

Computertomografie mit μm -Genauigkeit

Um den Nachweis der **MESSPROZESSEIGNUNG** auch bei μm -genauen Mikrospritzgussteilen führen zu können, fasste das Kronacher Unternehmen Horst Scholz den Entschluss zur umfangreichen Aufrüstung des bestehenden Multisensor-Koordinatenmessgeräts mit Computertomografie. Es ist jetzt weltweit das genaueste seiner Art.

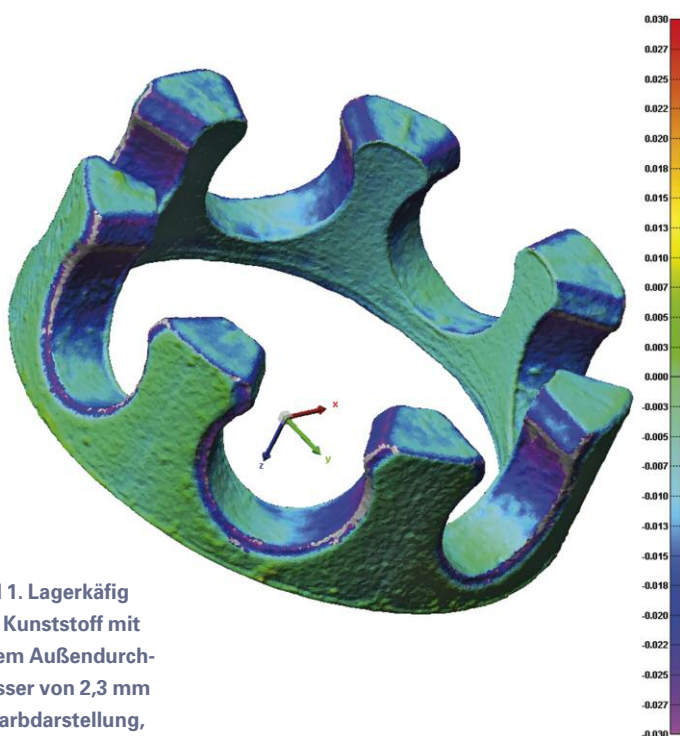


Bild 1. Lagerkäfig aus Kunststoff mit einem Außendurchmesser von 2,3 mm in Farbdarstellung, aufgenommen mit einem Röntgen-Computertomografen

FRANK DEITER

Wenn es um die Qualitätssicherung feinmechanischer oder mikrotechnischer Bauteile geht, stellt sich dem Anwender eine Reihe von Hindernissen in den Weg, die den Einsatz taktiler Messmethoden erschweren oder sogar gänzlich verhindern. Dazu zählen beispielsweise zu hohe Antastkräfte, Bauteildeformationen durch das Aufspannen oder der mit zunehmender Miniaturisierung ungünstige Einfluss von Oberflächeneffekten (Welligkeit, Rauheit) auf das zu messende Geometriemerkmal. Optische oder taktil-optische Messverfahren sind zwar praktisch kraftfrei, unterliegen jedoch anderen Restriktionen, beispielsweise bei innenliegenden Konturen. Allen Verfahren ist gemein, dass eine vollständige Erfassung komplexer 3D-Geometrien mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden ist.

Die Suche nach einer geeigneten Messmethode

Dass sich die Probleme besonders bei Kunststoff-Mikroteilen kumulieren, zeigte sich beim Unternehmen Horst Scholz aus dem fränkischen Kronach. Zwar verfügt der Kunststoffverarbeiter über eine langjährige Expertise im Umgang mit unterschiedlichsten Messverfahren wie 3D-Koordinatenmesstechnik, Bildverarbeitung oder Lasermesstechnik. Wachsende Ansprüche seitens der Kunden in Bezug auf die Erstellung von Erstmusterprüfberichten sowie Re-Qualifizierungen ließen die Messtechnik jedoch zum Engpass innerhalb der Prozesskette werden. Monika Gunreben, im Hause Scholz verantwortlich für die Qualitätssicherung von Mikro- und Medizintechnikprodukten, schildert die Situation: »Pro Jahr erstellen wir circa 300 Erstmusterprüfberichte (EMPB). Hinzu kommen Re-Qualifizierungen der Produkte über Ist-Ist-Vergleiche sowie die Re-Qualifizierung im Zuge von Werkzeugreparaturen. Der messtechnische Aufwand dafür ist immens.«

