

Für zuverlässige und  
hochgenaue Ergebnisse  
H-1000-3305-01-A

**RENISHAW**   
apply innovation™

# Präzisions-Tastereinsätze



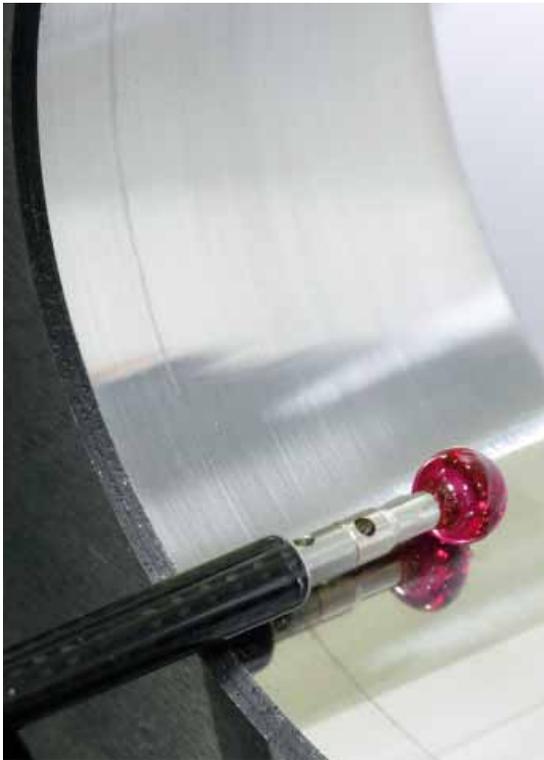


## Inhalt

<b>Kapitel 1</b>	
Die Bedeutung von Tastereinsätzen für Präzisionsmessungen .....	4
<b>Kapitel 2</b>	
Auswahl und Einsatz von Tastereinsatzkomponenten .....	8
<b>Kapitel 3</b>	
Auswahl und Einsatz von Tastereinsätzen .....	38
<b>Kapitel 4</b>	
Kalibrierung von Tastereinsätzen.....	48
<b>Kapitel 5</b>	
Zusammenfassung der Hauptkriterien zur Verwendung von Tastereinsatzkomponenten .....	52

## Die Bedeutung von Tastereinsätzen für Präzisionsmessungen

Die Ansprüche der Qualitätssicherung sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Unternehmen bleiben nur dann konkurrenzfähig, wenn sie höchste Prozessstabilität und eine hervorragender Qualität – bei einer sehr kurzen Lieferzeit – bieten. Qualitätssicherung und Koordinatenmesstechnik spielen für diese Prozesse eine entscheidende Rolle.



Um konkurrenzfähig zu bleiben, rüsten Herstellerfirmen ihre Koordinatenmessgeräte kontinuierlich auf. KMGs werden jetzt direkt als Teil des Fertigungsprozesses in die Produktion integriert; schnelle, leistungsstarke Systeme garantieren höchstpräzise Messungen innerhalb eines minimalen Zeitrahmens.

Renishaw und die Messsysteme von Renishaw gehörten schon immer zu den Vorreitern dieser Entwicklungen. Die Qualität der Tastereinsätze, sowie deren Zubehör spielen eine entscheidende Rolle in der industriellen Messtechnik. Aus diesem Grund haben wir für Sie in dieser Broschüre die wichtigsten Informationen zu diesem Thema im Überblick zusammengestellt.

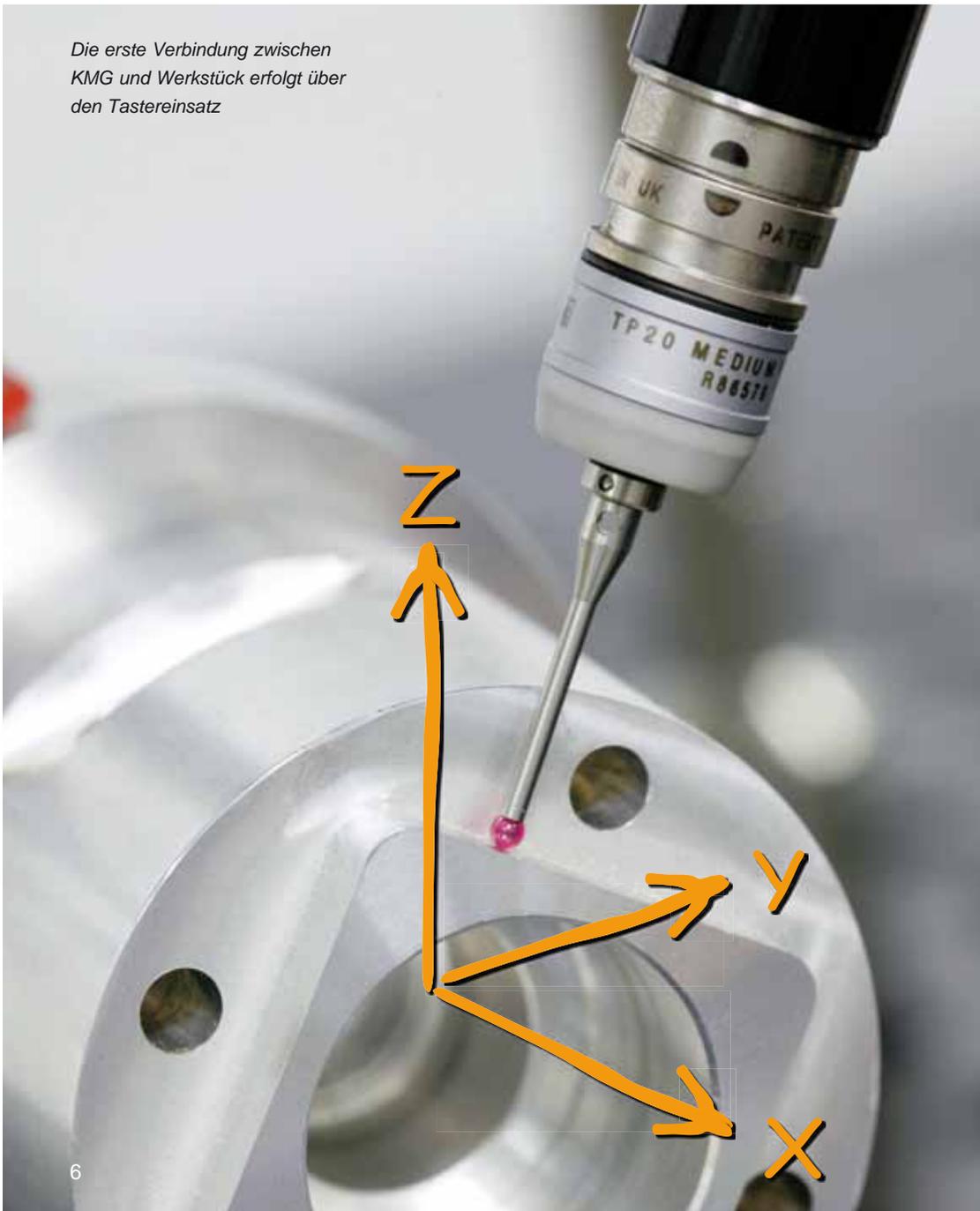
**Wir hoffen, dass Sie von diesen Informationen profitieren!**

Ihre Renishaw plc



*Tastereinsätze von Renishaw bieten High-Tech-Präzision und eine überragende Qualität*

Die erste Verbindung zwischen KMG und Werkstück erfolgt über den Tastereinsatz



## Was ist eigentlich ein Tastereinsatz?

Tastereinsätze sind im Prinzip die „Werkzeuge“ der KMGs. Sie stehen in gleicher Beziehung wie z. B. Drehwerkzeuge zu Drehmaschinen und Fräs- und Bohrwerkzeuge zu Fräsmaschinen.

Beim Messen mit einem schaltenden Messtaster verwendet die Maschine den Tastereinsatz zur Aufnahme von Messpunkten auf der Oberfläche des Werkstückes.

Bei jeder Antastung wird ein Punkt generiert, der anhand von Positionswerten in X, Y und Z definiert ist. Aus diesen Punkten kann dann das Merkmal, die Größe, Form und Position errechnet werden.

