

Indirekte Energiemessung der destruktiven Lichtinterferenz (Indirect Energy Measurement of Destructive Light Interference)

Wolfgang Sturm

Abstract

This article is about indirect energy measurement of the destructive light interference.

Zusammenfassung

„In der Messtechnik werden Interferometer eingesetzt. Diese nutzen Interferenzerscheinungen zur Messung von Längen oder Phasenverschiebungen mit sehr hoher Auflösung. Dazu wird ein (Licht-)Strahl in zwei kohärente Teile aufgespaltet, die später wieder überlagert werden. Die beiden Strahlen legen dabei unterschiedliche Strecken s_1 und s_2 zurück. Unterscheiden diese sich um ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, so erhält man am Ausgang des Interferometers konstruktive Interferenz. Unterscheiden sie sich um eine halbe Wellenlänge (Phasenverschiebung $\Delta\varphi = 180^\circ$), so erhält man destruktive Interferenz.“

[aus Wikipedia „Interferenz“]

An vielen Stellen liest man zusätzlich, dass im Falle der Einstellung auf destruktive Interferenz das „fehlende“ Ausgangslicht an anderer Stelle innerhalb des Gerätes auftaucht. Diese Umverteilung wird mit dem Energieerhaltungssatz begründet. Diese Annahme wird mit zwei Messungen überprüft und die Ergebnisse diskutiert.

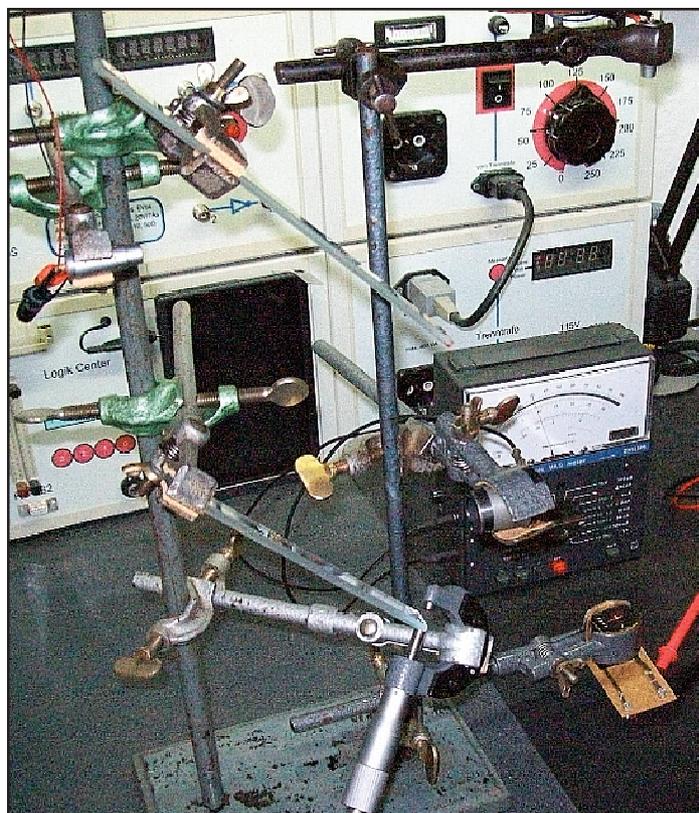


Abb. 1: Interferometer (links) und Doppelspaltversuch (rechts)

Versuch 1: Interferometer

Ein Jamin-Interferometer erzeugt aus einem Laserstrahl mit zwei normalen Spiegeln mehrere parallele Ausgangsstrahlen, von denen einige zwischen destruktiver und konstruktiver Interferenz durch Drehung eines Spiegels mit einer Mikrometerschraube einstellbar sind. In Interferometern wird üblicherweise nur der „var.“-Strahl genutzt. Da es hier jedoch um Energiebetrachtungen geht, müssen alle Ein- und Ausgangsstrahlen gemessen werden.

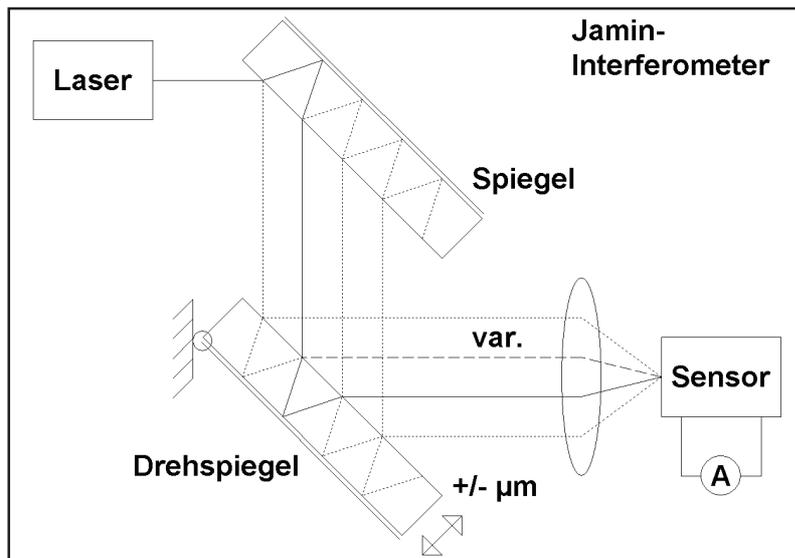


Abb. 2: Interferometer

Es wurden Fotodioden, Fotowiderstände und Fotoelemente verwendet, die ggfls. mit Optiken ergänzt wurden, um die benötigten großen Aperturen zu erreichen. Sämtliche Sensoren zeigten gleichartige Tendenzen bzgl. der Lichtintensität bzw. Lichtenergie.

