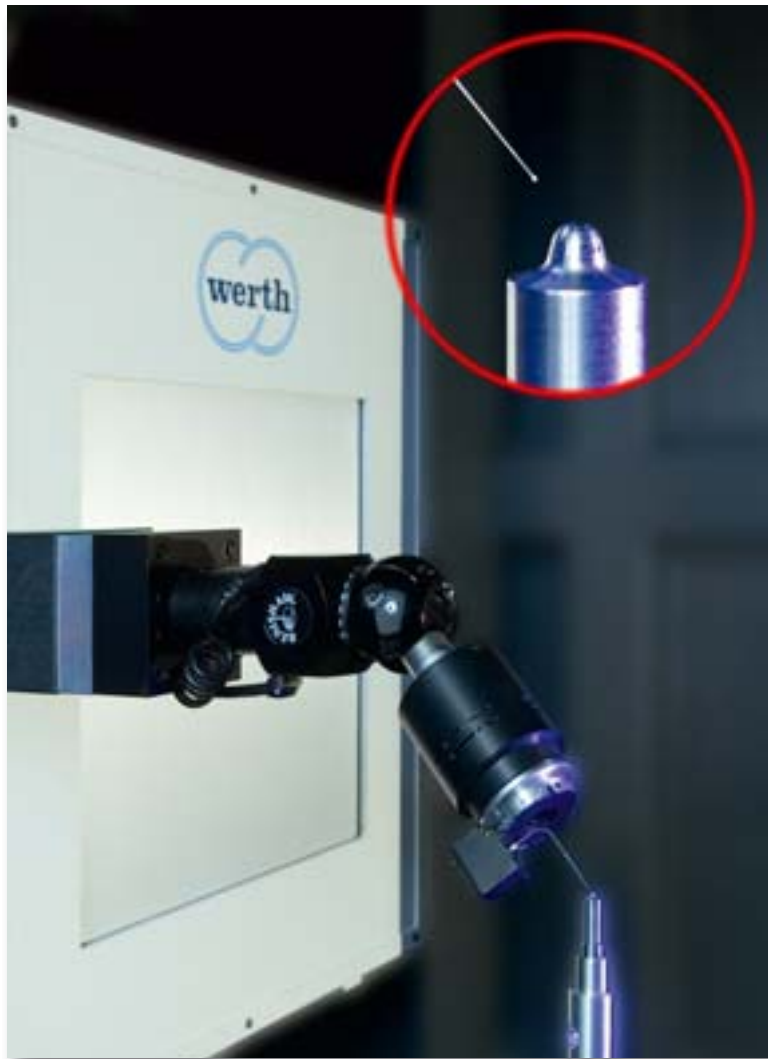


QUALITY ENGINEERING

**Vielpunktmessung in der
Koordinatenmesstechnik**

Sonderdruck



Siemensstraße 19
35394 Gießen
Telefon +49-(0)641-7938-0
Telefax +49-(0)641-7938-719
E-Mail: mail@werthmesstechnik.de
Internet: www.werth.de

