

## **Bauteilqualifizierung und Werkzeugkorrektur im Leichtmetall- und Kunststoff-Spritzguss: Der Nutzen hoch automatisierter 3D-Computertomographie**

*Dr. Oliver Brunke<sup>1</sup>, Steffen Hachtel<sup>2</sup>, Dr. Hans-Peter Duwe<sup>3</sup>*

*[<sup>1</sup>GE Sensing & Inspection Technologies GmbH](#), [<sup>2</sup>F & G Hachtel GmbH & Co. KG](#), [<sup>3</sup>Duwe-3d AG](#)*

Neben der inzwischen weitverbreiteten Verwendung hochauflösender Computertomographen in der Qualitätsüberwachung stellt die Weiterentwicklung dieser Technik zu einem messenden Verfahren einen weiteren Entwicklungssprung dar. 3D Metrologie mit CT ermöglicht die zerstörungsfreie Messung von Kunststoff- und Leichtmetall-Bauteilen, die bislang aufgrund ihres komplexen Aufbaus nicht mit den gängigen Methoden untersucht und gemessen werden konnten. Der Artikel vermittelt einen Überblick über den aktuellen Stand von CT Technologie und 3D Metrologiesoftware. Außerdem beschreibt anhand von konkreten Beispielen aus dem Automotive-Sektor die sich aus weitgehend automatisierten CT Messroutinen ergebenden Zeit- und Kostenvorteile im Rahmen der Bauteilqualifizierung und Werkzeugkorrektur.

### **Mit einem CT-Scan die komplette Oberfläche erfassen**

Die eigentliche physikalische Messung besteht bei der Computertomographie aus der Aufnahme einer Serie von 2D-Röntgen-Projektionsbildern. Hierzu wird das Prüfobjekt auf einem sehr genauen, Manipulationssystem positioniert und mithilfe einer Präzisions-Drehachse während der Messung einmal um 360° rotiert. Dabei wird in Winkelschritten eine Serie von 2D Durchstrahlungsbildern aufgenommen. Vor allem die Schärfe der Röntgenbilder, die durch die Güte der Röntgenquelle und des Detektors wesentlich beeinflusst wird, sowie die Präzision und Stabilität der Manipulationseinrichtung bestimmen die Qualität der Rohdaten und somit natürlich auch die Genauigkeit aller nachfolgenden Auswertungen am numerisch rekonstruierten 3D Volumen. Es gilt also: Je besser das CT-Messsystem diesen ersten Schritt beherrscht, desto genauer lässt sich die Messaufgabe durchführen.

Neben einem stabilen, auf die jeweilige Anwendung angepassten Systemaufbau ist die Datenverarbeitung der Schlüssel für das erfolgreiche Messen mit Hilfe von Computertomographie. Mit der click & measure|CT Funktion der phoenix datos|x CT Software von GE Inspection Technologies kann die komplette Prozesskette voll automatisiert werden. Dies minimiert nicht nur die Bedienzeit, sondern auch den Einfluss des Anwenders auf die CT

Ergebnisse und führt damit zu einer noch größeren Wiederholbarkeit. Ist der Ablauf für ein Werkstück einmal programmiert, läuft der gesamte Scan- und Rekonstruktionsprozess einschließlich Volumenoptimierung und Oberflächenextraktion voll automatisiert. Dank automatischer Ansteuerung von 3D Metrologiesoftware wie Polyworks von InnovMetric kann ein automatisch erzeugter Prüfbericht bereits nach weniger als einer Stunde vorliegen.

