

# Die RENGAGE™-Technologie – hochgenaue Messtaster mit marktführender Leistung für Werkzeugmaschinen



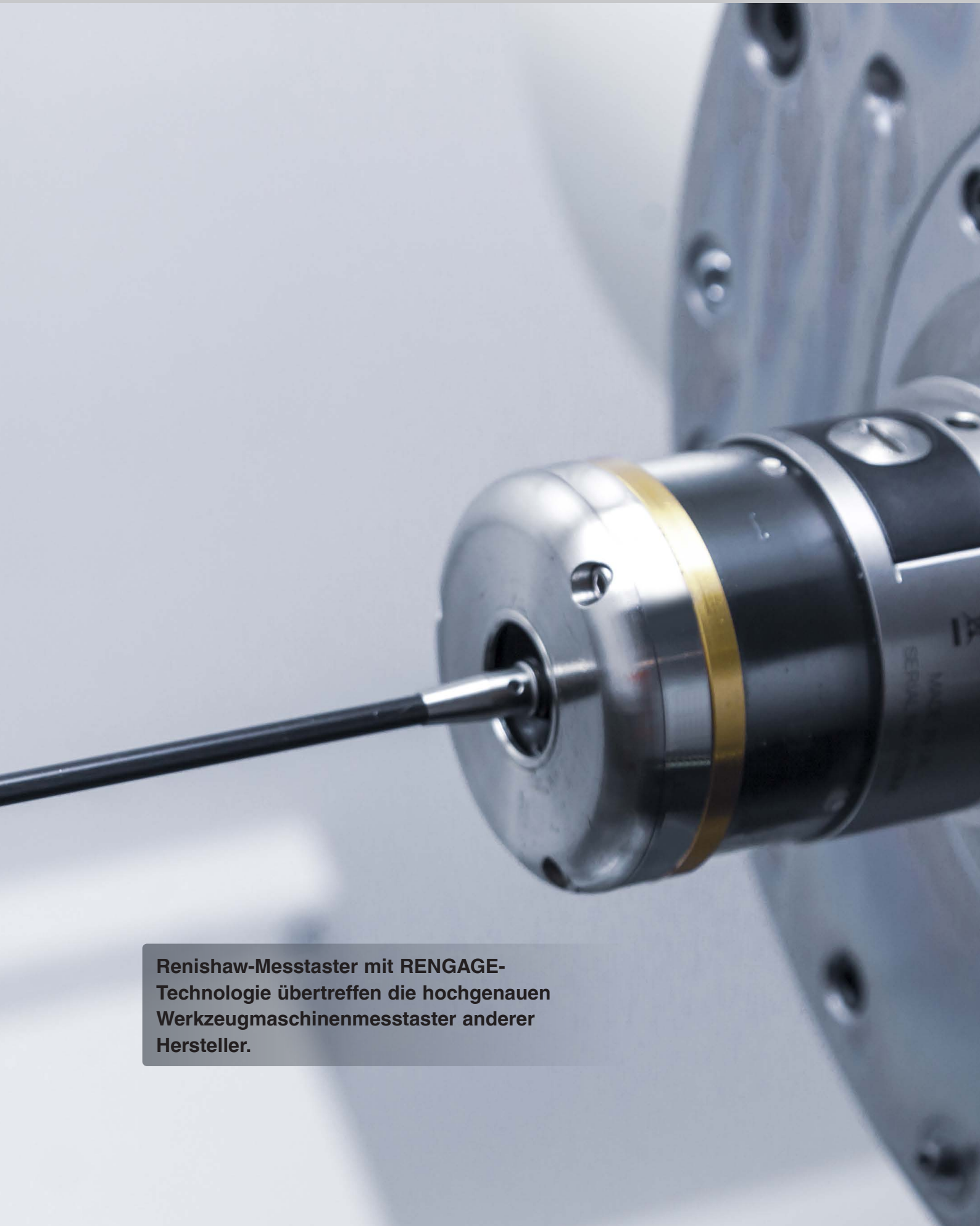
# Die Evolution der Messtechnik für Werkzeugmaschinen

Renishaw erfand den schaltenden Messtaster für Werkzeugmaschinen in den 70er Jahren. Der Erfolg dieser Innovation, die auf einem kinematischen Widerstandsprinzip basiert, hat dazu beigetragen, dass Renishaw weltweit führend bei der Entwicklung, Herstellung und Unterstützung von dimensionellen Messsystemen ist. Das Grundprinzip dieser Konstruktion spielt nach wie vor eine wesentliche Rolle bei der Werkstückeinrichtung, Messung und Prozesssteuerung.

Dank jahrzehntelanger kontinuierlicher Investitionen in die Entwicklung kann Renishaw hochwertige Produkte mit Spitzenleistung anbieten. Dieser Leitfaden bietet einen Vergleich zwischen Messtastern mit RENGAGE™-Technologie und solchen mit herkömmlicher Messtasterkonstruktion und veranschaulicht die überlegene Leistungsfähigkeit der RENGAGE™-Technologie anhand von Tests unter Realbedingungen.

Die RENGAGE-Technologie bietet eine herausragende dreidimensionale (3D) Messleistung und Wiederholgenauigkeit im Submikronbereich. Aufgrund ihres innovativen Designs und ihrer herausragenden Leistungsfähigkeit übertreffen Renishaw-Messtaster mit RENGAGE-Technologie die hochgenauen Werkzeugmaschinenmesstaster anderer Hersteller.





