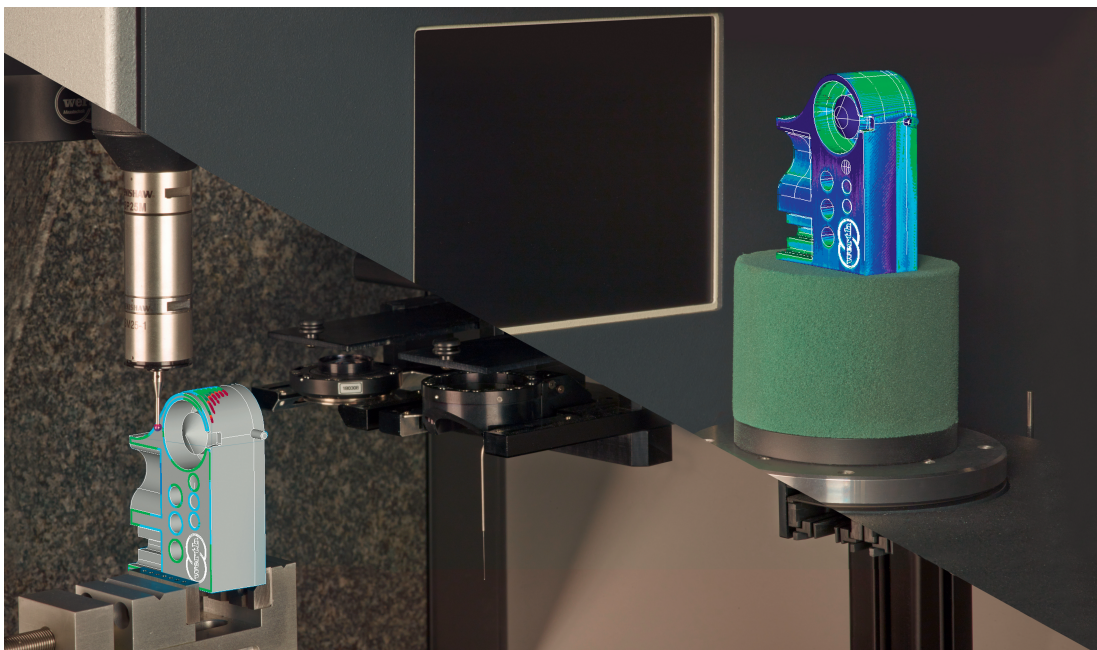


Wege zum passenden Messverfahren

Stärken von Multisensorik und Computertomografie im Vergleich

Aufgrund ihres Funktionsumfangs sind unterschiedliche Sensorprinzipien für Koordinatenmessgeräte in einzelnen Anwendungsbereichen besonders geeignet. Bei ihrer Auswahl sind Parameter wie Messunsicherheit und Messgeschwindigkeit sowie die Werkstückeigenschaften entscheidend. Drei beispielhafte Messaufgaben zeigen, wie sich im konkreten Anwendungsfall der jeweils günstigste Sensor finden lässt.



Qual der Wahl: Koordinatenmessgerät mit optischer und taktiler Multisensorik (links) oder mit Computertomografie-Sensorik (rechts)

© Werth

Für Multisensor-Koordinatenmessgeräte gibt es eine Reihe unterschiedlicher optischer und taktiler Sensoren. Zu den optischen Sensoren zählen Bildverarbeitungs- und Abstandssensoren. Alternativ stehen seit einigen Jahren Koordinatenmesssysteme mit Computertomografie (**Titelbild**) zur Verfügung.

Optische Sensoren

Bei der Bildverarbeitung wird das Werkstück auf eine Matrixkamera abgebildet. Mit der Konturbildverarbeitung von Werth werden anhand der Grauwerte der einzelnen Pixel alle Konturen des Werkstücks innerhalb eines Messfensters identifiziert und die Messpunkte mit Subpixelgenauigkeit berechnet. Da die Messpunkte als

zusammenhängende Konturen vorliegen, lassen sich Störeinflüsse herausfiltern. Auf diese Weise sind schnelle berührungslose Messungen kleiner und empfindlicher Geometrien mit hoher Vergrößerung und geringer Messunsicherheit möglich. Um zeitaufwendiges Positionieren auf die einzelnen Geometrielemente zu vermeiden, kann an Werth-Geräten ein hochauflösendes Gesamtbild des Werkstücks für die Auswertung erzeugt werden. Dieses wird mit der patentierten Betriebsart Rasterscanning HD aus vielen während der Bewegung des Sensors mit hoher Frequenz und Genauigkeit aufgenommen Einzelbildern zusammengesetzt.

