

Tilted Wave Interferometer – Entwicklung und Messergebnisse

Jens Siepmann*, Markus Lotz*, Goran Baer**, Gernot Blobel***

*Mahr GmbH, Jena

**Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

***Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

<mailto:jens.siepmann@mahr.de>

Mit der am Institut für Technische Optik der Universität Stuttgart entwickelten Tilted Wave Interferometrie können bisherige Limitierungen bei der Messung von Asphären und Freiformen umgangen werden. Ausgehend von diesem Messprinzip hat Mahr einen Interferometerprototypen entwickelt. Erste Messergebnisse werden vorgestellt.

1 Einleitung

Die Tilted Wave Interferometrie ist ein neuartiges, patentiertes Verfahren zur Vermessung von Asphären und Freiformflächen [1]. Im Folgenden wird neben dem Messprinzip ein erster Prototyp (Abb. 1) mit einigen beispielhaften Messergebnissen vorgestellt.



Abb. 1 Prototyp TWI 60

2 Messprinzip

Der TWI-Aufbau (Abb. 2) ähnelt prinzipiell einem phasenschiebenden Twyman-Green Interferometer. Der wesentliche Unterschied ist die Beleuchtung des Prüflings durch mehrere hundert im Feld verschobene Lichtquellen mit Hilfe eines Punktlichtquellenarrays (PLQA). Jede lokale Prüflingskrümmung wird durch mindestens eine der so erzeugten, zueinander verkippten, Wellenfronten kompensiert. Die räumliche Trennung der entstehenden Interferogramme wird durch eine Interferometerblende ermöglicht, welche gleichzeitig sicherstellt, dass nur Streifendichten ausgewertet

werden welche, dem Nyquist-Kriterium genügen. Eine verfahrbare Arrayblende vor dem PLQA, welche nur jede vierte Quelle gleichzeitig öffnet, ermöglicht eine Überschneidung der Auswertebereiche auf dem Prüfling bei gleichzeitiger Trennung der Interferogramme in den Kamerabildern. Eine vollständige Messung aller Arraypositionen dauert etwa 30 Sekunden. Der Prüfling muss während der Messung nicht bewegt werden.

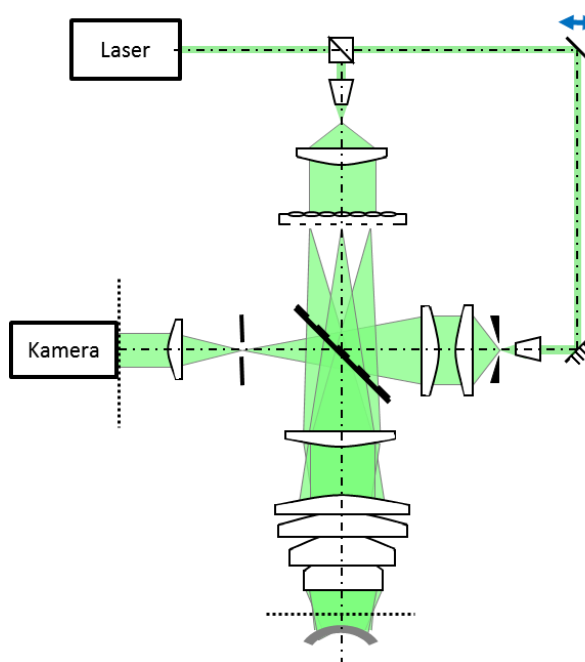


Abb. 2 Messaufbau (schematisch)

Die räumliche Trennung von Prüf- und Referenzwelle sowie die Abweichung von einer Nulltest-Konfiguration und die Verwendung von Prüfwellen außerhalb der optischen Achse erfordern eine genaue Kenntnis der durch das Interferometer verursachten Aberrationen zur Auswertung der Messungen. Dazu werden Wellenfronten im Interferometer vom PLQA in den Prüfraum und vom Prüfraum zur Kamera jeweils durch Zernike-Polynome beschrieben und mit verschiedenen bekannten Kalibrierobjekten eingemessen.

