

Ein praktischer Interferometer-Aufbau zur Vermessung von Parabolspiegeln

Harald Babucke*, Tobias Trick**,**

*Studiengang Optoelektronik/Lasertechnik, Hochschule Aalen

**SIDLER Automotive, Tübingen

<mailto:Harald.Babucke@htw-aalen.de>

Um die Abweichung eines Astro-Spiegels vom idealen Paraboloid zu bestimmen, verwenden wir ein Fizeau-Interferometer mit sphärischer Bezugsfläche und einen Mittenloch-Planspiegel zur Autokollimation. Durch Mittelung der bei verschiedenen Drehwinkeln bestimmten Interferogramme werden Fehler des Parabolspiegels von denen des Planspiegels getrennt.

1 Ziel

Ein idealer Parabolspiegel hat einen parabolischen Querschnitt, reale Spiegel weichen davon ab. Wie groß sind diese Abweichungen? Diese Frage interessiert viele Teleskopbenutzer und jeden, der einen Spiegel selbst herstellt.

Unser Ziel ist die Vermessung von Parabolspiegeln für astronomische Teleskope. Die Genauigkeit der gemessenen Wellenfront sollte bei etwa $\lambda/10$ liegen.

2 Problem

Die Vermessung eines Parabolspiegels mit einem Fizeau-Interferometer ist mit einem konventionellen Aufbau nicht möglich, da es schwierig ist, eine parabolische Referenzfläche herzustellen.

3 Lösung: Autokollimation

Es wird ein Aufbau in Autokollimation genutzt mit einem ebenen Lochspiegel im gemeinsamen Fokus von Parabolspiegel und Interferometer-Referenzfläche (s. Abb. 1 und Abb. 2).

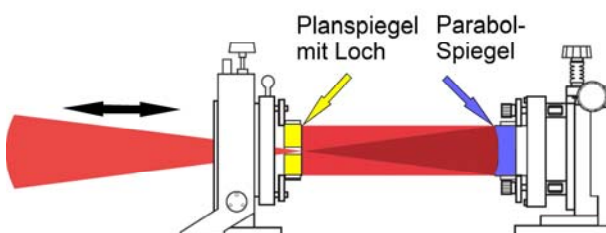


Abb. 1 Autokollimation: Planspiegel im Brennpunkt des Parabolspiegels. Die links vom nicht dargestellten Fizeau-Interferometer kommende sphärische Welle geht durch die Bohrung des Planspiegels auf den Parabolspiegel und wird zu einer ebenen Welle. Diese wird am Planspiegel reflektiert und durch den Parabolspiegel wieder zur sphärischen Welle, die durch die Bohrung des Planspiegels zum Interferometer gelangt.

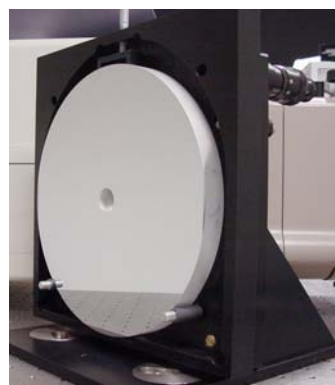


Abb. 2 Der Planspiegel mit einem Durchmesser von 230 mm in seiner Justier-Halterung.

4 Auswertung der Interferogramme

Die Interferogramme enthalten neben den gesuchten Abweichungen des Parabolspiegels auch die des Planspiegels. Nach [1] lassen sich diese aber trennen, wenn man den Parabolspiegel z.B. fünfmal um jeweils 60° um seine optische Achse dreht und die Interferogramme geschickt mittelt. Die Methode erlaubte es uns, Parabolspiegel zu vermessen, deren Oberflächenfehler etwa $1/7$ der Wellenlänge betragen.

5 Ergebnisse

Die Mittelungen aus sechs interferometrischen Messungen nach sukzessivem Drehen des Parabolspiegels sind in den Abbildungen 3 bis 8 dargestellt.

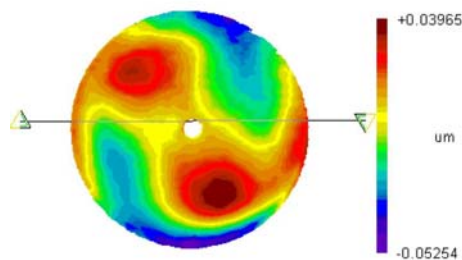


Abb. 3 Höhenprofil des Fehlers des Parabolspiegels (peak-to-valley, PV = 90 nm oder $1/7 \lambda$ (bei 633 nm)).