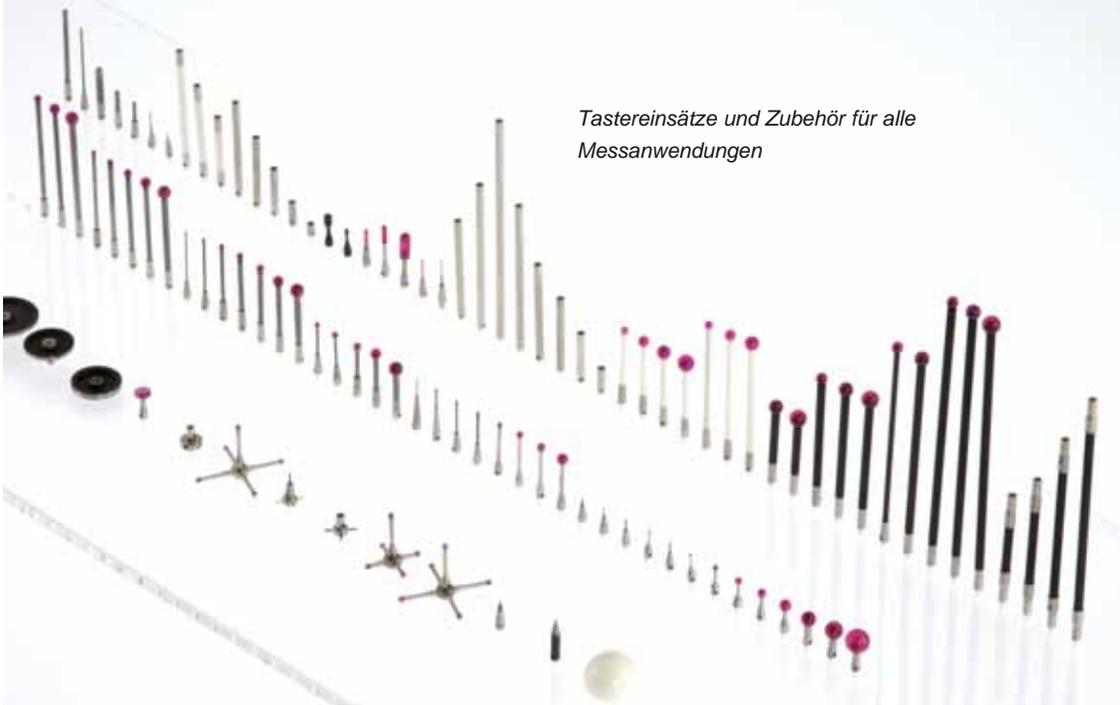
Ein Scanning-Messtaster nimmt im Gegensatz dazu fortlaufend Messwerte an der Oberfläche eines Werkstückes auf. Eine hochentwickelte Software verwendet diese Daten, um Größe, Position und Form von Merkmalen des Werkstückes zu berechnen.

### Wie wählt man die richtigen Tastereinsatzkomponenten aus?

In Kapitel 2 finden Sie nähere Informationen bezüglich der Hauptparameter und Materialeigenschaften.



**!** Wie Sie sehen können, bildet der Tastereinsatz die erste Verbindung zu dem Werkstück. Deshalb ist es äußerst wichtig, dass der Tastereinsatz die bestmögliche Genauigkeit am Berührungspunkt bietet.



Tastereinsätze und Zubehör für alle Messanwendungen



Gewindeadapter bieten Flexibilität! Sie können z.B. einen M2/M3/M4 Tastereinsatz mit einem M5 Anschlussgewinde verbinden

## Auswahl und Einsatz von Tastereinsätzen

Bei der Auswahl des Tastereinsatzes muss darauf geachtet werden, dass dieser für die Messanwendung bestmöglich geeignet ist. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Tastereinsatztypen und Zubehör sowie die Hauptparameter und Materialeigenschaften beschrieben.

### Anschlussgewinde

Zunächst bezieht sich die Wahl des Tastereinsatzes immer auf das Anschlussgewinde des Messtasters Ihres Koordinatenmessgeräts – üblicherweise M2, M3, M4 oder M5.

Messtaster von Renishaw verwenden Anschlussgewinde.

Messtaster von Zeiss und Leitz verwenden überwiegend M5 und M3 Anschlussgewinde.

Der Einsatz von Tastereinsätzen ist Dank der Gewindeadapter höchst flexibel. So lassen sich z.B. M2/M3/M4 Tastereinsätze mit M5 Anschlussgewinde verbinden.



Bei der Auswahl von Tastereinsätzen sind die Anschlussgewinde ausschlaggebend. Renishaw bietet die größte Auswahl an Tastereinsätzen und Zubehör:

- für alle Anschlussgewinde,
- für den Einsatz mit Messtastern und Zubehör aller Hersteller,
- und Tastereinsätze für Messtaster auf CNC-Werkzeugmaschinen.



*Tastereinsatzkonfiguration an einer SH80  
Adapterplatte befestigt*

## Die Tastereinsatz-Komponente wird nach der Geometrie des Werkstückes bestimmt

Mit dem Tastereinsatz müssen alle Berührungsmesspunkte des Werkstücks leicht zugänglich sein. Bei der Auswahl von Tastereinsatzkomponenten muss darauf geachtet werden, dass sie die benötigten Prüfkriterien erfüllen und die zu messenden Merkmale anfahren können.

Wenn alle Messungen eines Werkstücks auf einer Koordinatenmessmaschine mit einem starren Messtaster durchgeführt werden sollen, dann sind oftmals mehrere Tastereinsätze, die in verschiedenen Ausrichtungen montiert werden, sowie verschiedene Tastereinsatzkomponenten, Verlängerungen und Gelenke notwendig. Die Kombination dieser Komponenten wird als Tastereinsatzkonfiguration bezeichnet und an einer Adapterplatte befestigt.

Renishaw bietet Tastereinsatzkomponenten aus verschiedenen Materialien an, damit Sie die für Ihre Messanwendung am besten geeignete Tastereinsatzkonfiguration zusammenstellen können.



*Eine komplexe Tastereinsatzkonfiguration mit verschiedenen Komponenten*

**!** Beim Zusammenstellen der Tastereinsatzkonfiguration muss die maximal zulässige Masse des Tastereinsatzes beachtet werden. Diese wird vom Messtaster-Hersteller festgelegt und kann bis zu 500 g betragen.



## Tastereinsatztypen

Renishaw bietet die größte Auswahl an Tastereinsatztypen und Zubehör, damit Sie alle Messaufgaben erfolgreich durchführen können. Alle Komponenten, einschließlich der Tastereinsatzkugeln, sind in verschiedenen Materialien lieferbar. In Kapitel 3 werden die Tastereinsatz- und Kugelmateriale ausführlich beschrieben.

### Gerade Tastereinsätze

Gerade Tastereinsätze sind die einfachsten und am häufigsten verwendeten Tastereinsatztypen. Sowohl abgesetzte als auch konische Schäfte sind lieferbar. Tastereinsätze mit konischen Schäften bieten eine bessere Stabilität bei einfach zugänglichen Werkstücken.

Tastereinsatzkugeln werden aus Rubin, Siliziumnitrid, Zirkonoxid, Keramik oder Hartmetall hergestellt.

Die Halter und Schäfte sind ebenfalls in verschiedenen Materialien lieferbar – Titan, Hartmetall, Edelstahl, Keramik und Kohlefaser.

### Hauptanwendung:

Einfache Merkmale, die direkt angefahren werden können.



Die Tastereinsätze sollten so kurz wie möglich gewählt werden, um ein Verbiegen zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für taktile schaltende Messtastersysteme.

Die Verfahrrichtung der Messung sollte möglichst parallel zu den Koordinatenachsen und rechtwinklig zur Oberfläche des Werkstückes verlaufen. Zur Ausrichtung der Messtaster wird eine breite Palette an Zubehör, z. B. zur Messung von Schrägbohrungen, angeboten.

