LYCÉE CLASSIQUE DE DIEKIRCH

TUM Science Labs

Interferometrie

Autor :
Victor Da Silva
Phillipe Meyers
Damien van de Berg

Professor :
Frank Thillen

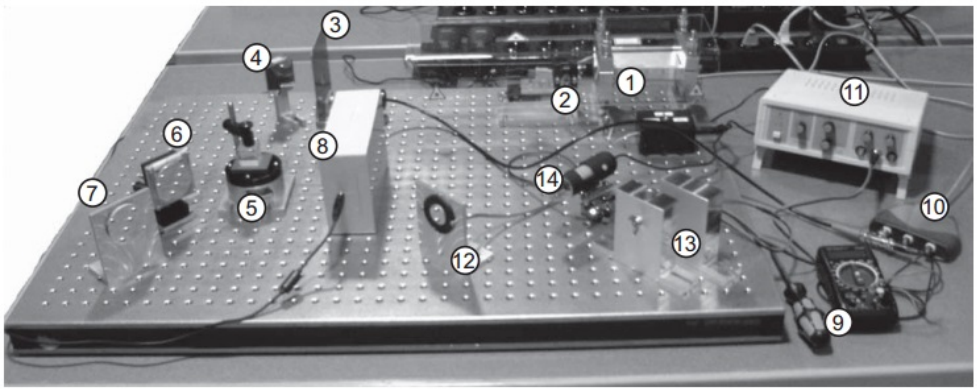
29 April 2015

Interferometrie

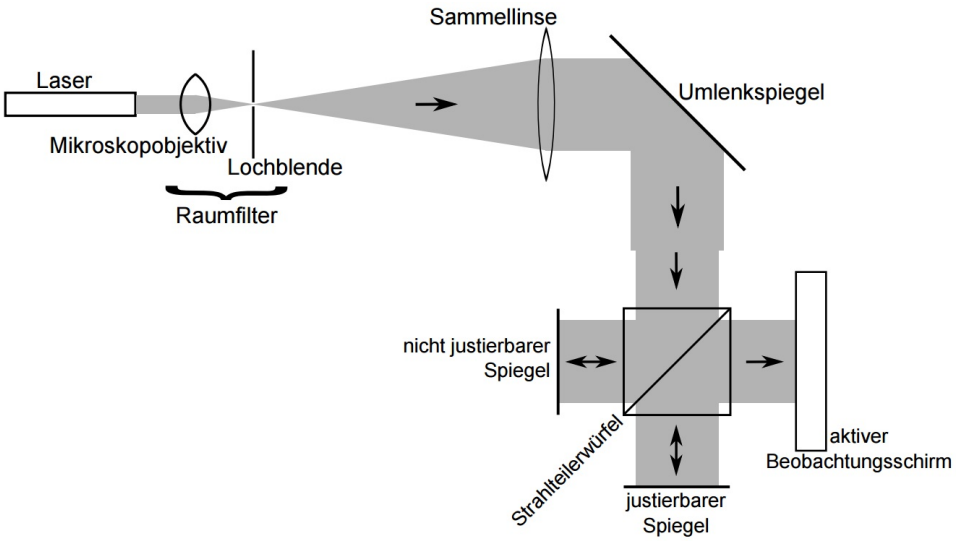
1 Einführung und Ziel

Eine der wichtigsten technischen Anwendungen der Interferenz ist die Interferometrie, d.h. die äußerst exakte Längenmessung mittels Interferenzen.
Wir benutzen in unseren Versuchen einen Michelson-Interferometer und verdeutlichen wie hoch genaue Längenmessungen funktionieren und dass sie sowohl im statischen wie auch im dynamischen Fall durch Interferometrie möglich gemacht wird.

2 Versuchsaufbau

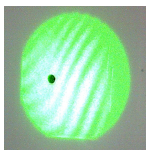
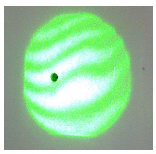
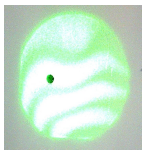


1. Laser
2. Raumfilter
3. Sammellinse
4. Umlenkspiegel
5. Strahlteiler
6. Spiegel (justierbar)
7. Spiegel (nicht justierbar)
8. aktiver Beobachtungschirm
9. Multimeter
10. Datenlogger
11. Funktionsgenerator
12. Lautsprecher mit Spiegel
13. Alu-Köper
14. Digital-Kamera