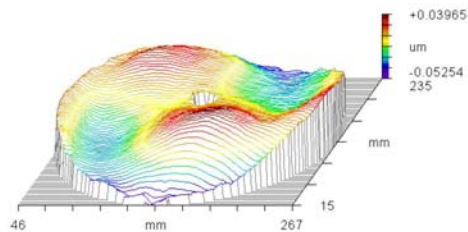


Abb. 4 Perspektivische Darstellung des Fehlers des Parabolspiegels.

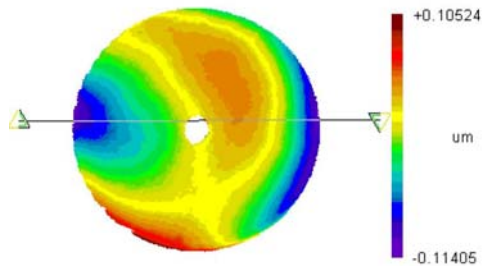


Abb. 5 Fehler der Referenzfläche (220 nm PV, 36 nm root-mean-square, RMS).

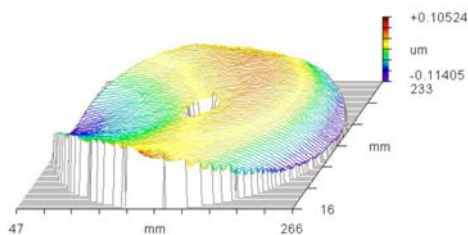


Abb. 6 Wie Abb. 5, in perspektivischer Darstellung.

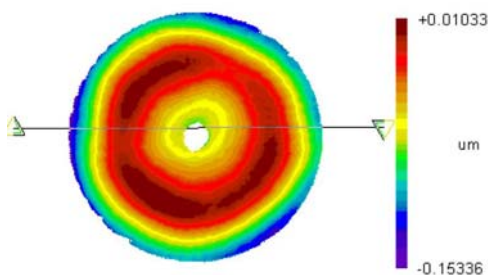


Abb. 7 Die Summe der rotationssymmetrischen Fehler aller Flächen als Höhenprofil zeigt eine Ringstruktur.

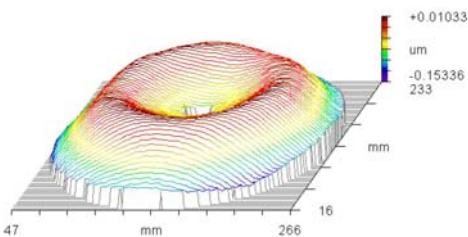


Abb. 8 Summe der rotationssymmetrischen Fehler aller Flächen als perspektivische Darstellung.

6 Diskussion

Für den Fehler des Parabolspiegels erhalten wir einen PV-Wert von 92 nm (ca. $1/7 \lambda$), und 58 nm für den RMS-Wert. Das Verhältnis PV/RMS beträgt damit 5. Werte von 3 bis 5 sind normal für poliertes Glas, kleinere Werte würden auf raue Flächen schließen lassen.

Die in den Abbildungen 7 und 8 dargestellten Summen der rotationssymmetrischen Fehler konnten mit einer anderen Methode (Foucault-Test) dem Parabolspiegel zugeordnet werden. Dies Deutung wird dadurch bekräftigt, dass eine interferometrische Messung des Planspiegels gegen eine ebene Referenzfläche kein solches ringförmiges Profil ergab.

Zur Überprüfung der Genauigkeit wurde die Methode auf zwei verschiedene Parabolspiegel angewandt [2]. Die Fehler der Referenzfläche, die in beiden Fällen gleich war, wichen um 70 nm, also $1/9 \lambda$, voneinander ab. Aus diesen und anderen Betrachtungen können wir schließen, dass der vorhandene Aufbau, genutzt mit der genannten Auswertemethode, geeignet ist auf ca. $1/10$ Wellenlänge genau zu messen. Die Genauigkeit wird im Wesentlichen durch die Rotationshalterung des Spiegels begrenzt.

7 Dank

Wir danken Herrn P. Reuß (Lernzentrum SCO Carl Zeiss AG), Herrn J. Hoga (Carl Zeiss SMT AG), und den Auszubildenden Herrn H. Steinmetz und Frau S. Arndt für die Herstellung des Planspiegels, Herrn Prof. Dr. R. Börret (Hochschule Aalen, Zentrum für optische Technologien) für zahlreiche Diskussionen und Herrn H. Müller (Hochschule Aalen, Studiengang Optoelektronik / Lasertechnik) für die Fertigung von Halterungen und Zubehör.

Literatur

- [1] C. J. Evans, R. Kestner, Test optics error removal, *Applied Optics* **35** (7), 1015-1021 (1996).
- [2] T. Trick, *Optische Vermessung von Parabolspiegeln mit einem Fizeau-Interferometer*, Diplomarbeit, Hochschule Aalen, Studiengang Optoelektronik/Lasertechnik, Aalen, Juli 2007.