*Gerader Tastereinsatz, rechtwinklig zur Werkstückoberfläche*



*Sternförmiger Tastereinsatz mit 5 fest montierten Einsätzen*

*Messung komplexer Innenkontur*

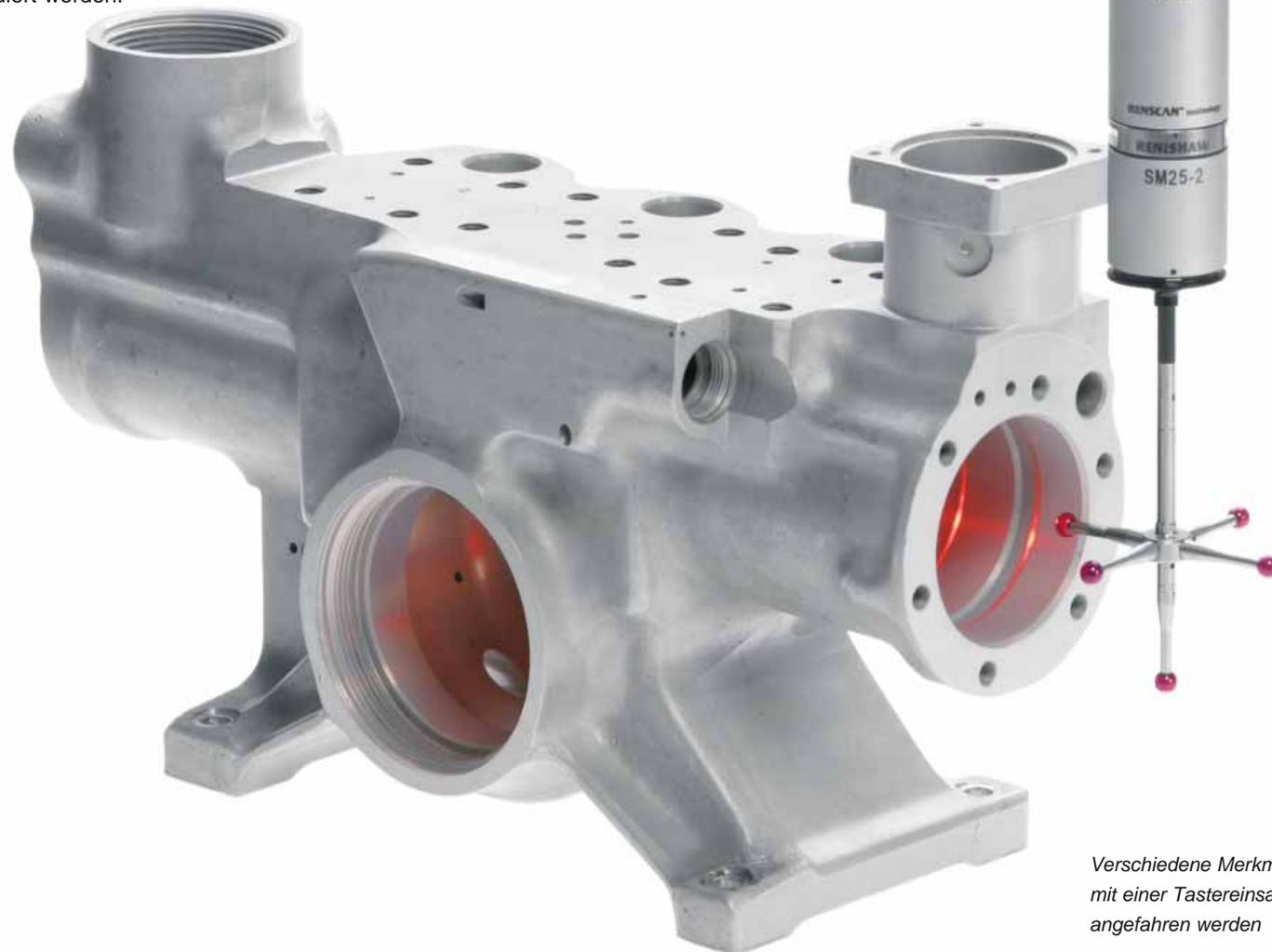


### **Sternförmige Tastereinsätze**

Tastereinsatzkonfigurationen mit mehreren fest montierten Tastereinsätzen. Die Tastereinsatzkugeln werden aus Rubin, Siliziumnitrid oder Zirkonoxid hergestellt. Eigene Sternkonfigurationen können mit Haltern, die bis zu 5 Tastereinsatzkomponenten aufnehmen, konstruiert werden.

### **Hauptanwendung:**

Für Oberflächen und Bohrungen, die direkt angefahren werden können. Diese Konfiguration bietet Flexibilität, indem Antastungen verschiedener Merkmale ohne einen Tastereinsatzwechsel möglich sind.



*Verschiedene Merkmale können mit einer Tastereinsatzkonfiguration angefahren werden*

**Schwenkbare Tastereinsätze**

Ein Klemmmechanismus, mit dem Tastereinsätze in die gewünschten Stellung gebracht werden können.



*Flexible Anpassung an schräge Oberflächen und Bohrungen*

**Hauptanwendung:**

Für schräge Oberflächen und Schrägbohrungen; diese Konfiguration bietet Flexibilität, da verschiedene Merkmale angetastet werden können, ohne den Tastereinsatz zu wechseln.

**Scheibenförmige Tastereinsätze**

Bei diesen Tastereinsätzen handelt es sich um „Sektionen“ hochpräziser Kugeln, die in verschiedenen Durchmessern und Stärken erhältlich sind. Die aus Stahl, Keramik oder Rubin hergestellten Scheiben werden an einem Gewindezapfen befestigt. Vorteile dieser Tastereinsätze sind die vollständige Drehbarkeit und die Möglichkeit, zusätzlich einen zentral positionierten Tastereinsatz einzufügen. Diese Tastereinsätze sind daher besonders flexibel und einfach einzusetzen.

**Hauptanwendung:**

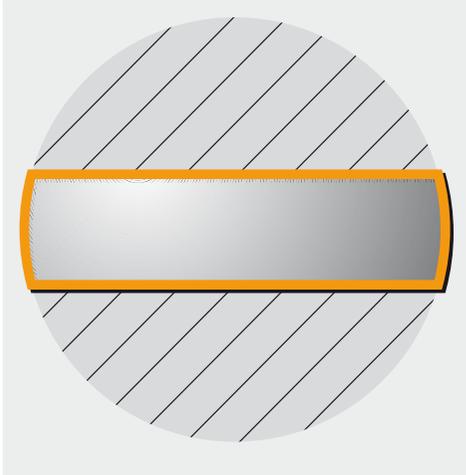
Diese Tastereinsätze werden zum Messen von Aussparungen und Einstichen in Bohrungen, die für sternförmige Tastereinsätze unzugänglich sein können, verwendet. Das Messen mit der Tastscheibe kommt dem Messen am oder um den Mittelpunkt einer großen Tastkugel gleich. Jedoch steht hier nur ein kleiner Ausschnitt der Kugeloberfläche für die Berührung zur Verfügung. Deshalb erfordern dünne Scheiben eine Winkelausrichtung, um den korrekten Kontakt der Scheibenoberfläche mit dem zu messenden Merkmal sicherzustellen.

*Scheibenförmiger Tastereinsatz zur Messung von Kanten und Einstichen*



**Eine einfache Scheibe ist nur für einen Durchmesser zu kalibrieren. Messungen sind jedoch auf die X-Y-Ebene beschränkt. Bei zusätzlicher Verwendung einer Halbkugel auf beiden Seiten der Tastscheibe kann der Tastereinsatz auch in der Z-Richtung kalibriert**

**und eingesetzt werden. Die Halbkugeln lassen sich mit Hilfe eines Endmaßes kalibrieren. Durch Drehen der Scheibe um die Mittelachse und das Blockieren in einer bestimmten Position lassen sich die Halbkugeln der jeweiligen Anwendungssituation entsprechend in die richtige Position bringen.**



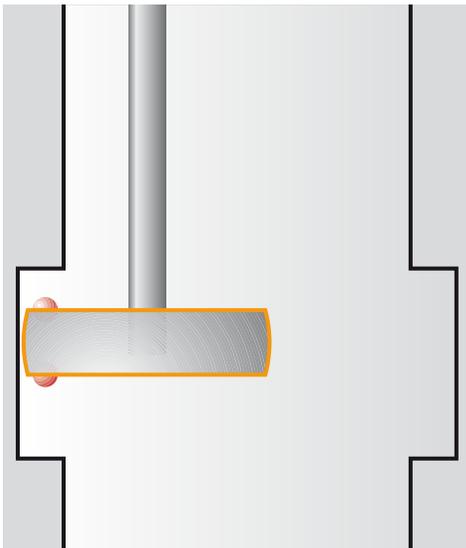
**Sphärische Scheibentaster**

Diese Tastereinsätze sind mit Halbkugeln bzw. Rollen bestückt, die auf beiden Seite der Scheibe, sowohl oben als auch unten, angebracht sind und eine Punktberührung in Z-Richtung gewährleisten.

**Hauptanwendung:**

Ebenfalls für Aussparungen, Stufenbohrungen und Einstichen in Bohrungen. Unter Verwendung der oberen und unteren Halbkugel kann man auch in die Z-Richtung messen, wie z. B. die Breite eines Einstichs.

Die Kanten der Scheiben sind gekrümmt, als hätte man am Äquator einer Kugel eine Scheibe herausgeschnitten.



Messung von Durchmesser und Breite einer Nut



**Zylindrische Tastereinsätze**

Zylindrische Tastereinsätze werden aus Hartmetall, Rubin bzw. Keramik hergestellt.

**Hauptanwendung:**

Zur Messung von Metallblechen, Pressteilen und dünnen Werkstücken, wo ein guter Kontakt mit kugelförmigen Tastereinsätzen nicht garantiert werden kann. Zusätzlich lassen sich verschiedene Gewindemerkmale messen und die Mittelpunkte von Gewindebohrungen ermitteln. Zylindrische Einsätze mit Kugelumlauf ermöglichen das Kalibrieren und Messen in den Ebenen X, Y und Z und eignen sich somit zur Erfassung von Oberflächen.



Zylindrische Tastereinsätze zur Messung von Blechkomponenten





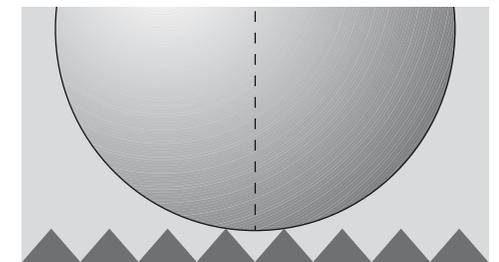
Messung einer tiefliegenden  
Gewindebohrung

### Halbkugelförmige Tastereinsätze aus Keramik

Deren Vorteil ist der große, effektive  
Kugeldurchmesser bei minimaler Masse.

#### Hauptanwendung:

Zur Messung von tiefliegenden Merkmalen  
und Bohrungen. Eignet sich auch für  
Antastungen an rauen Oberflächen, da die  
Rauheit durch die große Durchmesserfläche  
mechanisch herausgefiltert wird.



