

Automatisierte Qualitätskontrolle durch KMGs mit Computertomografie (CT)

# Automatisierte Messketten mit CT

Autor: Tristan Schubert, Leiter Vertrieb CT, Werth Messtechnik GmbH | Bilder: Werth Messtechnik GmbH

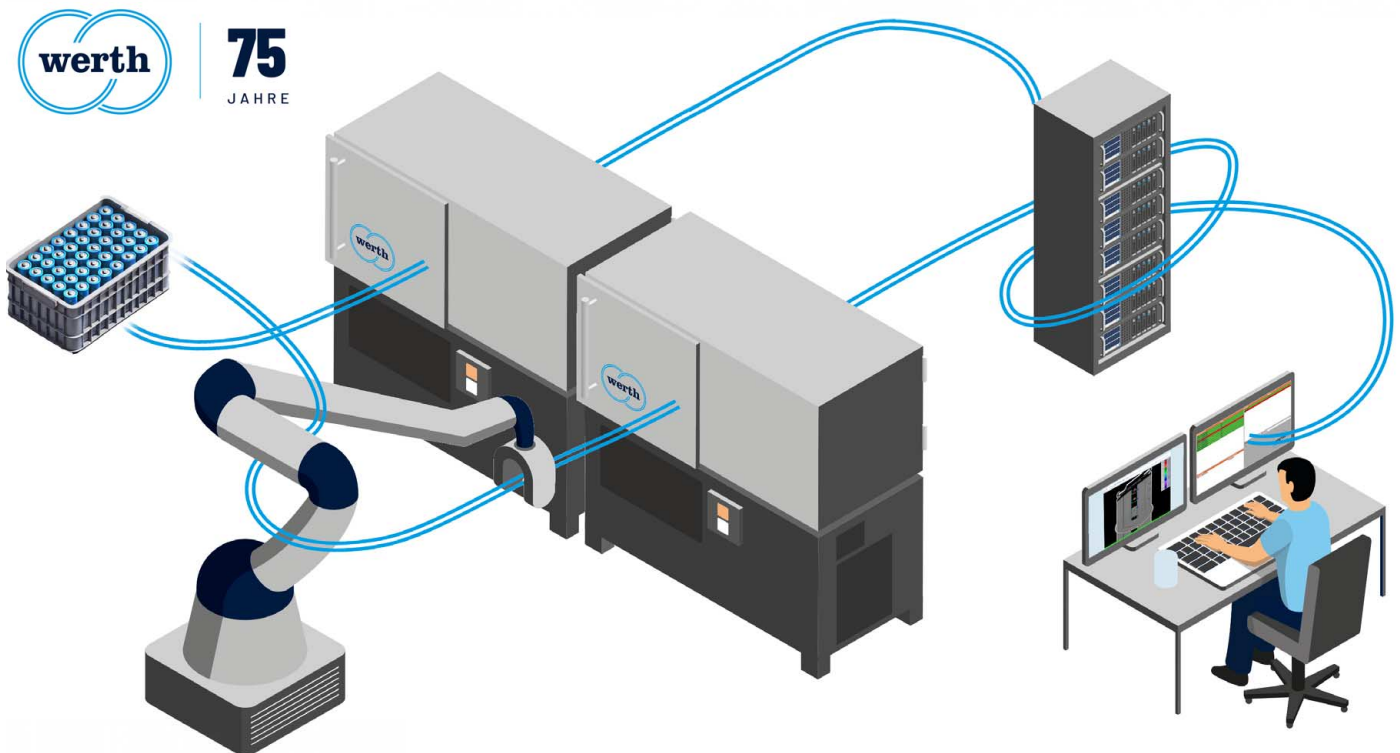


Bild 1 | Schematische Darstellung des Werkstücks- und Datenflusses einer Atline-Anlage mit redundanten TomoScope Geräten, einem Multi-PC-Netzwerk zur Rekonstruktion und Auswertung sowie der Ergebnisdarstellung

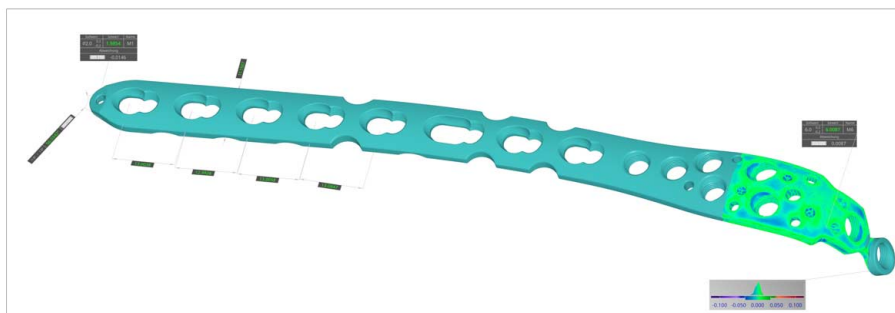


**Die TomoScope XS-Baureihe von Werth Messtechnik ermöglicht eine vollständige, rückführbare und dokumentierte Qualitätskontrolle auch bei komplexen oder innenliegenden Geometrien. In Verbindung mit automatisierter Werkstückhandhabung und einer durchgängigen Softwarekette wird die Computertomografie-Messung (CT) zu einer serienfähigen Prüfmessung. Messgeschwindigkeit, Auflösung, Verfügbarkeit und Genauigkeit bestimmen dabei die jeweilige Systemauslegung und den Automatisierungsgrad.**

