



< Werkzeugmaschinen müssen mikrometergenau produzieren – und stoßen dabei an ihre Grenzen. Mit dem kabellosen 3D-Sensor HoloPort steht erstmals ein Sensor zur Verfügung, der direkt in der Werkzeugmaschine die Topographie von Bauteilen flächig und sub-mikrometergenau messen kann.

GRUPPE GEOMETRISCHE INLINE-MESSSYSTEME

Interferometrie in der Werkzeugmaschine

Präzisionsbauteile müssen auf wenige Mikrometer genau produziert werden. Moderne Bearbeitungsmaschinen kommen dabei an ihre Grenzen. Ein portabler optischer Sensor von Fraunhofer IPM sorgt für die notwendige Bauteilqualität: Der HoloPort-Sensor erfasst 3D-Strukturen flächig und mikrometergenau – direkt in der Werkzeugmaschine.

Präzisionsbauteile müssen häufig so genau gefertigt sein, dass selbst modernste Bearbeitungsmaschinen dies nicht immer zuverlässig liefern können. Allein geänderte Trajektorien, geringfügig abgenutzte Werkzeuge oder intern falsch kalibrierte Sensoren können schon zu Geometrien führen, die außerhalb der Spezifikation liegen. Das präzise Vermessen geschieht heute meist taktil mit Koordinatenmessmaschinen in separaten Messräumen. Das ist umständlich, langsam und nur in Stichproben möglich. Eine eventuell notwendige Nachbearbeitung erfordert ein erneutes Einrichten des Werkstücks in der Maschine. Der kabellose optische Sensor HoloPort von Fraunhofer IPM verspricht nun Abhilfe: Er misst die frisch bearbeitete Bauteiloberfläche flächig, direkt in der Werkzeugmaschine. Der Sensor ist so konzipiert, dass er zwischen zwei Bearbeitungsschritten wie ein Werkzeug von der Spindel gegriffen werden kann, um Oberflächendaten ohne neues Spannen berührungslos zu erfassen. Seine interferometrische Genauigkeit ermöglicht erstmals sogar die direkte Regelung der Werkzeugmaschine. Finanziert wurde die Entwicklung im Rahmen des Forschungsprojekts Holo-Cut durch die Baden-Württemberg Stiftung gGmbH.

100-Prozent-Qualitätskontrolle im Fertigungsprozess
HoloPort misst kontaktlos und hochpräzise und arbeitet dabei so schnell und robust, dass er direkt in die Werkzeugmaschine integriert werden kann. Das Werkstück bleibt eingerichtet und die Messwerte können direkt in eine Regelschleife zur Nachbearbeitung einfließen. HoloPort ermöglicht somit erstmals eine echte 100-Prozent-Qualitätskontrolle im Fertigungsprozess. Der Sensor nutzt die Digitale Mehrwellenlängen-Holographie zur 3D-Inline-Vermessung und ist axial nicht größer als ein Standard-Fräswerkzeug. Er besitzt einen integrierten Energiespeicher und erlaubt eine vollständig kabellose Ansteuerung und Auswertung. Hierfür wurden die für die Digitale Mehrwellenlängen-Holographie benötigten frequenzstabilisierten Laser sowie die Signalerzeugung und -auswertung direkt in den kompakten Sensorkopf integriert.

Das System erfasst die Topographie selbst rauer Objekt-oberflächen mit interferometrischer Genauigkeit. So lassen sich Fräsparameter, Frästrajektorie oder die Abnutzung der Werkzeuge per Regelschleife überwachen und optimieren. In Sekundenbruchteilen stehen alle relevanten Maße und Oberflächenparameter zur Verfügung. Die Reproduzierbarkeit der Höhenmesswerte ist dabei besser als ein Mikrometer. Durch die Prüfung in Echtzeit lässt sich einerseits die Ferti-

