

Automotoren sollen einen geringen Verbrauch aufweisen und wenig Schadstoffe ausstoßen, dabei aber eine ausreichende Leistung und ein hohes Fahrvergnügen bieten. Alle Komponenten müssen dazu optimal zusammenspielen, was wiederum die Einhaltung niedriger Formtoleranzen für die einzelnen Funktionsbauteile erfordert. Dies bedeutet für den Hersteller, dass in der Qualitätssicherung die Einhaltung dieser engen Toleranzen gewährleistet sein muss, um spätere Reklamationen oder gar Rückrufaktionen zu vermeiden. www.topmap.de

Funktion durch Präzision

Einsatz und Standardisierung optischer Methoden zur Oberflächencharakterisierung in der Industrie

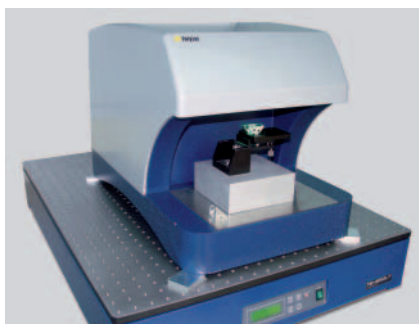


Bild 1: TopMap Metro.Lab Weißlicht-Interferometer



Bild 2: TopMap In.Line Weißlicht-Interferometer

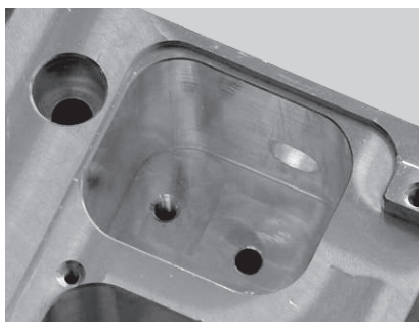
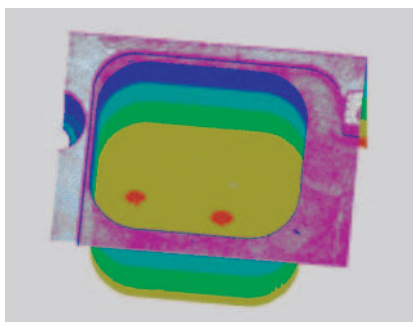


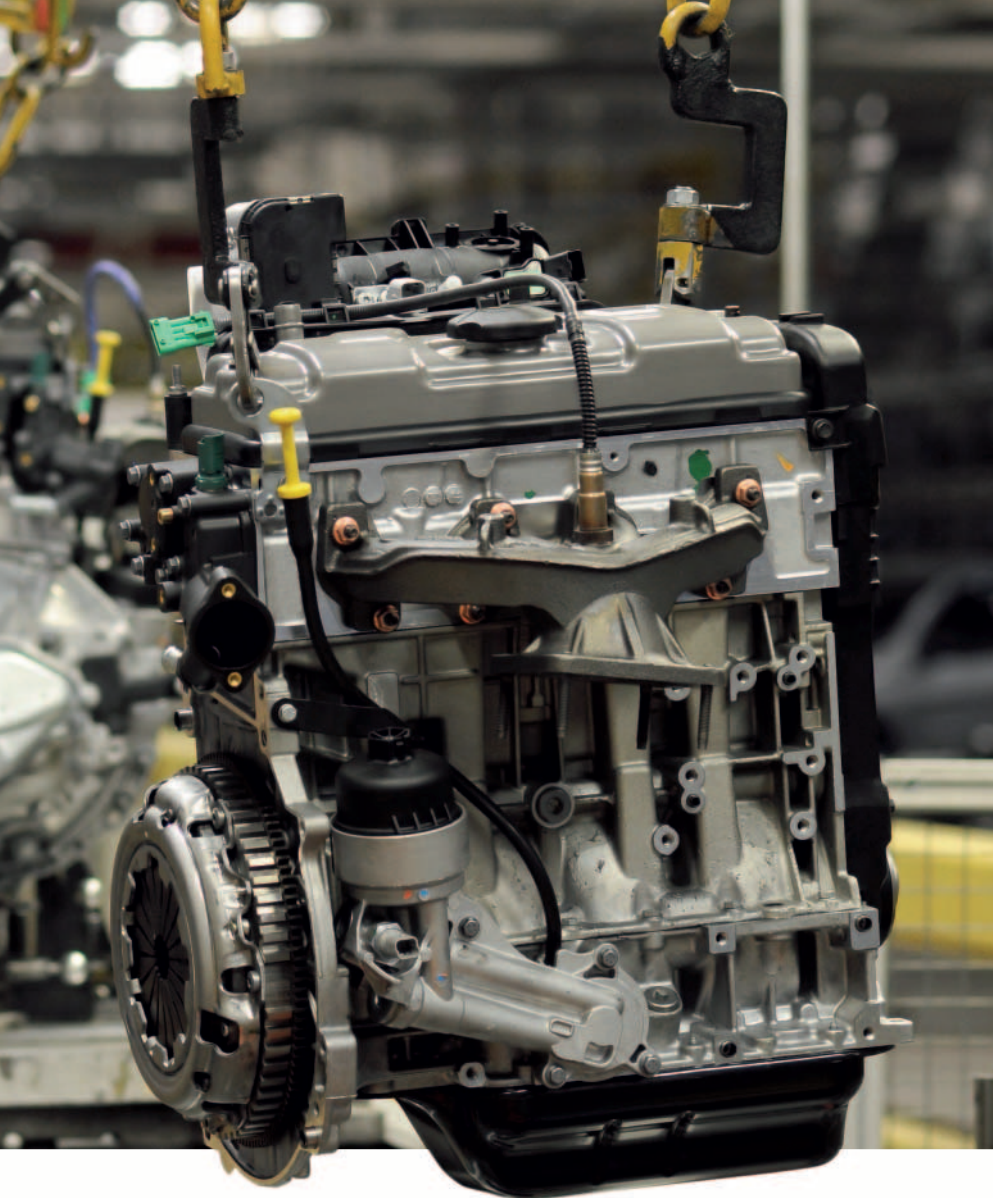
Bild 3: Messung an einem Werkstück mit unterschiedlich tief liegenden Flächen



