

# Flexibler Asphärentest mit Membranspiegeln: Wellenfrontskalierung durch Mehrfachreflexion

David Hopp, Christof Pruss, Wolfgang Osten

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

<mailto:hopp@ito.uni-stuttgart.de>

Für die interferometrische flächenhafte Messung an asphärischen Prüflingen wurde ein Aufbau im Nicht-Nulltest realisiert. Ein adaptiver Membranspiegel erzeugt eine asphärische Referenzwellenfront, welche zusätzlich durch Mehrfachreflexion skaliert wird.

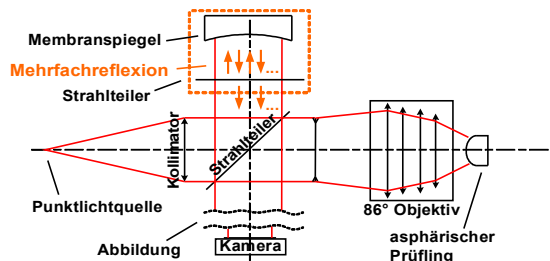
## 1 Einführung

Für die interferometrische Asphärenprüfung muss die Wellenfront im Interferometer an die zu vermessende Oberfläche angepasst werden, um zu hohe Streifendichten und damit ein Überschreiten der Auflösungsgrenze zu vermeiden. Ein verbreitetes Verfahren ist der Nulltest mit individuell angefertigten CGHs, was jedoch unflexibel und damit kosten- und zeitintensiv ist.

Zur flexiblen Generierung einer asphärischen Wellenfront kann ein computergesteuerter, adaptiver Membranspiegel eingesetzt werden. Vorteilhaft für die Wellenfrontformung ist dessen stetige Oberfläche sowie die schnelle Ansteuerung. Die geringe Dynamik der Membran von wenigen zehn Mikrometern lässt allerdings nur entsprechend geringe Asphäritäten der reflektierten Wellenfronten zu. Im Folgenden wird eine Methode zur Verstärkung dieser asphärischen Verformung mittels Wellenfrontskalierung durch Mehrfachreflexion vorgestellt.

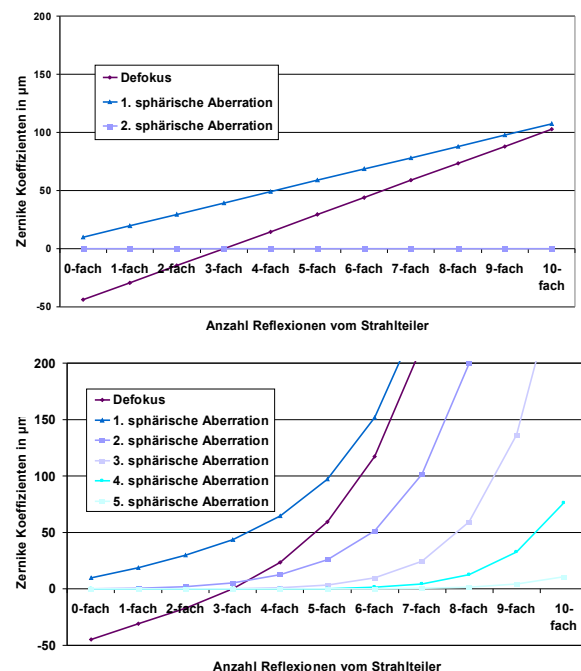
## 2 Membranspiegel in Mehrfachreflexion

In den Referenzarm eines Twyman-Green-Interferometers wurde ein Membranspiegel mit 50 mm Durchmesser sowie ein Strahlteiler integriert (Abb. 1). Diese beiden Elemente erzeugen



**Abb. 1** Interferometeraufbau: vignettierungsfreie Abbildung des Prüflings im Nicht-Nulltest; Membranspiegel in Mehrfachreflexion im Referenzstrahlengang

Mehrfachreflexionen und erreichen damit die sukzessive Skalierung einer asphärischen Wellenfront. Eine Simulation der rotationssymmetrischen Aberrationen über der Anzahl der Mehrfachreflexionen zeigt die zu erwartende Skalierung speziell der ersten sphärischen Aberration (Abb. 2). Durch gezieltes Einstellen der Beleuchtungsdivergenz wird der Defokusterm für eine gewünschte Anzahl von Reflexionen kompensiert.

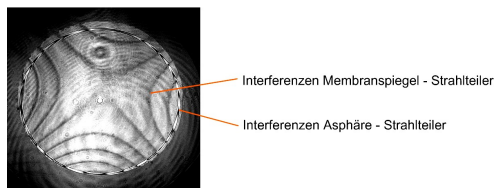


**Abb. 2** Simulation der Skalierung der Wellenfrontaberrationen bei angesteuertem Membranspiegel optimiert für 3-fache Reflexion: oben: kein Abstand zwischen Strahlteiler und Membranspiegel; unten: mit Abstand 50 mm. Messungen mit planem Referenzspiegel.