**Renishaw-Messtaster mit RENGAGE-  
Technologie übertreffen die hochgenauen  
Werkzeugmaschinenmesstaster anderer  
Hersteller.**

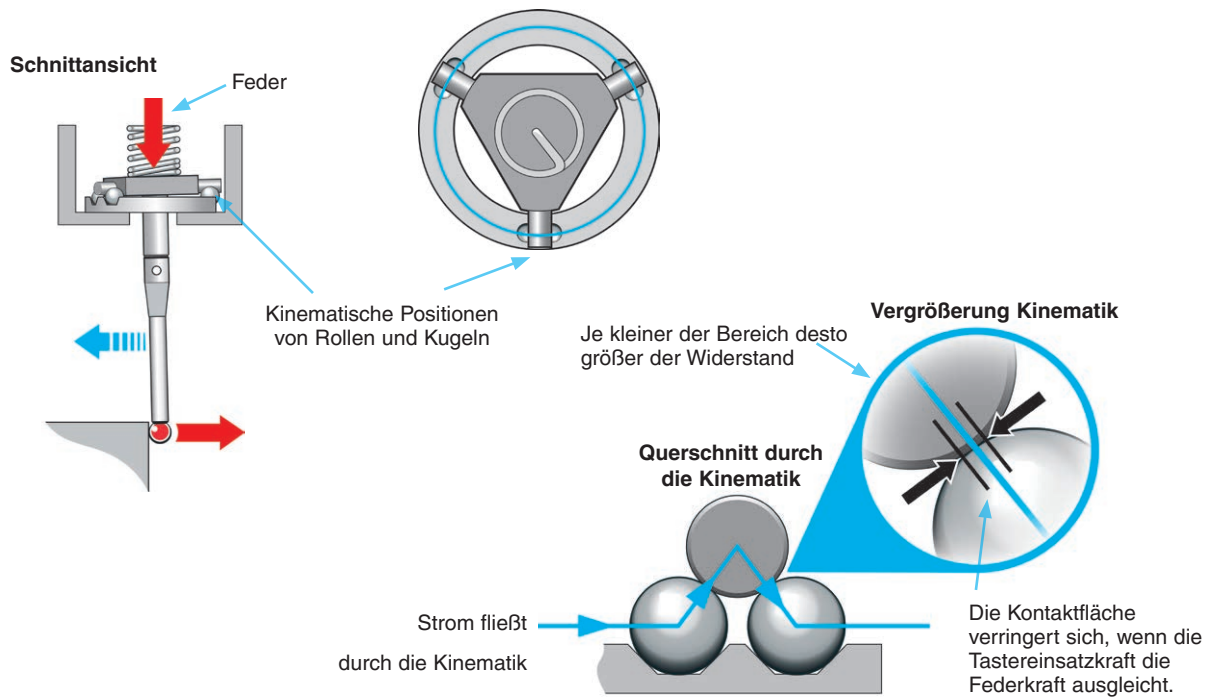
# Herkömmliche Messtastertechnologie

## Kinematisch wiederholgenaue Messtaster nach dem Widerstandsprinzip

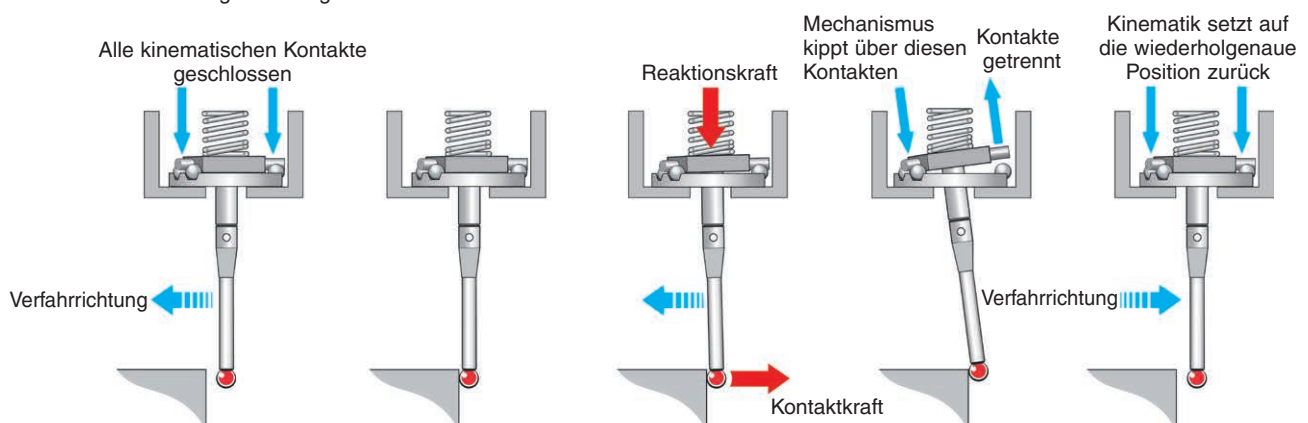
In einem kinematisch wiederholgenauen Messtaster liegen drei in gleichem Abstand angeordnete Zylinder auf sechs Hartmetallkugeln und bilden so sechs Kontaktstellen in einer kinematischen Messposition. Ein elektrischer Strom fließt zwischen den Kugeln und den Zylindern.

Dank eines federbelasteten Mechanismus lenkt der Tastereinsatz beim Kontakt mit dem Werkstück aus. Bei der Berührung eines Werkstücks bewegt die über den Tastereinsatz übertragene Kraft die Zylinder aus den Lagerstellen, sodass sich die Kontaktstellen verkleinern und ihr elektrischer Widerstand zunimmt. Der Messtaster schaltet, wenn ein vorgegebener Schwellenwert erreicht wird.

Wenn der Tastereinsatz vom Werkstück abhebt, kehrt der Messtastermechanismus mit einer Genauigkeit von  $1 \mu\text{m } 2\sigma$  in seine ursprüngliche Position zurück (d. h. er setzt zurück).