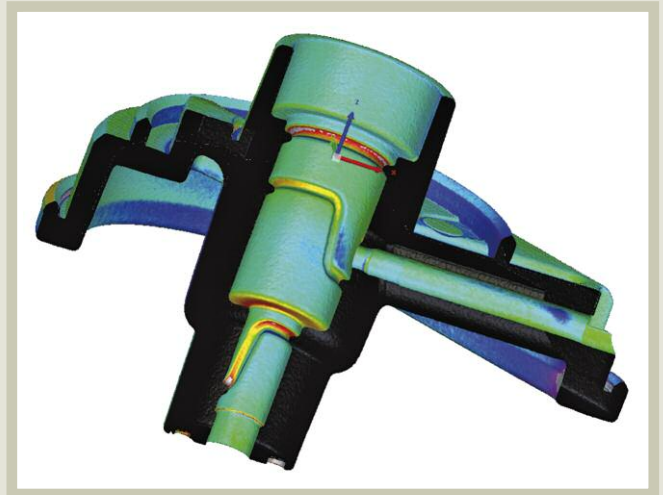
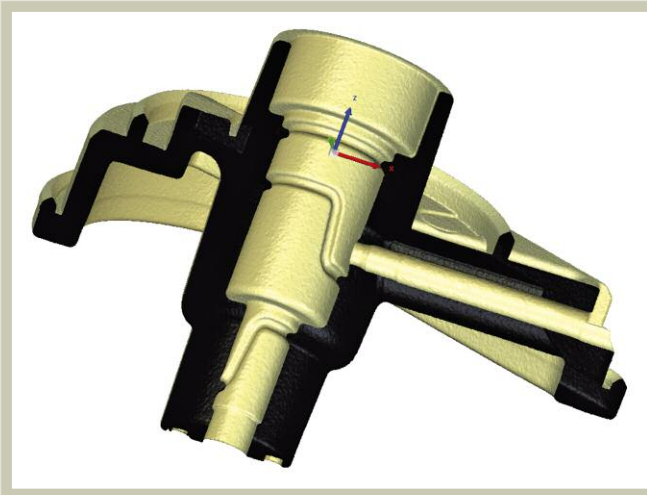
Messtechnik ist von zentraler Bedeutung

Das Unternehmen Scholz gliedert sich in die Geschäftsbereiche Mikroproduktion, technische Präzisionsteile inklusive Zahnradtechnik sowie Medizin-

> KONTAKT

ANWENDER
Horst Scholz GmbH & Co. KG
 96317 Kronach
 Tel. +49 9261 6077-0
 Fax +49 9261 6077-70
www.scholz-htik.de

HERSTELLER
Werth Messtechnik GmbH
 35394 Gießen
 Tel. +49 641 7938-0
 Fax +49 641 7938-719
www.werth.de



technik. Die Messtechnik in ihren unterschiedlichsten Ausprägungen beschränkt sich dabei nicht auf eine protokollarische Funktion, wie der technische Leiter, Karl-Herbert Ebert, unterstreicht: »Die Messtechnik ist ein integraler Bestandteil der Prozesskette und die Voraussetzung dafür, dass die Entwicklung in der Produktionstechnik und im Formenbau weiter vorangetrieben werden kann. Formenbau, Produktionstechnik und Messtechnik bedingen einander.«

Innovation für den Erstanwender

Neue Perspektiven in Bezug auf Messgenauigkeit, Messdurchsatz und 3D-Fähigkeit boten sich dem Team um Karl-Herbert Ebert schließlich durch die Computertomografie, die im Jahr 2005 auch in der Messtechnik debütierte. Ins Blickfeld geriet ein Koordinatenmessgerät mit Computertomografie des Gießener Unternehmens Werth Messtechnik, das schon damals mit einer 3D-Längenmessabweichung von $4,5 \mu\text{m} + L/75 \mu\text{m}$ aufwarten konnte. Ausgelöst durch den besonderen Einsatzzweck bei Scholz, wurde die neue und genauere Gerätefamilie ›TomoCheck‹ auf der Basis von Komponenten bewährter Koordinatenmessgeräte mit Luftlagertechnik ins Leben gerufen. Hard- und softwaretechnische Entwicklungen wurden vorgenommen, um die Auflösung zu vergrößern und das Messen der mikrotechnischen Kunststoffteile mit geringer Dichte mit μm -Genauigkeit zu ermöglichen (Bild 1).

