

# Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile

## Wie Sie das richtige Röntgentomografie-Koordinatenmessgerät wählen

**PRAXISTIPP** Für die Lösung von Messaufgaben durch Einsatz von Koordinatenmessgeräten mit Röntgentomografie sind neben einer hohen Genauigkeit die verfügbare Auflösung, die notwendige Messzeit und der Messbereich entscheidend. Ein modularer Aufbau der Geräte ermöglicht die Auswahl von Röntgenröhre, -detektor und Grundgerät sowie der Gerätesoftware. So können die Geräte individuell an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

Raoul Christoph

**BEIM MESSEN** mit Röntgentomografie werden Werkstücke in verschiedenen Drehlagen durchstrahlt, Durchstrahlungsbilder aufgenommen und aus diesen ein Volumendatensatz rekonstruiert. Hieraus ermittelt man eine 3D-Punktewolke, die die vollständige Oberfläche des Werkstücks oder interessierender Teilbereiche beschreibt. Die genaue Messung der Innen- und Außengeometrien ist somit möglich.

### Richtige Sensorik für die Messaufgabe auswählen

Zunächst muss die Röntgenröhre so gewählt werden, dass die maximale Beschleunigungsspannung genügt, um Röntgenstrahlung mit der notwendigen Energie zur Durchstrahlung der Messobjekte zu erzeugen.

Für stark absorbierende Materialien und große Durchstrahlungslängen sind deshalb höhere Beschleunigungsspannungen notwendig. Die Röntgenstrahlung wird beim Auftreffen des durch die Spannung beschleunigten Elektronenstrahls auf ein Target erzeugt.

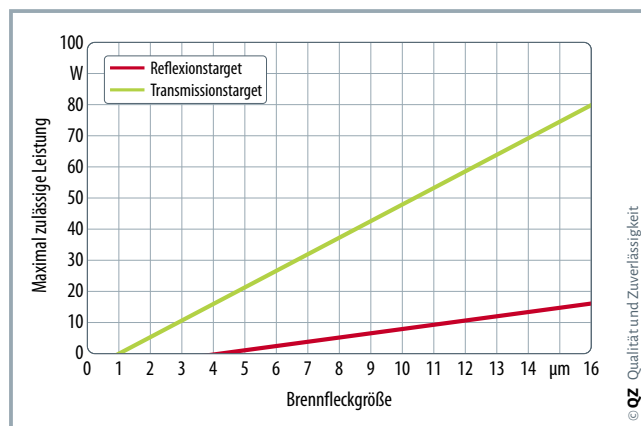
Röhren mit Reflexionstarget bieten meist eine höhere Maximalleistung. Die für die erreichbare Strukturauflösung (sinngemäß auch Detailerkennbarkeit) wichtige Brennfleckgröße steigt bei diesen Röhren jedoch mit zunehmender Leistung stark an (Bild 1). Bei einer Leistung von beispielsweise 80 W ist der Brennfleck typischerweise 80 µm groß, bei 250 W sogar etwa 250 µm. Um für die Messtechnik brauchbare Auflösungen zu erreichen, muss die Leistung und

somit die Helligkeit der Röntgenbilder stark reduziert werden. Für reproduzierbare Messergebnisse benötigt man entsprechend lange Messzeiten. Röhren mit Reflexionstarget sind deshalb nur für die Messung großer Werkstücke mit groben Toleranzen im Zehntelmillimeterbereich oder geringen Anforderungen an die Messgeschwindigkeit zu empfehlen.

Moderne Röhren mit Transmissionstarget erlauben prinzipiell kleinere Brennflecken (höhere Strukturauflösung) und außerdem bei kleiner Brennfleckgröße höhere Leistungen und somit eine genauere beziehungsweise schnellere Messung. Beispielsweise beträgt die Brennfleckgröße bei einer Leistung von 80 W nur etwa 16 µm und ist somit fünfmal besser als die von Röhren mit Reflexionstarget bei entsprechender Leistung.

Der Einsatz von Transmissionstarget-Röhren und die Bestimmung von Oberflächenpunkten mit einem patentierten Subvoxeling-Verfahren ermöglichen die schnelle Messung mit geringen Messabweichungen von 1 µm und darunter. Selbst in der Fertigungsüberwachung von Kraftfahrzeugeinspritzdüsen mit Toleranzen kleiner als 5 µm ist so bei einer Messzeit von wenigen Minuten die Messprozesseignung gewährleistet. Mit einer maximalen Beschleunigungsspannung von derzeit

Bild 1. Maximal zulässige Leistung in Abhängigkeit von der angestrebten Auflösung (Brennfleckgröße) für Röhren mit Transmissionstarget (grün) bzw. Reflexionstarget (rot) für den in der Koordinatenmesstechnik wichtigen Bereich (© Werth)



300 kV sind solche Röhren auch für relativ große Werkstücke und schwierig zu tomografierende Materialien einsetzbar.

Röhren in Monoblock-Bauweise mit Transmissionstarget erlauben durch die Integration von Röhre, Hochspannungsgenerator und Vakuum-Erzeugung in einer Einheit eine starke Reduzierung der Wartungs- und Anschaffungskosten bei sehr guter Auflösung und Leistung. Solche Röhren sind derzeit bis 160 kV Beschleunigungsspannung verfügbar und kombinieren die Vorteile verschiedener konventioneller Röhren.