Werth Messtechnik GmbH



Moderne Sensoren gestatten die vollständige Erfassung der Werkstückgeometrie

Vielpunktmessung in der Koordinatenmesstechnik

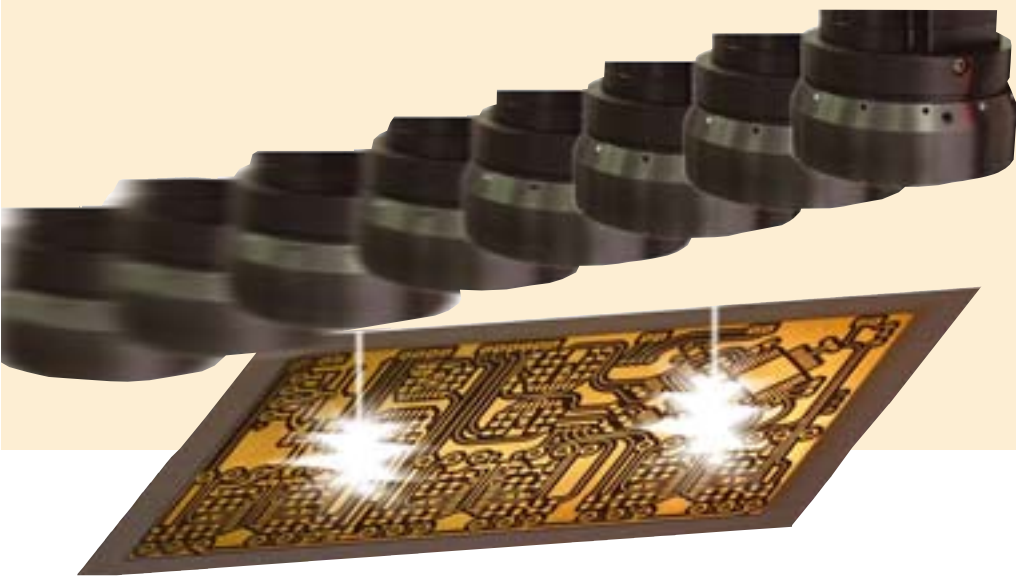


Bild 1 OnTheFly – Durch hoch entwickelte Steuerungstechnik kann das Messgerät Merkmale in der Bewegung präzise messen.

Moderne Koordinatenmessgeräte können mit verschiedenen Sensoren ausgestattet werden. Neben den taktilen Sensoren setzen sich immer stärker optische Sensoren durch. Hier können in kurzer Messzeit große Mengen von Messpunkten auf der Materialoberfläche gewonnen werden. Dies gestattet eine vollständige Auswertung von Form, Maß und Lage. Noch weiter reichende Möglichkeiten bietet die vollständige Erfassung von Werkstücken mit Computertomografie.

Anwender von Koordinatenmessgeräten fordern in zunehmendem Maße die möglichst vollständige Erfassung der Messobjekte. Die Ursachen hierfür liegen zum einen in der zunehmenden Komplexität der messtechnisch zu überprüfenden Komponenten. Auch werden zunehmend Freiformflächen, beispielsweise zur designerischen Gestaltung der Bauteile eingesetzt. Bei vielen Funktionsteilen treten im Zuge der Miniaturisierung immer kleinere Geometriemerkmale auf, die mit hoher Auflösung und Genauigkeit gemessen werden müssen. Die Formabweichung solcher Merkmale liegt oft in ähnlichen Größenordnungen wie die Maßtoleranz selbst. Werden hier zu wenige Messpunkte gemessen, führt dies zu Messabweichungen. Typische Einsatzfelder, in denen diese Aufgabenstellungen auftreten, sind unter anderem der Be-

reich Kunststoffspritzen, die Fertigung von Mikrobauteilen für die Medizin- und Kraftfahrzeugtechnik, Sensorkomponenten und Schneidwerkzeuge.

Grundsätzlich können zwei technische Wege eingeschlagen werden, um die erforderliche große Anzahl von Messpunkten aufzunehmen. Die prinzipiell bekannte Multi-sensor - Koordinatenmesstechnik, mit verschiedenen optischen und taktilen Sensoren, bietet die Möglichkeit, in höchster Genauigkeitsklasse Messpunkte aufzunehmen. Insbesondere die optischen Sensoren erlauben es, in kürzester Messzeit große Punktemengen aufzunehmen und Merkmale vollständig zu erfassen. Auch mit modernen taktilen Sensoren ist durch das verfügbare Scanning die Aufnahme vieler Messpunkte möglich. Dies gilt ebenso für Mikro-

taster nach dem Fasertasterprinzip. Eine neuere Methode besteht im Einsatz der Computertomografie für die Koordinatenmesstechnik. Hier können komplette Objekte in relativ kurzer Zeit erfasst werden. In modernen Geräten auf dieser Basis sind ebenfalls Genauigkeiten im unteren Mikrometerbereich erreichbar.