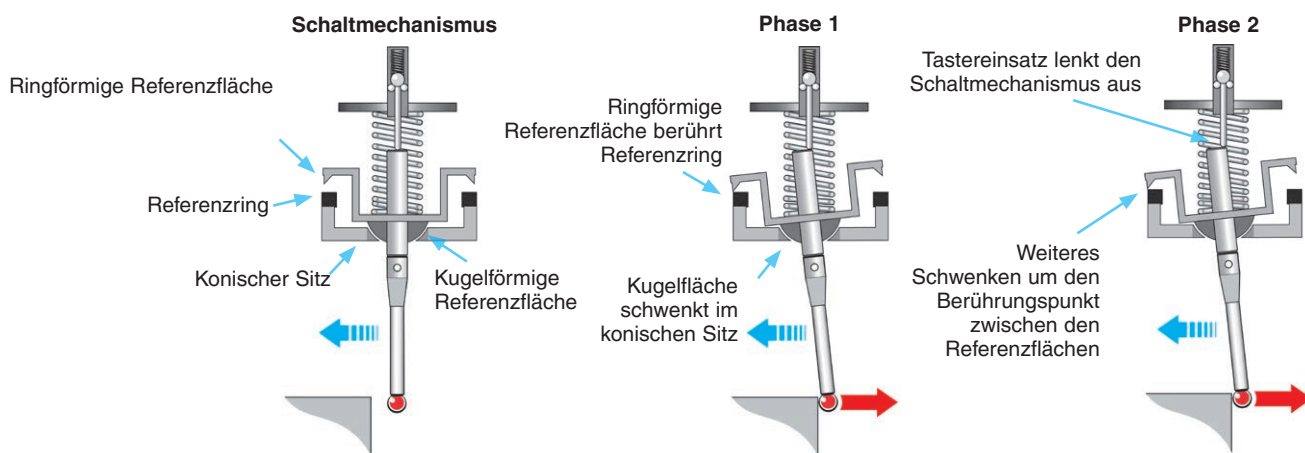
Die Phasen der Schaltsignalerzeugung bei einem kinematisch wiederholgenauen Messtaster sind nachfolgend dargestellt. Wiederholgenaues elektrisches Schalten und mechanisches Rücksetzen des Mechanismus bilden die Grundvoraussetzung für zuverlässige Messergebnisse.





## Andere Arten von Messtastern

Gängige Konstruktionsvarianten sind Kugelsitz-Messtaster. Die Theorie legt nahe, dass diese Konstruktionen eine gleichmäßige Auslösekraft in der XY-Ebene bieten. Doch die Realität sieht ganz anders aus, da dies von der Präzision der hergestellten Kugel und der konischen Sitzflächen sowie deren Beziehung zueinander abhängt. Deshalb variieren die Auslösekräfte in der Praxis stark.



Die Hauptnachteile dieser Konstruktion sind:

1. Der Tastereinsatz ist nicht eindeutig bestimmt, da die Beziehung zwischen Kugel und konischem Sitz nicht genau definiert ist. Der Mechanismus kann sich drehen und ist nicht für sternförmige Tastereinsätze geeignet.
2. Die freie Bewegung des Mechanismus führt typischerweise zu einer signifikanten Tasterauslenkung, bevor der Messtaster schaltet.
3. Durch die hohe Kontaktkraft zwischen dem Tastereinsatz und dem Werkstück können Spuren am Werkstück entstehen.

## Antastunsicherheit (Lobing)

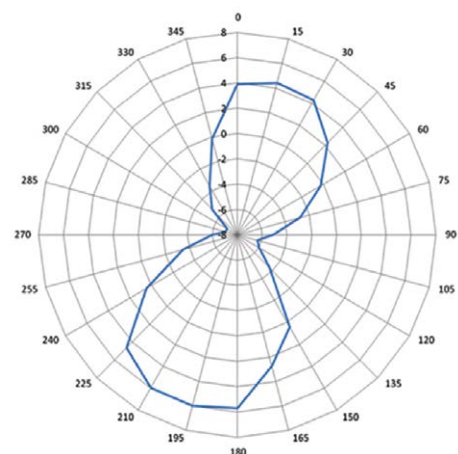
Eine richtungsabhängige Antastunsicherheit tritt bei allen Messtastern auf. Verursacht wird sie durch die Verbiegung des Tastereinsatzes sowie die Bewegung des Messtastermechanismus, bevor der Messtaster den Kontakt mit einer Oberfläche registriert. Sie hängt somit von folgenden Faktoren ab:w

- Länge und Steifheit des Tastereinsatzes
- Benötigte Kraft zum Auslösen des Messtasters
- Richtung des Kontakts mit der Oberfläche
- Konstruktion des Messtastermechanismus

Alle Messtaster weisen daher eine gewisse Antastunsicherheit auf. Bei einer grafischen Darstellung entsteht eine unregelmäßige Form ähnlich der in der nebenstehenden Abbildung.

Bei Zwei-Achsen-Messungen lassen sich potenzielle Fehler relativ leicht auskalibrieren. Bei Drei-Achsen-Messungen sind die durch Antastunsicherheit verursachten Fehler jedoch größer und schwieriger zu kompensieren, vor allem bei manchen herkömmlichen Messtastern.

Diese Fehler sind erheblich und können die Genauigkeit und Wiederholgenauigkeit bei der 3D-Messung beeinträchtigen.



Beispielhafte Darstellung der Antastunsicherheit (nur X-Y) eines herkömmlichen Messtasters mit Kugelsitz

# RENGAGE™-Technologie

Die über ein Jahrzehnt von Renishaw entwickelten und patentierten Messtaster mit RENGAGE™-Technologie verbinden bewährte Silizium-Dehnmessstreifentechnologie mit ultrakompakter Elektronik und präziser Mechanik und bieten dadurch unvergleichliche Leistung und Einsatzmöglichkeiten. Die Modelle MP250, OMP400, RMP400, OMP600 und RMP600 von Renishaw, die sich für eine Vielzahl verschiedener Anwendungen auf Werkzeugmaschinen eignen und eine im Vergleich zu vielen alternativen Messtasterkonstruktionen deutlich bessere 3D-Messleistung aufweisen, sind die neuesten Produkte, die mit dieser Technologie ausgestattet sind.

Dehnmessstreifen sind auf speziell ausgelegten Stegen positioniert und damit Bestandteil des Messtasteraufbaus. Gleichzeitig sind sie jedoch vom kinematischen Mechanismus unabhängig. Die Dehnmessstreifen sind so angeordnet, dass Dehnungen in allen Achsen erfasst werden, und ihre Ausgangssignale werden mittels patentierter Algorithmen elektronisch kombiniert.

