



# Präzise dimensional messen

## CT-System wird zum 3D-Messinstrument

In den letzten Jahren wurde die industrielle Computertomografie im Hinblick auf Schnelligkeit, Automatisierungsgrad und Genauigkeit kontinuierlich weiterentwickelt. Dank ihrer Fähigkeit, zerstörungsfrei die inneren Strukturen von Objekten hochaufgelöst und dreidimensional darstellen sowie analysieren zu können, wird sie neben der klassischen Fehleranalyse zunehmend auch als präzise 3D-Messtechnologie eingesetzt.

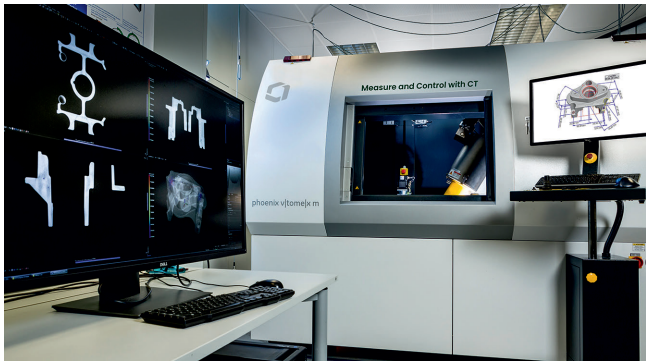
Florian Knigge

**D**eutlich kürzere Scan- und Auswertungszeiten, automatisierte Einmessung und Kalibrierung sowie signifikant höhere und reproduzierbare Messgenauigkeit – die industrielle Computertomografie (CT) hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Inzwischen hat die in Forschungs- und Qualitätslaboren längst etablierte Technologie auch die Produktionsebene erreicht.

Die erzeugten Volumendaten werden nicht mehr nur für die klassische zerstörungsfreie Prüfung, sondern immer häufiger auch für die Vermessung von komplexen Werkstücken und Werkzeugen benutzt. Denn mit CT-Messgeräten lassen sich innenliegende Geometrien schnell und einfach erfassen, wo optische oder taktile Koordinatenmessmaschinen häufig nur zerstörungsbehaftet oder mit teuren individuellen Aufnahmevorrichtungen

gen und hohem Zeitaufwand ein Ergebnis liefern.

Vorreiter im Einsatz von CT als Messinstrument sind neben der Kunststoffspritz- und Metallguss-Branche vor allem auch die Aerospace- und Automobilindustrie sowie die Medizintechnik. Zu den typischen Bauteilen gehören beispielsweise Steckverbinder, Multi-Material-Baugruppen, Einspritzdüsen, Turbinenschaufeln oder Implantate. Auch der zunehmende



**Bild 1.** Die schnellere und einfachere Erfassung auch verborgener, innen liegender Geometrien macht die industrielle CT auch für produktionsnahe dimensionale Messungen interessant.

© Waygate Technologies

Einsatz von additiven Fertigungsmethoden führt zu Bauteilen mit bislang unerreichbar komplexen und für andere Messmethoden unzugänglichen Innengeometrien. Hier können durch CT-gestützte Entwicklungs- und Erstbemusterungsprozesse und das Hochfahren der Produktion verkürzende sowie fertigungsbegleitende Qualitätskontrollen und Prozessoptimierungen durchgeführt werden.

Bevor ein Tomograf für Präzisionsmessaufgaben genutzt werden kann, sind herstellerseitige Einmessungen zentraler Systemkomponenten – wie dem Flächendetektor, dem Manipulator und der Röntgenröhre – für die spezifizierte Messgenauigkeit erforderlich.

Die eigentliche physikalische Messung besteht bei CT-Systemen aus der Aufnahme einer Serie von 2D-Röntgen-Projektionsbildern. Hierzu wird das Prüfobjekt auf einem sehr genauen Manipulationssystem positioniert und mit Hilfe einer Präzisions-Drehachse während der Messung einmal um 360° rotiert. Dabei wird in Winkelschritten von typischerweise <math><0.5^\circ</math> jeweils ein 2D-Projektionsbild aufgenommen. Vor allem die Schärfe und die Bildgüte der Röntgenbilder, die wesentlich von der Güte der Röntgenquelle und des Detektors abhängt, sowie die Präzision und Stabilität der Anlagengeometrie bestimmen hierbei die Qualität der Rohdaten.

Mit Hilfe einer numerischen Rekonstruktion, üblicherweise der sogenannten gefilterten Rückprojektion, wird aus den Rohdaten anschließend der Volumendatensatz des Prüfkörpers erzeugt. Für ein optimales Messergebnis muss der Rekonstruktionsalgorithmus die zuvor durch den Hersteller ermittelten geometrischen Einmessungen der Systemkomponenten sowie die auftretenden physikalischen Effekte, wie z.B. die sogenannte Strahlaufhärtung oder thermische Ausdehnungen, be-

rücksichtigen und bei Bedarf korrigieren. Nach Einlesen der aus dem Volumendatensatz extrahierten Oberflächendaten des Prüfkörpers in die 3D-Auswertungssoftware können die weiteren Schritte der Messaufgabe durchgeführt werden. Hierzu gehören u. a. ein Soll-Ist-Vergleich zwischen Oberflächendaten und CAD-Modell mit Wandstärkenmessungen oder Messungen von klassischen Form- und Lagetoleranzen mit Hilfe von Regelgeometrien und Freiflächen.