Durch die Verwendung derart großer Kugeln werden  
störende Auswirkungen von sehr rauen Oberflächen  
ausgeglichen

## Adapterplatten

Wenn bestimmte Merkmale wiederholt gemessen werden, dann ist es sinnvoll Adapterplatten mit den benötigten Tastereinsatzkonfigurationen zu verwenden.



Die montierten Adapterplatten können dann in Tastereinsatzschränken bzw. -magazinen auf dem KMG gelagert und je nach Anforderung verwendet werden. Nach einem Wechsel muss der Taster nicht erneut kalibriert werden. Mit einem Wechselmagazin können selbst sehr komplexe Werkstücke im CNC-Modus gemessen werden.

*SH80 Adapterplatte für SP80  
Tastköpfe von Renishaw*



*Tasterwechsellager für  
Zeiss VAST Tastköpfe*

## Zubehör

Zubehöerteile eignen sich zur präzisen Anpassung von Tasterkomponenten an bestimmte Messaufgaben. Renishaw bietet eine große Auswahl an Zubehöerteilen. Auf dieser Seite werden aus Platzmangel nur ein paar wenige Beispiele aufgezeigt. In unserem Produktkatalog finden Sie jedoch das gesamte Angebot.

### Aufnahmen, Würfel

Durch Kombination gezielte Tastereinsatzkonfigurationen gestalten



### Gelenke

Die Winkelausrichtung der Tasterkomponenten, um vertikale Berührungen mit schrägen Werkstückoberflächen und Schrägbohrungen zu ermöglichen.



**!** Die Gelenke müssen extrem stabil sein und präzise hergestellt werden, damit durch die Messkraft keine Positionsänderung der Tastereinsatzspitze beim Messen auftritt. Die Qualität von Design und Werkstoff ist extrem wichtig.

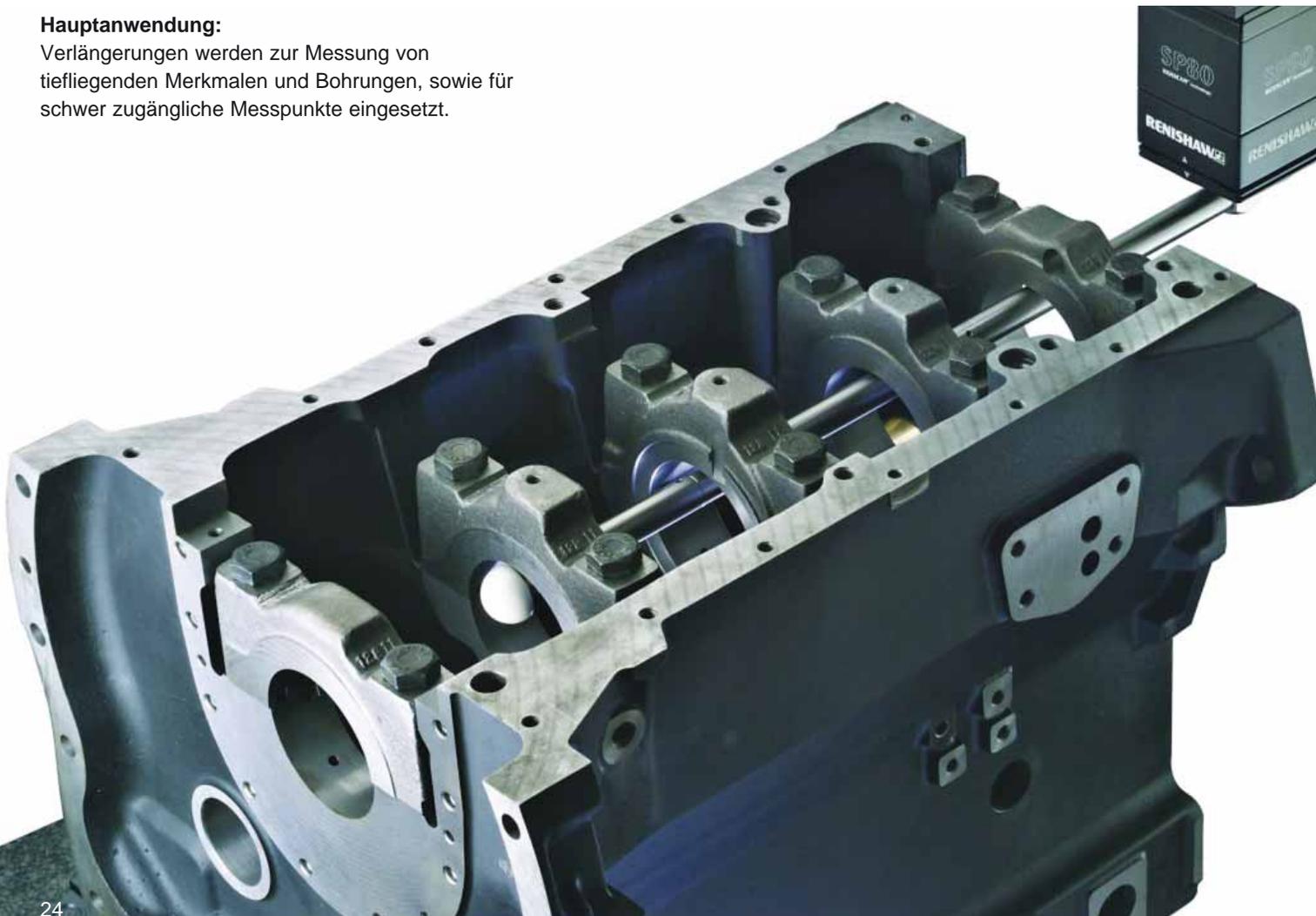


## Verlängerungen

Renishaw fertigt eine breite Palette an Verlängerungen unterschiedlicher Länge und Materialien – Stahl, Titan, Aluminium, Keramik und Kohlefaser.

### Hauptanwendung:

Verlängerungen werden zur Messung von tiefliegenden Merkmalen und Bohrungen, sowie für schwer zugängliche Messpunkte eingesetzt.



! Wie bei Tastereinsatzkomponenten spielt auch bei Verlängerungen die Materialauswahl eine wichtige Rolle in der Messtechnik. Insbesondere bei langen Verlängerungen muss auf die thermischen Eigenschaften des Materials geachtet werden.

## Werkstoffe der Tastereinsatzkomponenten von Renishaw

Unsere Produktpalette eignet sich für eine große Anzahl an Materialkombinationen. Alle in der Messtechnik verwendeten Werkstoffe sind nachstehend beschrieben.

### Halter

Der Schaft des Tastereinsatzhalters ist an einem Gewindehalter befestigt. Stahl und Titan sind die idealen Werkstoffe für Halter. Titan ist um einiges leichter als Stahl und sollte verwendet werden, wenn Baugruppen mit einer geringen Masse benötigt werden.



### Schaft

Der Schaft muss eine maximale Steifheit besitzen, um Durchbiegungen während der Messung möglichst minimal zu halten.

### Hartmetall

Bietet außerordentliche Steifheit, besonders bei kleinen Schaftdurchmessern und abgesetzten Messtastern.

Bei großen Schaftdurchmessern und langen Tastereinsätzen muss auf die Masse geachtet werden. Ideal für die meisten Standardanwendungen.

### Keramik

Keramik wird Dank der geringen Masse hauptsächlich für lange Tastereinsätze verwendet. Es ist thermisch stabil für fertigungsnahe Anwendungen. Es kann außerdem als Sollbruchstelle

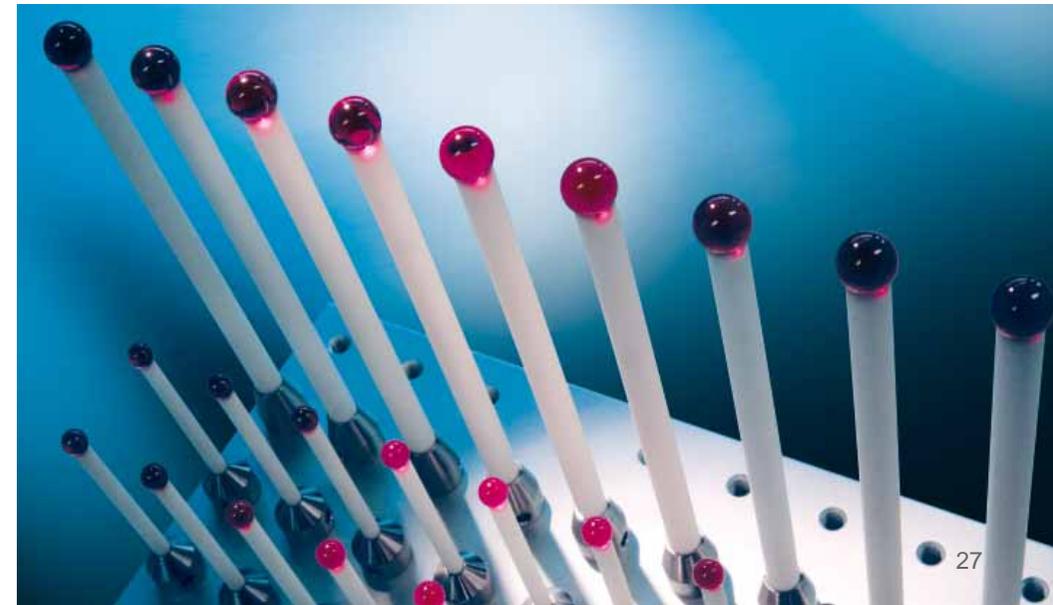
in Werkzeugmaschinen-Anwendungen verwendet werden.

