

# Auf dem Prüfstand

## Koordinatenmessgeräte: vom Einmessen bis zur Messprozesseignung

**PRAXISTIPP** Die Diskussionen zur Genauigkeit eines Koordinatenmessgeräts scheitern häufig bereits bei der Definition der unterschiedlichen Begriffe. Beim Hersteller werden die Geräte eingemessen und die festgelegten Spezifikationen im Rahmen der Annahme überprüft. Zur Bestimmung der Messprozesseignung muss die Messunsicherheit für die jeweilige Messaufgabe abgeschätzt werden.

Ingomar Schmidt und Schirin Heidari Bateni

**ZUR CHARAKTERISIERUNG** der erreichbaren Genauigkeit und zur Vergleichbarkeit von Koordinatenmessgeräten legen die Hersteller Spezifikationen fest. Dabei handelt es sich um höchstzulässige Messabweichungen für genormte Messungen an kalibrierten Normalen unter definierten Bedingungen. Bei Messungen an realen Werkstücken muss in der Regel mit größeren Messabweichungen gerechnet werden, da sich das Werkstück vom Normal unterscheidet und die für die Spezifikation festgelegten Randbedingungen nicht zwangsläufig erfüllt werden.

Die Messunsicherheit kann nach verschiedenen Methoden unter Berücksichtigung der Werkstückeigenschaften abgeschätzt werden. Um die Messprozesseignung zu ermitteln, wird die Messunsicherheit mit den Toleranzen verglichen.

### Einmessen

Nach der Herstellung eines Koordinatenmessgeräts müssen zunächst systematische Messabweichungen weitgehend eliminiert werden. Dazu werden die Abweichungen zum Beispiel hinsichtlich Teilung, Linearität, Geradheit

und Rechtwinkligkeit der Achsen mit verschiedenen Normalen wie Glasmaßstäben und Kugelplatten bestimmt. Die bei diesem Einmessen ermittelten Abweichungen werden später bei den Messungen an realen Werkstücken durch die Gerätesoftware automatisch zur Korrektur berücksichtigt. Der Einmessvorgang ist Aufgabe des Herstellers. Um möglichst geringe Messabweichungen bei späteren Messaufgaben zu erzielen, werden genau kalibrierte Normale eingesetzt.

### Spezifikation

Die wichtigsten Kenngrößen eines Koordinatenmessgeräts sind die zulässige Längenmessabweichung (MPE L: Maximum Permissible Error of Length Measurement) und die zulässige Antastabweichung (MPE P: Maximum Permissible Probing Error).

Die Längenmessabweichung beschreibt das Verhalten des Geräts im gesamten Messvolumen, wobei Einflüsse der Gerätegeometrie, der Messachsen, der Temperatur und auch des Sensors erfasst werden. Die Antastabweichung zeigt das Verhalten des Geräts in einem kleinen Messvolumen und wird wesentlich vom Verhalten des eingesetzten Sensors bestimmt. Geometrieabweichungen der Geräteachsen gehen in geringerem Maße ein, die Reproduzierbarkeit beim Positionieren jedoch sehr stark.

Beide Kenngrößen gelten nur unter definierten Bedingungen, beispielsweise innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs. Bei modernen Koordinatenmessgeräten mit Temperaturkompensation sind größere Temperaturbereiche zulässig. Der Hersteller des Geräts kann zusätzliche Einschränkungen vornehmen.