Viele Punkte berührungslos scannen mit optischen Sensoren

Der am weitesten verbreitete optische Sensor ist die Bildverarbeitung. Bei Werth Koordinatenmessgeräten bildet die Bildverarbeitung traditionell ein zentrales Element. Mit über 20 Jahren Erfahrung wurde eine solide Grundlage für das zuverlässige und genaue Messen gelegt.

Diese Sensorik ist sehr genau und schnell. Flexible Beleuchtung wie der Werth-Multiring und sichere, genaue Bildverarbeitungssoftware bei einfacher Bedienung, z.B. durch die Funktion Autoelement, erleichtern dem Anwender das Messen. Durch die neue, patentierte OnTheFly - Technik (Messen in der Bewegung) ist die Kombination aus Geschwindigkeit und Genauigkeit auf eine neue Stufe gehoben. So ist z.B. die Messung einiger zehn Merkmale pro Sekunde einschließlich Positionierung am Messobjekt möglich (Bild 1). Durch Einsatz des Raster-Scannings OnTheFly können komplette Objekte in höchster Auflösung und bisher uner-

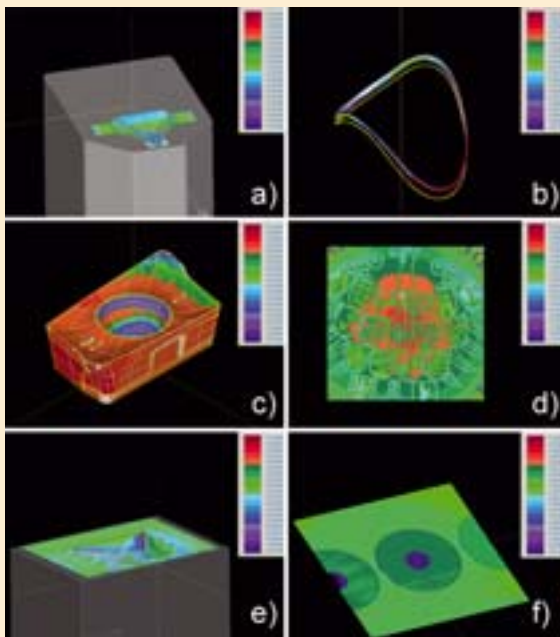


Bild 2 Farb-kodierte Abweichungs-darstellung unterschiedlicher Werkstücke, gemessen mit verschiedenen Sensoren:

- a) Mikrostanzwerkzeug, gemessen mit dem Werth 3D-Patch;
- b) Schneidkantenverlauf eines Mikroschneidwerkzeugs, gemessen mit Autofokus-Scanning;
- c) Oberflächentopografie einer Schneidplatte, gemessen mit dem Laserabstandssensor WLP im Scanningbetrieb;
- d) Prägwerkzeug, gemessen mit dem chromatischen Abstandssensor CFP im Scanningbetrieb;
- e) Mikrostanzwerkzeug und
- f) Tintenstrahl-druckerdüse, gemessen mit dem konfokalen Sensor NFP

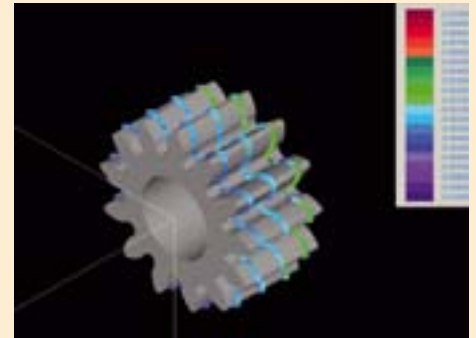


Bild 3 Profilabweichung eines Mikrozahnrades, gescannt mit Werth-Fasertaster

reicher Geschwindigkeit digitalisiert und gemessen werden.

