

1 Fragestellung

Ziel des Versuchs ist der Aufbau einer Apparatur zur Erzeugung von Weißlichthologrammen. Es soll die Stabilität des Aufbaus überprüft und mehrere Hologramme erstellt werden, sowie die Kohärenzlänge des verwendeten Lasers ermittelt werden.

2 Durchführung

2.1 Erstellung der Hologramme

Als erstes haben wir den Aufbau zum Erstellen der Hologramme verwendet. Das zu holografierende Objekt wurde auf einem, um 30° gekippten, Sockel in den Strahlengang gestellt. Unsere Objekte waren eine Schachfigur, Monopoly Hotel, Origami Figur und ein Happyhippo R2D2. Vor dem Sockel befand sich die Scheibe, die als Halterung für den holografischen Film diente. Der Laserstrahl ging zunächst durch die Scheibe und wurde dann vom Objekt gestreut. Die Objekte müssen sich für die Aufnahme möglichst nah am Film befinden, damit erstens sich das gesamte Objekt innerhalb der Kohärenzlänge des Lasers befindet (wegen der Reflexion darf der Abstand nur die Hälfte der Kohärenzlänge sein, also ca. 5 cm) und zweitens, damit möglichst viel Streulicht auf dem Film eingefangen werden kann. Die Verkipfung der Sockels hat ebenfalls rein praktische Gründe: Zum einen wird dadurch Mehrfachreflexion eingeschränkt, die die Schärfe des Bildes beeinträchtigen könnte. Zweitens ist zu beachten, dass beim späteren Betrachten das Licht im selben Winkel einfallen muss, wie der Referenzstrahl bei der Aufnahme. Das Bild erscheint im gespiegelten Winkel. Würde der Referenzstrahl senkrecht auf den Film fallen, würde der Beobachter deshalb später genau die Lichtquelle mit seinem Schatten verdecken. Schließlich lässt sich, falls die Verkipfung genau im Brewsterwinkel ist, die Reflexion minimieren, sodass mehr Intensität für die Bilder zur Verfügung steht. Im Folgenden haben wir dann im möglichst dunklen Raum den Film präpariert, ihn in die Glasscheibe eingesetzt, und diese in die Halterung am Sockel eingeführt. Nach einer Zeit von mehreren Minuten zum Ausschwingen des Tisches haben wir dann je ein Hologramm mit 1s und ein Hologramm mit 2s Belichtungszeit gemacht, jeweils für alle Objekte.

2.2 Entwicklung des Films

Die Bilder wurden von uns zum Entwickeln in die Dunkelkammer gebracht und dort, bei Dunkelheit zunächst für zwei Minuten in einer Vitamin-C-Lösung (Ascorbinsäure und NaOH) entwickelt, kurz in Wasser gelegt, und schließlich in Chromschwefelsäure gebleicht. Danach wurden sie zum Trocknen 1 Stunde in einen Ofen gehängt. Durch das Bleichen wird das Hologramm zu einem Phasenhologramm. Unmittelbar nach dem Fixieren ist der Film an den belichteten Stellen geschwärzt, was ein Amplitudenhologramm darstellt: die Schwärzung modifiziert die Intensität des Lichts beim Beobachten. Die Bleichlösung verändert den Film nun chemisch so, dass anstelle der Schwärzung der Brechungsindex und die Dicke des Filmmaterials verändert wird. Das Licht beim Beobachten wird jetzt nur noch in seiner Phase, nicht aber in seine Intensität verändert. Für die von uns mit nur relativ kurzer Belichtungszeit hergestellten Hologramme ist nur ein solches Phasenhologramm sinnvoll, das Bild wäre ansonsten zu dunkel um sichtbar zu sein. Nach dem Trocknen waren die abgebildeten Objekte alle sehr deutlich dreidimensional sichtbar. Beim Trocknen ist die Gelatineschicht auf dem Film geschrumpft, was zu einer Verkleinerung des Gitters führt, sodass das Bild nun grün erscheint, und nicht mehr im Rot des Lasers. Die Bilder mit längerer Belichtungszeit sind intensiver, allerdings auch unschärfer, wie man es erwartet.

2.3 Aufgabe 4

Die Abhängigkeit der Gitterkonstanten von der Farbe des Hologramms ist verknüpft mit einer Schrumpfung der Filme. Die Braggbedingung gibt vor:

$$n\lambda = 2d \sin(\alpha) \quad (1)$$

Für gegebene Zahlenwerte von $\alpha = 30^\circ$ und $d = 560\text{nm}$ gilt $\lambda = 560\text{ nm}$ und damit wird das Hologramm gelblich dargestellt. α ist der Winkel zwischen Sockelebene und Laserebene.

2.4 Kohärenzlänge

Für die Bestimmung der Kohärenzlänge wurde zunächst ein Michelson-Interferometer aufgebaut. Es war viel Feingefühl nötig, um die Spiegel richtig zu positionieren und letztendlich ein Interferenzmuster zu erhalten. Das Interferenzmuster wurde auf einen Sensor abgebildet, der mit dem zur Verfügung stehenden Computer verbunden war. Das Interferometer wurde für die Messung mit jeweils verschiedenen Spiegel-Abständen aufgebaut. Bei der Messung wurde das Interferenzmuster am Sensor durch Erschütterungen des Tisches leicht verschoben. Mithilfe eines Programmes konnten über die Zeit die durchgehenden Amplitudenmaxima und -minima erfasst werden. Das Programm errechnete daraus die zugehörige Kontrastfunktion K .

2.5 Stabilität des Aufbaus

Sodann haben wir das Interferenzmuster mit einem elektronischen Sensor erfasst und an den PC weitergeleitet, um festzustellen, in welchem Maße sich Störungen auf den Aufbau auswirken würden. In einer Kurzzeitmessung haben wir Störungen wie lautes Sprechen, Schlagen der Tür, Aufstampfen und Rütteln am Tisch des Versuchsaufbaus beobachtet.

3 Diskussion