Bei der **DIGITALEN MEHRWELLENLÄNGEN-HOLOGRAPHIE** wird neben der beim Foto üblichen räumlichen Intensitätsverteilung des Lichts zusätzlich auch die Phaseninformation des Lichts erfasst. Voraussetzung hierfür ist eine kohärente Lichtquelle – typischerweise ein Laser. Wird die Oberfläche eines Prüflings mit Laserlicht beleuchtet, ist in der Phasenverteilung der rückgestreuten Lichtwelle die Form des Prüflings gespeichert. Durch die interferometrische Aufzeichnung und anschließende digitale Rekonstruktion wird diese Information zugänglich und genutzt, um Oberflächen dreidimensional zu vermessen. Das Grundprinzip der Holographie geht auf eine Erfindung von Dennis Gabor aus dem Jahr 1948 zurück, für die er 1971 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde.

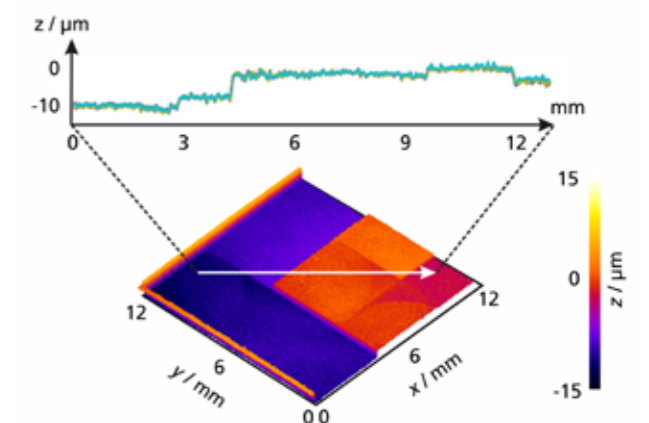
gung überwachen, andererseits aber auch die Qualität jedes einzelnen Werkstücks zu 100 Prozent garantieren. Ein weiterer Pluspunkt von HoloPort ist die kostengünstige Integration in bestehende Fertigungsprozesse: Durch den Einsatz direkt in der Werkzeugmaschine entfallen kostspielige Handling-Prozesse nahezu vollständig.

Topographieanalyse in Echtzeit

Die Abbildung rechts zeigt am Beispiel eines Gehäusedeckels, mit welcher hoher Genauigkeit HoloPort sowohl die Tiefe als auch die Oberflächenrauheit einzelner Frässpuren flächig erfasst. Üblicherweise werden zur Oberflächencharakterisierung und damit zur Prüfung des Fräsergebnisses 2D-Profileschnitte herangezogen. Ein solcher 2D-Schnitt beschreibt Oberflächen jedoch nur sehr begrenzt und reicht z. B. nicht aus, um Riefen oder zufällige Strukturelemente zu charakterisieren. Die 2D-Oberflächenauswertung ist in diversen Normen abgebildet (ISO 3274, ISO 11562, ISO 13565-1, ISO 4287, ISO 4288, ISO 1365-2). Der HoloPort-Sensor bietet die Möglichkeit, die gemessene Oberflächentopographie flächig auszuwerten, wodurch eine funktions- und strukturorientierte 3D-Auswertung der Oberfläche nach Normenreihe EN ISO 25178 ermöglicht wird. Darin werden unter anderem die in der Praxis etablierten 2D-Kenngrößen Ra, Rq und Rz auf ihre entsprechenden 3D-Kenngrößen Sa, Sq und Sz übertragen.

Automatisierte Inline-Inspektion

Der portable Sensorkopf HoloPort kann in vielen Fertigungslinien zum entscheidenden Baustein werden, um die Inline-Inspektion hochpräziser Bauteile vollständig automatisieren zu können. Durch den Wegfall komplizierter Handling-Verfahren bietet der Sensor zudem enorme Kostenvorteile: Der Sensor ist so konzipiert, dass er in der Werkzeugmaschine wie ein Werkzeug von der Spindel gegriffen werden kann. Das senkt unterm Strich die Prüfkosten für den Gesamtprozess.



Der HoloPort-Sensor erfasst die Oberfläche und Tiefe von Fräsbahnen flächig. Ein Linienschnitt über zehn Messungen der Oberflächendaten verdeutlicht die Messgenauigkeit.