Bei Laserabstandssensoren wird der Abstand zur Werkstückoberfläche und

damit ein Oberflächenmesspunkt durch Triangulation aus der Position des reflektierten Laserstrahls auf einem optoelektronischen Empfänger ermittelt. Abstandssensoren werden beispielsweise zum schnellen Scanning horizontaler Flächen eingesetzt. Der patentierte Laser Probe von Werth ist ohne Versatz in den Strahlengang des Zooms für den Bildverarbeitungssensor integriert. Dies ermöglicht eine einfache Bedienung, da sich die Bewegung des Laserspots auf der Werkstückoberfläche beobachten lässt.

Chromatische Fokussensoren wie der Chromatic Focus Point von Werth sind mit einer speziellen Optik ausgestattet, die den Unterschied zwischen den Fokusebenen der verschiedenen Farbanteile weißen Lichts erhöht. Der Abstand »

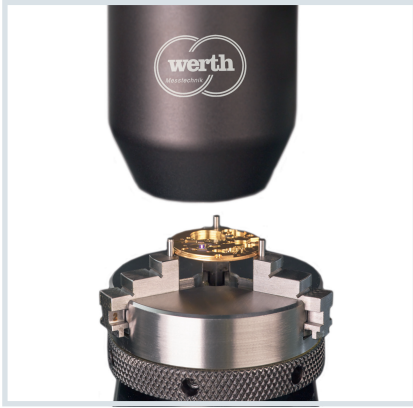


Bild 1. Chromatic Focus Line: Der Sensor erfasst etwa eine Million Messpunkte innerhalb von drei Sekunden © Werth

zur Werkstückoberfläche wird anhand der am besten fokussierten Farbe des reflektierten Lichts mit einem Spektrometer bestimmt. Dieser Sensor kann auch auf stark reflektierenden oder transparenten Oberflächen eingesetzt werden und erreicht besonders geringe Messunsicherheiten. Der Liniensensor Chromatic Focus Line (**Bild 1**) ermöglicht nach dem gleichen physikalischen Prinzip das schnelle Messen auch großer Flächen.

Taktile Sensoren

Hauptvorteil konventioneller Tastsysteme ist die volle 3D-Fähigkeit. Beim Antasten des Geometrieelements wird ein elektrisches Signal ausgelöst und die Position des Berührungspunkts ermittelt. Aufgrund der weiten Verbreitung existieren viele Varianten wie Stern- und Scheibentaster.

Für kleine und empfindliche Geometrien steht der patentierte Mikrotaster Fiber Probe von Werth zur Verfügung. Das Antastelement ist eine bis zu 20 µm kleine Glaskugel an einer biegeelastischen Glasfaser. Die Position des Antastelements wird mithilfe optischer Sensoren ermittelt, sodass Messabweichungen durch Schaftverbiegung entfallen. Damit erreicht der Fasertaster Antastabweichungen von kleiner 0,3 µm und die Antastkraft ist bis zu 100-fach geringer als bei konventionellen Tastsystemen.

Computertomografie

Bei Koordinatenmessgeräten mit Computertomografie (CT, **Bild 2**) wird das Werkstück zwischen Röntgenröhre und Detektor gedreht. Aus den Durchstrahlungsbil-

dern in unterschiedlichen Drehlagen wird das komplette Werkstückvolumen inklusive Innengeometrien rekonstruiert. Mit einem patentierten Subvoxeling-Verfahren werden die Messpunkte an den Materialübergängen bestimmt. An der lückenlosen Punktwolke des gesamten Werkstücks lassen sich dann sehr schnell beliebig viele geometrische Eigenschaften ermitteln.

Erstbemusterung eines Pumpengehäuses

Für die Messung eines Kunststoffteils wie in **Bild 3** ist neben hoher Genauigkeit auch eine hohe Messgeschwindigkeit wichtig. Alle spezifizierten geometrischen Eigenschaften, oft über 100, müssen an einem Musterwerkstück gemessen werden. Das Ergebnis sollte möglichst schnell vorliegen, damit sich eventuell Korrekturen am Herstellungsprozess vornehmen lassen.

Mit einem Multisensor-Koordinatenmessgerät können die unterschiedlichen geometrischen Eigenschaften gemessen werden: Der Bildverarbeitungssensor wird für Außenmaße, Stufen und filigrane Details eingesetzt, empfindliche Flächen wie die Dichtsitze lassen sich mit dem integrierten Laser Probe messen. Form und Lage der Bohrungen misst man taktil. Da es sich nicht um Mikrogeometrien handelt, sind konventionelle taktile Sensoren ausreichend.

