

# Industrielle Computertomographie (CT) für die Geometriebestimmung

## Dimensionelles Messen mit CT

Sicherheitsrelevante oder hochwertige industrielle Bauteile werden heute mittels spezieller, nicht-medizinischer CT-Anlagen zerstörungsfrei auf Fehler geprüft. CT wird hier seit wenigen Jahren auch als Koordinatenmesstechnik zur Geometriebestimmung industrieller Bauteile eingesetzt. Die PTB entwickelt Verfahren zur Verbesserung der „Koordinatenmesstechnik CT“. Dieses betrifft insbesondere Verfahren zur

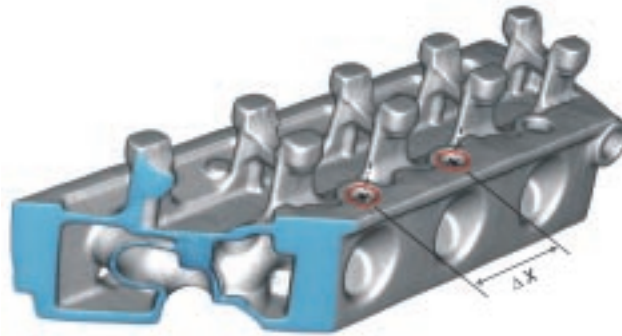
- Korrektur von Messabweichungen
- Überwachung von CT-Anlagen
- Rückführung der Messwerte (Bestimmung der aufgabenspezifischen Messunsicherheit).

## Korrektur von Messabweichungen

Die gemeinsame Messung von zu untersuchendem Bauteil und geeigneten kalibrierten Referenzkörpern ermöglicht es, Messabweichungen zu erfassen und diese in weiteren Schritten der Datenauswertung zu korrigieren (analog der numerischen Geometriekorrektur bei klassischen Koordinatenmessgeräten). Der Gesamtprozess enthält folgende charakteristische Schritte:

1. CT-Messung von zu messendem Bauteil, Schwellwertreferenzkörper (Hohlzylinder) und Maßstabsreferenzkörper (Kugelstab)
2. Ermittlung des für die Erzeugung der Innen- und Außengeometrien des Bauteils richtigen Schwellwerts anhand der CT-Maßabweichungen des Hohlzylinders

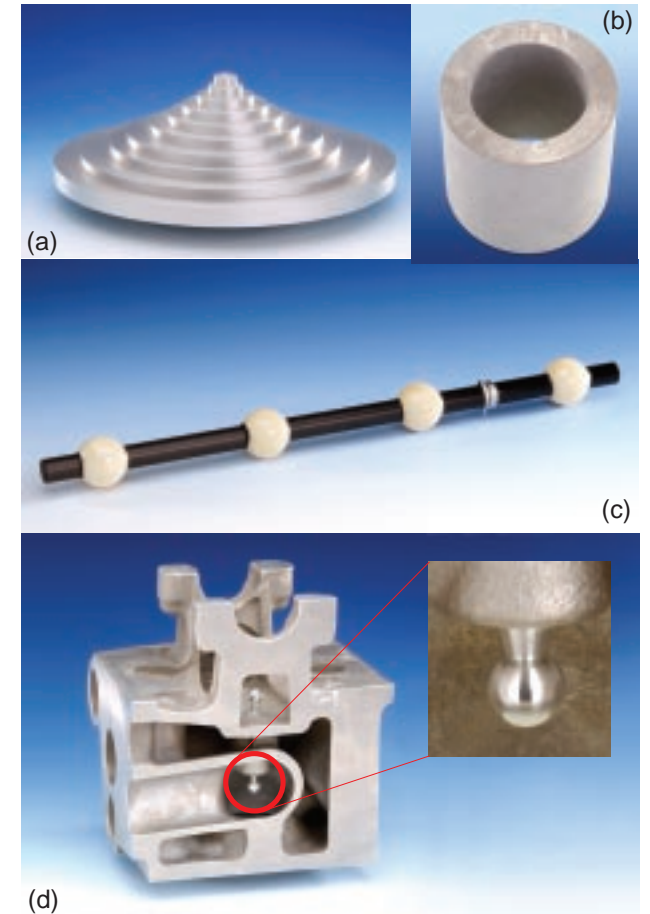
3. Bestimmung der Maßabweichungen der Kugelabstände des Kugelstabs
4. Geometrische Korrektur der CT-Daten des Bauteils mit Hilfe der vorher bestimmten Kugelabstandsabweichung
5. Erzeugung der Polygonoberfläche des Bauteils aus den Messdaten des CT.