Mit einer gültigen Beschreibung des Interferometers können durch den Prüfling verursachte Aberrationen identifiziert werden und mit Hilfe eines zweistufigen Verfahrens auf eine Formabweichung zurückgeführt werden. Dieses Verfahren besteht aus der Lösung eines inversen Problems bei Variation der polynomialen Beschreibung des Prüflings [2] und einer punktweisen Projektion des Restfehlers auf die Prüflingsfläche durch Raytracing [3].

3 Messergebnisse

Zur Demonstration der Flexibilität des Verfahrens wurden beispielhaft eine Katalogsphäre (Abb. 3) und eine anspruchsvolle Testasphäre (Abb. 4) gemessen.

	A50-40	A5
Clear Aperture	46mm	50mm
Best-Fit Radius	33.7mm	40.8mm
Best-Fit Deviation	330µm	600µm
Slope Deviation	4°	8°

Tab. 1 Spezifikation Testasphären

Die Messergebnisse in Abb. 3 und 4 zeigen jeweils die Abweichung zur nominellen Prüflingsfläche abzüglich der Zernike-Anteile für Tilt und Defokus.

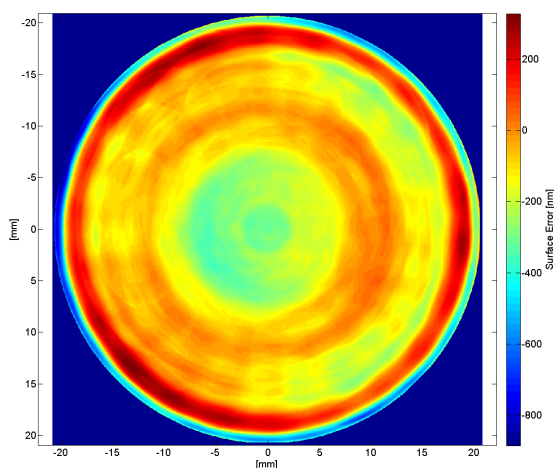


Abb. 3 Messergebnis A50-40

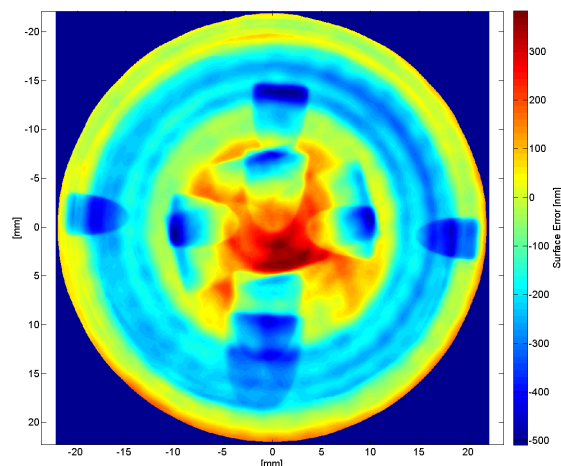


Abb. 4 Messergebnis A5

4 Fazit

Die Beispielmessungen zeigen die Eignung des Tilted-Wave Verfahrens zur flexiblen Messung optischer Flächen. Mit einer sehr geringen Messzeit und ohne Verwendung aufwändiger Nulloptiken konnten verschiedenartige Messobjekte mit gleichbleibend hoher lateraler Auflösung und Messgenauigkeit vermessen werden.

Robustheit und Industrietauglichkeit des Verfahrens wurden durch die Durchführung aller Messungen an einem industrienahen Prototypen demonstriert.

Danksagung

Wir danken dem EMRP für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten im Projekt »Optical and tactile metrology for absolute form characterization«. Das EMRP wird von den im EMRP teilnehmenden Staaten innerhalb von EURAMET und der Europäischen Union gemeinschaftlich gefördert.

Literatur

- [1] J. Liesener, E. Garbusi, C. Pruss, W. Osten: Patent DE 10 2006 057 606 A1, 2006
- [2] E. Garbusi, W. Osten, „Perturbation methods in optics: application to the interferometric measurement of surfaces“, J. Opt. Soc. Am. A 26 (12), 2538-2549 (2009).
- [3] G. Baer, J. Schindler, J. Siepmann, C. Pruss W. Osten, M. Schulz, „Measurement of aspheres and free-form surfaces in a non-null test interferometer: Reconstruction of high-frequency errors“, Proceedings SPIE, vol. 8788-43, 2013