Für die Oberflächencharakterisierung sind somit Messgeräte mit kleinen Messunsicherheiten sowie guter Wiederholbarkeit und Vergleichspräzision gefordert. Tastende Messverfahren setzt man seit langem für solche Aufgaben ein. Die Toleranzen werden dabei entweder anhand einzelner Stützpunkte oder durch Linienscans überprüft. Reine Linienprofile sind hier aber häufig nicht ausreichend: Für die Bestimmung von Ebenheiten oder Parallelitäten zum Beispiel muss die komplette Fläche betrachtet werden. Um die Flächentopographie mit Tastverfahren zu bestimmen, werden viele parallele Linienprofile aufgenommen und zu einer Fläche zusammengesetzt. Diese Messungen sind sehr zeitaufwändig, was in der Qualitätssicherung häufig nicht akzeptabel ist. Schnelle optische Messmethoden werden daher mittlerweile verstärkt eingesetzt.

Hohe vertikale Präzision auch bei großem lateralem Gesichtsfeld

Die Ebenheit wird meist für mehrere einzelne Flächen bestimmt, wobei sich



die interessierende Fläche auch in einer Bohrung befinden kann. Bei der Weißlicht-Interferometrie ist die Messunsicherheit in vertikaler Richtung unabhängig vom lateralen Gesichtsfeld, daher können damit auch größere Flächen mit hoher vertikaler Auflösung vermessen werden. Mit der TopMap Weißlichtinterferometer-Serie hat Polytec für diese Messaufgabe Systeme mit einem guten Preis-/Leistungsverhältnis entwickelt, welche beispielsweise Ebenheiten, Parallelitäten und Stufenhöhen schnell und zuverlässig bestimmen können. Das TopMap MetroLab (Bild 1) ist vorrangig für die Stichprobenkontrolle im Labor entwickelt worden. Das TopMap In.Line (Bild 2) ist auch in die Linie integrierbar.