### Stahl

Für Tastereinsätze mit hervorragender Stabilität in Standardanwendungen, bei denen die Masse keine Rolle spielt.

### Kohlefaser (thermisch stabil)

Ebenfalls für lange Tastereinsätze geeignet, da Einsätze aus Kohlefaser nur ungefähr 20 % der Masse von Einsätzen aus Hartmetall besitzen. Die thermische Stabilität bietet enorme Vorteile, insbesondere bei sehr langen Tastereinsätzen. Aus diesem Grund ist Kohlefaser auch in Produktionsumgebungen einsetzbar.





## Die Materialparameter für Verlängerungen/ Plattenverlängerungen ähneln den Parametern der Tastereinsatzschäfte



### Hartmetall

Biegungsbeständige Schäfte aus Hartmetall für alle Standardanwendungen bei gleichbleibender Umgebungstemperatur; hauptsächlich für den Einsatz in Messräumen.



### Stahl

Verlängerung mit überdurchschnittlicher Stabilität für Standardanwendungen, bei denen das Gewicht keine Rolle spielt.



### Aluminium

Wegen der geringen Masse prinzipiell ideal für Verlängerungen, allerdings, aufgrund der thermischen Ausdehnung, nur in gleichbleibender klimatisierter Umgebung einsetzbar.



### Keramik

Leicht, massiv und thermisch stabil für fertigungsbezogene Anwendungen.



### Kohlefaser (thermisch stabil mit geringer Masse)

Dieser High-Tech-Werkstoff für lange Verlängerungen ist bei Temperaturschwankungen ein absolutes Muss. Unsere Verlängerungen mit 20 mm Durchmesser ermöglichen die Gestaltung von Tasterkonfigurationen mit einer großen Biegesteifigkeit.



### Titan

Im Vergleich zu Aluminium thermisch stabil, gute Biegesteifigkeit und sehr leicht! Für lange Verlängerungen sehr gut geeignet.

### Besondere Merkmale unserer thermisch stabilen Verlängerungen

Die Verbindungselemente werden aus Titan, mit einem positiven thermischen Ausdehnungskoeffizienten hergestellt, während die Verlängerungen aus Kohlefaser hergestellt werden und einen negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzen. Die zwei Komponenten wurden so konzipiert, dass sie sich gegenseitig ausgleichen: Bei Hitze zieht sich der Kohlefaserwerkstoff um den genau gleichen Betrag zusammen, um den sich Titan ausdehnt.

Daraus ergibt sich, selbst bei einem extremen Temperaturwechsel zwischen 15 °C und 40 °C, nur eine minimale Ausdehnung dieser Verlängerungen.



### Werkstoffe für Verbindungselemente

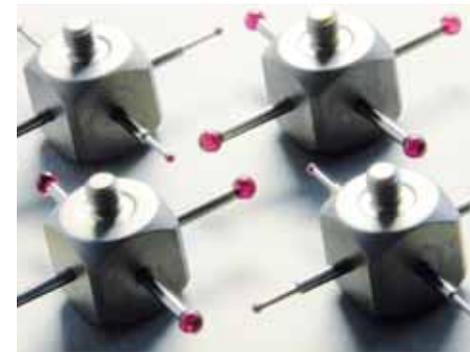
#### Titan

Um die Masse sehr gering zu halten, bieten wir das größere M5-Zubehör (z. B. Gelenke und Würfel) aus Titan an.



13 g

11,2g



#### Stahl

Die kleineren Produkte werden üblicherweise aus Edelstahl hergestellt.

**!** Beachten Sie folgendes:  
Die hier aufgeführten Werkstoffe beeinflussen den Produktpreis. Bei der Wahl der Tastereinsätze und den zugehörigen

Komponenten sollte man sich jedoch stets die Messanwendung und die Umgebungsbedingungen vor Augen halten. Fehlmessungen vergeuden Zeit und Geld!

## Werkstoffauswahl für Tastereinsatzkomponenten und Zubehör

Die Hauptkriterien zur Auswahl der Werkstoffe sind:

- Umgebungsbedingungen
- Länge/Biegesteifigkeit
- die vom Messtaster-Hersteller festgelegte max. zulässige Masse



In diesem Kapitel finden Sie Informationen über die zu verwendenden Materialien.

**Temperaturschwankungen können erhebliche Messfehler verursachen.** Wenn Ihr KMG in einem klimatisierten Raum, bei einer konstanten Temperatur von 20 °C betrieben wird, tritt dies normalerweise nicht ein (außer bei extrem langen Verlängerungen). Ansonsten führen Temperaturschwankungen zu erheblichen thermischen Ausdehnungen und Längenänderungen der Tasterkomponente oder Verlängerung, was wiederum zu Messfehlern führt, wenn keine Kompensation vorgenommen wird.

**!** Bitte vergessen Sie nicht, dass auch kleinste Temperaturunterschiede zu Messfehlern führen können. Solche Fehler können durch die richtige Wahl des Schaft- oder Verlängerungsmaterials minimiert werden.



*Sehr lange Verlängerung aus Kohlefaser*

### Berechnung von Längenänderungen

Längenänderungen hängen von Temperaturänderungen, der Länge des verwendeten Tastereinsatzschäfts und dem Ausdehnungsverhalten des Materials ab.

Die Längenänderung wird berechnet aus

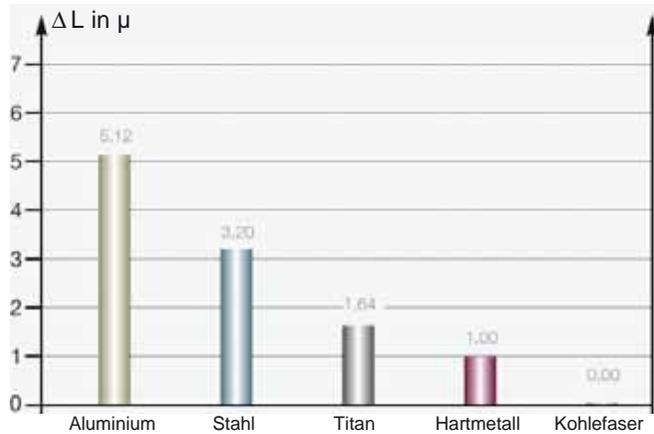
$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t$$

$\Delta L$  = Längenänderung

L = Messtasterlänge

$\alpha$  = Ausdehnungskoeffizient

$\Delta t$  = Temperaturunterschied



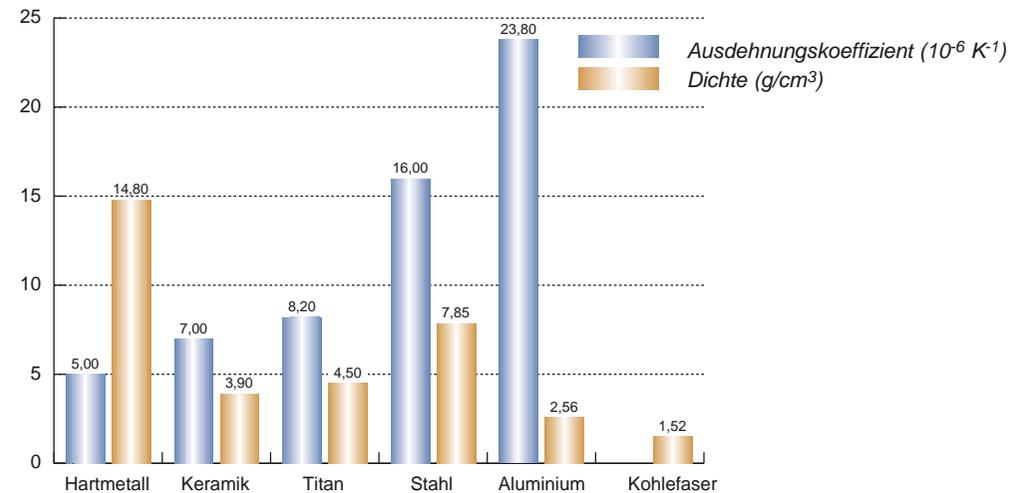
Thermische Längenzunahme in μ mit einer 200 mm Tasterverlängerung und einem Temperaturunterschied von 1 K

Vergessen Sie nicht, dass Sie im μ-Bereich messen!