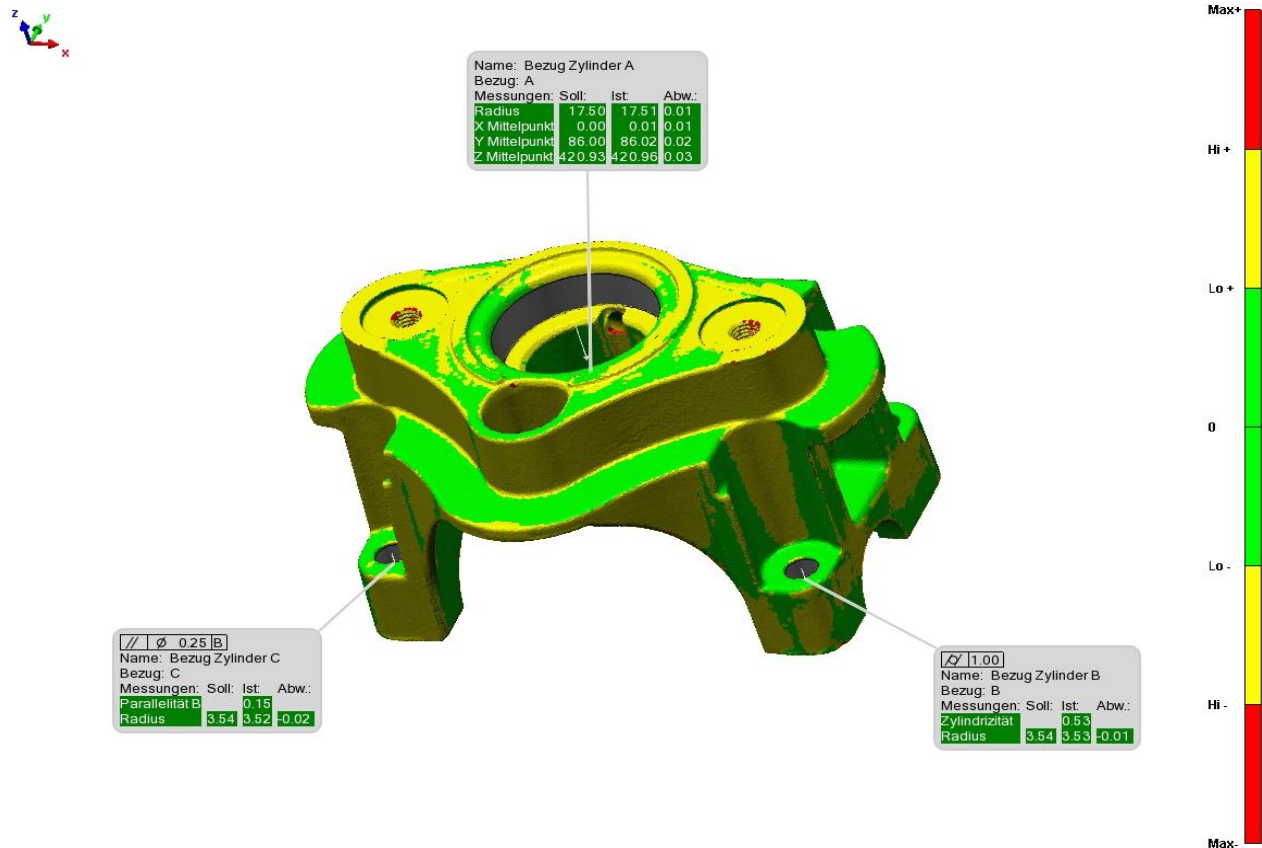


Abbildung 1: Polyworks Soll-/Ist-Vergleich sowie Messung dreier Zylinder an einem mit einem GE phoenix v|tome|x Computertomographen gescannten Aluminium Druckgussteil

### Effektive 3D Messungen am virtuellen Bauteil

Ein wesentlicher Vorteil von CT ist eine schnelle visuelle Kontrolle über Soll-/Ist Vergleiche (siehe Abb. 1). So kann im Rahmen der Erstbemusterung das komplette Teil in Bezug auf Einhaltung wichtiger Funktionsmaße und Formtreue einfach und zeitsparend analysiert werden. Damit ergeben sich in vielen Anwendungsfeldern bei vergleichbarer Präzision gegenüber der etablierten Koordinatenmesstechnik erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungspotenziale. Für die aus den CT-Daten erzeugten Polygonmodelle bietet PolyWorks hervorragende

Auswertefunktionen. Dem Anwender steht zunächst vom schnellen Best-Fit über Ebene-Vektor-Punkt bis zu Referenzpunkten eine Reihe von Ausrichtmethoden zur Verfügung.