Messungen von Ebenheit und Parallelität in der Qualitätssicherung

Bei dem hier beispielhaft vorgestellten Werkstück sollen zwei Flächen auf Ebenheit und Parallelität überprüft werden, wobei eine der Fläche 50 mm tiefer liegt (Bild 3). Das TopMap MetroLab Weiß-

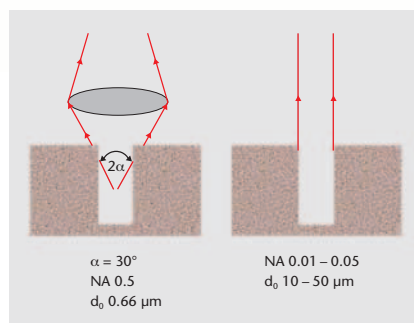


Bild 4: Mikroskopischer (l) und telezentrischer (r) Strahlengang

lichtinterferometer ist mit seinem vertikalen Scanbereich von 70 mm ideal für solche Messaufgaben geeignet. Das Gerät besitzt einen telezentrischen Strahlengang, was bedeutet, dass der Lichtstrahl zum Objekt geradezu parallel verläuft (Bild 4). Im Gegensatz zu einem Mikroskop mit seinem kegelförmigen Strahlverlauf treten hier keine Abschattungen auf. Somit erreicht der Lichtstrahl auch tiefliegende Flächen. Die Oberfläche der zu vermessenden Werkstücke kann glatt

oder rau, dunkel oder hell, spiegelnd oder lichtstreuend sein. Ein spezieller Mess- und Auswertalgorithmus (Smart Surface Scanning) sorgt selbst dann für gute Ergebnisse, wenn die Oberfläche lokal sehr unterschiedlich beschaffen ist. Die Messdauer ist abhängig von der Aufgabenstellung und liegt typischerweise innerhalb von wenigen Sekunden.

Durch ein spezielles Add-In können Routinemessungen auch einfach automatisiert und die erforderlichen Daten für eine Gut-/Schlecht-Analyse oder für eine externe Qualitätssicherungssoftware gewonnen werden. Für Serienmessungen lässt sich auch eine Palette zur automatischen Zuführung und Messung der Werkstücke installieren. Soll die Messung statt in einem Messraum unter rauen Produktionsbedingungen stattfinden, bietet Polytec eine staubfreie und schwingungs-isolierte Messstation an (Bild 5). Die mit den Weißlichtinterferometern erzielbaren schnellen Messzeiten erlauben auch den Einbau in der Linie, wie es zum Beispiel schon in der Produktion von Präzisionsteilen für den Antriebsstrang in der Automobilindustrie oder in der Halbleiterfertigung realisiert wurde, um nur zwei Beispiele zu nennen.

Bild 5: Messstation für TopMap Weißlicht-Interferometer



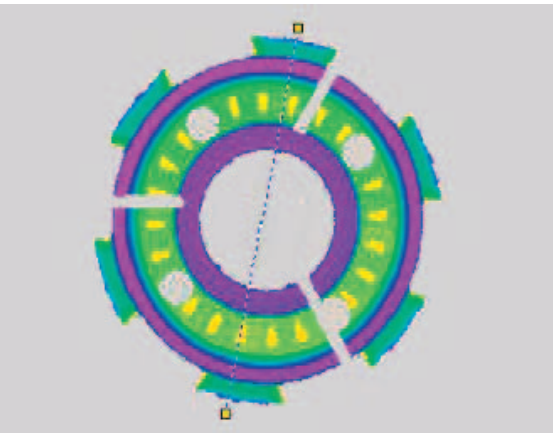


Bild 6: Stoßdämpfer-Bauteil mit mehreren Ringflächen

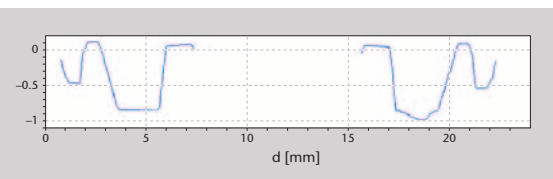


Bild 7: gemessenes Stufenprofil des Bauteils in Bild 6 entlang der gestrichelten Linie

Rückführbarkeit, Wiederhol- und Vergleichspräzision

Die internationale Standardisierung ist für optische Messmethoden noch nicht so weit fortgeschritten wie bei den lange etablierten tastenden Messverfahren. Der ISO 25178-604-Entwurf behandelt zwar Weißlicht-Interferometer im Allgemeinen, die speziellen Fragestellungen von telezentrischen Systemen werden im Entwurf jedoch nicht behandelt. Wesentlich ausführlicher wird die VDI/VDE-Richtlinie 2655 Blatt 1.3 dieses Thema behandeln. In Zusammenarbeit mit der PTB und anderen Instituten hat Polytec hier Vorarbeit geleistet. Auf der SPIE-Konferenz Photonics Europe im Frühjahr 2010 wurden die Kalibrierung und die Unsicherheitsbestimmung vorgestellt und diskutiert [1].

