

## 3D-OBERFLÄCHENPRÜFUNG ZYLINDRISCHER TEILE IM FERTIGUNGSPROZESS

# Kleine Fehler kommen groß raus

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, implementierte Verfahren, mit denen sich Oberflächenfehler von geometrischen Sollmerkmalen unterscheiden lassen. Die Messtechnik erreicht kurze Taktzeiten, was eine 100 %-Prüfung im Fertigungsprozess ermöglicht.

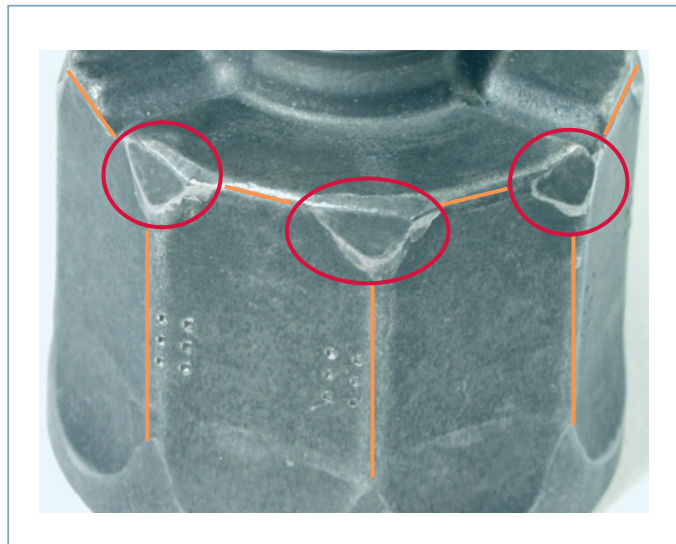
In verschiedenen Industriezweigen werden technische Oberflächen auf Fehler wie Kratzer, ungleichmäßige Textur u. Ä. mittels Bildverarbeitung automatisch geprüft. Dabei müssen beispielsweise Kanten von Fehlern unterschieden werden (Bild 1). Hier reichen die Bilddaten häufig nicht mehr aus, um Defekte und Sollmerkmale automatisch voneinander zu unterscheiden.

Ein anderes Problem ist das Erkennen von mechanischen Beschädigungen in Oberflächen, die fertigungsbedingt unterschiedliche Verfärbungen aufweisen (Bild 2). Eine 3D-Erfassung der Oberfläche auf einem dichten Raster bietet einen Ansatz für die automatische Oberflächenprüfung. Bei Teilen, die in sehr kurzen Taktzeiten hergestellt werden, stellt dies hohe Anforderungen an die Geschwindigkeit der zu verwendenden Prüfverfahren.

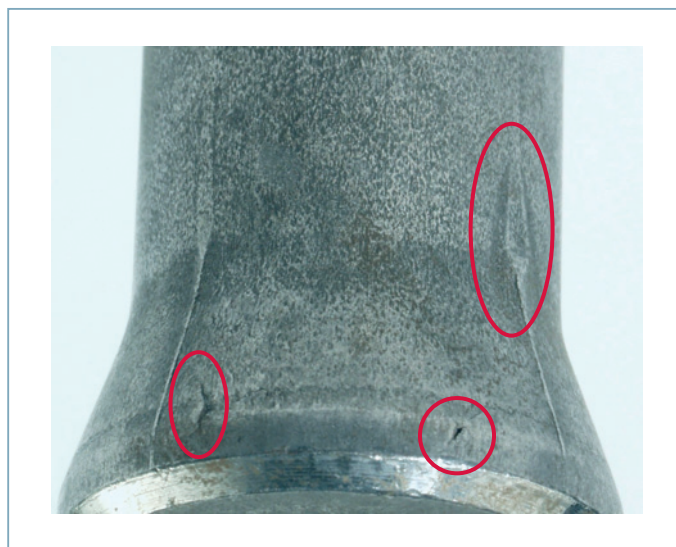
## Größe der kleinsten Beschädigung ermitteln

Mitarbeiter des Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, entwickelten zwei verschiedene Verfahren zur Oberflächenprüfung zylindrischer Teile.