Einfache und zugleich exakt parametrisierbare Funktionen zur Erzeugung von Merkmalen aus Polygonmodellen machen PolyWorks zu einem anwenderfreundlichen und effizienten Werkzeug. Neben Vergleichen zwischen Soll- und Ist-Geometrien sind auch eine Vielzahl von Form- und Lagetoleranzuntersuchungen möglich. Für eine flächenhafte Darstellung der Abweichung des Polygonmodells zur CAD-Referenz kann der Anwender zwischen diversen Vergleichsmethoden und Farbskalen wählen. Oberflächenvergleiche lassen sich zum Beispiel als Falschfarbenbild direkt auf dem Polygonmodell und/oder CAD ausgeben, um Abweichungen auf einen Blick darzustellen. Für eine detaillierte Analyse ermöglichen Vergleichspunkte dem Nutzer eine exakte und wiederholbare Abweichungsanzeige zu definierten Soll-Punkten auf dem CAD. Die Auswertefunktionen von PolyWorks werden durch vielseitig einsetzbare Messwerkzeuge wie Schnitte, 2D- und 3D Messschieber, Profillehren und Spalt- und Bündigkeitsmessungen ergänzt.

In Verbindung mit modernen CT Systemen ist PolyWorks auch produktionsbegleitend einsetzbar. Automatisierte Abläufe werden durch eine parametrische Serienmessungsfunktion mit statistischer Auswertung sowie durch Makros stark vereinfacht.

Durch die neue automatische Projektaktualisierung wird übrigens jeder geänderte Parameter sofort auf Ausrichtungen, Vergleiche, Messwerkzeuge und Reports angewandt. Jede Messung ist somit nachvollziehbar, parametrisierbar und wiederholbar. Somit lassen sich für den Anwender erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen realisieren.

### **Effizienter CT-Einsatz im Spritzguss**

Die Firma F. & G. Hachtel GmbH & Co. KG profitiert bereits seit 2008 von der Nutzung eines industriellen Computertomographen von GE. Das Unternehmen verfügt über jahrzehntelange Erfahrungen im Engineering, Werkzeug- und Formenbau und Spritzgießen. Computertomographie nutzt Hachtel zur Qualifizierung von Kunststoffbauteile und zur Werkzeugkorrektur und bietet dies auch als Dienstleistung an. Die folgenden zwei Praxisbeispiele veranschaulichen, wie der Einsatz von CT bei der Hachtel GmbH direkt zu deutlich spürbaren Produktivitätssteigerungen führt.

## Schnelle Bauteilqualifizierung:

Komplexe Kunststoffbauteile werden oft mittels Form- und Lagetoleranzen in Verbindung mit einer RPS-Ausrichtung beurteilt. Gerade bei Kunststoffbauteilen, deren Gestalt durch Verzugseffekte aber oft von der idealen CAD Vorgabe abweicht, führt diese Vorgehensweise häufig zu Fehlinterpretationen und zu falschen Schlüssen für die Werkzeugkorrektur. Anhand des in Abb. 2 dargestellten Kunststoffbauteils wird dies deutlich. Minimale Abweichungen an den laut Zeichnung vorgeschriebenen Ausrichtflächen (links) führen in der Auswertung zu deutlich überschrittenen Form- und Lagetoleranzen (Abb. 2 mittleres Bauteil). Dies legt den Schluss nahe, dass massive Formabweichungen die Funktion des Bauteils gefährden. Dem widerspricht jedoch die gute Verbaubarkeit der vorgestellten Muster ebenso wie die positiv verlaufenen Funktionstests. Eine simulierte geänderte Ausrichtung (Abb. 2, rechtes Bauteil) zeigte auch, dass die Formtreue des Bauteils insgesamt sehr gut ist. Die klassische Koordinatenmesstechnik liefert hier im Unterschied zur CT nur Messwerte in tabellarischer Form. Damit ist eine richtige Interpretation der Formtreue des Bauteils allerdings kaum möglich. Mittels CT kann im Unterschied zur Laserscantechnik immer eine komplette Beschreibung der Geometrie erzeugt werden, daher können verschiedene Ausrichtphilosophien untersucht werden. Im vorliegenden Beispiel konnte eine aufwendige und sinnlose Werkzeugkorrektur in der Größenordnung von 6.000.- € verhindert werden. Für die Untersuchung und Qualifizierung des Bauteils wurde ein Zeitaufwand von 4 Stunden mit 750.- € Kosten benötigt.

