

## RÖNTGENTOMOGRAFIE, DIE ZUKUNFT DER KOORDINATENMESSTECHNIK?

# Vertrauen in die Technik muss reifen

In den letzten Jahren hielt die Röntgentomografie in die Messräume vieler Unternehmen Einzug. Die Datenaufnahme am Werkstück scheint auf einmal ganz einfach und unkompliziert zu sein, und der lang gehegte Wunsch der Messtechniker „Messen ohne Programmieren“ wird Realität. Doch was genau bedeutet „Koordinatenmessgerät mit Röntgentomografie-Sensor“ und wie ist der Stand der Technik?

Als vor einigen Jahrzehnten erste Koordinatenmessgeräte mit taktiler Sensorik vorgestellt wurden, war die Verunsicherung groß: Im automatischen Betrieb bis auf wenige Mikrometer exakt messen? Trotz Verletzung des Abbe'schen Komparatorprinzips genauer als Mikrometerschraube und Messuhr und universell einsetzbar – das jedenfalls versprachen seinerzeit die Prospekte. Schnell lernte man, dass die Bestimmung der Werkstückmaße doch nicht ganz so einfach funktionierte. Messstrategien, Auswertelgorithmen, Rückführung und CNC-Programmierung der Geräte sind nur einige Beispiele für die Herausforderungen, die auf die Anwender zukamen, die vorher mit Handmessmitteln und Lehren ihre Teile prüften. Sie mussten erst verstehen, dass die Koordinatenmesstechnik keine direkt erzeugten Messwerte liefert, sondern auf der Analyse der erfassten Messpunkte beruht.

### Prospekte versprochen zu viel

In der Nachfolge von Projektoren und Messmikroskopen wurde in den 90er-Jahren durch die Werth Messtechnik GmbH, Gießen, die Einführung der Bildverarbeitung in der optischen Koordinatenmesstechnik wesentlich vorangetrieben. Die Geräte mit Bildverarbeitungssensor waren für viele Anwendungen den mechanischen Tastern überlegen. Die Messung erfolgte schnell, berührungslos und lieferte