Bei Erreichen eines Widerstandsschwellenwertes in beliebiger Richtung wird ein Schaltsignal schon bei sehr viel geringeren Kräften als bei herkömmlichen Messtastern erzeugt.





**RENISHAW**   
**RMP 600**

Da die Schaltsignalerzeugung vollkommen unabhängig vom Mechanismus des Messtasters erfolgt, zeichnen sich Messtaster mit RENGAGE-Technologie durch eine hoch wiederholgenaue und konstante Schaltcharakteristik mit niedriger Antastkraft aus, die bei herkömmlicher Messtasterkonstruktion normalerweise nicht erreicht wird.

Durch die Verwendung der RENGAGE-Technologie können bis zu 90 % der durch Antastunsicherheit verursachten Fehler eliminiert werden.

Bei 2-Achsen-Anwendungen können Messtaster mit Dehnmessstreifen den Kalibrierbedarf erheblich reduzieren. Die Vorteile werden jedoch beim Einsatz in 3-Achsen-Anwendungen und bei der Messung komplexer Geometrien besonders deutlich. Bei solchen Anwendungen sind die Messtaster mit RENGAGE-Technologie wirklich einzigartig.

Messtaster mit RENGAGE-Technologie verwenden den kinematischen Mechanismus von Renishaw lediglich zum Rücksetzen des Tastereinsatzes. Dieses seit über 30 Jahren bewährte System gewährleistet ein wiederholgenaues Rücksetzen und ist für genaue Messergebnisse grundlegend.



Die Ingenieure von Renishaw sind sehr stolz auf die für unsere Kunden entwickelten Produkte. Es ist wichtig, dass unsere Produkte den höchsten Standards entsprechen, um sicherzustellen, dass die von unseren Systemen geprüften Produkte des Kunden ebenfalls von höchster Qualität sind.





## Vergleich der RENGAGE™-Technologie

Die Ingenieure von Renishaw sind sehr stolz auf die für unsere Kunden entwickelten Produkte. Es ist wichtig, dass unsere Produkte den höchsten Standards entsprechen, um sicherzustellen, dass die von unseren Systemen geprüften Produkte des Kunden ebenfalls von höchster Qualität sind.

Nach Aussage von Renishaw ist die Leistung der eigenen hochpräzisen Werkzeugmaschinenmesstaster mit RENGAGE™-Technologie „unübertroffen“. Transparenz ist aus Renishaws Sicht ebenso wichtig wie der Innovationsgeist. Um also die Richtigkeit dieser Behauptungen zu untermauern, hat Renishaw den Messtaster OMP400 zusammen mit fünf schaltenden Messtastern anderer Hersteller – den Messtastern „A“, „B“, „C“, „D“ und „E“ – getestet. Diese Messtaster sind entweder Versionen herkömmlicher Messsysteme mit niedriger Antastkraft oder speziell entwickelte hochgenaue Messtaster.

Für eine realistische Bewertung der Leistung der einzelnen Messtaster ließ Renishaw jeden Messtaster ein umfassendes Testprogramm durchlaufen – mit verlängerter Verweilzeit und wiederholter Testausführung, falls erforderlich. Dadurch konnte jeder Messtaster Ergebnisse liefern, die zum Leistungsvergleich herangezogen werden können.

# Testen der Messtasterleistung

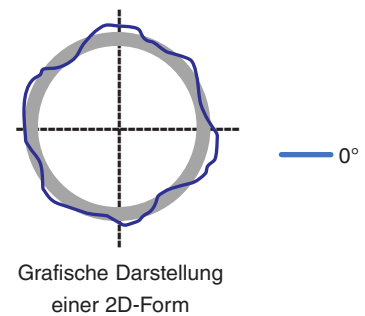
Ein widerspruchsfreier Messdatensatz wird benötigt, um die Leistung der getesteten Messtaster zu vergleichen. Es wurden 2D-Formfehler, 3D-Formfehler und die Wiederholgenauigkeit ausgewählt, da diese Leistungseigenschaften für die Herstellung genauer Bauteile entscheidend sind.

## 2D-Leistung

Die 2D-Leistung wird durch Ermittlung der Formabweichung eines 2D-Merkmals gemessen.

Bei diesem Test wurde der Radius einer kalibrierten Kugel gemessen, indem Punkte rund um ihren Äquator aufgenommen wurden. Die Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen gemessenen Radius, die anhand dieser Punkte ermittelt wurde, ist der 2D-Formfehler.

Da die Abmessungen der Kugel genau bekannt sind, wird der Formfehler zwangsläufig durch den Messtaster erzeugt. Je geringer der 2D-Formfehler des Messtasters ist, desto besser ist die 2D-Leistung.



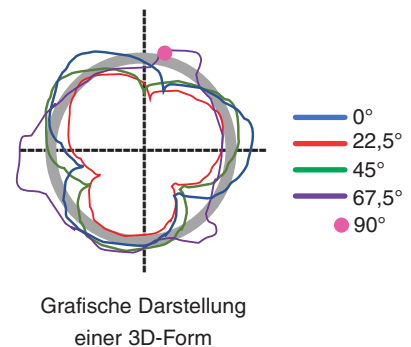
## 3D-Leistung

Angesichts der mittlerweile üblichen Mehrachsen-Bearbeitung ist die 3D-Messleistung heute wichtiger denn je.

Zur Messung der 3D-Leistung wird der Formfehler eines Merkmals mit X-, Y- und Z-Maßen ermittelt. Je geringer der Wert des 3D-Formfehlers ist, desto besser ist die 3D-Leistung des Messtasters.

Zur Messung des 3D-Formfehlers wurde bei dem Test der Radius einer kalibrierten Kugel gemessen; hierzu wurden Punkte auf vier verschiedenen Höhen und am Pol erfasst.

