Empfindlichkeit bei geringer Kraft
- Nutzen Sie die Vorteile der Konvektionstemperiereinheit (CTD) für tribologische Messungen
- Temperaturbereich von -160 °C bis +600 °C
- Regelung der Feuchtigkeit von 5 % bis 95 %
- In z-Richtung einstellbare Federsteifigkeit mit hervorragenden Dämpfungseigenschaften



## Stift-Scheibe-Tribometer (T-PID/44)

Das T-PID/44 ermöglicht Rund-auf-Flach-, Flach-auf-Flach- oder linienförmige Kontakte unter trockenen und geschmierten Bedingungen. Die Federsteifigkeit ist in z-Richtung einstellbar, und ermöglicht so optimale Dämpfungseigenschaften. Im oberen und unteren Halter können verschiedene Probekörpermaterialien befestigt werden, was ein breites Anwendungsspektrum eröffnet.

### Einzigartige Merkmale:

- Kontaktgeometrien von Flach-auf-Flach-Kontakt bis zu Punktkontakt, abrasivem Kontakt, linienförmigem Kontakt und vielen mehr
- Temperaturbereich von -30 °C bis +210 °C
- Vielfältige Anwendungen: z. B. Asphalt, Schmierstoffe und Fette, Kosmetik, Lebensmittel und Getränke, Eis, Knorpel, Biomedizin usw.
- Flach-auf-Flach-Kontaktgeometrie für Anwendungen mit niedrigem Kontaktdruck
- Anpassungsmöglichkeit des Aufbaus zur Aufnahme einer Ring-auf-Scheibe-Testkonfiguration

# Spezifikationen

## MCR Tribometer

Technologie zur Temperaturregelung	Peltier		Elektrisch
Messzelle	T-PTD 200	T-PID/44	T-BTP
<b>Umgebungsbedingungen</b>			
Temperaturbereich	-40 °C bis +200 °C	-30 °C bis +210 °C	-20 °C bis +180 °C
Relative Feuchte	-	-	5 % bis 95 %
<b>Kontaktbedingungen</b>			
Normalkraftbereich	1 N bis 50 N	1 N bis 50 N	0,1 N bis 70 N
Normkraftauflösung	0,005 N		
Kontakttyp	Punkt, Lager	Punkt, Linie, Fläche	Punkt
<b>Bewegungsbedingungen</b>			
<b>Kontinuierliche Rotation</b>			
Geschwindigkeitsbereich	10 <sup>-6</sup> U/min bis 3000 U/min	10 <sup>-6</sup> U/min bis 1000 U/min	10 <sup>-6</sup> U/min bis 3000 U/min
Geschwindigkeitsbereich Gleiten	10 <sup>-8</sup> m/s bis 3,3 m/s	10 <sup>-8</sup> m/s bis 2,3 m/s	10 <sup>-8</sup> m/s bis 1,4 m/s
Drehmomentbereich*	1 nNm bis 300 mNm		
Drehmomentauflösung*	0,1 nNm		
<b>Oszillationsbewegung</b>			
Frequenz	10 <sup>-7</sup> Hz bis 100 Hz		
Winkelamplitude	1 µrad bis ∞ µrad		
Winkelaufösung	10 nrad		
<b>Zusätzliche Parameter</b>			
Min. Online-Verschleißtiefe	0,65 µm		

\* Der Reibkraftbereich und die Reibkraftauflösung sind abhängig von der Messgeometrie.

## Funktionen der MCR-Tribometersoftware:

- Einfache Einstellung und Kontrolle tribologischer Maße wie Normalkraft, Losbrechmoment, Geschwindigkeit, Auslenkung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit (optional) usw.
- Vorinstallierte Vorlagen für Stribeck-Tests, Haftreibungstests, Verschleißtests usw.
- Klare Definition der Messungen in einzelnen Aktionsblöcken
- Test-Designer zur Definition Ihrer eigenen Experimente
- Kombination mehrerer Messungen für eine komfortable Datenstruktur
- Mehrachsige Diagramme für die Darstellung der Daten nach Wunsch
- Nachanalyse der Testdaten und Erstellung individueller Analyseroutinen
- Automatischer Export von Daten und Berichten am Ende des Tests



Wir sind von der hohen Qualität unserer Messgeräte überzeugt. Daher umfasst unser Qualitätsversprechen **volle drei Jahre Garantie.**

Für alle Neugeräte\* sind Reparaturen für drei Jahre enthalten. Es entstehen Ihnen keine unvorhersehbaren Kosten und Sie können sich immer auf Ihr Gerät verlassen. Ergänzend zur Garantie bieten wir Ihnen ein breites Portfolio an Zusatzservices und Wartungsoptionen.

\*Technologiebedingt ist die Wartung gemäß Wartungsplan für manche unserer Produkte erforderlich. Die Einhaltung des Wartungsplans ist Voraussetzung für die drei Jahre Garantie.

### Service und Support direkt durch den Hersteller.

Unser umfangreiches Serviceangebot garantiert Ihnen die bestmögliche Absicherung Ihres Investments. Ihre Vorteile:



**MAXIMALE VERFÜGBARKEIT:** Unabhängig davon, wie intensiv Sie Ihr Messgerät nutzen, helfen wir Ihnen, Ihr Gerät in gutem Zustand zu halten und Ihr Investment bestmöglich abzusichern – inklusive drei Jahren Garantie.



**KÜRZESTE ANTWORTZEIT:** Ihre Anfrage wird innerhalb von 24 Stunden beantwortet – von echten Menschen, nicht von Bots.



**ZERTIFIZIERTE SERVICETECHNIKER:** Die lückenlose und gründliche Ausbildung unserer technischen ExpertInnen und Experten sowie deren Zertifizierung erfolgt in unseren eigenen Einrichtungen.



**WELTWEITES SERVICENETZ:** 86 Standorte mit 350 zertifizierten ServicetechnikerInnen und Servicetechnikern bilden ein großes Servicenetzwerk für unsere Kunden. Es spielt keine Rolle, wo Sie Ihren Standort haben: ServicespezialistInnen und Servicespezialisten von Anton Paar sind immer in Ihrer Nähe.