Seit Jahren steigen in der Fertigungsprüfung Stückzahlen, Prüfhäufigkeit sowie Anzahl und Komplexität geometrischer Eigenschaften. Der Schwerpunkt verlagert sich vom manuellen Messen und Prüfen zur automatisierten messtechnischen Komplettlösung. Koordinatenmessgeräte

(KMG) mit CT bieten dabei entscheidende Vorteile. Insbesondere im Vergleich zu herkömmlichen taktilen Geräten, sind sie einfacher bedienbar, meist schneller und im Ergebnis wirtschaftlicher. Wenn Werkstücke vollständig zu prüfen sind, komplexe, oder sogar innenliegende Geome-

trien erfasst werden müssen gibt es kaum eine bessere Alternative zur CT-Technik. Seit 75 Jahren steht Werth für innovative Lösungen – 2005 wurde das TomoScope als erstes speziell für KMG entwickeltes CT-Gerät der Öffentlichkeit vorgestellt. 2017 wurde das TomoScope XS als erster



**Bild 2** | Automatische Auswertung einer in Massen produzierten Knochenplatte mit WinWerth

Vertreter einer kompakten Gerätebaureihe eingeführt. Diese ist heute in verschiedenen Konfigurationen und Messbereichen mit Spannungen bis 230kV und bis zu 140W Röntgenleistung verfügbar. Die Auslegung der Geräte zielt dabei auf ein ausgewogenes Verhältnis von Messgeschwindigkeit, Auflösung, Verfügbarkeit und Genauigkeit.

### Röntgenquellen & Modularität

Messgeschwindigkeit und Verfügbarkeit werden wesentlich durch die eingesetzte Röntgenquelle bestimmt. Mit den HighRes-Longlife-Röntgenquellen von Werth werden anwendungsabhängig deutlich höhere Messgeschwindigkeiten als mit konventionellen CT-Geräten erreicht. Die Bauweise sichert eine konstante Quellenleistung auch in Fertigungsumgebungen. Speziell entwickelte Komponenten sorgen für lange Wartungsintervalle von meist einem Jahr und die Reduzierung ungeplanter Stillstände. Die Gerätearchitektur ist zudem modular und standardisiert aufgebaut. Die TomoScope XS-Baureihe deckt mit Spannungen von 130 bis 230kV bereits einen großen Anwendungsbereich ab. Größere Geräteklassen, wie TomoScope L, TomoScope XL oder Varianten für Inline-Anwendungen, erweitern das Einsatzspektrum der CT-Technik. Die Konfiguration erfolgt jeweils anwendungsspezifisch auf der Grundlage eines modularen Gerätesystems, so können z.B. Quelle-Detektor-Abstand, Messbereiche, Auflösung und Messgeschwindigkeit angepasst werden. Kompakte Bauformen reduzieren den Flächenbedarf.

### Taktzeiten beachten

Für automatisierte Prüfprozesse ist die Taktzeit des Gesamtprozesses zu betrachten. Dazu gehören Zuführung, Puffern, Werkstück-Identifikation, Einbringen, Mes-

sung, Ausbringen, Auswertung, Protokollierung, Sortieren und Ausschleusen. Das integrierte Werkstück-Wechselsystem ermöglicht mannlose Messungen mehrerer gleicher oder unterschiedlicher Werkstücke. Für fertigungsnahe und Inline-Messungen wird ein kontinuierlicher Werkstückfluss mit Roboterbeladung realisiert. Kennzeichnungen (QR-Codes ...) sichern die Ergebniszuordnung und Rückverfolgbarkeit. Die Anlage kann Gut- und Schlecht-Teile unterscheiden, Ausschleusungen anstoßen und Ergebnisse automatisch dokumentieren. Kurze Taktzeiten sind allerdings nur erreichbar, wenn die CT-Prüfung als Gesamtsystem ausgelegt wird. Neben Mechanik und Strahlenschutz sind Sensorik, Messablauf, Datenfluss und Auswertung zu berücksichtigen. Detektorauslese, Datenübertragung, Datenspeicher, Rechenleistung für Rekonstruktion und Auswertung sowie die Netzwerkinfrastruktur müssen auf die geforderte Taktzeit abgestimmt sein. Nur eine durchgängige Systemauslegung sichert kurze Taktzeiten bei hoher Verfügbarkeit. Messzeiten von einigen Sekunden pro Werkstück sind so selbst bei komplexen Aufgabenstellungen erreichbar

