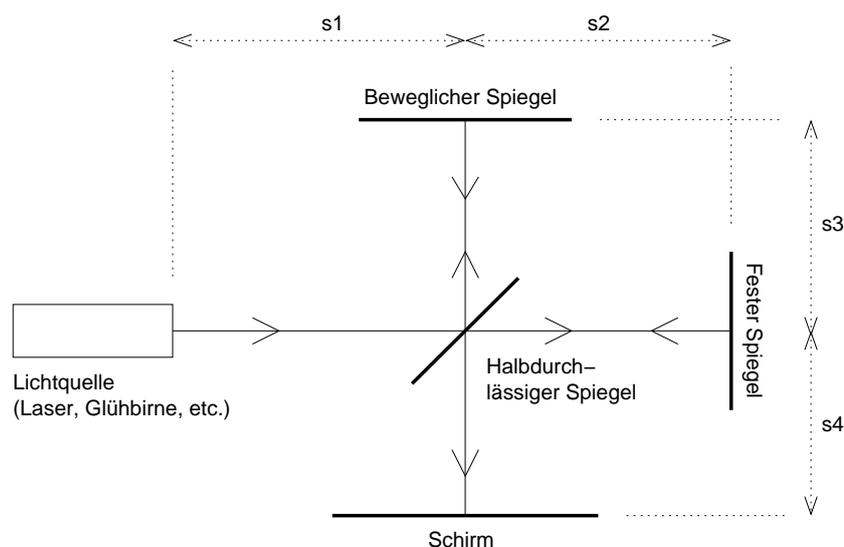


0.1 88. Hausaufgabe

0.1.1 Michelsoninterferometer



Die wichtigsten grundlegenden Gesetze und Tatsachen der Physik sind entdeckt [...] und daher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie jemand durch neue Entdeckungen ergänzt, äußerst gering.

– Albert Abraham Michelson, 1903

Eine Möglichkeit der Bestimmung der Kohärenz eines Wellenfelds geht auf Albert Abraham Michelson zurück, den ersten amerikanischen Physiknobelpreisträger, der sich von 1887 bis etwa 1920 mit Interferometrie beschäftigte. Bekannt ist er für sein Michelsoninterferometer und den oben gedruckten Ausspruch.

Beim Michelsoninterferometer wird eine eingehende Lichtwelle zuerst durch einen Strahlteiler, üblicherweise einem halbdurchlässigen Spiegel, in zwei Wellen geteilt. Der durchgelassene Teil der Welle wandert zum festen Spiegel rechts, zurück zum Strahlteiler und schließlich zum Schirm.

Der reflektierte Teil der Welle wandert zum beweglichen Spiegel oben, zurück zum Strahlteiler und schließlich ebenfalls zum Schirm, wo transmittierte und reflektierte Teilwelle interferieren.

Das Interferenzmuster hängt von den Phasen der beiden Teilwellen ab am Schirm ab. Hat eine der beiden Teilwellen beispielsweise gerade ein Maximum und die andere ein Minimum, so löschen sich beide vollständig aus; man spricht von vollständiger destruktiver Interferenz. Sind die Ausschläge der beiden Teilwellen beim Eintreffen auf dem Schirm beide maximal, kommt es zu vollständiger konstruktiver Interferenz.

Zur Bestimmung der Kohärenz der einfallenden Welle ist die Weglängendifferenz Δs interessant. Diese errechnet sich durch die Differenz der Längen, die die beiden Teilwellen zurücklegen, bis sie auf dem Schirm eintreffen.

$$\Delta s = \underbrace{(s_1 + s_2 + s_2 + s_4)}_{\text{Transmittierte Welle}} - \underbrace{(s_1 + s_3 + s_3 + s_4)}_{\text{Reflektierte Welle}} = 2s_2 - 2s_3;$$

Es stellt sich nun heraus, dass sich ein klar sichtbares Interferenzmuster nur dann herausbildet, wenn die Weglängendifferenz Δs kleinergleich als die Kohärenzlänge l_c ist: $\Delta s \leq l_c$;

Ist $\Delta s > l_c$, wird das sichtbare Interferenzmuster unscharf. Ist die Weglängendifferenz sehr viel größer als die Kohärenzlänge, so bildet sich fast gar kein sichtbares Muster mehr aus.

Variiert man s_3 , verschiebt man also den beweglichen Spiegel, ändert sich also die Sichtbarkeit des Interferenzmuster. Ändert man s_3 so, dass das Interferenzmuster gerade noch sehr scharf ist, ist der Weglängenunterschied näherungsweise gleich der Kohärenzlänge.

Die wiederholte Verwendung des einschränkenden Adjektivs „sichtbar“ in den vorhergehenden Absätzen hat einen Grund: Streng genommen bilden sich nämlich immer Interferenzmuster aus – schließlich interferieren die beiden Teilwellen immer, es gibt ja auch keinen Grund, wieso sie es nicht tun sollten.

Allerdings ändert sich das Muster zeitlich sehr schnell, wenn die Weglängendifferenz sehr viel größer als die Kohärenzlänge ist – mal interferieren die Wellen konstruktiv, dann destruktiv, dann wieder konstruktiv. Im Mittel wird weder destruktive noch konstruktive Interferenz bevorzugt; für unsere Augen entsteht dann nicht der Eindruck eines Musters, sondern nur der einer beleuchteten Fläche.

Es ist nicht so, als dass sich zwei Wellenzüge gegenseitig „beschnupern“ würden, und dann, je nachdem ob die beiden Wellenzüge genügend kohärent sind oder nicht, interferieren.

Fragen

- Wie kann man das Michelsoninterferometer auf Wasserwellen übertragen? Konkret: Was ist das Pendant zu halbdurchlässigen Spiegeln?
- Woher kommt es, dass Spiegel nur sichtbares Licht reflektieren? (Oder reflektieren sie auch noch elektromagnetische Wellen anderer Frequenz, tun dies aber nur noch sehr schwach?)
- Im Zuge meiner Recherche bin ich auf eine Webseite über Ausnutzung freier Energie gestoßen, welche behauptete, Wasserwellen höherer Frequenz würden sich schneller ausbreiten als welche niedriger Frequenz! Stimmt das? (Bei uns war c immer fest; c war also keine Funktion $c(f)$ der Frequenz.)

(Benötigte Zeit: 37 min)