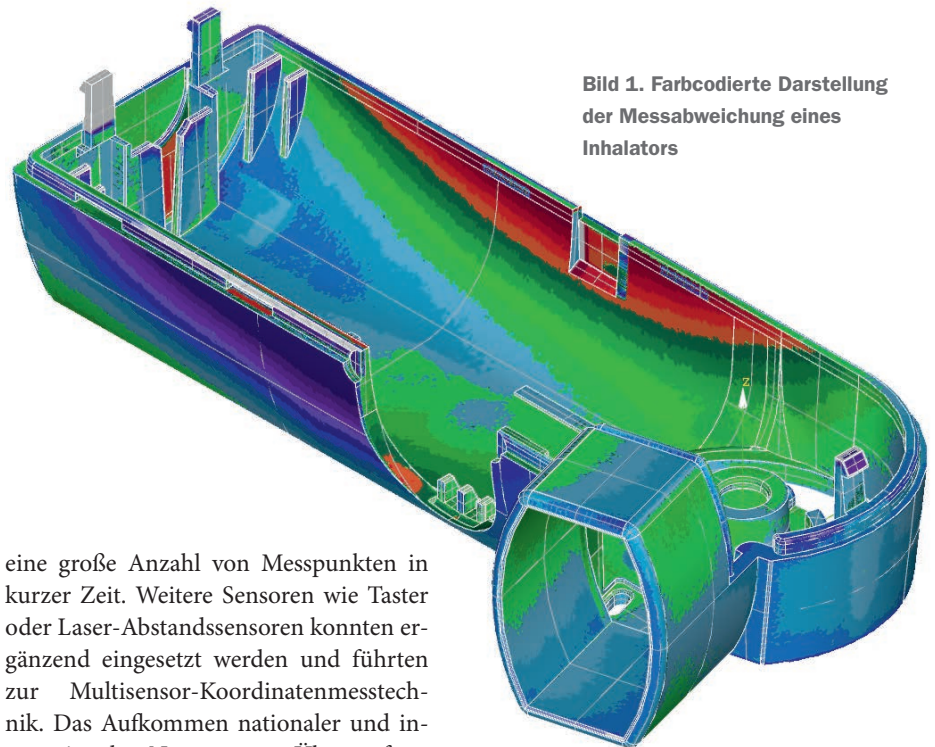


Bild 1. Farbcodierte Darstellung der Messabweichung eines Inhalators

eine große Anzahl von Messpunkten in kurzer Zeit. Weitere Sensoren wie Taster oder Laser-Abstandssensoren konnten ergänzend eingesetzt werden und führten zur Multisensor-Koordinatenmesstechnik. Das Aufkommen nationaler und internationaler Normen zur Überprüfung der Koordinatenmessgeräte war eine wichtige Voraussetzung für das steigende Vertrauen in diese Technik.

Eine ähnliche „Revolution“ in der Messtechnik begann im Jahr 2005. Werth Messtechnik stellte anlässlich der Messe Control das TomoScope, das weltweit erste speziell für die Koordinatenmesstechnik entwickelte Gerät mit Röntgentomografie-Sensor, vor – optional mit Multisensorik (Bilder 1 und 2). Die vollständige und genaue Messung auf Knopfdruck wurde Realität.

Aus den ersten Prototypen wurde bis heute eine Gerätebaureihe für verschiedenste Einsatzfelder entwickelt. Je nach den Anforderungen kann der Schwerpunkt auf höchste Auflösung und Genauigkeit, großen Messbereich oder schnelles Messen gelegt werden. Die Geräte liefern innerhalb weniger Minuten eine digitale Kopie (Voxelvolumen) des tomografierten Werkstücks. Hunderttausende von Messpunkten werden automatisch erzeugt. Sie

verkörpern die Werkstückgeometrie vollständig und präzise.

Die Auswertung der einzelnen Prüfmerkmale kann entweder direkt am Messgerät oder nachträglich mit den gespeicherten Daten (Voxelvolumen, Punktwolke) erfolgen. Messprogramme hierfür können im Vorfeld aus CAD-Daten vorbereitet werden, sodass das Messergebnis für Hunderte von Merkmalen kurz nach dem Tomografieren vorliegt. Die extrem hohe Datendichte bietet die Möglichkeit, in Minuten eine farbcodierte Abweichungsdarstellung des kompletten Bauteils bezogen auf die CAD-Daten zu generieren.

Diese Vorgehensweise liefert ein schnelles Ergebnis und bietet ein Vielfaches mehr an Informationsgehalt als lange Zahlenkolonnen. Auf dieser Grundlage lässt sich mit der Werth-Software in einer patentierten Vorgehensweise zum Beispiel die Korrektur von Spritzgusswerkzeugen nahezu automatisch realisieren.



Die Kernfrage für das Vertrauen in die neue Technik stellt sich hinsichtlich der Genauigkeit. Prinzipiell sind die gleichen Voraussetzungen zu erfüllen wie bei konventionellen Koordinatenmessgeräten. Zunächst muss die Mechanik der Messgeräte die erforderliche Reproduzierbarkeit und Genauigkeit gewährleisten.

Wegen des Grundprinzips der Tomografie liegt hier ein besonderes Augenmerk auf der Drehachse. Auch an die anderen Achsen zum Einstellen der Vergrößerung, zum Rastertomografieren oder für die Region-of-Interest (ROI)-Tomografie) werden hohe Anforderungen gestellt (Bild 3). Von Vorteil ist hier die Verwendung von bewährten Komponenten aus der konventionellen Koordinatenmesstechnik. Auch die Technologien für die rechnerische Geometriekorrektur und die Temperaturkompensationsverfahren entstammen der herkömmlichen Koordinatenmesstechnik.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Rückführung der Messergebnisse. Hierin ist auch die zur Ergebnisermittlung genutzte Software einzubeziehen. Der Zusammenhang wird im Vergleich zur taktilen Koordinatenmesstechnik deutlich. Dort werden kalibrierte Normale gemessen und die Anzeigeabweichung des Messgeräts ermittelt. Diese Informationen (z. B. Kugelradius und -position) werden dann beim Messen der Werkstücke automatisch zur Korrektur der Ergebnisse verwendet.