Eine Alternative ist der CT-Sensor. Hier wird das gesamte Werkstück in kurzer Zeit erfasst, es muss hauptsächlich die Auswertung der Messdaten eingelernt werden. Dies kann auch CAD-gestützt an einem maschinenfernen Offline-Arbeitsplatz erfolgen; das Positionieren auf die einzelnen Geometrieelemente entfällt.

Aus einem Messprogramm für die Erstbemusterung kann sehr einfach ein Messablauf mit ausgewählten Prüfmaßen für die fertigungsbegleitende Serienmessung abgeleitet werden. Aufgrund der hohen Anzahl der Maße dauert das Erstellen des Messprogramms mit Multisensorik durch das zeitaufwendige Positionieren des Sensors jedoch bei über 100 Maßen mehrere Stunden. Die Messzeit beim Automatiklauf beträgt inklusive Auswertung nur eine Stunde. Wenn viele Merkmale optisch gemessen werden können, wird diese Zeit kürzer. Mit Computertomografie erfolgt die Messung typischerweise in 15 Minuten. Da das Auswerten der geometrischen Eigenschaften einfach durch Anklicken an der Punktwolke oder am CAD-Modell erfolgt, geht das Programmieren sehr schnell.

Bei Multisensorik liegt die Messunsicherheit für einfache geometrische Eigenschaften wie Durchmesser oder Distanzen im unteren Mikrometerbereich. Als Ergebnis erhält man alle gesuchten Maße. An besonders interessanten Stellen lassen sich 2D-Soll-Ist-Vergleiche zum CAD-Modell durchführen. Für die Erstbemusterung der Kavitäten eines 32-fach Werkzeugs ergeben sich aus dem hohen Zeitaufwand für die Vorbereitung der Messung höhere Kosten. Bei der CT-Messung entstehen etwas höhere Messunsicherheiten. Als Ergebnis der Messung stehen jedoch alle gefragten Maße nach kurzer Zeit zur Verfügung. Dies gilt sogar für einen 3D-Soll-Ist-Vergleich für das gesamte Werkstück. Die Kosten für jede Kavität sind trotz höherer Gerätepreise erheblich geringer.

Für die Erstbemusterung von Kunststoff-Werkstücken wie dem Pumpenge-



Bild 2. Computertomografie: CT-Koordinatenmessgeräte rekonstruieren das komplette Werkstückvolumen inklusive Innengeometrien aus Durchstrahlungsbildern des Werkstücks

© Werth

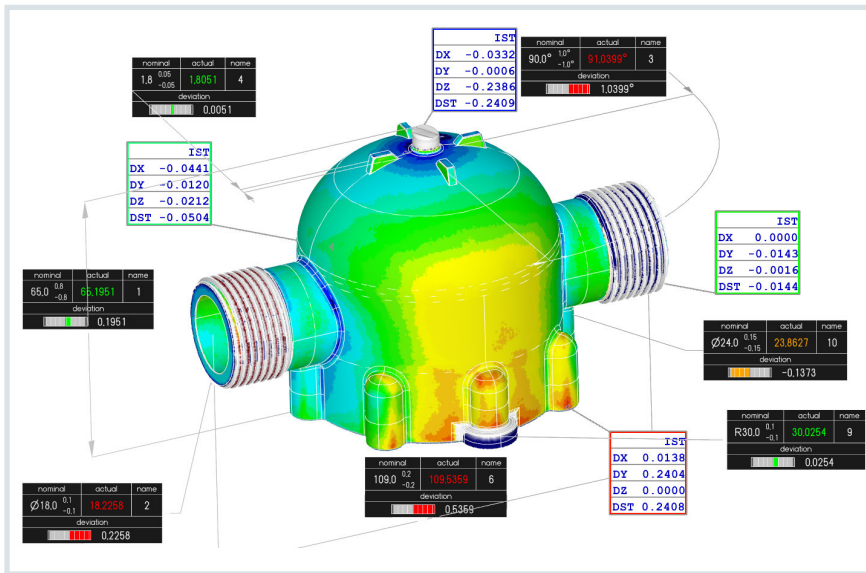


Bild 3. Pumpengehäuse: Messpunktewolke des Werkstücks mit geometrischen Eigenschaften und farbcodierter Darstellung der Abweichungen zum CAD-Modell © Werth

häuse ist die Messunsicherheit der CT-Messung meist ausreichend und diese Messmethode also deutlich günstiger als eine Multisensor-Messung. Eine Offline-Auswertung und die weitgehend automatische Korrektur des Spritzgießwerkzeugs mit der Software WinWerth FormCorrect beschleunigen den Produktentwicklungsprozess noch zusätzlich. Für Multisensor-Messungen dagegen sind Programmerstellung und Messung viel zeitaufwendiger, insbesondere für rein taktile Messungen, bei denen zusätzlich zum Positionieren auf die einzelnen Geometrielemente auch Umfährwege eingelesen werden müssen.