Mit den gleichen Hardwarekomponenten können auch dreidimensionale Geometriemerkmale gemessen werden. Hierzu wurde durch Werth Messtechnik bereits im Jahre 1999 ein Verfahren vorgestellt, dass auf dem Prinzip der Fokusvariation basiert. Mit diesem Werth 3D-Patch und heutiger Bildaufnahmetechnik wird es möglich, einige hundert Oberflächenpunkte in wenigen Sekunden gleichzeitig zu erfassen. Es können so z.B. Radien oder Ebenheiten von Werkstückgeometrien in einem Zuge vollflächig gemessen werden. Dies ist insbesondere bei kleinen Geometriemerkmale von Interesse. Für größere Werkstücke können mehrere solcher Messungen an verschiedenen Stellen des Werkstückes nacheinander durchgeführt werden und so auch Punktwolken größerer Messobjektbereiche erfasst werden (Bild 2a). Ein ähnliches Verfahren wird eingesetzt, um Schneidkantenverläufe zu messen (Bild 2b).

Bei bestimmten Oberflächeneigenschaften der zu messenden Werkstücke sind andere Sensoren besser geeignet. Diese sind allerdings unter Umständen teurer oder aufwändiger in der Handhabung. Beispielsweise ist die Messung der Oberflächentopografie von Schneidplatten sehr gut mit dem Werth-Laserprobe möglich (Bild 2c). Dieser Sensor ist vollständig im Bildverarbeitungsstrahlen-

gang des Koordinatenmessgerätes integriert und hierdurch sehr leicht bedienbar. Im Scanningbetrieb können auch hier viele tausend Punkte in wenigen Sekunden aufgenommen werden. Weisen die zu messenden Objekte, wie z.B. optische Funktionsflächen, stark reflektierende Eigenschaften auf, ist der chromatische Abstandssensor noch besser geeignet (Bild 2d). Eine vollständige flächenhafte Erfassung des Messobjektes im Submikrometerbereich wird durch Scanningbetrieb in Kombination mit dem Koordinatenmessgerät realisiert.

Der flächenhaft messende NanoFocus-Probe erlaubt ähnlich wie das 3D-Patch eine Erfassung vieler Messpunkte an einem Messfeld gleichzeitig (Bild 2e, f). Durch Einsatz eines konfokalen Strahlenganges sind höhere Genauigkeiten und geringere Empfindlichkeiten gegenüber Oberflächenneigungen erzielbar. Ebenheitsmessungen werden im Genauigkeitsbereich von $0,1 \mu\text{m}$ realisiert.

Grundsätzlich lässt sich mit den oben angeführten optischen Sensoren eine Genauigkeit in der Größenordnung von wenigen Mikrometern und teilweise weit darunter erreichen. Bei der Auswahl des jeweiligen Sensors sind die Eigenschaften der Materialoberfläche der zu messenden Objekte zu beachten. Hier sind Erfahrung und kompetente Beratung durch den Hersteller besonders wichtig.

Um Messgeräte flexibel auf verschiedene Anforderungen ausulegen, ist der Einsatz mehrerer Sensoren in einem Messgerät sinnvoll. Zur Grundausstattung gehört die Bildverarbeitung in Verbindung mit einem oder mehreren Abstandssensoren. Diese werden durch taktile Sensoren und die Computertomografie ergänzt.