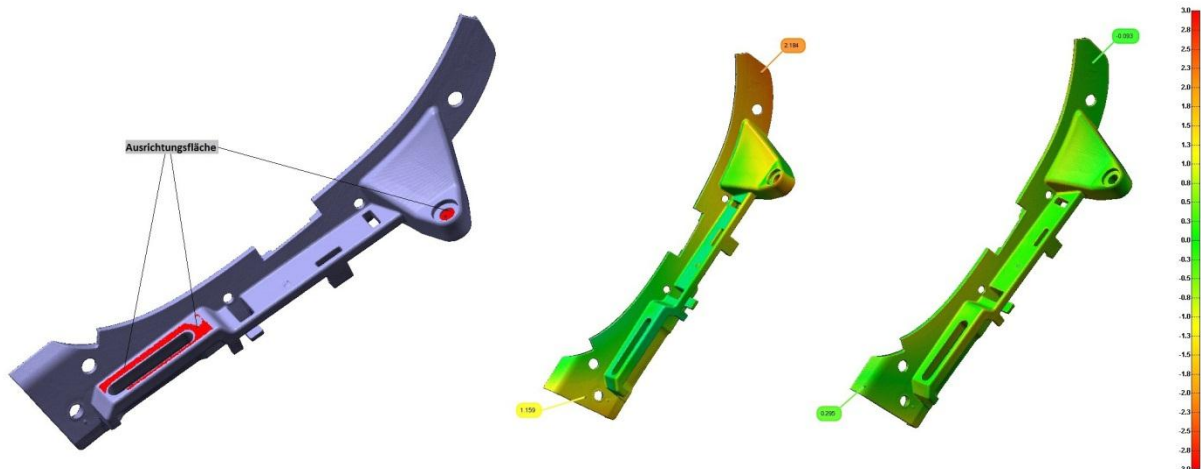


Abbildung 2: Ausrichtflächen an einer Kunststoff Halteleiste (links). Eine simulierte korrigierte Ausrichtung des gescannten Bauteils (rechts) zeigt, dass die Formtreue des Bauteils besser ist, als der ursprüngliche Soll-Ist Vergleich (Mitte Ausrichtung nach RPS) vermuten ließ

### Werkzeugkorrektur:

Der Soll-Ist-Vergleich des Bauteils Gewindingring (Abb.3 links) verdeutlicht eine gute Übereinstimmung des Bauteils im Gewindebereich. Es zeigen sich aber erhebliche Abweichungen zur CAD-Geometrie am äußeren Rand des Bauteils. Dieser Verzug führt zu Problemen der Montage, daher war eine Werkzeugkorrektur hier unerlässlich. Anstatt schwierig zu interpretierenden Einzelmesswerten als Ergebnis der klassischen Koordinatenmesstechnik, liefert die CT-Analyse dem Konstrukteur unmittelbar die Hinweise und Vorhaltemaße, die zur Korrektur des Formeinsatzes benötigt wurden (siehe Abb. 3 rechts). Nach insgesamt 4 Stunden lag die korrigierte Werkzeugkonstruktion bereits vor. Eine erneute CT-Untersuchung nach der Korrektur der Gießform bestätigte den Erfolg der Korrekturmaßnahme nach nur einer Rekursionsschleife (siehe Abb. 4).

