

Control

# Hands Off

## Berührungsloses Messen rotations-symmetrischer Bauteile in der Produktion

Wird bei hochpräzisen Messungen in der Produktion buchstäblich noch Hand angelegt, sind der Aufwand und die Kosten wahrscheinlich recht hoch. Der Wunsch nach Kostenreduktion durch die Automatisierung solcher Messungen ist Motivation genug, um präzise berührungslose Messverfahren zu entwickeln.

**D**ie Qualitätsansprüche an rotationssymmetrische Teile werden immer höher, und es müssen Messgenauigkeiten von wenigen Mikrometern erreicht werden. Die zu messenden Bauteilen haben dabei einen Durchmesser oder eine Länge von mehreren 100 mm und müssen oft auch dreidimensional vermessen werden. Waren früher Strichprobenprüfungen der Teile ausreichend, so ist heute oft eine 100%-Vermessung in der Produktion erforderlich.

Die Ingenieurgesellschaft EHR entwickelt optische Messsysteme, die auch bei rauen Umweltparametern zuverlässig und hochgenau messen. Hierbei stehen die Entwickler vor folgenden Herausforderungen:

- Eine optische Sensorik zu definieren, die sowohl 2D, als auch 3D Daten in der erforderlichen Präzision und Genauigkeit liefert.

- Eine Messmechanik zu finden, welche die Teile spannen bzw. handhaben kann.
- Eine bedienergerechte Software für die Produktion zu entwickeln.

### Optische Sensorik

Um eine Messgenauigkeit von wenigen Mikrometern zu erreichen, ist eine deutlich kleinere Messauflösung von ca. 5% des Toleranzbandes erforderlich. Für die Messdatengewinnung im 2D-Bereich wurde ein optisch telezentrischer Messaufbau verwendet. Hierbei wurden das Blickfeld und die Kameraauflösung variabel gehalten. Standardmäßig werden Flächenkameras mit einer Auflösung von 1.600 x 1.200 Pixel eingesetzt. Bei einem Blickfeld von ca. 16 mm beträgt die optische Auflösung 10 µm/Pixel. Mit einem vollständigen telezentrischen Aufbau aus Beleuchtung und Objektiv wird im Durchlicht ein

fünffacher Subpixelfaktor und somit eine Messauflösung von 2 µm erreicht. Damit können Toleranzbänder von 40 µm ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) sicher vermessen werden.

Um 3D-Messdaten aufzunehmen, werden Lasertriangulationssensoren verwendet. Diese liefern bis zu 256.000 Messpunkte/sec bei einer Standardauflösung von 10 µm. Durch geeignete Softwareinterpolation der Messpunkte wird eine Messwiederholgenauigkeit von bis zu 1 µm erreicht. 2D- und 3D-Sensoren lassen sich in Kombination einsetzen. Wobei die Anzahl der Sensoren variabel ist.

### Präzise Messmechanik

Sowohl bei der 2D- als auch bei der 3D-Datengewinnung muss das Bauteil bzw. die Sensoreinheit mechanisch hochgenau bewegt werden. Zusammen mit dem Unternehmen Kelch hat EHR jetzt eine neue hochpräzise und ergonomische Messgeräteeinheit entwickelt. Die neue System-

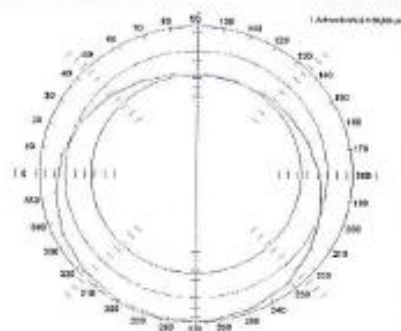
generation ist, wie die bisherigen Geräte auch, mit inkrementellen Wegmesssystemen, horizontaler und vertikaler Verfahrachse sowie einer Rotationsachse ausgestattet. Zusätzlich können rotationssymmetrische Teile horizontal und auch vertikal gespannt werden. Damit lassen sich Bauteile wie Zahnräder und -wellen, Schiebemuffen, Gelenkwellen, Außenringe, Getriebebauteile (z.B.: Synchronring) vermessen. Die Bauteile können hierbei manuell oder vollautomatisch gespannt werden.