Kleinste Merkmale hochgenau messen mit Werth-Fasertaster

Das Prinzip des Werth-Fasertasters besteht darin, die Lage der Antastkugel direkt oder nahezu direkt mit einem optischen Sensor zu messen. Hierdurch ist es möglich, theoretisch beliebig kleine Antastkugeln und Taststifte zum Einsatz zu bringen. Dies ist bei klassischen Antastprinzipien aufgrund von Taststiftdurchbiegung und hiermit verbundener Signalverschlechterung nur sehr begrenzt möglich. Mit dem Werth-Fasertaster (Kugelradien derzeit bis $10 \mu\text{m}$) können selbst kleinste Merkmale, wie die Flanken von Mikrozahnradern, auch im Scanningbetrieb hochgenau gemessen werden (Bild 3). Durch eine angeregte Schwingung des Tasters in der Größenordnung von wenigen Mikrometern werden stick-slip Effekte vermieden und eine kontinuierliche Punktverteilung sichergestellt. Vergleiche zu Kalibrierwerten mit anderen hochgenauen Messverfahren zeigen Abweichung in der Größenordnung von lediglich $0,1 \mu\text{m}$. Der

Titelthema

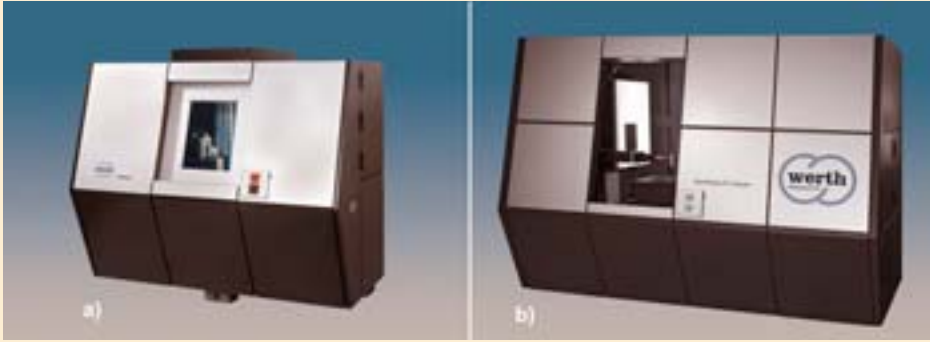
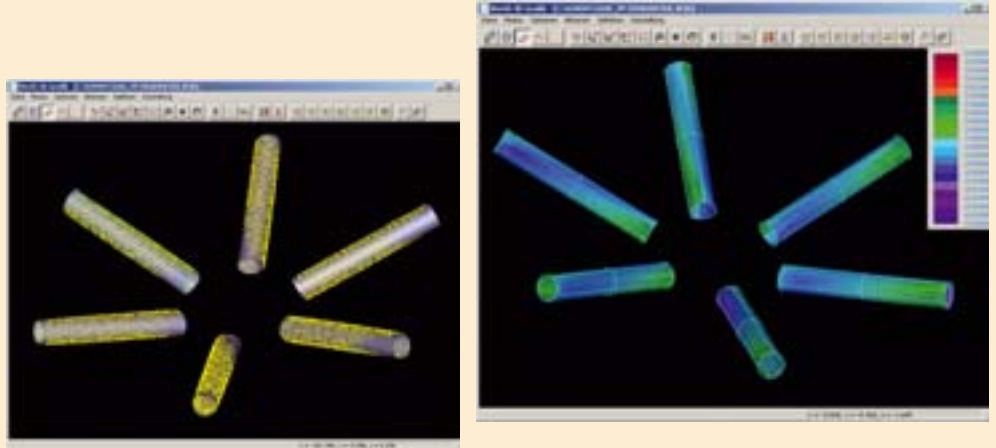


Bild 4 Typische Vertreter der Werth TomoScope Baureihe:
a) TomoScope 200,
b) TomoScope HV Compact

Bild 5 Genauer als ein Mikrometer:
Durchmesser- und Formmessung
an Einspritzdüsen mit Computertomografie



Werth-Fasertaster ist somit für höchste Genauigkeitsanforderungen wie z.B. die Spritzlochmessung von Dieseleinspritzdüsen oder andere Messaufgaben zur hochgenauen Form- und Maßermittlung an Mikromerkmalen geeignet. Auch können hiermit Kalibrierungen von Werkstücken und Normalen durchgeführt oder Korrekturwerte für andere Sensoren in der Multisensor - Koordinatenmesstechnik ermittelt werden. Dieser Taster wurde gemeinsam mit der PTB entwickelt und ist auch dort unter anderem zum Kalibrieren von Mikronormalen im Einsatz. Der Werth-Fasertaster ist heute der weltweit am weitesten verbreitete Mikrotaster.