Die Eingangsenergie sowie die Verluste durch Spiegel und Streulicht erwiesen sich als einstellungsunabhängig. Einstellungsabhängig war dagegen die Intensität aller gleichzeitig gemessenen Ausgangsstrahlen. Bei Abgleich auf maximale konstruktive Interferenz ergab sich ein Sensorsignal von z.B. 500 μA , das bei Abgleich auf maximale destruktive Interferenz auf z.B. 420 μA sank.

Da die Eingangsenergie und Verluste konstant sind und sich die *messbare* Ausgangsenergie bei destruktiver Interferenz reduziert, ist es evident, dass ein Teil der Energie von der destruktiven Interferenz aufgenommen und somit unmessbar wurde.

Zur Absicherung wurde ein zweiter Versuch durchgeführt.

Versuch 2: Doppelspaltversuch

Die vorherrschende Meinung ist, dass sich bei der Öffnung von zwei Spalten die Intensität der beiden Einzelspalte exakt addieren und dann die Intensitäten lediglich so umverteilen, dass das bekannte Interferenzmuster eines Doppelspaltes entsteht. Man behauptet: „ $1 + 1 = 2$ “.

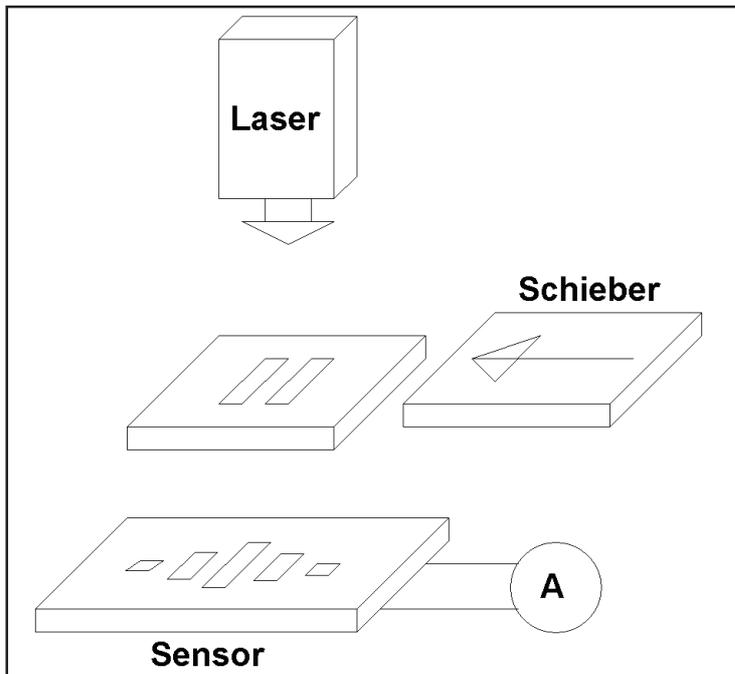


Abb. 3: Doppelspaltversuch

Der diese Annahme widerlegende Messaufbau ist einfach: Laser, Doppelspalt und Sensor mit möglichst großer Apertur, um die Intensität des gesamten Beugungsbildes als Summenwert zu erfassen. Allerdings ist die Durchführung schwierig, da z.B. das Abdecken eines Spaltes bei kleiner Stegbreite im dunklen Raum Geschick erfordert und zusätzlich das Sensorsignal proportional zur Lichtintensität sein muss.

Zuerst wurde ein Spalt abgedeckt und die Ausgangsintensität gemessen ($9 \mu\text{A}$). Dann wurde der andere Spalt abgedeckt und beide Intensitäten mathematisch addiert ($9 + 8 = 17 \mu\text{A}$). Dann wurden beide Spalte geöffnet und nur $13 \mu\text{A}$ gemessen. Es fehlten also $4 \mu\text{A}$.

Auch beim Doppelspalt ergibt sich die gleiche Aussage wie beim Jamin-Interferometer. Sobald destruktive Interferenzen entstehen, verschwindet scheinbar ein Teil der messbaren Energie.

Diskussion

Bei genauer Überlegung ist das Ergebnis nicht überraschend. Destruktiv interferierendes Licht entstand aus normalem Licht und trägt daher Energie. Diese Energie entzieht sich jedoch während destruktiven Interferenz einer direkten Beobachtung oder Messung. Treten also in einem System destruktive Interferenzen auf, so muss **messbare** Energie fehlen, denn diese steckt ja in den unsicht- und unmessbaren Überlagerungen. Sobald die destruktive Interferenz endet, ist das Licht wieder sicht- und messbar, als wenn nichts geschehen wäre.

Der Energieerhaltungssatz wird durch die destruktive Interferenz nicht verletzt. Man ist lediglich nicht im Besitz geeigneter Sinne und Sensoren, destruktiv interferierendes Licht direkt nachweisen zu können.

Die destruktive Interferenz ist auch ein heikles Kernthema der Quantenphysik. Trotzdem liest man oft den irreführenden Begriff „Auslöschung“, der irreversible Zerstörung suggeriert. Entsprechend dem Superpositionsprinzip bemerken die Photonen ihre temporäre destruktive Interferenz nicht einmal. Bemerkend kann sie nur die baryonische Umgebung, mit der das destruktiv interferierende Licht nicht in gewohnter Weise wechselwirkt.

Am anderen Ende der Größenskala stehen Sterne. Keine natürliche Lichtquelle ist vollständig inkohärent. Immer werden einzelne Schwingungszüge destruktiv interferieren. Deren Energie entzieht sich einer direkten Beobachtung. Es ist denkbar, dass der Stern schon längst verloschen ist, wenn das Licht nach langer Reise seine destruktive Interferenz durch z.B. Divergenz oder irgendwelche Unlinearitäten verliert und plötzlich – scheinbar aus dem Nichts – eine messbare Strahlung erscheint.