

Digitale Holographie - Bildgebende Koordinatenmesstechnik der Zukunft

Dr. Alexander Bertz, Fraunhofer IPM

Zusammenfassung:

Die Stichprobenprüfung im Messraum ist bis heute Standard bei vielen Produkten, bei denen höchste Präzision entscheidend ist. Koordinatenmessgeräte mit taktil messenden Tastköpfen sind seit mehreren Jahrzehnten in der Qualitätssicherung der Automobil- und Luftfahrtindustrie etabliert. Die Verbreitung neuer Fertigungsverfahren - wie beispielsweise der additiven Fertigung - führt heute zu einem Wandel der Ansprüche an die Qualitätssicherung – und damit der Messtechnik. Die Messaufgaben werden komplexer, gleichzeitig werden jedoch immer geringere Messzeiten und höhere Prüfquoten gefordert.

Bildgebende, optische Messmethoden bieten mehr Flexibilität, höhere Messgeschwindigkeiten und die Möglichkeit zur flächigen Vermessung. Das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM hat dabei in den letzten Jahren gezeigt, dass insbesondere die digitale Holographie ein überlegenes Potential bietet. So werden bei einer Samplingrate von ≥ 100 Mio. Punkte/s (flächig gemessen) selbst unter Produktionsbedingungen Einzelpunkt wiederholgenauigkeiten deutlich besser als $1\ \mu\text{m}$ erreicht.

Die Technologie beruht auf dem Prinzip der Interferometrie: Laserlicht wird in eine Objekt- und eine Referenzwelle aufgeteilt. Während die Objektwelle an der zu vermessenden Oberfläche gestreut wird, durchläuft die Referenzwelle einen genau definierten optischen Pfad innerhalb des Sensors. Auf einer Kamera werden Objekt- und Referenzwelle zur Überlagerung gebracht. Das entstehende Interferenzmuster trägt die Höheninformation des Prüflings in sich. Mit geeigneten numerischen Methoden kann schon heute in Sekundenbruchteilen die Form einer technischen Oberfläche aus diesem Interferenzmuster berechnet werden. Benötigt wird ein Lasersystem, das nacheinander Licht verschiedener Wellenlängen mit sehr definierter Frequenzänderung emittiert. Dadurch können bei der Rekonstruktion rein numerisch verschiedene synthetische Wellenlängen generiert werden, sodass gleichzeitig eindeutige Messbereiche im Zentimeterbereich und Genauigkeiten im Sub-Mikrometerbereich möglich sind. Hier profitiert die klassische Holographie von der Digitalisierung der Objektrekonstruktion, ohne die eine Vermessung rauer, technischer Oberflächen aufgrund des Speckle-Rauschens gar nicht möglich wäre.

Durch die Kenntnis sowohl der Intensität als auch der Phase der Objektwelle, kann auch ihre Ausbreitung im Raum numerisch berechnet werden. Dadurch ist es zusätzlich auch möglich, eine Oberfläche zu vermessen, wenn diese optisch nicht scharf auf den Kamerachip abgebildet wurde.

Aufgrund der hohen, erreichbaren Genauigkeit – vergleichbar und teils besser als gängige Koordinatenmessgeräte – hat die digitale Holographie beste Voraussetzungen, um sich als neue, bildgebende Basistechnologie der dimensionellen Messtechnik zu etablieren.

Der Vortrag gibt eine kurze Einführung in die digitale Holographie und präsentiert den aktuellen Stand digital-holographischer Sensorik für die industrielle Qualitätssicherung.