Eine Fragestellung liegt im Nachweis der erreichbaren Messunsicherheiten im Nanometerbereich über den gesamten vertikalen Scanbereich. Die von Polytec entwickelte Werkkalibrierung hat mitt-

Typische Ebenheitsmessungen ¹⁾				
Abtastschrittweite	Nominelle Abtastschrittweite		Schnelle Abtastung	
	Glatte Oberflächen ²⁾	Raue Oberflächen ³⁾	Glatte Oberflächen ²⁾	Raue Oberflächen ³⁾
Ebenheitsabweichung	10 nm	65 nm	12,5 nm	75 nm
Wiederholpräzision Ebenheitsmessung	0,75 nm	3,5 nm	1,25 nm	5,5 nm
Mittlere Ebenheitsabweichung	10 nm	65 nm	12,5 nm	75 nm

¹⁾ Gerundete Werte der aus empirischen Messdaten und einer statistischen Auswertung ermittelten Abweichung der gemessenen Ebenheit für verschiedene TMS-300 Geräte bei verschiedenen Abtastschrittweiten für die beiden Auswerteverfahren. (Messung an einem Planspiegel (95 % des maximalen Messfeldes, Interferenzkontrast ≈ 1)

²⁾ Auswertung Korrelogramm-Phase

³⁾ Auswertung Korrelogramm-Hüllkurve

Tab. 1: Spezifikationen für Ebenheitsmessungen mit dem TopMap In.Line

lerweile auch die Zustimmung der Fachwelt erhalten. Dies versetzt Polytec in die Lage, Spezifikationswerte wesentlich detaillierter anzugeben, als dies im Markt üblich ist (Tabelle 1). Weitere Werte für das TopMap In.Line (Spezifikationen für die vertikale Auflösung, Genauigkeiten für Messungen von Stufenhöhen an einem Normstück sowie die bei Wiederhol- und Vergleichspräzisionsmessungen erreichten Werte) finden sich im TopMap In.Line Datenblatt unter www.topmap.de. Obwohl der Nachweis der Messmittelfähigkeit letztendlich am konkreten Werkstück getätigt werden muss, geben diese Zahlen doch einen starken Hinweis auf die Leistungsfähigkeit des Gerätes auch im Hinblick auf die individuelle Messaufgabe.

Beispiel

Die Stärke der Weißlicht-Interferometrie liegt besonders bei der Vermessung von Werkstücken, die mit tastenden Messsystemen nur sehr schwer reproduzierbar charakterisiert werden können. Ein Beispiel kann dies verdeutlichen: Das in Bild 6 gezeigte Bauteil (Stoßdämpfer) besitzt zum Beispiel mehrere Ringflächen, bei denen eine Fläche sogar noch geneigt ist. Taktile Messsysteme erreichten nicht die geforderten Ergebnisse für die Messmittelfähigkeit. Die ganzflächige Vermessung mit Hilfe der Weißlicht-Interferometrie erlaubte jedoch eine automatisierte Aus-

wertung, welche die Flächen selbstständig erkennt und auf reproduzierbare Weise auswertet. Dadurch konnte eine sehr hohe Vergleichspräzision erreicht werden. Dies gilt auch für die Vermessung der Stufenhöhen zwischen den einzelnen Flächen, die bei diesem Werkstück ebenfalls überprüft werden (Bild 7).

Literatur

S. Boedecker^a, W. Bauer^a, R. Krüger-Sehm^b, P.H. Lehmann^c, C. Rembe^a: Comparability and uncertainty of shape measurements with white-light interferometers. SPIE Conference Photonics Europe, 12. – 16. April 2010, Brussels

^a Polytec GmbH, Waldbronn; ^b Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig; ^c FB16, Metrology, University of Kassel

Autor - Kontakt

Wilfried Bauer, Polytec GmbH
oms@polytec.de

Mehr Info: www.topmap.de