## 3 Selektion durch kurzkohärente Lichtquelle

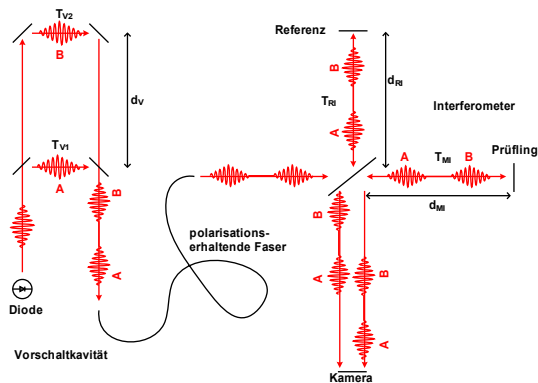
Aufgrund der Mehrfachreflexion entstehen bei kohärenter Beleuchtung (Abb. 3) überlagerte Interferenzmuster. Um einzelne Reflexionen gezielt zu

selektieren, wird eine kurzkohärente Lichtquelle in Form einer Superlumineszenzdiode eingesetzt.



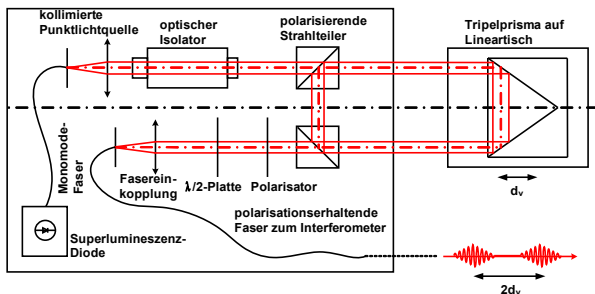
**Abb. 3** überlagerte Interferenzmuster bei kohärenter HeNe-Beleuchtung

Durch Aufteilung des kurzkohärenten Lichtes in zwei unterschiedlich lange optische Lichtwege innerhalb einer Vorschaltkavität wird die optische Wegdifferenz der Interferometerarme kompensiert. Wie in Abb. 4 schematisch dargestellt, kann so die Interferenz zwischen zwei ausgewählten Reflexionen eingestellt werden.



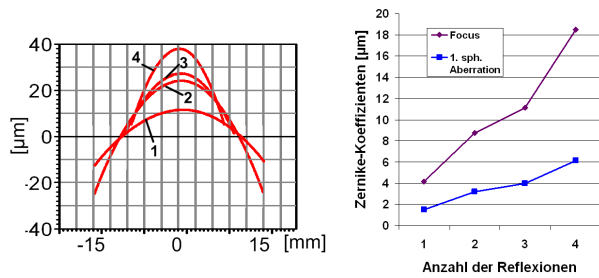
**Abb. 4** Lichtwege der kurzkohärenten Wellenzüge im System aus Vorschaltkavität und Interferometer

Die Selektion einer gewünschten Anzahl von Reflexionen findet über die Variation von  $d_v$  in der in Abb. 5 schematisch dargestellten Vorschaltkavität statt. Hierfür wird ein auf einer motorisierten Linearrachse montiertes Tripelprisma verfahren. Die so erzeugten Wellenzüge gelangen über eine polarisationserhaltende Faser zum Interferometer.



**Abb. 5** Aufbau der Vorschaltkavität mit kurzkohärenter Lichtquelle zur Einstellung der optischen Wegdifferenz sowie des Intensitätsverhältnisses

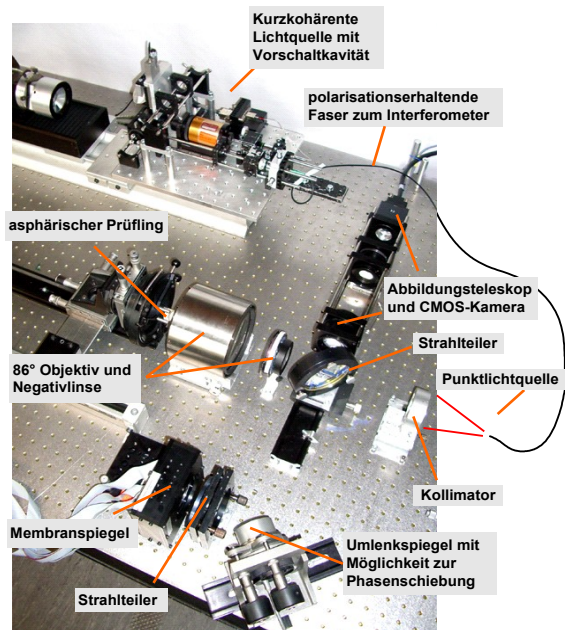
Abb. 6 zeigt Messungen an einer durch Mehrfachreflexion skalierten Wellenfront.



**Abb. 6** sukzessive Skalierung eines Defokusterns durch schrittweise Erhöhung der Anzahl von Mehrfachreflexionen; Die interferometrischen Messungen erfolgten gegen eine plane Referenzwelle.

#### 4 Zusammenfassung

Durch Einsatz eines adaptiven Membranspiegels in einem Aufbau zur Mehrfachreflexion (Abb. 7) konnte die Skalierung von asphärischen Wellenfronten erreicht werden. Durch inkohärente Lichtanteile nimmt der Kontrast für höhere Anzahlen von Reflexionen stetig ab. Dem kann durch eine polarisationsoptische Optimierung entgegengewirkt werden.



**Abb. 7** Laboraufbau mit Vorschaltkavität und Interferometer

Vielen Dank der Landesstiftung Baden-Württemberg für die Förderung dieser Arbeiten.

#### Literatur

- [1] C. Pruß, H.J. Tiziani: „Dynamic null lens for aspheric testing using a membrane mirror.“ *Optics Communications*, 233 15-19, 2004
- [2] G.V. Vdovin: „Adaptive mirror micromachined in silicon.“ Dissertation, ISBN 90-407-1319-7, Delft, 1996