



Doctoral Thesis

Theorie und Auswertung von hyperbolischen Interferenzstreifen in der holographischen Interferometrie

Author(s):

Rytz, Hugo

Publication Date:

1987

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000413739> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss.ETH Nr. 8269

**Theorie und Auswertung von
hyperbolischen Interferenzstreifen
in der holographischen Interferometrie**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
HUGO RYTZ
dipl. Phys. ETH
geboren am 13. Oktober 1948
von Ferenbalm BE

Angenommen auf Antrag von
Prof.Dr. H.Melchior, Referent
Prof.Dr. H.Tiziani, Korreferent

Zuerich 1987

Abstract

The present thesis treats of a method to measure small displacements of solid objects. The method is based on the principle of the holographic interferometry by recording an object twice on the same photographic plate, the first time before and the second time after applying a mechanical load to the object. A special optical setup has been developed to evaluate this type of hologram, producing hyperbolic interference fringes from which one can determine the absolute displacement of a point of interest.

The developed procedure distinguishes in some serious points from the commonly used methods:

- the measured values of the displacement are always absolute values
- the interference fringes can easily be evaluated by a computer system
- the method is most sensitive to displacements perpendicular to the viewing direction.

The topic of this thesis is to evaluate the theoretical basic of fringe formation, to define the design criterions of an optical setup and to determine the algorithms to interpret the interference fringes.

At the beginning some procedure producing hyperbolic interference fringes are presented. Then two models are introduced describing theoretically the formation of fringes. With these models the influence of the holographic process can be shown, especially the influence of the curvature of planes of phases of the reference-, reconstruction- and object beams onto the hyperbolic fringes. In addition the models can be used to determine the tolerances of aberration from nontranslating displacements such as rotations or tilts.

An optical setup is presented. With this setup one can measure displacements by means of hyperbolic interference fringes. The influence of the optical parts onto the range and precision of displacement values is discussed.

The shape of the fringes is strongly correlated with the displacements of the reconstructed object point. Step by step the algorithms are developed, which can be used to program a computer to interpret automatically the interference fringes.

This method is applied to measure the displacements of shrinkage of concrete. The results obtained show clearly, that this method can be used to measure such kind of displacements.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einer Methode fuer beruehrungsloses Messen von kleinen Verschiebungen von festen Koerpern im Mikrometerbereich. Grundlage der gewaehlten Methode ist die holographische Interferometrie, in der ein Objekt je vor und nach einer Belastung auf dieselbe Photoplatte holographisch aufgezeichnet wird. Zur Auswertung solcher Hologramme wurde ein spezielles optisches Verfahren entwickelt, mit welchem Interferenzstreifen mit hyperbolischer Geometrie erzeugt werden, aus denen mit einfachen Mitteln die absolute Verschiebung einzelner Objektpunkte bestimmt werden koennen.

Das beschriebene Verfahren grenzt sich von den bisher gaengigen Methoden in verschiedenen Punkten wesentlich ab:

- Die gemessenen Verschiebungen eines Objektpunkts sind immer absolut und nicht relativ zu einem willkuerlich gewaehlten Referenzpunkt.
- Die Interferenzstreifen koennen wegen ihrer einfachen Geometrie von einem Rechner ausgewertet werden, wohingegen die Interferogramme der konventionellen Methoden sich nur mit grossem Aufwand rechnerisch behandeln lassen.
- Das Verfahren detektiert besonders empfindlich Verschiebungen, die senkrecht zur Beobachtungsrichtung liegen. Damit koennen besonders gut Verschiebungen erfasst werden, die aus Schrumpf-, bzw. Schwundprozessen entstehen.

Gegenstand dieser Arbeit ist es, Grundlagen fuer die entwickelte Auswertemethode bereitzustellen, Entwurfskriterien fuer einen Messaufbau zu definieren und die Algorithmen fuer die Interferenzstreifenauswertung zu bestimmen.

In einem ersten Kapitel werden kurz optische Verfahren in der holographischen Interferometrie beschrieben, welche auf die hyperbolischen Interferenzstreifen fuehren.

Anschliessend werden zwei Modelle vorgestellt, welche die Entstehung der hyperbolischen Interferenzstreifen beschreiben. Anhand der Modelle kann der Einfluss des holographischen Prozesses, besonders die Kruem-

mung der Phasenflaechen von Referenz-, Objekt- und Rekonstruktionswelle auf die hyperbolischen Interferenzstreifen aufgezeigt werden. Zudem laesst sich aus den Modellen eine maximal zulaessige Abweichung von nichttranslatorischen Verschiebungen wie Drehungen oder Verkippen formulieren.

Ein optischer Aufbau, mit welchem Verschiebungen mit Hilfe der hyperbolischen Interferenzstreifen gemessen werden koennen, wird beschrieben. Es wird gezeigt, welchen Einfluss die optischen Bauteile auf den Messbereich und die Messgenauigkeit haben.

Aus der Form der Interferenzstreifen kann unmittelbar auf die Verschiebung des rekonstruierten Objektpunktes, welcher die Interferenzstreifen erzeugt, geschlossen werden. Schrittweise werden die Algorithmen entwickelt, mit welchen sich die Interferenzstreifenform durch einen Rechner auswerten lassen.

Dieses Verfahren wurde angewendet, um Schwundverschiebungen an Zementmoertel und Beton zu messen. Die erhaltenen Resultate zeigen, dass sich das Auswerteverfahren zum Messen von solchen Verschiebungen sehr gut eignet.