Die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten gemessenen Radius ist der 3D-Formfehler.



## Wiederholgenauigkeit

Bei diesem Test ist die Wiederholgenauigkeit ein Maß dafür, wie gut ein Messtaster eine Messung unter gleichbleibenden Bedingungen wiederholen kann. Diese Angabe ist häufig auf Messtaster-Datenblättern zu finden. Je geringer der Wert, desto besser die Wiederholgenauigkeit.

Die Wiederholgenauigkeit ist nicht mit der Genauigkeit zu verwechseln, da die Genauigkeit beschreibt, wie nah ein gemessener Wert dem wahren Wert ist.



Wiederholgenaue, aber keine genauen Messungen

Bei dem Leistungstest wird eine kalibrierte Kugel mit  $\varnothing 25$  mm aus verschiedenen Winkeln und mit unterschiedlichen Vorschüben unter Verwendung verschiedener Tastereinsätze gemessen, um den 2D-Formfehler, den 3D-Formfehler und die Wiederholgenauigkeit zu ermitteln.

Bei der Durchführung des Tests wurde die empfohlene Vorgehensweise – gemäß der Norm ISO 230-10 – befolgt. Ausgeführt wurde der Test auf einem mittelmäßig genauen 3-Achsen-Vertikalbearbeitungszentrum (VMC) der mittleren Preisklasse mit einer Siemens 828D-Steuerung.

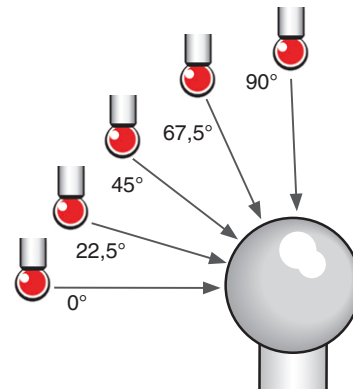
Bei dem Test wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

### An einer Kugel gemessene Punkte

145 Punkte in  $2,5^\circ$ -Schritten wurden während des Tests senkrecht zur Oberfläche bei  $0^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $45^\circ$  und  $67,5^\circ$  gemessen. Ein Punkt wurde auch am Pol der Kugel gemessen.

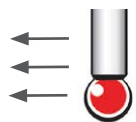
Punkte bei  $0^\circ$  werden zur Berechnung des 2D-Formfehlers verwendet. Bei der Berechnung des 3D-Formfehlers werden alle Punkte verwendet.

Zur Messung der Wiederholgenauigkeit wurde jeder Punkt fünfundzwanzigmal gemessen.

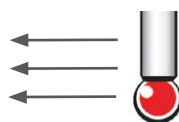


### Bei verschiedenen Vorschubgeschwindigkeiten

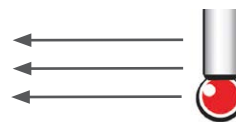
Der Test wurde mehrmals bei 30 mm/min, 600 mm/min und 2000 mm/min durchgeführt.



30 mm/min



600 mm/min



2000 mm/min

### Mit unterschiedlich langen Tastereinsätzen

Jeder Messtaster wurde zunächst mit einem 50 mm langen Tastereinsatz und anschließend mit einem 200 mm langen Tastereinsatz bestückt. Mit beiden Tastereinsätzen wurden die Punkte auf der Kugel mit den jeweiligen Vorschubgeschwindigkeiten gemessen.

Laut Spezifikation können alle getesteten Messtaster mit einem 50-mm-Tastereinsatz verwendet werden, aber nur der OMP400 und der Messtaster „A“ werden auch für den Einsatz mit einem 200-mm-Tastereinsatz empfohlen. 200 mm ist der längste Tastereinsatz, der für Werkzeugmaschinenmesstaster mit RENGAGE™-Technologie empfohlen wird.



50 mm



200 mm

### Unter realistischen Bearbeitungsbedingungen

Alle Tests wurden unter nassen Bedingungen durchgeführt. Die Kugel wurde mit Kühlmittel geschmiert, damit die Bedingungen einem realistischen Bearbeitungsszenario entsprechen.



## Ergebnisse der Benchmarking-Tests

Die Ergebnisse zeigen, dass der OMP400 Messtaster mit RENGAGE™-Technologie in Bezug auf 2D-Form, 3D-Form und Wiederholgenauigkeit insgesamt die besten Ergebnisse lieferte.

Obwohl der OMP400 das einzige getestete Modell mit RENGAGE-Technologie war, besitzen die Ergebnisse aufgrund der gleichbleibenden Konstruktionselemente innerhalb der Baureihe auch Aussagekraft für die anderen hochgenauen Messtaster mit RENGAGE-Technologie.

Obgleich die Leistung anderer marktgängiger Messtaster bei manchen Tests an die des OMP400 herankam, erzielte nur der Renishaw-Messtaster mit RENGAGE-Technologie bei einer Gesamtbetrachtung der Ergebnisse durchweg Höchstleistungen.

Für herausragende Leistung bei schnellen Vorschüben, ganz gleich unter welchen Bedingungen, bei der Messung von prismatischen und Freiform-Merkmalen mit langen oder kurzen Tastereinsätzen ist ein Renishaw-Messtaster mit RENGAGE-Technologie für Werkzeugmaschinen die logische und bewährte Wahl.

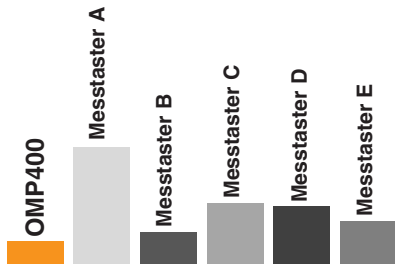
**RENISHAW**   
**OMP400**

**RENGAGE™** 3D technology

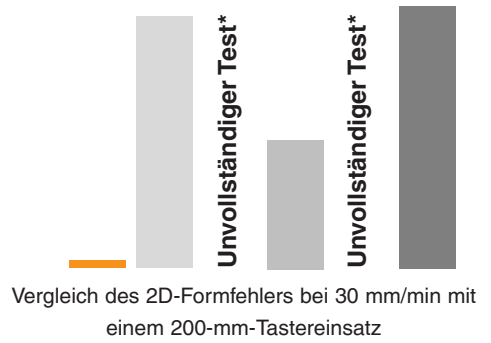
  
SERIAL No 7T4991

Die Ergebnisse zeigen, dass der OMP400 Messtaster mit RENGAGE™-Technologie in Bezug auf 2D-Form, 3D-Form und Wiederholgenauigkeit insgesamt die besten Ergebnisse lieferte.

