Physik Handout- Michelson-Interferometer

Was ist das Michelson-Interferometer?

Ein bestimmter weit verbreiteter Aufbau für optische Experimente, welcher auf der Überlagerung von Wellen basiert.

Aufbau

Das Michelson Interferometer besteht im Wesentlichen aus einem halbdurchlässigen Spiegel und aus zwei zu nahezu 100% reflektierenden Spiegeln, wovon einer fest montiert ist und einer sich um die Strecke d verschieben lässt.

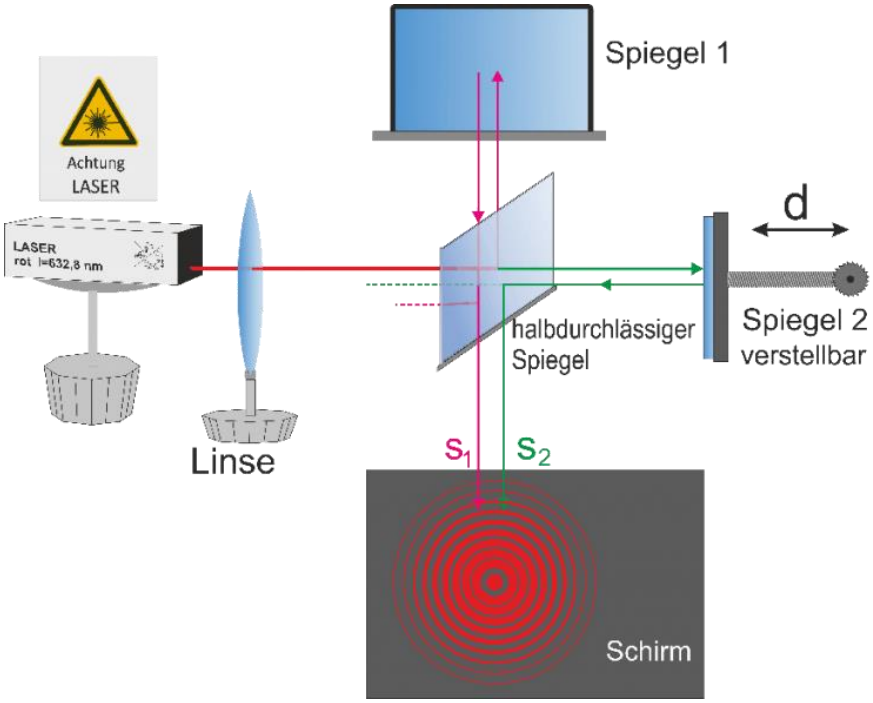


Abbildung 1

Um eine Beobachtung möglich zu machen verwendet man einen Schirm.
Das Licht, welches ausgesendet wird, kommt von einem Laser, da dieser die beiden Interferenzbedingungen erfüllt, zum einen die Kohärenz und zudem ist sein Licht monochromatisch. (vgl. Abbildung 2)
An den Spiegeln 1 und 2 wird das Licht vollständig reflektiert und gelangt erneut auf den halbdurchlässigen Spiegel. Dort wird wieder ein Teil des Lichtes reflektiert und ein Teil passiert den Spiegel geradlinig.
Der Abstand von Spiegel 1 zum halbdurchlässigen Spiegel ist unveränderlich. Der Abstand von Spiegel 2 zum halbdurchlässigen Spiegel ist über eine Feinschraube/ Mikrometerschraube veränderlich. Dadurch kann die Länge des Strahengangs s2 und somit auch der Gangunterschied der Wellen zueinander variiert werden.

Beobachtung:

Der Strahlengang der beiden Strahlen s1 und s2 führt zu dem in Abbildung 2 dargestelltem

Interferenzbild. Es ist quasi ein Interferenzbild eines Doppelspalts nur um 360 Grad um den Mittelpunkt rotiert. Dieses Interferenzbild wird auch konzentrische Kreis genannt, da die Kreise zum Einen alle den gleichen Mittelpunkt haben, aber unterschiedliche Radien. Grundsätzlich lässt sich unsere Beobachtung somit in zwei Feststellungen gliedern, woraus zwei Fragen resultieren:

Feststellung:
Es ist ein Bild mit hellen Stellen und mit dunklen Stellen(Interferenzbild).
Es ist ein Bild mit konzentrischen Kreisen.

Resultierenden Fragen:
Wodurch entstehen die hellen und dunklen Stellen?
Wodurch entstehen die konzentrischen Kreise?

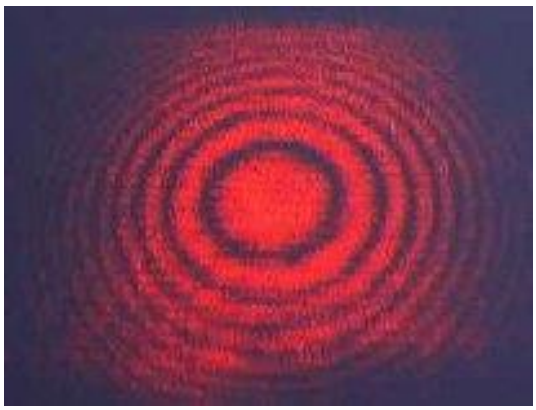


Abbildung 2: “komzentrische Kreise”

Deutung 1

(Interferenz)
Dieses Bild entsteht dadurch, dass sich die einzelnen Wellen des Laserstrahls überlagern. Es kommt somit zur Interferenz. Die hellen Mitte entsteht dadurch, dass
sich die Wellen mit einem vielfachen der Wellenlänge überlagern, genannt konstruktive Interferenz. Während die dunkle Mitte durch einen Gangunterschied von einem ungeradzahligen Vielfachen von der Wellenlänge zustandekommen (destruktive Interferenz).