### Selbstüberwachende Systemkalibrierung

Das gesamte Messsystem wird in der Produktion nicht selten im Drei-Schicht Betrieb und unter sehr rauen Bedingungen eingesetzt. Bei vollautomatischem Betrieb ist eine Selbstüberwachung des Gesamtsystems unumgänglich. Hierzu wird in einem definierten Intervall ein zertifiziertes Masterteil automatisch in



Die Bedienoberfläche des Systems (Beispiel: Einrichtungsmodus für das optische Auskugeln von Zahnrädern)



Messergebnis einer Rundheitsmessung. Die Abweichungen zum optimalen Kreis (Faktor 100 gezoomt) ist der Rundlauffehler. Das grüne Kreuz in der Mitte gibt Richtung und Ausmaß der Unwucht an. Entsprechend der Unwucht kann das Teil nachgerichtet werden.



Die Präzisionsmechanik aus dem Hause Kelch ist in diesem Beispiel mit je einem 2D-Sensor (telezentrischer Aufbau) und einem 3D-Triangulationssensor ausgestattet. Für das Spannen eines Synchronrings wurde eine der Aufnahmen zur Bearbeitung entsprechende Spannvorrichtung entwickelt.

das Messsystem eingelegt und vollständig vermessen. Die Ist-Werte der Messung werden mit den Soll-Werten aus dem zertifizierten Messprotokoll verglichen. Bei kleineren Abweichungen werden die einzelnen Maschinenparameter nachgestellt. Sind die Abweichungen auch bei mehrmaligem Kalibrieren zu groß, hält die Maschine an und ruft automatisch einen Bediener.

### Bedienergerechte Software

Die Bedienung der Messsysteme in der Produktion soll einfach und verständlich sein, wobei jedoch alle Werte am Bauteil genauso gemessen werden sollen, wie im Messlabor. Für die ergonomische Bedienung und Unterstützung des Bedienpersonals sorgt dabei die hauseigene Messsoftware TIVIS (Tool Integrated Vision System) von EHR. Sie umfasst im Wesentlichen folgende Funktionen:

- Aufnahme der Messwerte von verschiedenen Sensoren (2D/3D),
- Auswertung, Interpretation und Kombination der Messwerte,
- grafische Ergebnisdarstellung,
- Steuerung der Mechanik inkl. Positionsermittlung,
- Archivierung von Messwerten oder sonstigen Daten,
- Schnittstellen zum Datenaustausch (z.B.: QDAS, Prisma, etc.).

Im Bedarfsfall lässt sich Software um kundenspezifische Funkti-

onen und den Einsatz weiterer Sensoren modular erweitern.

### Richten der Unwucht

Metallische Werkstücke wie Zahnstangen werden nach der Bearbeitung meist noch gehärtet. Dabei kann sich das Bauteil verziehen. Bei axialen Bauteilen, die sich drehen sollen, kann es zu einem Rundlauffehler kommen. Dieser Rundlauffehler muss direkt an der Funktionsfläche des Zahnrades gemessen werden. Händisches Auskugeln oder die Verwendung eines Meisterrades sind kostenaufwändig, da für jeden Zahndurchmesser mehrere Meisterräder nötig sind.

Mit einem optischen 3D-Triangulationssensor, der quer über die Zähne ausgerichtet wird, werden während der Drehung des eingespannten Bauteils 3D-Daten als Punktwolke aufgenommen. Die 3D-Daten lassen sich kundenspezifisch auswerten. Um beispielsweise eine Vergleichbarkeit zum taktilen Auskugeln herzustellen, werden rechnerisch Kugeln mit unterschiedlichen Durchmessern zwischen die Zahnflanken gelegt. Die Vergleichbarkeit ist wichtig für die Akzeptanz der Messmethode. Durch intelligente Verrechnung der 3D-Messdaten wird eine Messunsicherheit von weniger als 5 µm erreicht.

Mit der Kombination hochgenauer optischer Messsensoren und Präzisionsmechanik für die Bewegung von Bauteilen können größere Teile in der Pro-

duktion hochgenau, zeitsparend und wirtschaftlich vermessen werden. Die optisch ermittelten Messdaten werden dann durch moderne Software so verrechnet, dass ein Vergleich zu bisherigen Verfahren gewährleistet wird, was die Akzeptanz durch den Kunden erhöht.

Autoren  
Thoma Rehmann  
Peter Klima

Kontakt  
EHR GmbH, Pforzheim  
Tel.: +49 7231 97 31 0  
info@ehr.de  
www.ehr.de



### Standardsystem Measure Line:

War die Basis in der beschriebenen Applikation