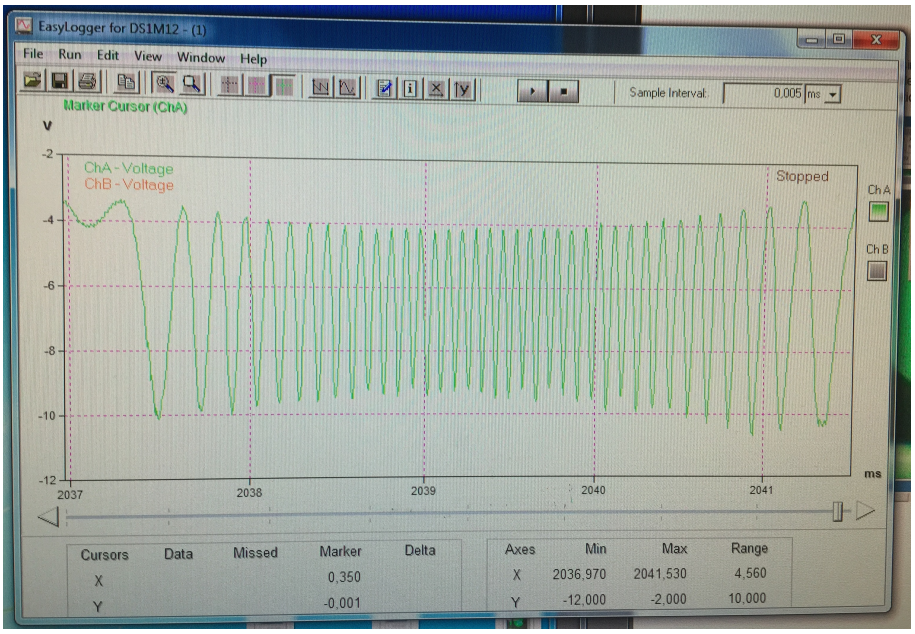
3 Funktionsweise

Das durch die zwei sich überlagernden Laser entstehende Interferenzmuster trifft auf den aktiven Beobachtungsschirm. In diesem befindet sich eine Photodiode. Diese produziert abhängig von der Intensität des einfallenden Lichtes eine mehr oder weniger große Spannung. Mithilfe des Datenloggers (10) und der dazugehörigen Software können wir die Veränderung der Spannung in Funktion der Zeit aufzeichnen und so die Verschiebung der Spiegel messen.

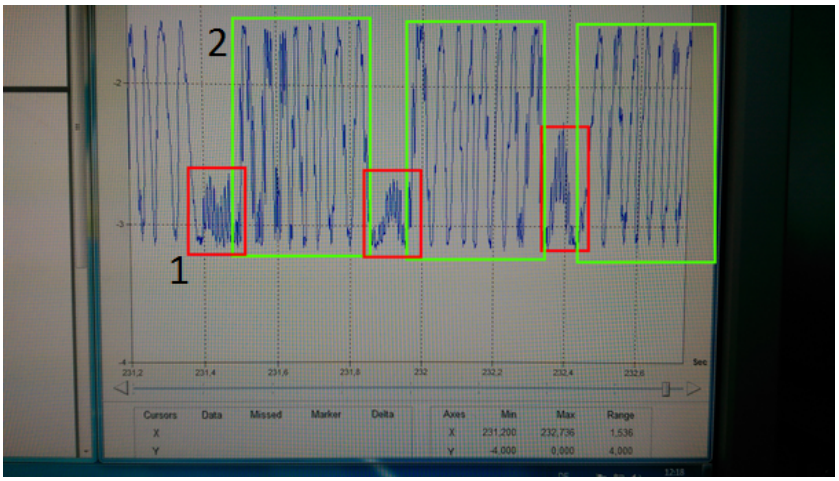
4 Auswertung

Der Graph der durch die Software angezeigt wird weist Oszillationen unterschiedlicher Amplitude und Wellenlänge auf. Durch die Anzahl an Oszillationen lässt sich die Verschiebung des Spiegels ermitteln. Dabei entspricht jede Oszillation der Hälfte der Wellenlänge des Lasers ($= \frac{\lambda}{2}$), also 266 nm. Daraus ergibt sich ebenfalls dass die Wellenlänge der Oszillationen auf dem Graphen abhängig von der Geschwindigkeit des Objektes ist.



5 Anwendung

Schließen wir einen Funktionsgenerator an einen Lautsprecher an in dessen Mitte sich ein Spiegel befindet und ersetzen damit den nicht justierbaren Spiegel, erhalten wir folgendes Muster bei einer Frequenz von 1hz und einer mittleren Amplitude. Die Bereiche mit geringer Amplitude (1) sind jene, wo sich die Membran an einem Ende des Hubraums befindet, sie sich also nur sehr langsam bewegt.
In den Bereichen, wo eine hohe Amplitude (2) aufgezeichnet ist, bewegt sich die Membran. Man kann ebenfalls erkennen, dass die Wellenlänge der Oszillationen in der Mitte kürzer ist, denn dort, beim Nulldurchgang, bewegt sich die Membran am schnellsten.



Aus den Graphen lässt sich, durch die Anzahl der Oszillationen n, schließen, dass die Verschiebung des Spiegels an der Membran d beträgt.

$$\begin{aligned} d &= n \cdot \frac{\lambda}{2} \\ &= 37 \cdot 266 \\ &= 9.842\mu m (\approx 10\mu m) \end{aligned}$$

Abweichung : $\Delta d = 10 - 9.842 = 0.158\mu m < \frac{\lambda}{2}$
Die Abweichung der geplanten $10\mu m$ ist geringer als eine halbe Wellenlänge, also in einem akzeptablen Bereich.

Die Membran bewegt sich, bei einer Frequenz von $1Hz$, mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von :

$$\begin{aligned} v_m &= \frac{2 \cdot n \cdot \lambda}{2 \cdot \Delta t} \quad \text{, mit } \Delta t = 1s \text{ und } n = 37 \\ &= \frac{2 \cdot 37 \cdot 532 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 1} \\ &= 1.968 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s} \\ &= 19.68 \frac{\mu m}{s} \\ &\approx 2 \cdot 10 = 20 \frac{\mu m}{s} \end{aligned}$$

oder :

$$\begin{aligned} v_m &= \frac{2 \cdot d}{\Delta t} \\ &= \frac{2 \cdot 9.842 \cdot 10^{-6}}{1} \\ &= 1.9684 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s} \\ &= 19.68 \frac{\mu m}{s} \approx 20 \frac{\mu m}{s} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit der Membran beim Schwingungsnulldurchlauf beträgt :

$$\begin{aligned} v_0 &= \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \Delta t} \quad \text{, mit } \Delta t = 0.375s \text{ und } n = 37 \\ &= \frac{37 \cdot 532 \cdot 10^{-}3}{2 \cdot 0.375} \\ &= 2.6245 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s} \\ &= 26.245 \frac{\mu m}{s} (> v_m = 20 \frac{\mu m}{s}) \end{aligned}$$