## 2D-Formfehler



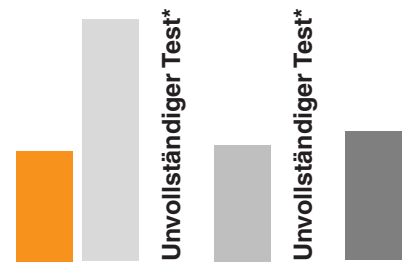
Vergleich des 2D-Formfehlers bei 30 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



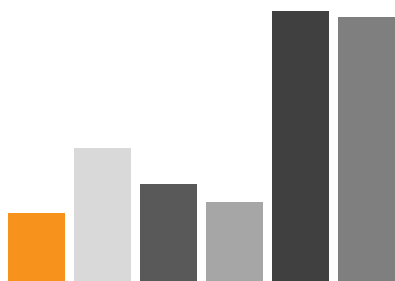
Vergleich des 2D-Formfehlers bei 30 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



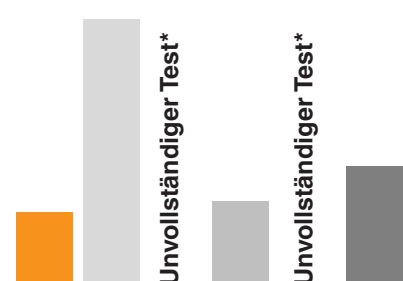
Vergleich des 2D-Formfehlers bei 600 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



Vergleich des 2D-Formfehlers bei 600 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



Vergleich des 2D-Formfehlers bei 2000 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



Vergleich des 2D-Formfehlers bei 2000 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz

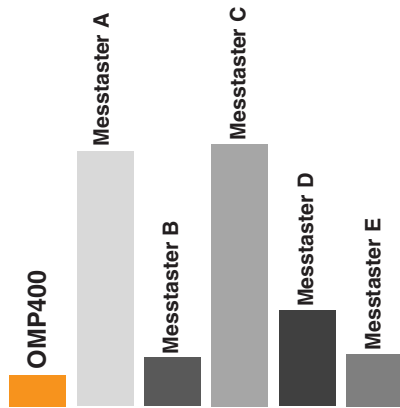
\* Messtaster B und D konnten den Test nicht mit einem 200-mm-Tastereinsatz durchführen. Allerdings ist keiner dieser Messtaster für den Einsatz mit einem 200-mm-Tastereinsatz spezifiziert.



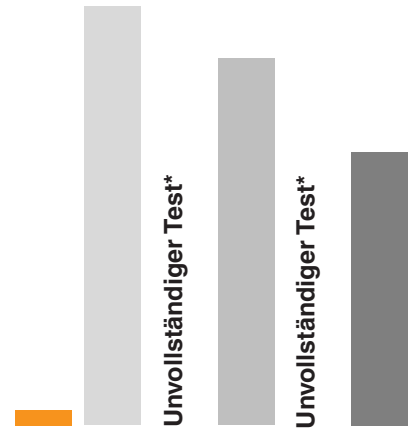


Der Renishaw-Messtaster OMP400 mit RENGAGE™-Technologie weist bei allen Vorschubgeschwindigkeiten und beiden Tastereinsätzen (50 mm und 200 mm) den geringsten 2D-Formfehler auf.

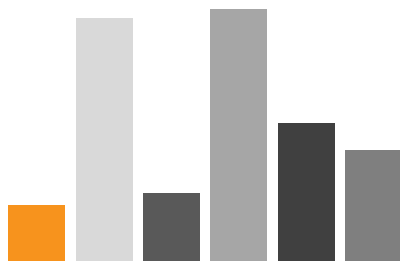
## 3D-Formfehler



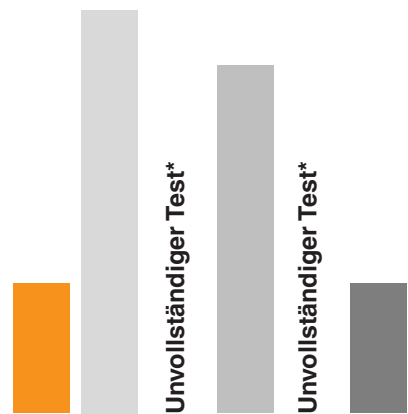
Vergleich des 3D-Formfehlers bei 30 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



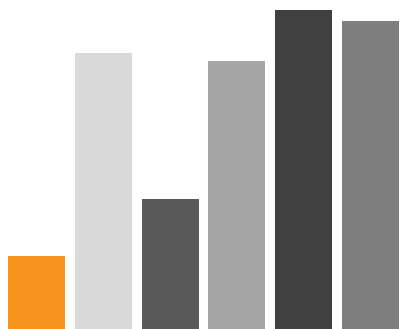
Vergleich des 3D-Formfehlers bei 30 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



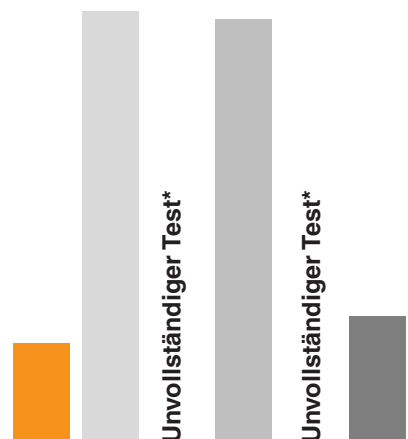
Vergleich des 3D-Formfehlers bei 600 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