Der Röntgendetektor muss für die eingesetzte Röntgenröhre über eine ausreichende Strahlungsfestigkeit verfügen. Die Pixelanzahl und Pixelgröße bestimmt im Zusammenspiel mit der Gerätegeometrie und der Brennfleckgröße die Strukturauflösung beim Messen. Der maximale Messbereich bei einer Messung „im Bild“ hängt von der Größe der Detektorfläche ab. Eine hohe Pixelzahl führt hierbei zu einer hohen Auflösung, jedoch gleichzeitig zu größeren Datenmengen und längeren Rechenzeiten.

Für große Werkstücke mit geringeren Auflösungsanforderungen sind dementsprechend große Detektoren mit relativ großen Pixeln ausreichend. Wird bei kleinen Werkstücken eine hohe Auflösung gefordert, ist es sinnvoll, einen Detektor mit kleiner Pixelgröße und hoher Pixelanzahl zu wählen, um die Gerätegröße kompakt zu halten. In jedem Fall ist die Auswahl des Röntgendetektors mit dem Hersteller auf die Anforderungen der zu lösenden Messaufgaben abzustimmen.

### **Mechanik und Software sind ebenfalls entscheidend**

Durch die Kombination von Konstruktionsprinzipien der Koordinatenmesstechnik mit der Röntgensensorik realisierte Werth Messtechnik im Jahr 2005 das erste speziell für die Koordinatenmesstechnik konzipierte Gerät mit Röntgentomografie-Sensorik, optional mit Multisensorik (Herstellernangabe). Neben einer soliden Hartgesteinbasis kommen heute in diesen Geräten Präzisionsführungen, luftgelagerte Drehachsen, Temperatur- und 3D-Geometriekorrektur sowie viele andere Verfahren zum Einsatz. Langzeitstabil eingemessene Vergrößerungen gewährleisten die Rückführbarkeit der Messergebnisse und sparen Zeit. Heute



Bild 2. Kompakte Geräte können an fast jedem Ort aufgestellt werden: flexibles Messgerät für große Werkstücke (links), Kompaktgerät mit Transmissionsröhre im Monoblock-Design (rechts). (© Werth)

garantiert auch eine DAkS-Kalibrierung, dass die Geräte innerhalb ihrer Spezifikationen arbeiten.

Kompakte Geräte überzeugen durch die Möglichkeit der Aufstellung an fast jedem Ort und durch moderate Preise (Bild 2). In Kombination mit Monoblock-Transmissionsröhren sind diese dennoch sehr leistungstark. Größere Geräte bieten einen größeren Messbereich und aufgrund des höheren maximalen Abbildungsmaßstabs auch höhere Strukturauflösungen selbst bei größeren Werkstücken. Diese Geräte können mit leistungsfähigeren Röntgenröhren oder zwei verschiedenen Röntgenröhren gleichzeitig ausgestattet werden.

Ein durchgängiges Softwarekonzept vom Durchstrahlungsbild bis zur Bestimmung der geometrischen Eigenschaften (Maße etc.) ermöglicht die vollständige Automatisierung des Messprozesses, bis hin zur automatischen Korrektur von CAD-Modellen für den Werkzeugbau, und die zuverlässige Rückführbarkeit der Messergebnisse.

Zur Reduzierung der Messunsicherheit werden Subvoxeling-Verfahren und verschiedene Korrekturverfahren für Artefakte, die unter anderem durch Interaktion der Röntgenstrahlung mit dem Werkstück entstehen, sowie für die temperaturbedingte Drift eingesetzt. Die Mehr-Spektren-Tomografie erlaubt eine sichere Messung von Mehr-Material-Werkstücken. Mit weiteren speziellen Messmethoden wie Raster-Tomografie und exzentrischer Multi-ROI-Tomografie lässt sich der Messbereich erweitern beziehungsweise die Auflösung stei-

gern. Echtzeitrekonstruktion des Werkstückvolumens parallel zur Bildaufnahme und OnTheFly-CT reduzieren die Messzeit.

### **Technik bietet vielfältige Einsatzmöglichkeiten**

Durch die Möglichkeit, verschiedene Grundgeräte-Baugrößen mit Röntgenröhren und -detektoren mit unterschiedlichen Eigenschaften zu kombinieren, ergeben sich für Koordinatenmessgeräte mit Röntgensensorik vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Diese reichen von relativ großen Motorblöcken über komplexe Kunststoff- und Metall-Kunststoff-Verbundteile bis zu hochgenauen Einspritzdüsen für Motoren.

In Abstimmung mit dem Hersteller kann aus einer Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten das für die Anwendung optimale Gerät zusammengestellt werden. Hierbei sind insbesondere die Anforderungen an Messbereich, Auflösung, Messunsicherheit und Messzeit für die zu messenden Werkstücke zu beachten. ■

## INFORMATION & SERVICE

### KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH  
Dipl.-Ing. Raoul Christoph  
T 0641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de

### QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/4304956](http://www.qz-online.de/4304956)