Jedem ist klar, dass ein taktiler Maßstab nicht mehr eingemessen ist, wenn zum Beispiel der Tastkugeldurchmesser geändert wird, ohne diesen erneut zu bestimmen. Analog kann man sich das Vorgehen für die Algorithmen zur Messpunktbe-



**Bild 2.** Die aktuelle Version des 2005 vorgestellten ersten Koordinatenmessgeräts mit Röntgentomografie – optional mit Multisensorik.

stimmung bei Geräten mit Röntgentomografie vorstellen.

Durch die Werth-Software wird unter Berücksichtigung der Einmessdaten des Geräts und bei lokaler Auswertung der Voxelamplituden eine patentierte „subvoxelgenaue“ Ortsbestimmung für jeden Messpunkt durchgeführt. Wiederholt man diesen Vorgang für jedes Voxel an den Materialgrenzen des Werkstücks, ergeben sich entsprechend viele Messpunkte. Die so gewonnene Messpunktewolke ist damit rückführbar und kann mit geeigneter Software ausgewertet werden.

Die Rohdaten einer Röntgentomografie können neben den Messpunktewolken per Datenträger oder über das Internet zur Auswertung weitergegeben werden. Allerdings ist bei der Verwendung von Voxeldaten die genaue Lage der Messpunkte nicht hinterlegt. Diese können offline nur dann exakt bestimmt werden, wenn die notwendigen Einmess- und Gerätedaten zusätzlich übertragen werden. Bei Offline-

Auswertestationen mit WinWerth-Software ist dies für Werth-Geräte sichergestellt und somit auch hierfür die Rückführung der Ergebnisse gegeben.

Auch zahlreiche weitere geräteunabhängige Auswerteprogramme ermöglichen es, Maße aus Voxelvolumen zu bestimmen. Eine Durchgängigkeit der Rückführung kann jedoch aus den oben genannten Gründen wohl kaum gewährleistet werden. Die beste Gewähr für die Einhaltung der technischen Regeln hinsichtlich Rückführung der Messergebnisse ist gegeben, wenn die Messgeräte inklusive Auswertesoftware durch ein für Tomografie-Geräte DAkkS-akkreditiertes Labor kalibriert wurden. Dies erfolgt nach der hierfür gültigen VDI-Richtlinie 2617 Blatt 13.

### Meilenstein der Messtechnik

Neue Technologien benötigen – besonders in der dimensionellen Messtechnik – Zeit, um sich zu etablieren. Das Vertrauen in die Technik muss reifen. Viele Systeme stellen bereits heute ihre Fähigkeiten im Alltag unter Beweis. Die Röntgentomografie als Sensor in Koordinatenmessgeräten ist ein Meilenstein, vergleichbar mit der Einführung von taktilen oder optischen Koordinatenmessgeräten vor einigen Jahrzehnten. □

► **Werth Messtechnik GmbH**  
Dipl.-Ing. (FH) Martin Heath  
T 0641 7938-0  
martin.heath@werth.de  
www.werth.de  
**Halle 7, Stand 7102**

### Mehr zum Thema

QZ-Dossier zur Computertomografie:  
[www.qz-online.de/448669](http://www.qz-online.de/448669)

**Bild 3.** Ausschnitts-CT am Beispiel eines Autoscheinwerfers. Das zu messende Detail liegt mitten im Werkstück. Der ROI-Bereich kann viel kleiner gewählt werden als der Werkstückdurchmesser.