Vergleich des 3D-Formfehlers bei 600 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



Vergleich des 3D-Formfehlers bei 2000 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz

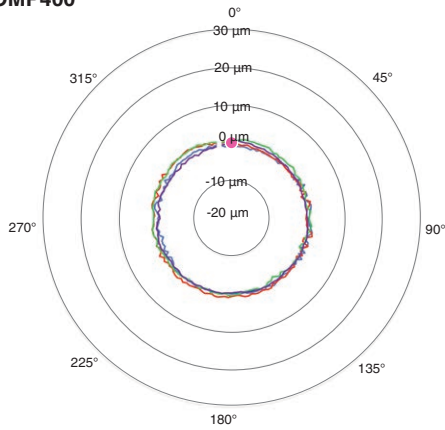


Vergleich des 3D-Formfehlers bei 2000 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz

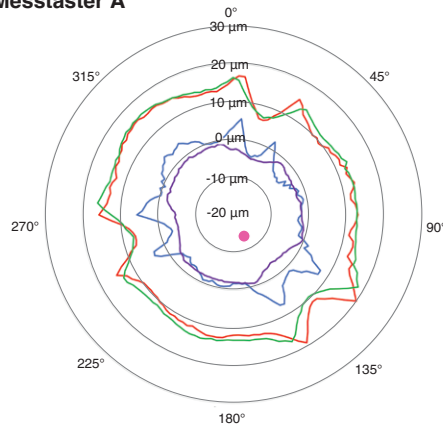
\* Messtaster B und D konnten den Test nicht mit einem 200-mm-Tastereinsatz durchführen. Allerdings ist keiner dieser Messtaster für den Einsatz mit einem 200-mm-Tastereinsatz spezifiziert.

Der Renishaw-Messtaster OMP400 mit RENGAGE™-Technologie weist bei allen Vorschubgeschwindigkeiten und beiden Tastereinsätzen (50 mm und 200 mm) den geringsten 3D-Formfehler auf.

**OMP400**

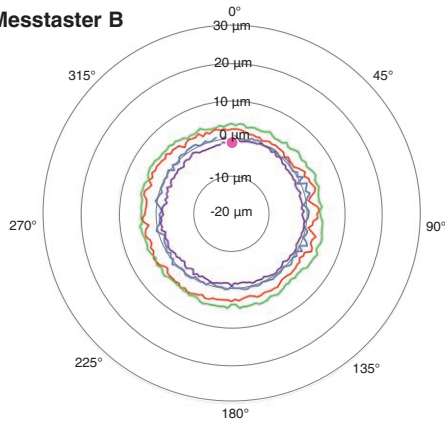


**Messtaster A**

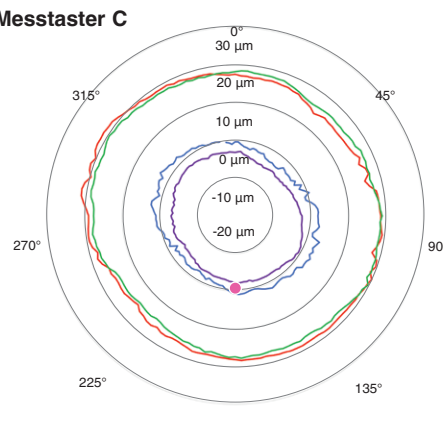


- 0°
- 22,5°
- 45°
- 67,5°
- 90°

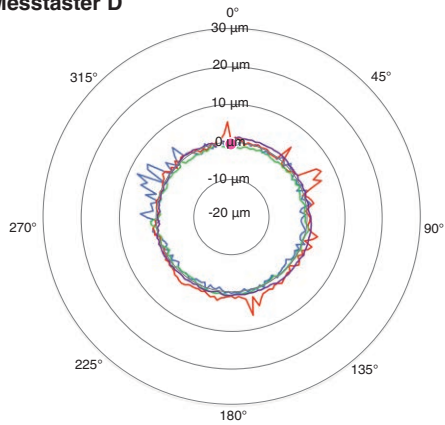
**Messtaster B**



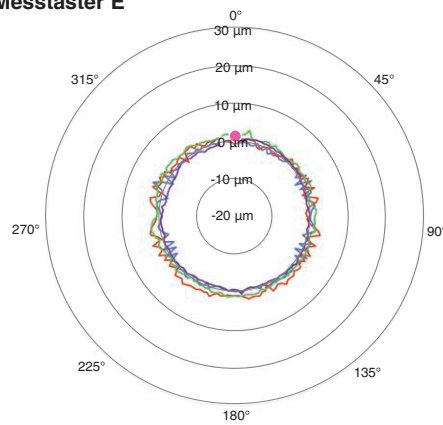
**Messtaster C**



**Messtaster D**



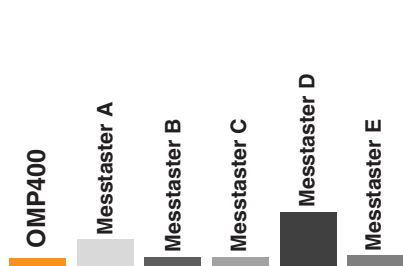
**Messtaster E**



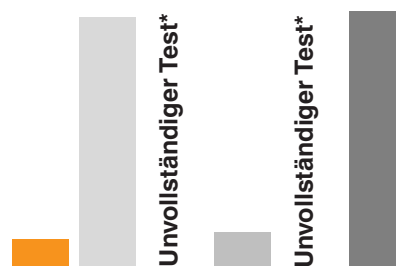


## Wiederholgenauigkeit

Die Wiederholgenauigkeit des Renishaw-Messtasters OMP400 mit RENGAGE™-Technologie ist bei allen Vorschubgeschwindigkeiten und sowohl mit dem 50-mm- als auch dem 200-mm-Tastereinsatz besser als oder vergleichbar mit anderen auf dem Markt erhältlichen Messtastern.