Das erste Verfahren löst das Problem der Unterscheidung von Sollmerkmalen und Defekten. Dabei wird ein Flächenmodell für die Sollgeometrie aus den Messdaten von Gutteilen gewonnen. In dieses Flächenmodell werden die Messdaten eines geprüften Teils eingepasst und die Abweichungen ermittelt. Dies ermöglicht eine Prüfung auch dann, wenn kein CAD-Modell verfügbar ist (Bild 3). Die Variation der Sollmerkmale bestimmt den notwendigen



**Bild 1.** Der achtkantige Bereich des Kaltfließpresserteils ist auf mechanische Beschädigungen zu prüfen. Dabei muss zwischen den Sollmerkmalen (orange markiert) und den Defekten (rot markiert) unterschieden werden



**Bild 2.** Durch die ungleichmäßige Verfärbung können mechanische Fehler (rot markiert) visuell nicht sicher erkannt werden. Außerdem ist eine quantitative Beurteilung notwendig, da Abweichungen bis zu einer bestimmten Größe toleriert werden

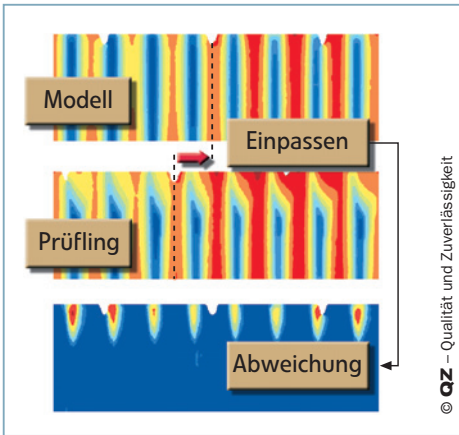
Messbereich der 3D-Erfassung. Aus dem Messbereich und der Auflösung des Messverfahrens lässt sich ermitteln, wie groß die kleinsten Beschädigungen sind, die noch sicher erkannt werden.

Variiert der Abstand der Oberfläche zur Rotationsachse z. B. zwischen 12 und 22 mm, wird ein radialer Messbereich von 10 mm benötigt. Beträgt die Auflösung des verwandten Messverfahrens 1/500 des Messbereichs, können Details bis zu einer Größe von 0,02 mm erkannt werden. Um sicher zwischen Gut- und Schlechteilen unterscheiden zu können, sollte die zu-

lässige Fehlertoleranz eine Größenordnung darüber liegen und etwa 0,2 mm betragen.

Für die modellbasierte Prüfung müssen die Messdaten so transformiert werden, dass sie mit dem Modell möglichst gut übereinstimmen. Dies ist sehr rechenaufwendig.

Daher wurde für rotationssymmetrische Oberflächen ein zweites, einfacheres Verfahren entwickelt, da sich kurzwellige Defekte durch Filterung sehr einfach von langwelligen Variationen in der Oberfläche unterscheiden lassen (Bild 4). ▷



**Bild 3.** Farbcodierte Darstellung der Abwicklung eines achtkantigen Bereiches eines Teils (Abweichung: blau gering, rot hoch)

Hierbei wurden nur die Pixelwerte der Profillinien eines Lichtschnittsensors ausgewertet. Auf dem Umfang wurden in diesem Fall 1000 Profillinien gemessen. Das Kalibrieren der Pixelwerte kann durch die Aufnahme eines Zylinders mit Defekten definierter Größe erfolgen.

Die 3D-Messdaten werden im Lichtschnittverfahren mit Objektdrehtisch erfasst. Dabei ermöglichen Bildsensoren mit integrierten Prozessoren, die eine parallele, zeilenweise Bildvorverarbeitung gestatten, die Realisierung schneller Lichtschnittsensoren.

In dieser Entwicklung wurde der Sensor IVP Ranger M50, Sick/Integrated Vision Products AB, Schweden, eingesetzt, der durch die langgestreckte Sensorfläche eine sehr gute Auflösung erreicht. Bei einem Winkel von ca. 45° zwischen der optischen Achse und der Laserebene und einem Subpixelalgorithmus mit 1/2-Pixelauflösung kann eine radiale Auflösung von 0,00046 Objekthöhe ≈ Objekthö-

he/2000 und ein radialer Messbereich von 0,47 Objekthöhe erreicht werden. Die Geschwindigkeit der Aufnahme hängt von der Stärke des Laserprojektors und der Absorption der Oberfläche ab. Bei hellen Oberflächen können 1000 Profillinien pro Sekunde gemessen werden. Durch den Einsatz von zwei Lasern lassen sich außerdem Hinterschnitte an Kavitäten reduzieren.