Vollständig und präzise messen mit Röntgentomografie

Mit dem TomoScope wurde durch Werth im Jahre 2005 das erste Koordinatenmessgerät mit Computertomografie, optional mit Multisensorik, vorgestellt. Hieraus ist mittlerweile eine Baureihe für verschiedene Anforderungen hinsichtlich Größe und Material der Werkstücke entstanden (Bild 4). Hiermit können z.B. Kunststoffteile mit einer Genauigkeit von wenigen Mikrometern vollständig, d.h. mit sehr vielen Messpunkten erfasst und die Maße bestimmt werden. Durch die Werth Rastertomografie ist es möglich, die Auflösung beim Messen an die Anforderungen des Messobjektes anzupassen. Auch klei-

ne Merkmale an relativ großen Werkstücken sind hochgenau messbar. Die zur Verfügung stehenden Daten können im Erstbemusterungsprozess direkt zur Korrektur des Spritzgusswerkzeuges eingesetzt werden. Sind bei schwieriger zu messenden Metallteilen noch genauere Messungen erforderlich, hilft die Multisensorik, verbleibende systematische Messabweichungen zu reduzieren. Mit der Werth Autokorrektur können an Meisterteilen entsprechende Abweichungen erfasst und später dann bei der Serienmessung automatisch korrigiert werden. In höchster Genauigkeit kann dies durch Kombination des Werth-Fasertasters mit der Computertomografie erfolgen (Titelbild). So ist beispielsweise das Messen von Mikrobohrungen in Stahlteilen mit einer Genauigkeit besser als ein Mikrometer, ähnlich wie mit dem Werth-Fasertaster, möglich (Bild 5).

Durchgängige Messung und Auswertung mit einer einzigen Software

Höchsten Bedienkomfort bietet die für die Messung mit allen Sensoren und die Auswertung durchgängig eingesetzte Software WinWerth. Diese ermöglicht u.a. die Programmierung des Messablaufes im Teach-In-Modus, auch auf der Basis von 2D- oder 3D-CAD-Daten und externer CAQ-Prüfpläne. Somit werden die komfortable Offline-Bedienung und der Vergleich der Ist-Daten zum CAD-Modell möglich (Bild 2,3,5).

Optimale Lösung mit Multisensorik

Die aus aktuellen Messaufgaben erwachsenden Anforderungen an die moderne Messtechnik werden durch rein taktile Messungen nicht mehr ausreichend erfüllt. Vor allem hohe Messpunktdichten an einzelnen Merkmalen oder die vollständige Erfassung kompletter Bauteile sind nur noch in Kombination mit optischen Verfahren oder der Tomografie genau genug möglich. Die gezeigten Anwendungsbeispiele verdeutlichen, dass die Auswahl geeigneter Sensoren vor allem von der Messaufgabe, den vorliegenden Bauteileigenschaften, insbesondere der Oberflächenbeschaffenheit oder Durchstrahlbarkeit, sowie den nachzuweisenden Toleranzen abhängt. Die optimale Lösung ergibt sich jedoch oftmals erst durch den gemeinsamen Einsatz mehrerer Sensoren in Multisensor - Koordinatenmessgeräten, wie sie von der Werth Messtechnik GmbH angeboten werden.

Werth Messtechnik, Gießen
www.werthmesstechnik.de
Control Halle 7 Stand 7102

Der Autor

Dr.-Ing. Ingomar Schmidt,
Werth Messtechnik GmbH
Giessen