Algorithmen reduzieren Messunsicherheit

Nach intensiver Schulung und Einarbeitung erwies sich die Entscheidung zum Einstieg in die Computertomografie rasch als richtig. Zupass kam den Messtechnik-Spezialisten im Hause Scholz auch die Tatsache, dass bei kleinsten Kunststoffteilen Messabweichungen aufgrund von Artefakten weniger ins Gewicht fallen, als dies beispielsweise bei Metallteilen der Fall ist. Dank ausgefeilter Algorithmen lassen sich die Messabweichungen deutlich reduzieren.

Durch einen sicheren Umgang mit den gewonnenen 3D-Messdaten konnten in der Praxis Messunsicherheiten von wenigen Mikrometern erzielt werden. Zudem können durch den deutlich schnelleren Messprozess viele Tausend Punkte in wenigen Minuten erfasst und hieraus nahezu zeitgleich einige zehn oder bei Bedarf auch Hunderte von Maßen bestimmt werden (Bilder 2a und 2b). Die Möglichkeit der Erstellung elektronischer Rückhaltmuster durch das Speichern der kompletten Volumendaten oder der Punktwolke des Werkstücks sowie die Möglichkeit der Werkstoffanalyse anhand der CT-Bilder waren zusätzliche Argumente für die neue Technik.

Referenzmessung mit Multisensorik

Ein anderer Vorteil: Das Messgerät verfügt über weitere Sensoren nach dem Multisensor-Konzept. Beispielsweise sind mit dem Werth-Fasertaster WFP oder dem chromatischen Fokussensor CFP in Verbindung mit dem hochgenauen TomoCheck Längenmessabweichungen von $0,5 \mu\text{m} + L/500 \mu\text{m}$ erreichbar. Auf diese Weise können einzelne Funktionsmaße als Bestandteil der CT-Messungen im gleichen Koordinatensystem durchgeführt werden. Auch ist es möglich, an einem ersten Musterteil die systematischen Messabweichungen mit der Tomografie zu erfassen und dann bei den weiteren Messungen automatisch zu korrigieren. Die mit dieser Methode erzielbare Messunsicherheit liegt unter einem Mikrometer.

Der messtechnische Entwicklungsvorsprung, den sich das Unternehmen mit dem Einstieg in die CT innerhalb der eigenen Prozesskette erarbeiten konnte, währte einige Jahre. Bedingt durch weitere rasche Fortschritte im Formenbau und in der Spritzgießtechnik, besonders in puncto Reproduzierbarkeit und Präzision, und zugleich durch wachsende Genauigkeitsansprüche vonseiten der Kunden, konnte das erreichte Genauigkeitsniveau schon bald den hausinternen Ansprüchen nur noch eingeschränkt genügen.

Bilder 2a und 2b.
Messung von Dichtlippen einer Innenkontur als CT-Volumenmodell (a) und als Farbvergleich (b)