### Verbesserte Prozesskette für konstante Präzision nach VDI 2630

Bis noch vor wenigen Jahren gab es kaum eine Möglichkeit, die Präzision einzelner hochauflösender CT-Systeme miteinander zu vergleichen. Erst die vor einer Dekade veröffentlichte VDI-Richtlinie 2630 definierte ein für alle Hersteller verbindliches Verfahren zur Bestimmung der Messgenauigkeit und damit zur Prüfprozess-eignung von CT-Systemen.

Eine hohe Messgenauigkeit erfordert das reibungslose Ineinandergreifen der oben beschriebenen Prozesskette für das 3D-Messen mit CT-Systemen. Denn die Qualität der gemessenen Rohdaten (CT-Projektionsdaten) bestimmt maßgeblich die Genauigkeit aller nachfolgenden Auswertungen. Die hierfür notwendige und zeitaufwendige kundenseitige Einmessung und regelmäßige Kalibrierung des Systems galt lange Zeit als Hürde für dessen Anschaffung, gerade im produktionsnahen Umfeld. Auch hier hat sich bei einigen CT-Geräten im Hinblick auf die Handhabung und den damit verbundenen Aufwand einiges getan.

### Höchste Performance und Zuverlässigkeit für CT-Messtechnik

Der Phoenix V|tome|x M300 Scanner von Waygate Technologies, a Baker Hughes

business (ehemals GE Inspection Technologies) zeigt, wie sich die industriellen CT-Systeme technologisch weiterentwickelt haben. Diese liefern inzwischen konstant die geforderte Genauigkeit bei gleichzeitig schnellen Scans und hohem Probendurchsatz. Das 300 kV mikrofokus CT-System wurde für die 3D-Messtechnik und -Fehleranalyse entwickelt und bündelt eine Vielzahl an CT-Innovationen für reproduzierbare Präzisionsmessungen in vergleichsweise kurzer Zeit.

Das Modell Phoenix V|tome|x M ist serienmäßig mit einem proprietären hochdynamischen 4 MP Röntgendetektor der neuesten Generation ausgestattet. Bei einer Pixelgröße von 200  $\mu\text{m}$  bietet der Detektor eine 10x höhere Empfindlichkeit als herkömmliche DXR-Detektoren. Eine Beschleunigung der Scanzyklen um das zwei- bis dreifache bei gleicher Bildqualität machen Inspektionen und Messungen effizienter und produktiver. Die patentierte Scatter|correct-Technologie zur Verringerung von Artefakten minimiert den »»

1

## CAD QS

Software für den EMPB

# Senken Sie Ihre laufenden Kosten!

**Für alle, die es schlanker mögen: 100 % Prüfstempel**

- CAD QS beinhaltet alle zum EMPB erforderlichen Tools
- Unterstützt DWG/DXF, TIFF, JPG und PDF
- Einmaliger Kaufpreis – keine Miete

**SWAP Computer GmbH**  
Systemhaus für CAD/CAQ und Datenkonvertierung

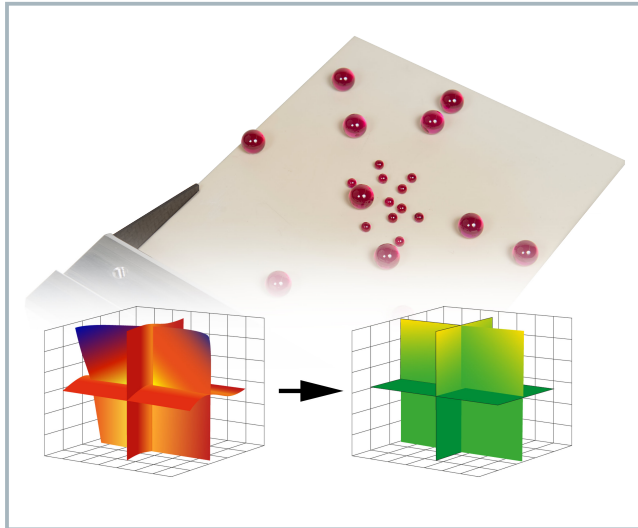
Tel.: +49 (7 81) 20 55 06 80  
info@swap.de  
www.swap.de

Computer GmbH

## SWAP

Bild 2. In Kombination mit True|position erlaubt der Ruby|plate Kalibrierkörper eine exakte Geometrie-korrektur.

© Waygate Technologies



Streustrahlungsanteil für jedes einzelne Voxel. Das Verfahren steigert so den Inspektionsdurchsatz und die Präzision der Anwendungen, insbesondere beim Scannen von schwer zu durchdringenden Proben mit einer relativ hohen Dichte, wie Metallen.