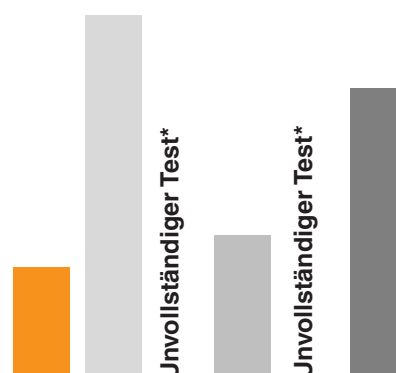
Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 30 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



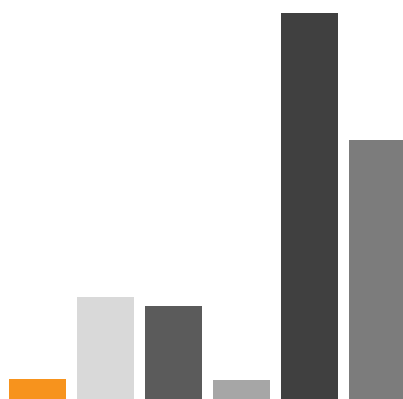
Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 30 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



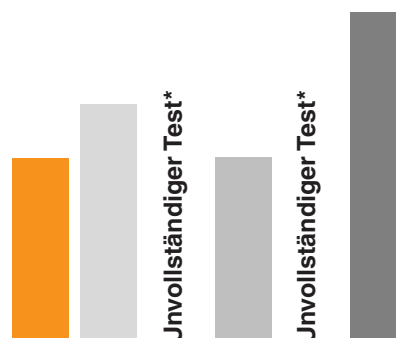
Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 600 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz



Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 600 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz



Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 2000 mm/min mit einem 50-mm-Tastereinsatz

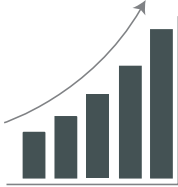


Vergleich der Wiederholgenauigkeit bei 2000 mm/min mit einem 200-mm-Tastereinsatz

\* Messtaster B und D konnten den Test nicht mit einem 200-mm-Tastereinsatz durchführen. Allerdings ist keiner dieser Messtaster für den Einsatz mit einem 200-mm-Tastereinsatz spezifiziert.

## Messen mit Renishaw zahlt sich aus

Optimieren Sie Ihren Fertigungsprozess



„Von Anfang an“ fehlerfreie Werkstückbearbeitung.

Reduzieren Sie Ausschuss und Nacharbeit



Werkstückeinstellung bis zu zehnmals schneller als mit manuellen Methoden.

Sparen Sie Zeit und Geld



Mehr Teile zuverlässig und genau fertigen.

// Um die aktuellen und zukünftigen Leistungsanforderungen für unsere Produkte einzuhalten, müssen immer kleinere und komplexere Bauteile mit einer konstanten Genauigkeit im Bereich von 1 µm hergestellt werden. Zuverlässige Messungen sind folglich entscheidend. Aus diesem Grund haben wir uns für den Einsatz der RENGAGE™-Technologie entschieden. //

Flann Microwave (UK)

## Der Vorteil von Renishaw



Renishaw ist bekannt für den hervorragenden Service und Support, der allen Kunden über ein Netzwerk aus über 70 Niederlassungen weltweit geboten wird.

Technische Unterstützung



Wir bieten allen unseren Kunden weltweit technische Unterstützung an.

Support und Upgrades



Wir bieten speziell auf Ihre Anforderungen zugeschnittene Supportvereinbarungen an.

Schulung



Wir bieten Standard- und maßgeschneiderte Schulungen an, um Ihren Anforderungen gerecht zu werden.

Ersatzteile und Zubehör



Bestellen Sie Ersatzteile und Zubehör online oder holen Sie Angebote für Renishaw-Teile ein – und das rund um die Uhr.

## About Renishaw

Renishaw is an established world leader in engineering technologies, with a strong history of innovation in product development and manufacturing. Since its formation in 1973, the company has supplied leading-edge products that increase process productivity, improve product quality and deliver cost-effective automation solutions.

A worldwide network of subsidiary companies and distributors provides exceptional service and support for its customers.

### Products include:

- Additive manufacturing and vacuum casting technologies for design, prototyping, and production applications
- Dental CAD/CAM scanning systems and supply of dental structures
- Encoder systems for high-accuracy linear, angle and rotary position feedback
- Fixturing for CMMs (co-ordinate measuring machines) and gauging systems
- Gauging systems for comparative measurement of machined parts
- High-speed laser measurement and surveying systems for use in extreme environments
- Laser and ballbar systems for performance measurement and calibration of machines
- Medical devices for neurosurgical applications
- Probe systems and software for job set-up, tool setting and inspection on CNC machine tools
- Raman spectroscopy systems for non-destructive material analysis
- Sensor systems and software for measurement on CMMs
- Styli for CMM and machine tool probe applications

For worldwide contact details, visit [www.renishaw.com/contact](http://www.renishaw.com/contact)



RENISHAW HAS MADE CONSIDERABLE EFFORTS TO ENSURE THE CONTENT OF THIS DOCUMENT IS CORRECT AT THE DATE OF PUBLICATION BUT MAKES NO WARRANTIES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE CONTENT. RENISHAW EXCLUDES LIABILITY, HOWSOEVER ARISING, FOR ANY INACCURACIES IN THIS DOCUMENT.

© 2011-2020 Renishaw plc. All rights reserved.

Renishaw reserves the right to change specifications without notice.

**RENISHAW** and the probe symbol used in the **RENISHAW** logo are registered trade marks of Renishaw plc in the United Kingdom and other countries. **apply innovation** and names and designations of other Renishaw products and technologies are trade marks of Renishaw plc or its subsidiaries. All other brand names and product names used in this document are trade names, trade marks or registered trade marks of their respective owners.



H - 2000 - 5373 - 02

Part no.: H-2000-5373-02-A

Issued: 09.2020