### Schnelle und stabile Rekonstruktion

Für die Serienauswertung ist eine schnelle und stabile Rekonstruktion wesentlich, da systematische Artefakte die Messunsicherheit erhöhen und Fehlentscheidungen verursachen können. Die CT-Messung erzeugt zunächst ein rekonstruiertes Werkstückvolumen. Daraus wird eine Messpunktewolke berechnet, auf deren Basis geometrische Eigenschaften und 3D-Soll-Ist-Vergleiche bestimmt werden. Die Werth ClearCT reduziert Artefakte und unterstützt reproduzierbare Messwerte bei kurzen Messzeiten. WinWerth bildet die Prozesskette aus Steuerung, Bildaufnahme, Rekonstruktion, Auswertung und



Bild 3 | TomoScope XS Plus 230 im Einsatz bei der fertigungsbegleitenden Messung von Batteriezellen

Protokollierung ab. WinWerth Scout ermöglicht die Übersicht über Messergebnisse von Werkstücken und Werkstückgruppen sowie über laufende Messprozesse. Statusanzeigen unterstützen die prozessfähige Überwachung. Über standardisierte Schnittstellen werden Ergebnisse an übergeordnete Systeme übergeben. Messdaten und Ergebnisse können für definierte Zeiträume in Ringspeichern vorgehalten und anschließend archiviert werden.

### Einsatz in Messraum & Fertigung

Bei Batteriezellen sind häufig Partikel, Delaminationen und weitere Defekte zu detektieren. Darüber hinaus lassen sich geometrische Eigenschaften des Elektrodenwickels prüfen. Dazu zählen Deformationen des Elektrodenwickels, Überhänge oder Beschichtungsdicken von Kathode und Anode in Jelly Roll oder Stack, die Stackinggenauigkeit sowie Anodenüberhänge und die Anschlussgeometrie. Aufgrund des sicherheitsrelevanten Einflusses solcher Defekte ist im Automobilbereich oder beim Einsatz in humanoiden Robotern zunehmend eine 100-Prozent-Kontrolle und somit eine extrem kurze Messzeit erforderlich. Bei Mikro-Zahnradern aus Kunststoff steht die vollständige Erfassung aller Zähne im Vordergrund. Anders als bei vielen metallischen Zahnradern ist hier häufig die Prüfung sämtlicher Zähne erforderlich. Bewertet werden u.a. Profilformabweichung, Flankenlinien-

abweichung und Teilung. Mehrfachwerkzeuge mit hohen Kavitätanzahlen erfordern einen entsprechend hohen Prüfdurchsatz. Zusätzlich können Defekte wie Grate oder Lunker detektiert werden. Durch die Möglichkeit der gleichzeitigen Messung mehrerer Werkstücke können z.B. 100 kleine Zahnräder in 1,5 Sekunden pro Werkstück gemessen werden. In der Medizintechnik sind immer enge Toleranzen und eine lückenlose Dokumentation erforderlich. Innenliegende Geometrien von Zahnimplantaten sowie lange Werkstücke wie Knochenplatten mit einigen 100mm Länge, mit komplexen Freiformen und vielen Bohrungen müssen vollständig erfasst werden. Es werden sowohl massengefertigte Implantate als auch patientenspezifische, additiv hergestellte Sonderanfertigungen, z.B. für Gesichtsrekonstruktionen, gemessen. In der Fahrzeugtechnik werden Hydraulikblöcke aus Aluminium für Bremsanlagen geprüft. Die Messaufgabe umfasst die Prüfung der Vollständigkeit der Bohrungen sowie die Messung von Durchmesser, Position und Winkel. Zusätzlich lassen sich Defekte und Späne detektieren. Diese Messungen ermöglichen eine 100-Prozent-Kontrolle und die geprüften Gutteile werden ohne manuelle Eingriffe der Verpackung zugeführt.

### Prozessfähige Überwachung

Mit zunehmender Automatisierung verschiebt sich der Schwerpunkt von der Ein-

zelmessung zur prozessfähigen Überwachung. Maßgeblich sind Wiederholbarkeit und Absolutgenauigkeit bei kurzer Taktzeit. Ein Geräteaufbau auf der Grundlage der Technologie von KMGs mit Temperaturkompensation, Geometriekorrektur, stabilen Röntgenkomponenten, robuster Rekonstruktion und definierter Auswertung bildet die Grundlage für belastbare Trendanalysen und korrigierende Eingriffe in den Fertigungsprozess. Zur Bewertung werden Messunsicherheitsbestimmungen sowie herkömmliche Kennwerte der Messprozessfähigkeit wie Cg und Cgk, oder weitere Verfahren wie GR&R bezogen auf die Werkstücktoleranz bei definierter Messzeit herangezogen. Die praktische Umsetzung umfasst Messplan, Grenzwerte sowie die Einbindung in die Fertigungs- und Dateninfrastruktur. ■

[www.werth.de](http://www.werth.de)

*Werth is a speaker*

June 10, 2026  
Digital Conference  
for Metrology

More information and  
free registration at



Metrology  
VISION DAY