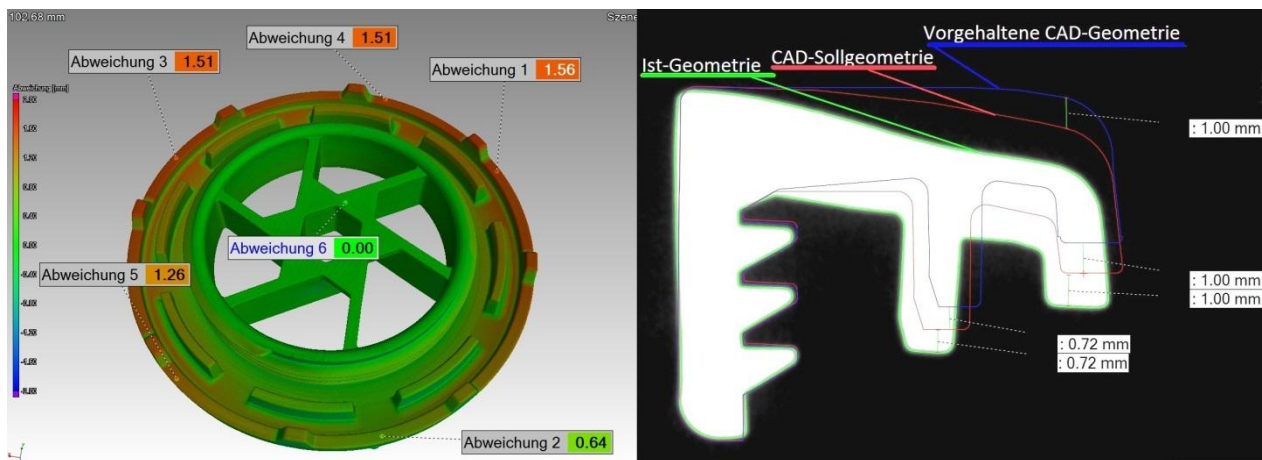


Abbildung 3: Der Soll-Ist-Vergleich (links) offenbart einen deutlichen Verzug im Randbereich des Gewindingringes

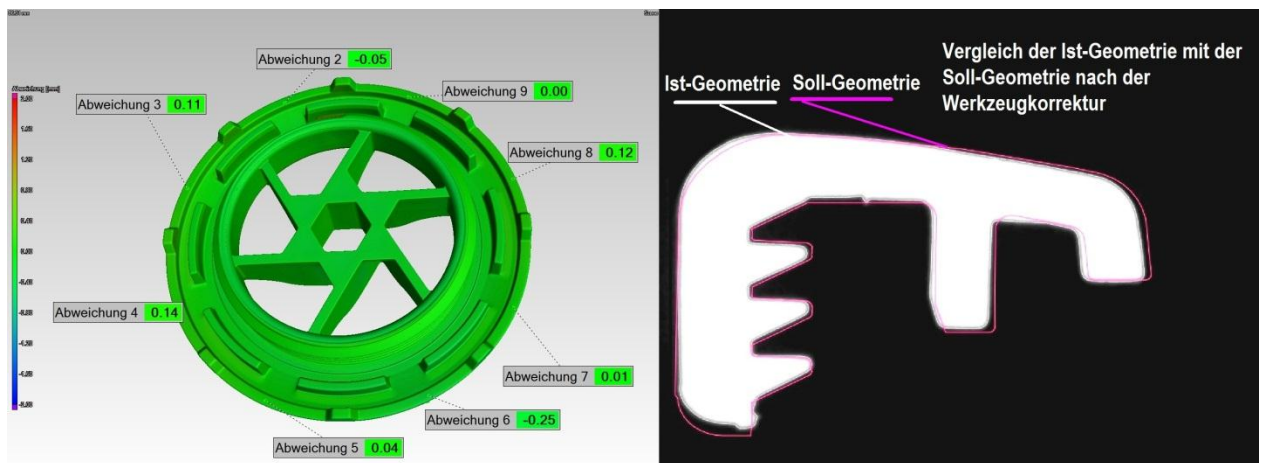


Abbildung 4: Nach nur einer Rekursionsschleife bestätigt CT die erfolgreiche Werkzeugkorrektur



Diese Beispiele zeigen das Potenzial der Computertomographie bei der Qualifizierung von Kunststoffbauteilen. Der begehbare Computertomograph vom Typ phoenix v|tome|x L von GE Inspection Technologies am Firmensitz der Firma Hachtel in Aalen (siehe Abb. 5) erlaubt die Analyse auch von größeren Bauteilen von bis zu 400 x 1200 mm, ebenso wie die Untersuchung von Leichtmetalldruckgußbauteilen (siehe Abb. 1). Das Unternehmen bietet als Dienstleister die Untersuchung und Qualifizierung von Bauteilen und Baugruppen in Verbindung mit der 3D Metrologie und der zerstörungsfreien Bauteilprüfung an.



Abbildung 3: Mit dem CT System phoenix v|tome|x L von GE kann die Hachtel GmbH ihren Kunden ein breites CT Dienstleistungsspektrum anbieten