### Materialvergleich Wärmeausdehnungskoeffizient/Masse

Material	Thermische Ausdehnung	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )
Hartmetall:	5,0 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	14,8
Keramik:	7,0 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	3,9
Titan:	5,5 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	4,5
Stahl:	16,0 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	7,85
Aluminium:	23,8 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	2,56
Kohlefaser:	-0,4 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	1,52



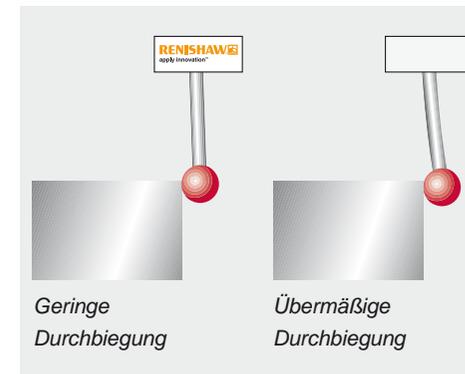
Thermische Längenzunahme in μ mit einer 200 mm Tasterverlängerung und einem Temperaturunterschied von 1 K



## Biegesteifigkeit

Der Schaft muss eine maximale Steifigkeit besitzen. Die während des Messens auftretenden Messkräfte dürfen den Tastereinsatz nicht übermäßig biegen, da dies einen direkten Einfluss auf die Messunsicherheit der Maschine hat. Dies gilt insbesondere bei dynamischen Messungen (Scanning) wo simultan in alle räumlichen Richtungen gemessen wird.

**Fazit: Tastereinsätze sollten so steif wie möglich sein!**



Die Durchbiegung hat einen direkten Einfluss auf die Messgenauigkeit

## Biegesteifigkeit von Materialien im Vergleich

Das Elastizitätsmodul ist ein Werkstoffkennwert aus der Werkstofftechnik, welches den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines Festkörpers beschreibt. Je höher der Wert des Elastizitätsmoduls desto mehr Widerstand setzt ein Werkstoff seiner Verformung entgegen. Ein Werkstoff mit einem hohen Elastizitätsmodul ist also steif, während ein Werkstoff mit einem niedrigen Elastizitätsmodul nachgiebig ist.

Material	E-Modul in kN/mm <sup>2</sup>
Hartmetall	620
Stahl	200
Aluminium	70
Titan	150
Keramik	300–400
Kohlefaser	≥ 450



**Für sehr lange Verlängerungen sollte stets Kohlefaser verwendet werden, da bei diesen Verlängerungen schon winzige Temperaturunterschiede große Messfehler verursachen können.**

Wie Sie sehen können, bestehen sowohl bei der Wärmeausdehnung als auch dem Gewicht große Unterschiede zwischen den verschiedenen Materialien.

**Kohlefaser bietet die ideale Kombination aus geringer Masse und größter Temperaturbeständigkeit.**

## Auswahl und Einsatz von Tastereinsätzen

Die Wahl des Kugelmaterials hängt von der Mess-Strategie und dem Werkstückmaterial ab. Die Qualitätsbewertung der Kugel muss beachtet werden – Renishaw verwendet nur Tastkugeln der höchsten Kategorie, Güteklassen 3 bis 5.



### Rubin

Der Rubin ist nach dem Diamanten eines der härtesten bekannten Werkstoffe und somit ein ideales Kugelmateriale für die meisten Standardanwendungen.



### Siliziumnitrid

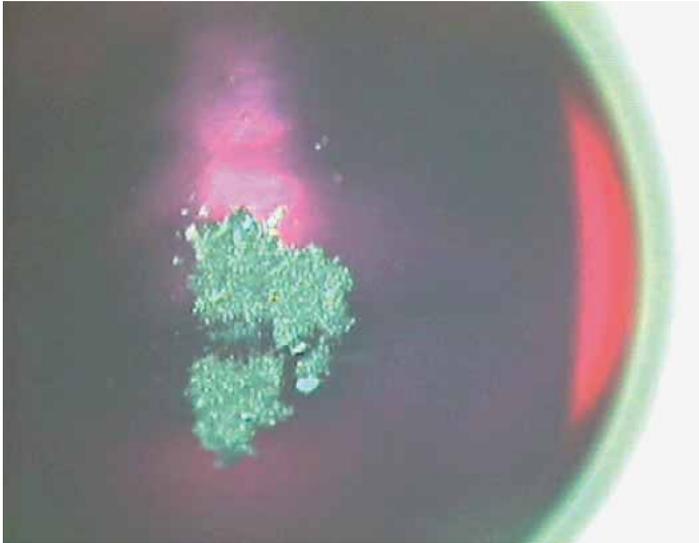
Siliziumnitrid ist Rubin in Bezug auf die technischen Eigenschaften sehr ähnlich. Hierbei handelt es sich um ein keramisches Material mit einer außergewöhnlichen Verschleißfestigkeit, das sich zu einer perfekten Kugel formen und dessen Oberfläche sich extrem glatt polieren lässt. Siliziumnitrid wird von Aluminium nicht angezogen. Aus diesem Grund eignet sich das Material optimal zum Scannen von Aluminiumflächen, da sich, im Gegensatz zu Rubin, die Aluminiumpartikel der Aluminiumoberfläche nicht an der Kugel ablagern.



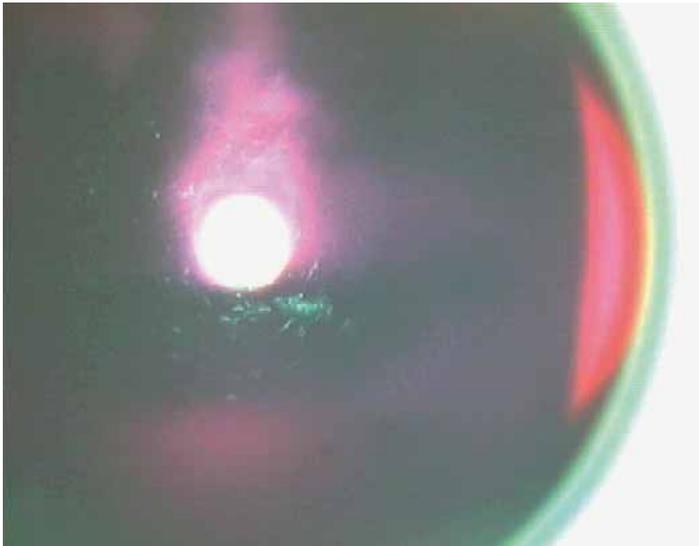
### Zirkonoxid

Dank der besonderen Oberfläche dieses Materials ist es ideal zum Scannen von Werkstücken mit abrasiver Oberfläche, wie z. B. Gusseisenkomponenten.





*Typische Ablagerungen  
an einer Rubinkugel  
nach einem Scan-  
Einsatz von 350 m*



*Dieselbe Kugel nach  
Reinigung mit einem  
sauberen, faserfreien  
Tuch*

## Hinweise zum Scannen

Bei Punktmessungen berührt die Kugel die Werkstückoberfläche nur für einen kurzen Zeitraum. Beim Scanning hingegen gleitet die Kugel entlang der Werkstückoberfläche. Da es sich hier um einen kontinuierlichen Kontakt handelt, besteht zwischen der Tastereinsatzkugel und der Werkstückoberfläche ein anhaltender Gleitkontakt.

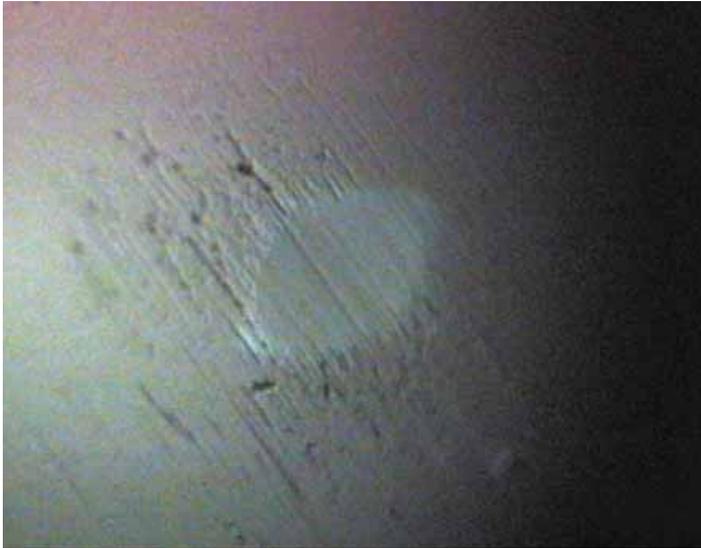
**Verschleißerscheinungen sowie Ablagerungen an der Tastereinsatzkugel durch den Scanning-Prozess können die Messergebnisse beeinflussen.**

Renishaw hat ein umfangreiches Forschungsprogramm durchgeführt, um die Wechselwirkung zwischen Kugelmateriale und Werkstückoberfläche zu untersuchen.



## Verunreinigungen

Alle Tests mit Kugelmateriale haben ergeben, dass Ablagerungen an der Kugeloberfläche auftreten. Es wird deshalb empfohlen, die Kugeln zwischen den Messungen mit einem trockenen, faserfreien Tuch zu reinigen, damit keine Rückstände zurückbleiben.