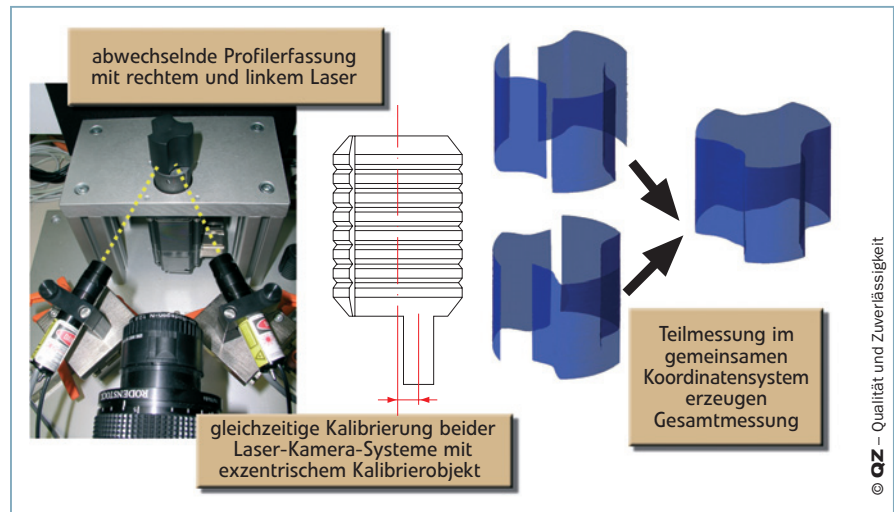
Um die ermittelten Profillinien in 3D-Punkte transformieren oder die Daten von Aufnahmen mit zwei Lasern zusammenführen zu können, wird eine Kalibrierung des Systems benötigt (Bild 5). Dafür entwickelte man am Fraunhofer IPA ein Verfahren, das ausschließlich die ermittelten Profillinien nutzt. Dazu wird ein zylindrisches Kalibrierobjekt verwendet, das exzentrisch gespannt wird und dessen Oberfläche bei ei-

ner Rotation den gewünschten Messbereich durchfährt. Rillen in der Oberfläche erzeugen eine Maßrepräsentation in Achsenrichtung.

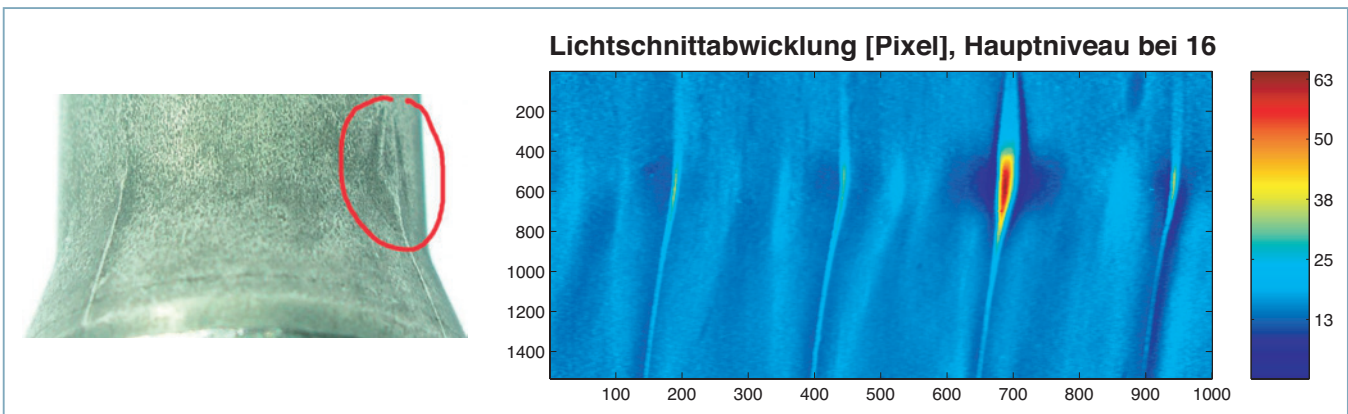
Die Modellgleichung eines exzentrisch rotierenden Kreises und die Pixelpositionen der Extremwerte ermöglichen das Berechnen der Radien und Winkel für einzelne Pixel. Durch Interpolation wird eine Kalibriertabelle für alle Pixel des Kalibrierbereiches erstellt. Verzeichnungsfehler durch das Objektiv und die geometrische Anordnung von IVP Ranger M50 und Laserprojektoren werden so gleichzeitig kalibriert. □

Thomas Dunker, Markus Hüttel

► **Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA**  
**T 07 11/970-1817**  
**Markus.Huettel@ipa.fraunhofer.de**  
**www.ipa.fraunhofer.de**



**Bild 5.** Durch das Verwenden zweier Laserprojektoren, die abwechselnd das Objekt beleuchten, können gleichzeitig zwei Messungen mit verschiedenen Hinterschnitten erzeugt werden, die sich gegenseitig ergänzen



**Bild 4.** Beispiel einer Oberfläche (links) mit einer ungleichmäßigen Textur. Durch 3D-Erfassung (rechts) werden die Umformnähte sehr gut sichtbar und können quantitativ in ihrer Ausprägung bewertet werden