Bedingungen für Interferenz
konstruktive Interferenz: $\delta = k \cdot \lambda$
destruktive Interferenz: $\delta = k \cdot (\lambda/2)$ *k=ungeradzahlig*

Wie kommt man nun von einer hellen Mitte zu einer dunklen Mitte und von einer dunklen Mitte wieder zu einer hellen Mitte?
Um diese Frage zu beantworten ist es erstmal wichtig die zwei Voraussetzungen jeweils für konstruktive als auch für destruktive Interferenz im Hinterkopf zu halten. Wir

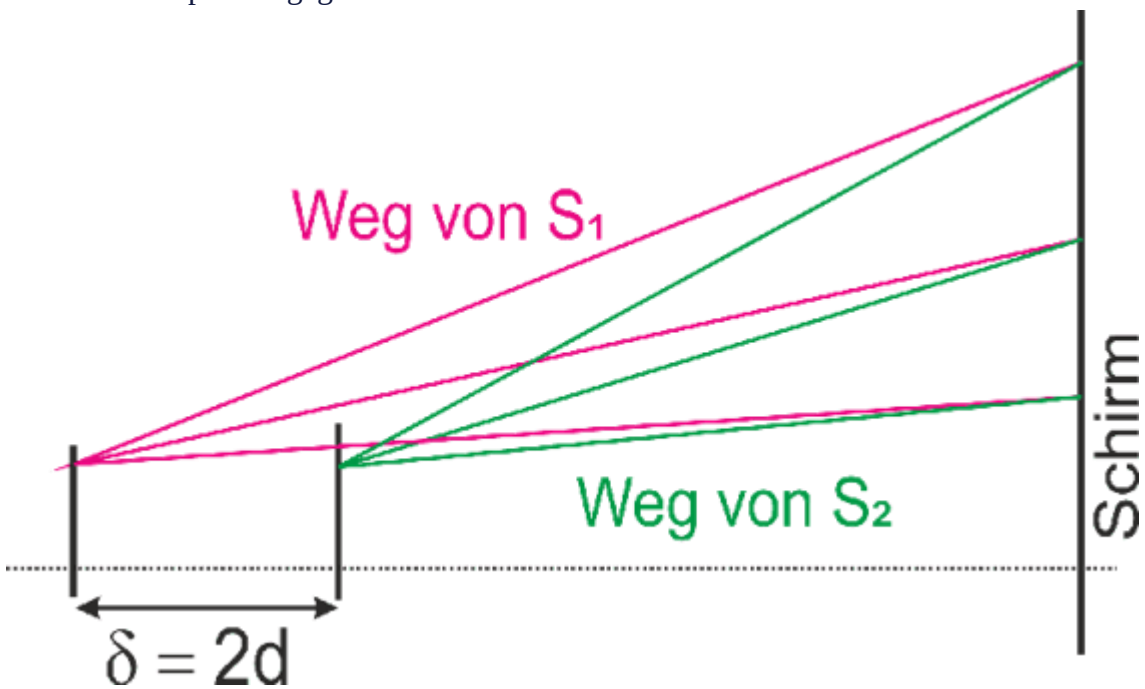
wissen,dass wenn wir den Spiegel um eine Strecke x verschieben, dass der Strahl L2 (Abbildung 3).
Diese Strecke 2 einmal hin und einmal zurücklegen müsste somit würde sich die Länge des Strahls um den Betrag von 2x ändern. Der Phasenunterschied zwischen L2 und L1 würde sich ebenfalls um 2x ändern. Wenn x nun der halben Wellenlänge entspricht würde man somit, von einer konstruktiven Interferenz(Helle Mitte) auf eine destruktive Interferenz kommen.
Somit gilt: $\delta = 2d$

Konzentrische Kreise: Wodurch entstehen Sie?

Die konzentrischen Kreise entstehen:

1. Dadurch, dass der Strahlenbündel von der Linse aufgeweitet wird hinterlegen die einzelnen Wellen unterschiedliche Wege zum Schirm zurück, somit. Somit sind die Gangunterschiede auch verschieden, weshalb es an bestimmten Stellen Intensitätsmaxima und Minima gibt.

2. Der Kreis wäre auch ohne die Interferenz von zwei Wellen zu beobachten, denn würde man Spiegel 1 z.B wegnehmen so würde man auf dem Schirm einen großen Kreis beobachten. Denn im Gegensatz zum Doppelspalt wird die Form nicht durch einen Spalt vorgegeben.



Nützlichkeit des Interferometers und die Grenzen

Das Interferometer ist grundsätzlich dafür geeignet kleine Abstandsänderungen zu messen, wie zum Beispiel die Ausdehnung bestimmter Stoffe.

Doch das Auflösungsvermögen ist durch die Wellenlänge bestimmt. Man kann nur Wechsel von Maxima auf Maxima unterscheiden. Von Maxima zu Minima wäre der Fehler zu groß, da man diese nicht klar voneinander trennen kann. Um kürzere Wechsel zu beobachten kann man Licht kürzerer Wellenlänge verwenden. Die kleinste Wellenläng, die unser Auge wahrnehmen kann beträgt 400nm. Ein Hell-Dunkel-Hell Wechsel findet hier statt, wenn der Spiegel um 200nm verschoben wird somit kann man theoretisch auf ca. 200nm genau mit dem Auge messen.

Autor: Komeill Mohammed Ali