*Die Riefen an der Oberfläche dieser Rubinkugel sind eindeutig erkennbar*

#### **Abrasiver Verschleiß (Scanning von Abrasivmaterial)**

Bei der Messung von z. B. Komponenten aus Gusseisen kann sowohl bei der Tastkugel als auch der Werkstückoberfläche Abrasivverschleiß auftreten. Winzige Rückstandspartikel können feine Kratzer an der Tastkugel und der Werkstückoberfläche verursachen. Um dies zu verhindern, empfehlen wir für derartige Anwendungen Tastereinsätze mit Kugeln aus Zirkonoxid.



*Eine Aluminium-Ablagerung ist an dieser Rubinkugel deutlich zu erkennen*

#### **Abnutzung durch Haften (Scanning von Aluminiumteilen)**

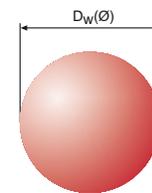
Wenn eine Rubinkugel zum Scannen einer Aluminiumfläche verwendet wird, dann ziehen sich diese beiden Materialien gegenseitig an. Das Material wird gewöhnlicherweise von der weicheren Oberfläche auf die härtere übertragen. Das bedeutet also, dass sich Aluminium auf der Oberfläche der Kugel ablagert. Diese Ablagerung ist nach nur 100 m kontinuierlichen Messens mit einer einzigen Kontaktstelle an der Tastkugel deutlich zu erkennen. Für diese Art der Anwendung empfehlen wir Tastereinsatzkugeln aus Siliziumnitrid. Dieses Material stößt Aluminium ab und Ablagerungen treten daher sehr selten auf.

## Kugelgenauigkeit (Güteklasse)

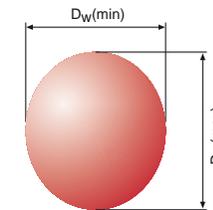
Die Güteklasse einer Kugel ist eine Einstufung, die die Präzisionsklasse der verwendeten Kugel beschreibt. Präzisionsklassen reichen von Güteklasse 48 (die niedrigste Präzisionsklasse) bis Güteklasse 3 (die höchste). Renishaw verwendet Kugeln der Güteklasse 3 und Güteklasse 5.

### Präzisionsklassentabelle

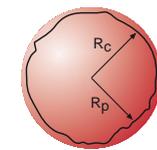
Güteklasse	Ø Abweichung	Rundheit
20	± 0,50 µm	0,50 µm
16	± 0,40 µm	0,40 µm
10	± 0,25 µm	0,25 µm
5	± 0,13 µm	0,13 µm
3	± 0,08 µm	0,08 µm



**Nenndurchmesser der Tastkugel  $D_W$**   
Der zur Bestimmung der Tastkugelgröße verwendete Durchmesserwert.



**Ø Abweichung**  
Der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser einer Tastkugel.



**Rundheitsabweichung**  
Der größte Radialabstand in einer beliebigen radialen Ebene zwischen einer Kugelform rund um die Tastkugeloberfläche und einem beliebigen Punkt auf der Tastkugeloberfläche.

**!** Die Rundheitsabweichung (Formfehler der Tastkugel) hat einen direkten Einfluss auf die Messungen.

Die Durchmessertoleranzen sind in der 3D Messtechnik mehr oder weniger unwichtig, da die effektive Tastkugelmittte und der Durchmesser während der Kalibrierung ermittelt werden. (Siehe Kapitel 4)



Tastereinsatz mit Zapfenverbindung



Tastkugeln mit Zapfenverbindungen gewährleisten höchste Stabilität und eine lange Betriebsdauer

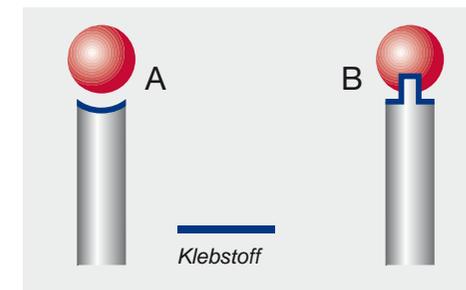
## Kalotten- oder Zapfenmontage der Tastkugel

Es gibt zwei Möglichkeiten den Schaft mit der Tastkugel zu verbinden – die Kalottenverbindung und die Zapfenverbindung.

Die Mehrzahl der Tastereinsätze von Renishaw verwenden das Zapfendesign. Hierzu werden Sacklöcher bis zu einem Kugeldurchmesser von 0,5 mm gebohrt, Zapfen an die Schäfte geschliffen und die Tastkugel-Zapfen-Verbindung verklebt.

Der Vorteil ist eindeutig – die Klebeverbindung ist auf technischer Ebene überlegen und besitzt, besonders bei dünnen Schäften, eine größere Klebefläche. Insbesondere bei dünnen Schäften kann sich, aufgrund der begrenzten Klebefläche, bei traditionellen Verbindungsmethoden die Tastkugel schnell vom Schaft lösen - selbst bei Einwirkung von nur geringen Kräften.

Unsere Kugeltastereinsätze der Güteklasse 3 (0,08 µm Abweichung von der Kugelform) werden mit nicht gebohrten Tastkugeln hergestellt, die von einer Kugelschale gehalten werden. Untersuchungen zur Auswirkung von Gestaltung und Bauweise auf Tastereinsätze, die Tastkugeln mit solch hoher Güteklasse verwenden, haben ergeben, dass die Form der Tastkugel beeinträchtigt werden kann, wenn in diese ein Loch gebohrt oder die Tastkugel auf einen Zapfen aufgeklebt wird. Messungen vor und nach dem Zusammenbau haben ergeben, dass die Form der Tastkugel während des gesamten Prozesses deutlich innerhalb der Vorgabewerte bleibt. Aus messtechnischen Gründen bzw. wegen der Klebefestigkeit sind Kugeltastereinsätze der Güteklasse 3 nur mit einem Kugeldurchmesser von mindestens 1 mm erhältlich.



A: Kalottenverbindung, kleinere Klebefläche  
 B: Zapfenverbindung, größere Klebefläche und mehr Sicherheit dank des Zapfens

**!** Die Hersteller müssen darauf achten, dass Zapfenlänge und Bohrungstiefe zusammenpassen. Wenn die Bohrung zu tief ist, wird Luft eingeschlossen und die Kugeln lösen sich bei Messungen in die Z-Richtung sehr schnell. Wenn der Zapfen zu lang ist, nimmt der Boden der Bohrung eine konische oder runde Form an und Luftpneinschlüsse werden wahrscheinlich auftreten und die Stabilität beeinträchtigen.



## Kalibrierung von Tastereinsätzen

Bevor Sie mit Messungen beginnen, muss der Messtaster für alle Ihre Messanwendungen präzise kalibriert werden. Die tatsächlichen Abmessungen der Tasterkomponenten müssen ermittelt werden, um genaue Ergebnisse erzielen zu können. Diese Werte werden im Datenprozessor des KMGs gespeichert.

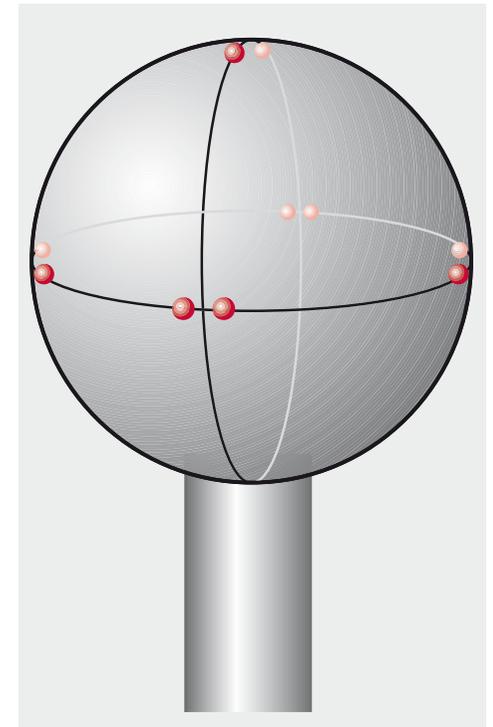
### Vorgehensweise

Die Position der einzelnen Kugeltastereinsätze und deren Durchmesser werden mittels eines speziellen Programms zur Messtasterkalibrierung bestimmt (siehe Benutzerhandbuch des Maschinenherstellers).

Nacheinander tasten Sie mit allen zu verwendenden Tastereinsätzen einen Referenzpunkt an. Als Referenz wird in der Regel eine extrem präzise gefertigte Kugel mit bekanntem Durchmesser verwendet. Die exakten Abmessungen der kalibrierten Kugel werden in die Messsoftware eingegeben.

Werden die Tastereinsätze zur Messung einzelner Punkte verwendet, dann wird der Tastereinsatz über mehrere Punkte an der Oberseite der Referenzkugel kalibriert (siehe Abbildung).

Bei Scansystemen werden sehr viel mehr Punkte aufgenommen. Im Benutzerhandbuch des Maschinenherstellers werden Sie eine Beschreibung der genauen Messstrategie zur Tastereinsatzkalibrierung finden.



**!** Stellen Sie insbesondere bei Verwendung mehrerer Koordinatenmessgeräte sicher, dass Sie die kalibrierte Tastkugel verwenden, deren Werte in die Software eingegeben wurden.

