

MESSGENAUIGKEIT IN DER KOORDINATENMESSTECHNIK

Einflussgrößen, Erfassung und Optimierung

Mit einem Koordinatenmessgerät werden häufig Werkstücke gemessen, die enge Fertigungstoleranzen aufweisen. Dabei ist die „Genauigkeit“ von zentraler Bedeutung. Unter diesem Begriff sind verschiedene Kategorien zusammengefasst.

Die Auflösung beschreibt entweder den mit einem Koordinatenmessgerät (KMG) und dem eingesetzten Sensor kleinsten unterscheidbaren Schritt (Ortsauflösung) oder die Größe des kleinsten messbaren Merkmals (Strukturauflösung). Sie wirkt sich z. B. auf die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse aus.

Spezifikation

Damit der Anwender verschiedene KMGs vergleichen kann, sind in Normen und Richtlinien Kenngrößen definiert, die eine Beurteilung der Messunsicherheit unter idealen Bedingungen bezüglich Werkstück, Bediener und Umwelt erlauben. Die maßgebenden internationalen Normen der Reihe ISO 10360 und die Richtlinienreihe VDI/VDE 2617 schreiben für KMGs im Wesentlichen zwei Kenngrößen und Verfahren zu deren Überprüfung vor: die Antastabweichung und die Längenmessabweichung. Diese werden an kalibrierten Normalen ermittelt, wodurch die Vergleichbarkeit mit international anerkannten Werten gesichert ist (Rückführung), und liegen zumeist im Bereich weniger Mikrometer oder für hochgenaue Geräte deutlich darunter (Bild 1).

Messunsicherheit und Messprozesseignung

Bei jeder Messung führen verschiedene Einflussfaktoren zu einer Messunsicherheit. Diese sollte aus wirtschaftlichen Gründen (Messprozesseignung) etwa um den Faktor zehn kleiner sein als die Merkmalstoleranz, um die Anzahl der Werkstücke zu reduzieren, die trotz Maßhaltigkeit verworfen werden müssen. Die wirtschaftlichen Folgen einer ungenauen Messung werden sofort klar, wenn man sich vor Augen führt, dass jeder Produzent von Bauteilen die mit seinem Abnehmer vertraglich vereinbarten Toleranzen um die Messunsicherheit seiner eigenen Kontrollmessge-

räte verringert seiner Fertigung zugrunde legen muss. Engere Fertigungstoleranzen sind aber oft mit immensen Mehrkosten verbunden. Daher ist die Minimierung der Messunsicherheit von Interesse.

Viele Parameter bestimmen die Messunsicherheit

Die zahlreichen Einflussgrößen lassen sich grob in Eigenschaften des zu messenden Merkmals, des Werkstücks und des Koordinatenmessgeräts sowie den Bedienerinfluss und die Umgebungsbedingungen unterteilen. Zu den Werkstückeigenschaften zählt die Art der zu messenden Merkmale (Kanten, Bohrungen); der Radius eines Kreissegments lässt sich z. B. prinzipiell weniger genau bestimmen als der eines Vollkreises, aber auch weitere Eigenschaften, abhängig vom verwendeten Sensor.

Für optische Sensoren ist dies beispielsweise die durch die Oberfläche des Werkstücks (z. B. Rauheit oder Farbe) bestimmte Reflexionseigenschaft. Taktile Messungen werden beispielsweise durch Verformung des Werkstücks bei einwirkender Antastkraft oder durch Formabweichungen bei hierfür zu geringer Anzahl von Messpunkten beeinträchtigt. Diese Einflüs-



Bild 1. Multisensor-Koordinatenmessgerät mit einer Spezifikation im Bereich von 0,1 Mikrometer



Bild 2. Für präzise Kontrollmessungen in der Fertigung muss ein KMG mit integrierter Temperaturkorrektur eingesetzt werden.

se kann der Anwender durch die Auswahl möglichst geeigneter Messstrategien und der optimalen Sensoren reduzieren.