### Benutzerfreundliche Lösungen für vollautomatisierte Scans

Die von Waygate Technologies entwickelte Software Datos|x beinhaltet alle notwendigen Steuer- und Verarbeitungsfunktionen für die Kontrolle und Kalibrierung des Tomografiesystems, Aufnahme von Projektionsdaten, schnelle und optimierte Rekonstruktion von Volumina, Erzeugung von geometrierichtigen Oberflächendaten des gescannten Objekts sowie die Durchführung von Messungen mit geeigneten Softwarepaketen – und das alles extrem intuitiv und voll automatisiert per Knopfdruck.

Um die spezifizierte Messgenauigkeit des Gesamtsystems zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Einmessung unerlässlich, so wie bei jeder anderen messtechnischen Technologie. Hierzu hat Waygate Technolo-

gies mit der Ruby|plate einen äußerst genauen und effektiven Kalibrierkörper entwickelt, um die exakte Lage aller Systemkomponenten und somit die korrekte Geometrie der Anlage zu bestimmen (Bilder 2 und 3).

Die Ruby|plate wird von der Anlage selbstständig mit zwei verschiedenen definierten Abständen zum Detektor tomografiert und vermessen. Die True|position-Technologie von Waygate Technologies erweitert die spezifizierte Genauigkeit auf alle Messpositionen, die mit Ruby|plate verifiziert werden können.

Dank der neuesten Software- und Hardwareoptimierungen konnte der Hersteller nach eigenen Angaben die Einmessung beim Phoenix V|tome|x M von ursprünglich 40 auf nur noch 8 bis 15 Minuten (je nach Konfiguration) verkürzen.

Diese Einmessung kann jederzeit mit wenigen Mausklicks durch den Betreiber selbst durchgeführt und protokolliert werden. Ebenfalls voll automatisch kann mithilfe des Ruby|plate Prüfkörpers eine vollständige Validierung nach VDI 2630 zur Messmittelüberwachung umgesetzt werden.

### CT – eine Alternative für die Präzisionsmessung

Dank des hohen Automatisierungsgrads der ablaufenden Einmess- und Validierungsroutinen benötigen Bediener von CT-Systemen inzwischen viel weniger Zeit und Expertenwissen, um dennoch reproduzierbar messen zu können. Mit einer Messgenauigkeit von bis zu  $(3.8+L/100)$   $\mu\text{m}$  (Kugelmittelpunktsabweichung nach VDI 2630 Blatt 1.3) erfüllt der Phoenix V|tome|x M auch anspruchsvolle Präzisionsanforderungen.

Waygate Technologies ist nach eigenen Angaben dank Ruby|plate und True|position in der Lage, auch an allen übrigen Positionen des Messraums eine Messgenauigkeit von  $(5.5+L/50)$   $\mu\text{m}$  zu gewährleisten – nach Anwendung einer weiteren automatisierten Einmessung sogar von  $(3.8+L/100)$   $\mu\text{m}$ . Neben dieser Präzision machen die deutlich kürzeren Scanzeiten und erweiterten Auswertungsmöglichkeiten die industrielle CT-Technologie inzwischen zu einer echten Alternative für Präzisionsmessungen in der produktionsnahen Umgebung. ■

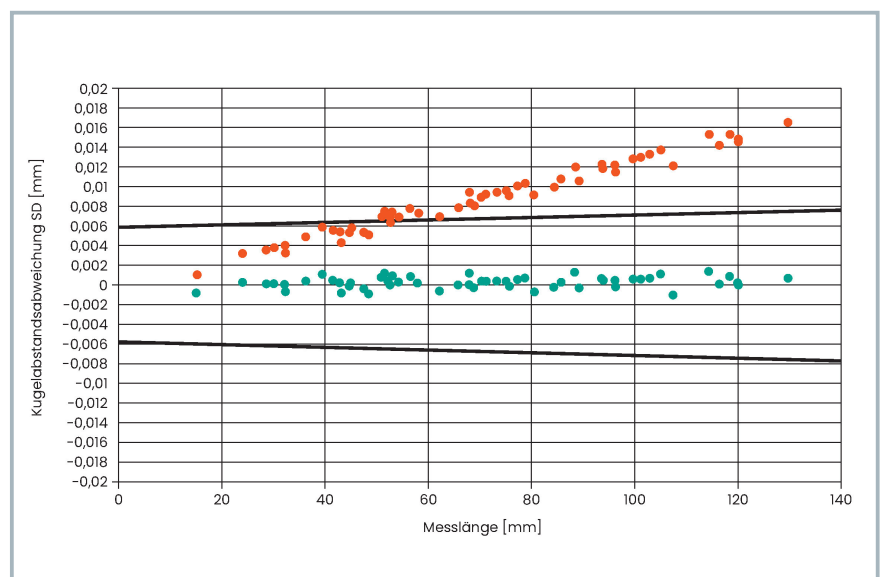


Bild 3. Der Einsatz der True|position-Technologie erweitert die spezifizierte Genauigkeit auf alle Messpositionen. © Waygate Technologies

## INFORMATION & SERVICE

### AUTOR

Florian Knigge ist Technischer Leiter CT-Metrologie bei Waygate Technologies in Wunstorf.

### KONTAKT

Florian Knigge  
florian.knigge@bakerhughes.com