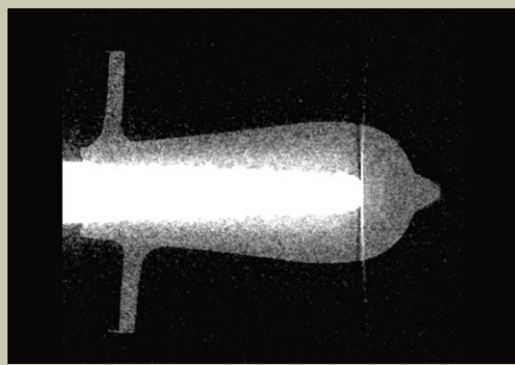
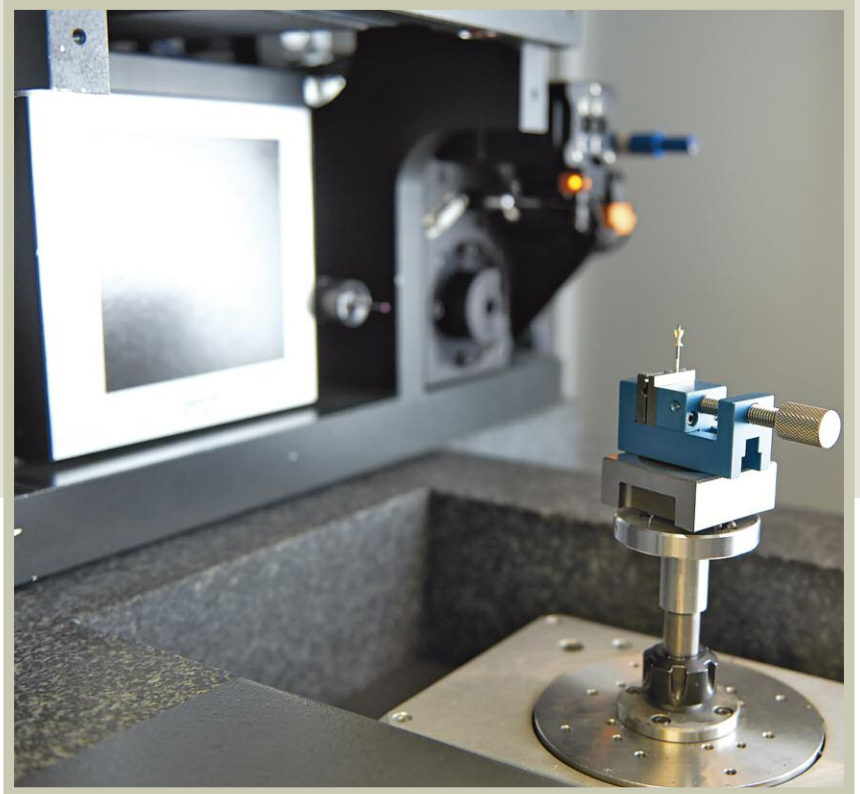


Bild 3. Impeller für eine kardiale Pumpe als CT-Volumenschnitt (links) und in der Aufspannung (rechts)



Aufrüstung auf ein höheres Genauigkeitsniveau

»Während es noch vor etwa zehn Jahren Bauteiltoleranzen von 20 bis 30 µm zu erreichen galt, liegen wir heute in ganz anderen Dimensionen. Diesem Trend muss sich auch die Messtechnik stellen, weil die Messmittelfähigkeit respektive die Messprozess-eignung sonst nicht mehr gewährleistet werden kann«, erläutert Gunreben. Das Dilemma wird klar, führt man sich die Anforderungen bei einer Bauteiltoleranz von 5 µm vor Augen. Der Nachweis der Messprozesseignung setzt in diesem Fall eine Messabweichung des Koordinatenmessgeräts (KMG) von weniger als 0,5 µm voraus.

Höhere Leistung und Auflösung

Der Sprung auf das nächste Genauigkeitsniveau wurde schließlich im Jahr 2012 ins Visier genommen. Aufbauend auf den bisherigen, sehr positiven Erfahrungen mit der Computertomografie wurde gemeinsam mit dem Messgerätehersteller nach Wegen gesucht, um einerseits die Genauigkeit des CT-KMG weiter zu steigern und andererseits dessen Anwendungsspektrum und die messbaren Bauteildimensionen zu vergrößern. Selbst Mehr-K-Bauteile mit Komponenten aus Stahl sollten messbar sein (**Bild 3**).

Für Dr.-Ing. habil. Ralf Christoph, Geschäftsführer von Werth Messtechnik, lag der Weg dorthin auf der Hand: »In derartigen Fällen greift unsere Langfriststrategie, dass Werth-Geräte jederzeit erweitert und aufgerüstet werden können. Dies ist besonders für

viele unserer Kunden im Mittelstand wichtig, weil so der steten Forderung nach technischer Weiterentwicklung bei schonendem Umgang mit den Ressourcen entsprochen werden kann.« Die Basis dafür legen nicht zuletzt die Genauigkeitsreserven der robusten Mechanik mit verschleißfreier Luftlagertechnik, die dem Kunden ein hohes Maß an Innovationssicherheit verschaffen. Das Achssystem der TomoCheck-Geräte lässt prinzipiell eine Spezifikation der Längenmessabweichung von 0,25 µm zu. »Aus Performance- und Kostengründen schien uns deshalb nicht die Investition in ein neues Gerät, sondern die Aufrüstung des bestehenden der beste Weg.«

Röntgensensorik für höchste Anforderungen

Die Auswahl der entsprechenden Röntgenkomponenten (Spannungsbereich, Typ der Röntgenröhre und des Sensors) richtet sich wiederum nach dem Werkstückspektrum. Röntgenröhren mit Reflexionstargets (Direktstrahler) eignen sich für höhere Leistungen, wie sie beispielsweise bei größeren Bauteilen mit hoher Dichte benötigt werden. Die höhere Leistung bietet auch den Vorteil einer kurzen Messzeit. Der Durchmesser des Brennflecks beträgt jedoch nur bei kleinen Leistungen wenige Mikrometer, sodass dieser Röhrentyp für die Anwendungen bei Scholz nicht optimal ist.