## Ergebnis

**Bei der Kalibrierung des Messtasters werden die, während einer Messung effektiven Durchmesser der Tastereinsatzspitze sowie deren Positionen in Bezug zueinander und zum Koordinatensystem der Maschine ermittelt.**

Ein spezielles Analyseprogramm sowie der bekannte Durchmesser der kalibrierten Kugel werden zur Ermittlung der unbekanntem Durchmesser der Tastereinsatzspitze verwendet.

Die Mittelpunkt-Koordinaten der ersten kalibrierten Tastkugel werden im Datenprozessor des KMGs als Referenzkoordinaten gespeichert. Alle übrigen Positionen der Tastereinsatzspitzen werden über die Generierung von Unterschieden mit der ersten Position ermittelt und dann ebenfalls als Mittelpunktkoordinaten der Kugel gespeichert.

Nach der Kalibrierung der verschiedenen Spitzen einer Tastereinsatzkonfiguration werden die Mittelpunkte durch die KMG-Software kompensiert, sodass es den Anschein hat, die Messungen aller Tastereinsätze wären mit nur einem Tastereinsatz durchgeführt worden.

Dadurch erhält man immer dasselbe Ergebnis, unabhängig davon, mit welchem Tastereinsatz ein Punkt angefahren wird.

**! Beim Messen kompensiert das KMG die Tastereinsatzposition und die Abmessungen der Spitze. Der einzige, noch übrig bleibende Faktor, der die Messung beeinflussen könnte, ist somit die Form der Tastereinsatzspitze.**

## Kalibrierung von Komponenten anderer Form

Abgesehen von Referenzkugeln können Tastereinsätze auch mit anderen Referenzkomponenten, wie z. B. Endmaßen, Lehringen oder Prüfdornen kalibriert werden. Typische Beispiele hierfür sind zylindrische und scheibenförmige Tastereinsätze. Das Grundprinzip ändert sich jedoch nicht. Im Benutzerhandbuch des Maschinenherstellers werden Kalibrierrouinen dieser Art beschrieben.





### Zusammenfassung der Hauptkriterien zur Verwendung von Messtasterkomponenten

Gerätehersteller auf dem KMG-Sektor investieren viel, um die Messunsicherheit auf ein Minimum zu reduzieren. Dies spiegelt sich oft auch in den hohen Investitionskosten der KMGs wider.

Eine nicht perfekte Tastkugel, eine schlechte Kugelbefestigung, ein schlecht geformtes Gewinde oder Ungenauigkeiten im Design, welche eine zu starke Durchbiegung während des Messvorgangs zur Folge haben, können die Messgenauigkeit negativ beeinträchtigen. Um verlässliche Messergebnisse zu erhalten, sollten Sie nur Tastereinsätze aus dem umfangreichen original Renishaw Angebot anfordern und verwenden.



# Checkliste

- **Stets darauf achten, dass Tastereinsätze so kurz und stabil wie möglich sind!**  
Bei langen Tastereinsätzen sicherstellen, dass sie die geforderte Stabilität besitzen.
- **Die Tastereinsätze auf Beschädigungen, besonders am Gewinde und der Auflagefläche, überprüfen. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Befestigung stabil ist.**
- **Abweichungen? Prüfen Sie, dass die Messtasterkomponente fest angebracht ist.**
- **Abgenutzte Tastereinsätze auswechseln!**
- **Verwenden Sie Komponenten, die thermisch stabil sind? Achten Sie auf die Umgebungsbedingungen.**
- **Bei der Montage der Tastereinsatzkonfigurationen muss die vom Messtaster-Hersteller festgelegte max. zulässige Masse beachtet werden.**
- **Zu viele bzw. überflüssige Gewindeanschlüsse vermeiden. Die kleinstmögliche Anzahl individueller Komponenten verwenden.**
- **Haben Sie Scanning-Anwendungen?**  
Nutzen Sie die Vorteile der Siliziumnitridkugeln beim Scannen von Aluminium!
- **Verwenden Sie die größtmöglichen Kugeln.**  
Tastereinsätze mit großen Kugeln agieren auf der Oberfläche des Werkstückes als mechanische Filter. Die Feinstrukturen der Werkstückoberfläche werden mit großen Kugeln kaum erfasst, wodurch willkürliche Messabweichungen (Ausreißer) verhindert werden.
- **Tastereinsätze sollten immer rechtwinklig, bzw. so nahe wie möglich an einem rechten Winkel zu den zu messenden Ebenen ausgerichtet werden. Damit Tastereinsätze präzise für die Messung schräger Ebenen ausgerichtet werden können, sind abgewinkelte Würfel und Gelenke lieferbar.**  
  
Dasselbe gilt für die Messung von Schrägbohrungen!
- **Achten Sie darauf, dass sich Messkraft und Dynamik für die Tastereinsatzkomponenten eignen. Bei kleinen Tastkugeln mit einem dünnen Schaft sollten diese Werte ggf. reduziert werden.**



**Notizen**

Blank lined area for notes, consisting of 20 horizontal grey lines.

**Renishaw GmbH**  
Karl-Benz Strasse 12  
D-72124 Pliezhausen  
Deutschland

**T** +49 7127 9810  
**F** +49 7127 88237  
**E** germany@renishaw.com  
**www.renishaw.de**

**RENISHAW**   
**apply innovation™**

### Renishaw bietet innovative Lösungen

Die Renishaw Gruppe steht in vorderster Reihe bei der automatischen Messtechnik und bietet hierfür leistungsstarke Lösungen, die die Produktivität steigern.

Die in den Hauptmärkten gegründeten Tochtergesellschaften und die in den Schlüsselländern ernannten Vertretungen bieten den Kunden schnellen und kompetenten Service vor Ort.

**Renishaw plant, entwickelt und produziert gemäß ISO 9001 und bietet innovative Lösungen für:**

- **Automatische Endkontrolle auf Koordinatenmessgeräten (KMG).**
- **Automatisches Einrichten, Überwachen und Messen in CNC-Werkzeugmaschinen.**
- **Scannen und Digitalisieren.**
- **Kalibrierung von Werkzeugmaschinen und Koordinatenmessgeräten.**
- **Längenmess-Systeme.**
- **Raman Spektroskopie und -analyse.**
- **Alle Tastereinsatzanwendungen.**
- **Kundenspezifische Anwendungen.**

### Renishaw weltweit

**Australien**  
**T** +61 3 9521 0922  
**E** australia@renishaw.com

**Benelux-Länder**  
**T** +31 76 543 11 00  
**E** benelux@renishaw.com

**Brasilien**  
**T** +55 11 4195 2866  
**E** brazil@renishaw.com

**Deutschland**  
**T** +49 7127 981-0  
**E** germany@renishaw.com

**Frankreich**  
**T** +33 1 64 61 84 84  
**E** france@renishaw.com

**Großbritannien (Hauptsitz)**  
**T** +44 1453 524524  
**E** uk@renishaw.com

**Hong Kong**  
**T** +852 2753 0638  
**E** hongkong@renishaw.com

**Indien**  
**T** +91 20 6674 6751  
**E** india@renishaw.com

**Israel**  
**T** +972 4 953 6595  
**E** israel@renishaw.com

**Italien**  
**T** +39 011 966 10 52  
**E** italy@renishaw.com

**Japan**  
**T** +81 3 5366 5324  
**E** japan@renishaw.com

**Kanada**  
**T** +1 905 828 0104  
**E** canada@renishaw.com

**Malaysia**  
**T** +60 3 5631 4420  
**E** malaysia@renishaw.com

**Österreich**  
**T** +43 2236 379790  
**E** austria@renishaw.com

**Polen**  
**T** +48 22 577 1180  
**E** poland@renishaw.com

**Russland**  
**T** +7 495 231 1677  
**E** russia@renishaw.com

**Schweden**  
**T** +46 8 584 90 880  
**E** sweden@renishaw.com

**Schweiz**  
**T** +41 55 415 50 60  
**E** switzerland@renishaw.com

**Singapur**  
**T** +65 6897 5466  
**E** singapore@renishaw.com

**Slowenien**  
**T** +386 1 527 2100  
**E** mail@rls.si

**Spanien**  
**T** +34 93 663 34 20  
**E** spain@renishaw.com

**Süd Korea**  
**T** +82 2 2108 2830  
**E** korea@renishaw.com

**Taiwan**  
**T** +886 4 2473 3177  
**E** taiwan@renishaw.com

**Thailand**  
**T** +66 2746 9811  
**E** thailand@renishaw.com

**Tschechische Republik**  
**T** +420 548 216 553  
**E** czech@renishaw.com

**Türkei**  
**T** +90 216 380 92 40  
**E** turkiye@renishaw.com

**Ungarn**  
**T** +36 23 502 183  
**E** hungary@renishaw.com

**USA**  
**T** +1 847 286 9953  
**E** usa@renishaw.com

**Volksrepublik China**  
**T** +86 21 6180 6416  
**E** shanghai@renishaw.com

**Für alle anderen Länder:**  
**T** +44 1453 524524  
**E** international@renishaw.com