Hochgenaue Messung einer Kunststofflinse

Das Profil einer Kunststofflinse, zum Beispiel für Mobiltelefonkameras, muss höchsten Genauigkeitsanforderungen entsprechen, damit sie helle und scharfe Fotos aufnehmen kann und die Kamera auch bei schlechten Lichtverhältnissen einsatzfähig ist. Die hochempfindlichen Oberflächen erlauben dabei keine größere Kräfteinwirkung. Pro Charge sind typischerweise 100 Linsen zu überprüfen.

Hier bietet sich eine berührungslose Messung an, wegen der Transparenz der optischen Funktionsflächen beispielsweise mit chromatischen Fokussensoren. Aufgrund seiner geringen Antastkräfte lassen sich alle Parameter aber auch mit dem patentierten Mikrotaster Fiber Probe

3D in Submikrometer-Genauigkeit messen. Als Messergebnis erhält man einen 3D-Soll-Ist-Vergleich einiger Scanlinien oder die numerische Auswertung geometrischer Eigenschaften wie der Konzentrität. Die CT ermöglicht eine farbcodierte Abweichungsdarstellung für die gesamte Linse.

Beim Zeitaufwand sind Vorbereitung und Messdauer zu unterscheiden: Die Zeit für die Erstellung des Messablaufs mit Multisensorik beträgt etwa zwei Stunden, für CT liegt sie bei der Hälfte. Bei der Messzeit ist es jedoch umgekehrt: Mit Multisensorik benötigt man etwa eine halbe Stunde, die CT-Messung nimmt mehr als doppelt so viel Zeit in Anspruch, da das gesamte Werkstückvolumen in hoher Auflösung tomografiert werden muss. Die gewünschte Messunsicherheit von weniger als einem Mikrometer ist für einzelne Maße mit der Multisensorik kostengünstiger zu erreichen.

Messung eines Kunststoff-Spritzgießwerkzeugs

Bei Spritzgießwerkzeugen handelt es sich oft um große Stahlblöcke, in die die Urform des später im Spritzgießverfahren herzustellenden Werkstücks eingearbeitet wird. Dabei müssen feinste Geometrien des Werkstücks genauestens abgebildet werden.

Auch solche Werkstücke mit vielen unterschiedlichen geometrischen Eigenschaften lassen sich vollständig mit Multi-

sensorik messen. Mit der Bildverarbeitung werden die Randkonturen erfasst, mit einem Scanning-Taster die Bohrungen. Optische Abstandssensoren ermöglichen eine hochgenaue Digitalisierung komplexer Freiformflächen. Insbesondere der Liniensensor Chromatic Focus Line bietet sich aufgrund seiner hohen Messgeschwindigkeit und weitgehenden Unabhängigkeit von den Oberflächeneigenschaften an.

Der Zeitaufwand für das Erstellen eines Messablaufs mit 25 Maßen beträgt wenige Stunden, die Messung inklusive Auswertung dauert beispielsweise 15 Minuten. Mit Multisensorik erreicht man eine Messunsicherheit von 1–3 µm und erhält als Ergebnis alle gefragten Maße sowie bei Bedarf die farbcodierte Abweichungsdarstellung der Freiformflächen. Eine wirtschaftliche CT-Messung scheidet vor allem an der mangelnden Durchstrahlbarkeit großer massiver Metallteile.

Fazit

Diese Beispiele illustrieren, dass sich die Computertomografie optimal für Erstbestimmungen und Serienmessungen mit vielen geometrischen Eigenschaften pro Teilvolumen in einem guten Genauigkeitsbereich eignet. Nicht geeignet ist sie dagegen für sehr große und massive Werkstücke, da diese nicht durchstrahlt werden können. Bei Serienmessungen und statistischer Prozesskontrolle (SPC) mit wenigen Prüfmaßen ist Multisensorik meist schneller als CT. Optische Sensoren und der Fiber Probe bieten sich bei empfindlichen Oberflächen an. Mehrdimensionale Abstandssensoren ermöglichen eine flächenhafte Digitalisierung des Werkstücks. ■

Die Autorin

Dr.-Ing. Schirin Heidari Bateni ist verantwortlich für die Technische Redaktion bei der Werth Messtechnik GmbH, Gießen; mail@werth.de

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-10