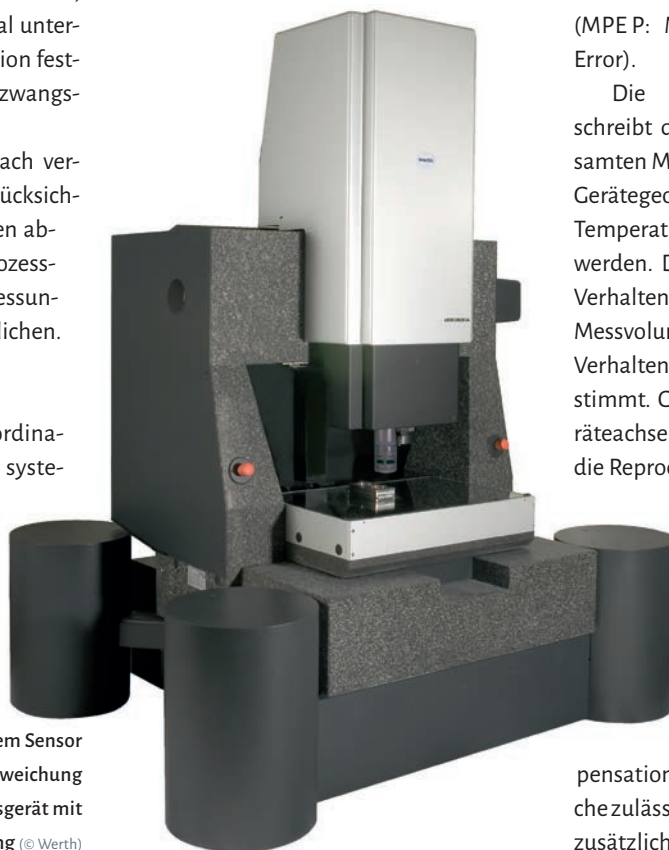


Bild 1. Kombination aus dem Sensor 3D-Fasertaster mit geringer Antastabweichung und Multisensor-Koordinatenmessgerät mit geringer Längenmessabweichung (© Werth)

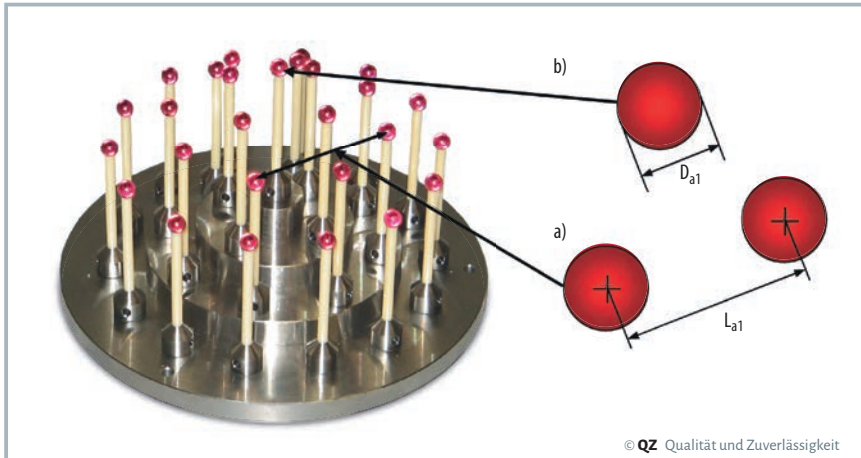


Bild 2. Bei der Bestimmung der Längenmessabweichung über Kugelmittelpunktabstände heben sich viele systematische Messabweichungen auf (a); deshalb wird die Abweichung eines Zweipunkt-durchmessers in der entsprechenden Messrichtung zwischen den jeweiligen Kugelmittelpunkten addiert (b). (© Werth)

So kann die Längenmessabweichung für die Messung mit einer oder zwei Achsen angegeben werden, beispielsweise für 2D-Bildverarbeitungsmessgeräte wie Werth FlatScope oder QuickInspect, oder nur in der Messtischebene gültig sein.

Voraussetzung für eine gute Längenmessabweichung ist die Verwendung eines Sensors, der eine ähnlich gute Antastabweichung erlaubt. Umgekehrt benötigt man zum Erreichen einer guten Antastabweichung auch Geräte mit entsprechenden Voraussetzungen. So wird der hochgenaue Sensor Werth Fiber Probe WFP (Antastabweichung bis  $0,25 \mu\text{m}$ ) häufig mit den Geräten der VideoCheck-Serie, insbesondere dem Werth VideoCheck UA (Längenmessabweichung bis  $(0,15 + L/900) \mu\text{m}$ ) kombiniert (Bild 1).