Drei wesentliche Sensortypen sind taktile, optische und röntgentomografische Sensoren. Die erzielbare Messunsicherheit wird neben der Genauigkeit des KMG (Geräteachsen, Geometrieabweichungen) von den Sensoreigenschaften beeinflusst. Bei taktilen Sensoren hängt sie, neben der Anstastkraft, die zur Verbiegung des Tastkopfs führen kann, z.B. von der Tastkugelform und den zugehörigen Korrekturverfahren ab. Bei optischen Sensoren sind u. a. die Vergrößerung und die Beleuchtung maßgebliche Faktoren, bei röntgentomografischen Sensoren die Brennfleckgröße (bestimmt durch verwendeten Strom, Spannung sowie Bauart der Röntgenröhre) und die Auflösung des Detektors.

Temperatur als maßgebliche Umgebungsbedingung

Weicht die Umgebungstemperatur vom Normwert 20 °C ab, verfälschen thermisch bedingte Längenänderungen an Bauteil und Gerätemaßstäben die Ergebnisse. Bei Geräten ohne Temperaturkorrektur treten schon bei 23 °C an Kunststoffteilen Messabweichungen von bis zu 300 µm pro Meter Messlänge auf. Diese halten sich nur dann in Grenzen, wenn die Gerätemaßstäbe und das Werkstück ein ähnliches ther-

misches Ausdehnungsverhalten aufweisen, was in der Praxis selten der Fall ist.

Für präzise Kontrollmessungen direkt in der Fertigung muss auf ein KMG mit interner Temperaturkorrektur zurückgegriffen werden (Bild 2). Dabei erfolgt durch Messung der Temperaturen von Werkstück und Gerätemaßstäben eine Korrektur der Längenmessung. Die Grenzen hängen von der Genauigkeit der Temperaturmessung und der Kenntnis des vorliegenden Ausdehnungskoeffizienten ab. In der Praxis sind die beste Wahl die Korrektur mit einem hochwertigen Temperaturmessgerät (Abweichungen 0,1 bis 0,5 K) und die Verwendung der Ausdehnungskoeffizienten des Werkstücks aus Tabellen (Abweichungen bis zu 10 %). Nur bei sehr hohen Messanforderungen lohnt der Aufwand einer Kalibrierung des Ausdehnungskoeffizienten direkt am Werkstück (ca. 0,1 % Abweichung).

Um den Temperatureinfluss zu unterdrücken, können zudem einfache, aber sehr nützliche Maßnahmen ergriffen werden: Vermeidung von Zugluft und direkter Lichteinstrahlung, Einhausung des Messgeräts, Wärmeisolation des Messraums, 24-Stunden-Betrieb der elektrischen Ausrüstung des KMG oder möglichst großer Abstand des KMG zu Wärmequellen und Wänden.

Die Erfassung der Messunsicherheit kann nach mehreren Methoden erfolgen. Messunsicherheitsbilanzen, für den Be-

reich der Koordinatenmesstechnik aufbereitet in der Richtlinie VDI/VDE 2617 Blatt 11, sind für taktile Einzelpunktmessungen nur unter bestimmten Voraussetzungen verfügbar. Für taktile Sensoren ist jedoch auch die näherungsweise Abschätzung durch rechnerische Simulation nach DIN EN ISO 15530 Teil 4 bzw. nach VDI/VDE 2617 Blatt 7 möglich, die jedoch für optische und röntgentomografische Sensoren noch nicht beherrscht wird.

Ein bewährtes Verfahren zur Erfassung der Gesamtunsicherheit beim Messen mit KMGs basiert auf der Messung von kalibrierten, realen Werkstücken und ist in der DIN EN ISO 15530 Teil 3 und zahlreichen Werksnormen beschrieben (Messgerätefähigkeitsanalyse). Dabei werden verschiedene Werkstücke gleicher Art mehrfach gemessen und die Ergebnisse zusammenfassend ausgewertet. So können die Einflüsse der Umgebung, des Werkstücks und des Bedieners zusammen mit den Abweichungen des Messgeräts ermittelt werden. □

► **Werth Messtechnik GmbH**
Dr.-Ing. Ingomar Schmidt
T 0641 7938-0
mail@werth.de
www.werth.de

Alle Praxistipps
www.qz-online.de/dossierpraxistipp718753