Die Wahl fiel deshalb auf eine Röntgenquelle mit Transmissionstarget. Diese verfügt über eine geringere Maximalleistung und lässt besonders kleine Brennfleckgrößen zu, die wenig von der eingestellten Leistung abhängen. Praktisch erreicht man damit



Bild 4. Dank neuer Steuerungs- und Sensortechnik werden im Hause Scholz nun Messgenauigkeiten von 1 µm erzielt. Auf Referenzmessungen mit taktilen Sensoren kann weitgehend verzichtet werden

höhere Auflösungen bei relativ hoher Leistung (circa 1 µm Brennfleckgröße bei 50 W Leistung) und somit eine kurze Messzeit. Dies ist besonders bei Messobjekten mit kleinsten Merkmalen wichtig. Der konzeptbedingte Nachteil der Transmissionsröhren liegt in der notwendigen regelmäßigen Wartung, die allerdings durch eine theoretisch unbegrenzte Lebensdauer ausgeglichen wird.

Als Röntgensensor wurde, angepasst an die Aufgabenstellung, ein Typ mit kleinen Pixeln (circa 100 µm) und unbegrenzter Lebensdauer ausgewählt. »Gerade die Robustheit und Langzeitstabilität des CT war uns besonders wichtig«, begründet Ebert diesen Schritt.

CT-Messung auf 1 µm genau

Durch die Aufrüstung, die neben der Röntgensensorik auch die komplette Steuerungstechnik umfasst, profitiert der Anwender gleich in mehrfacher Hinsicht (**Bild 4**). So können durch den größeren Detektor mit mehr als 100 × 100 mm² Fläche nun auch mehrere kleine Teile gleichzeitig tomografiert werden. Dabei werden die Werkstücke gemeinsam auf dem Drehtisch positioniert und wie ein einziges Teil tomografiert. Anschließend werden die einzelnen Volumenbereiche automatisch selektiert und die Einzelteile getrennt voneinander ausgewertet.

Auf diese Weise lässt sich der Messdurchsatz erheblich erhöhen. Auch in Bezug auf die erreichbare Genauigkeit erfüllt das auferüstete Gerät die Anforderungen im Hause Scholz. »Die Messgenauigkeit aus der Spezifikation konnte auf einen Wert von circa 2 µm verbessert werden, wobei wir dank unserer Erfahrung im Umgang mit dem Gerät in der Praxis

sogar 1 µm erreichen«, zeigt sich Gunreben zufrieden. Neben der hohen Auflösung der Gerätehardware ist hierfür auch ein für den Gerätehersteller patentiertes Verfahren zum »Subvoxeling« verantwortlich.

Dass sich in der aktuellen Version auch softwaretechnisch neue Optionen zur Auswertung der 3D-Daten bieten, ist ein weiterer positiver Nebeneffekt. So gehört seit Jüngstem auch eine Softwareschnittstelle zur Bildverarbeitung. Innerhalb des 3D-Volumenmodells lassen sich so beliebige Volumenschnitte erzeugen und mithilfe der Bildverarbeitungssoftware messtechnisch exakt auswerten. Diese Option leistet besonders bei Mehr-Komponenten-Teilen gute Dienste, wenn Materialgrenzen mit unterschiedlichem Bildkontrast ausgewertet werden sollen.

Mehr als ein Upgrade

Eine derartige Aufrüstung, die eigentlich einer Neuentwicklung gleichkommt, gelingt jedoch nur bei einer engen und partnerschaftlichen Zusammenarbeit. So musste dem Anwender für einen Zeitraum von acht Wochen ein vollwertiges Ersatzgerät zur Verfügung gestellt werden, wie Ebert hervorhebt: »Das Gerät ist bei uns von fünf Uhr in der Früh bis abends um 22 Uhr in Betrieb. Ohne den reibungslosen Support von Verth hätten wir diesen Schritt nicht vollziehen können.« ■ MI110309