### Überprüfung und Kalibrierung

Bei der Überprüfung eines Koordinatenmessgeräts im Rahmen der Annahmeprüfung für den Kunden oder der Geräterwartung werden die Abweichungen zum Kalibrierwert von Normalen ermittelt. Liegen die Längenmess- und Antastabweichungen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Maximalwerte, ist die Konformität mit der Spezifikation nachgewiesen und die Annahmeprüfung erfolgreich. Die Verfahren sind in der Norm DIN EN ISO 10360 sowie in der Richtlinie VDI/VDE 2617 beschrieben.

Für eine Kalibrierung ist die Angabe der Messunsicherheit notwendig. Um sicherzustellen, dass die Überprüfung normge-

recht durchgeführt wird, sollte der Hersteller beziehungsweise das Kalibrierlabor über ein Zertifikat der nationalen Akkreditierungsstelle DAkkS verfügen.

Zur Überprüfung der Längenmessabweichung sollte bidirektional gemessen werden, das Normal also aus entgegengesetzten Richtungen angetastet werden. Dieses Vorgehen wird für sämtliche Sensorarten dringend empfohlen, da es den typischen realen Messaufgaben wie der Bestimmung von Breite oder Durchmesser entspricht.

Bei lediglich unidirektionalen Messungen wird das Normal stets aus derselben Richtung angetastet. In solchen Fällen sind die Abweichungen zum Kalibrierwert deutlich geringer, da systematische Effekte wie Hysterese kaum oder gar nicht in das Ergebnis eingehen.

Insbesondere bei der Computertomografie werden häufig Kugelnormale zur Überprüfung der Längenmessabweichung herangezogen. Hier dürfen die zu prüfenden Distanzen nicht allein über den Kugelmittelpunkt ab bestimmt werden, da die Kugelmittelpunkte aus mehreren Messpunkten aus verschiedenen Richtungen berechnet werden und hierbei auftretende systematische Messabweichungen durch zum Beispiel falsche Schwellwerte unberücksichtigt bleiben (Bild 2).

### Messunsicherheit und Messprozesseignung

Bei der Bestimmung der Messunsicherheit muss der gesamte Messprozess berücksich-

tigt werden, also neben dem Gerät das jeweilige Werkstück und die Umgebungsbedingungen. In DIN EN ISO 15530 Teil 3 wird ein Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit über die Messung kalibrierter Werkstücke beschrieben, das auch unterschiedliche Werkstückeigenschaften berücksichtigt. Dieses Verfahren wird ausdrücklich für Geräte mit Computertomografie empfohlen, bei denen aufgrund der Durchstrahlung des Werkstücks dessen Einfluss besonders stark ist.

Viele Unternehmen führen Messsystemanalysen (MSA) oder Maschinenfähigkeitsuntersuchungen (MFU) nach ähnlichen Verfahren durch, die von der ISO-Norm abweichen. Die aus diesen Messungen ermittelte Messprozesseignung wird durch Kenngrößen wie  $C_g$  und  $C_{gk}$  beschrieben, die die Reproduzierbarkeit der Messungen beziehungsweise die Reproduzierbarkeit und die Abweichung zum Kalibrierwert berücksichtigen.

Es existieren alternative Verfahren, zum Beispiel eine Simulation des Verhaltens taktiler Messgeräte oder die mathematische Überlagerung der verschiedenen Einflussfaktoren. Multisensor-Koordinatenmessgeräte ermöglichen die Bestimmung der sensorspezifischen Messabweichungen über die Messung desselben Werkstücks mit einem zweiten, hochgenauen Sensor.

Damit die Messprozesseignung sicher gegeben ist, muss die Messunsicherheit deutlich kleiner als die Toleranz sein. Üblich ist ein Faktor zehn. Bei sehr engen Toleranzen kann es vorkommen, dass dieses Verhältnis nicht erreicht wird und man von der „goldenen Regel der Messtechnik“ abweicht. Dies ist durch entsprechend engere Fertigungstoleranzen zu kompensieren. ■

## INFORMATION & SERVICE

### KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH  
Dr.-Ing. Ingomar Schmidt  
Dr.-Ing. Schirin Heidari Bateni  
T 0641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de

### QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/2335630](http://www.qz-online.de/2335630)