CT-Messung eines Automobilzylinderkopfs  
rechts: Abstandsmessung zweier Kanäle,  
links vorne: virtuelle Schnittfläche in den CT-Daten

## Überwachung von CT-Anlagen

Die Überwachung von CT-Anlagen für dimensionelle Messungen soll analog zu Normen und Richtlinien für klassische Koordinatenmessgeräte (DIN EN ISO 10360, VDI/VDE 2617) durch industrietaugliche Prüfkörper erfolgen. Für CT-Anlagen zur Messung von Großteilen sind hierzu Konzepte entwickelt worden. Es kommen kalibrierte Prüfkörper (Kugelstab, Stufen- und Hohlzylinder) und unkalibrierte Prüfkörper (typische Bauteile) zum Einsatz. Konzepte für CT-Anlagen zur Messung von Mikrobauteilen sind in Entwicklung.



Prüfkörper zur Überwachung einer CT-Anlage  
(a) Aluminium-Stufenzylinder ( $\varnothing$  300 mm),  
(b) Hohlzylinder ( $\varnothing$  30 mm, außen),  
(c) Kugelstab (Länge 300 mm),  
(d) Zylinderkopfsegment (165 mm  $\times$  140 mm  $\times$  170 mm) mit Referenzstruktur.  
(a) und (b) sind zusammen mit Rautenbach Aluminium Technologie GmbH, Wernigerode entwickelt worden.

## Rückführung der Messwerte – Bestimmung der Messunsicherheit

Die Messunsicherheit von Messungen mit CT muss wegen der zahlreichen Einflussgrößen aufgaben- und teilespezifisch ermittelt werden. Die PTB untersucht hier die Anwendbarkeit des aus der Koordinatenmesstechnik stammenden Konzepts „Unsicherheitsermittlung mit kalibrierten Werkstücken“ (ISO/TS 15530-3).

Für die erweiterte Messunsicherheit  $U$  gilt:

$$U = k \cdot \sqrt{u_{\text{cal}}^2 + u_{\text{p}}^2 + u_{\text{w}}^2} + |b|$$

mit

$k$  Erweiterungsfaktor (in der Regel  $k = 2$  für 95-%-Vertrauensniveau)

$u_{\text{cal}}$  Standardkalibrierunsicherheit des kalibrierten Werkstücks (Messung mit Koordinatenmessgerät)

$u_{\text{p}}$  Standardunsicherheit der CT-Wiederholungsmessungen

$u_{\text{w}}$  Standardunsicherheitseinfluss aus produktionsbedingter Werkstückstreuung

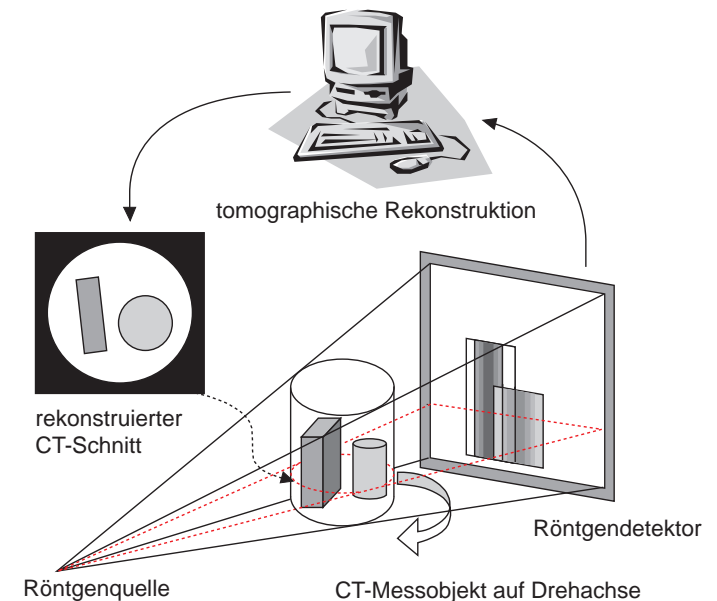
$b$  systematische Abweichung zwischen Mittelwert der CT-Messungen und Kalibrierwert.

Untersuchungen zeigen, dass die Messunsicherheit für gut konditionierte Messaufgaben nach diesem Ansatz erfolgreich bestimmt werden kann. Quantitative Parameter zur Aufgabenklassifikation sind für unterschiedliche CT-Anlagen und Messaufgaben bestimmt worden.

Mit den entwickelten Verfahren sind aufgabenspezifische Messunsicherheiten (Einzelpunktunsicherheit der gemessenen Bauteiloberfläche) kleiner als die Volumenelement(Voxel)-Kantenlänge der CT-Messung erreicht worden.

## Information

Fachbereich 5.3, Koordinatenmesstechnik  
Dr. Markus Bartscher  
Telefon: (05 31) 592-53 41  
E-Mail: markus.bartscher@ptb.de



## Industrielle Computertomographie (CT) für die Geometriebestimmung