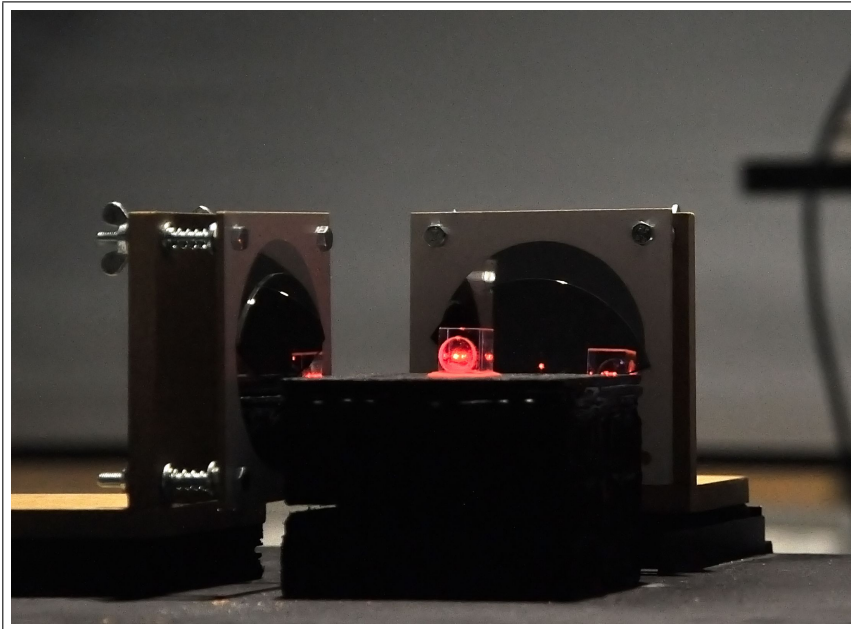


Konstruktion eines günstigen Michelson-Interferometers für den Schuleinsatz

Benjamin Hütz Sebastian Wallkötter Martin Heizenreder

Hohenstaufen-Gymnasium Kaiserslautern

13.09.2011



1 Vorbemerkungen

Im Rahmen eines Physikprojekts haben wir mit geringem Kostenaufwand ein Michelson-Interferometer realisiert. Der Einsatz in Schulversuchen eröffnet den Zugang zu einem vertieften Verständnis von Licht, insbesondere bzgl. Wellenphänomenen, Wellenlänge und Brechungsindex. Zudem wird ein natürlicher Einstieg in die Relativitätstheorie ermöglicht.

2 Konstruktionsaspekte

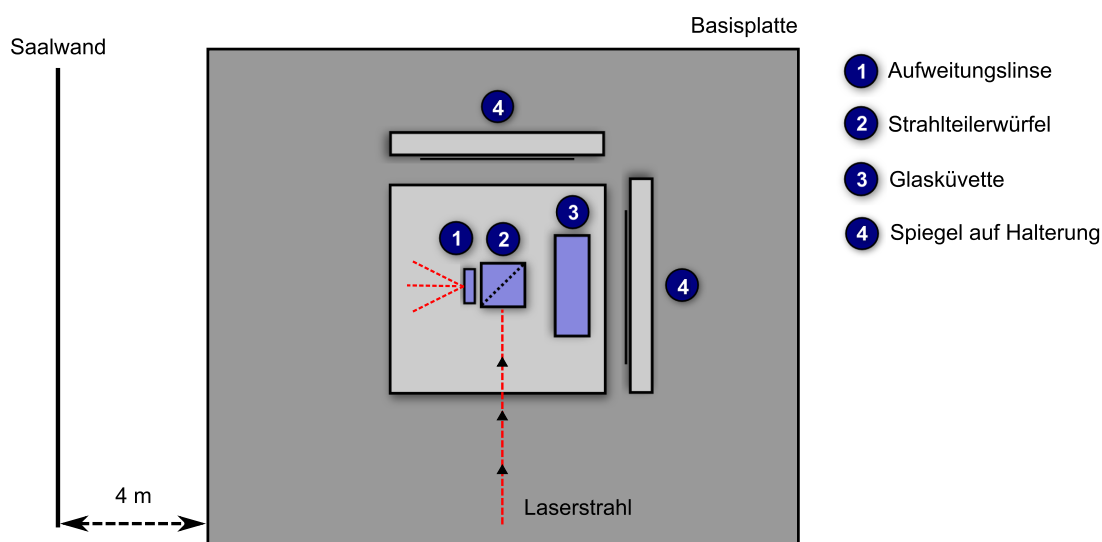


Abbildung 1: Übersicht des Versuchsaufbaus

Das Hauptproblem einer günstigen Konstruktion ist die Güte der Komponenten. Hochwertige Spiegel mit Halterungen kosten Hunderte Euro. Komplettete Schulinterferometer liegen bei ca. 1500 €.

Die Spiegel haben wir aus der Magnetscheibe einer defekten Festplatte geschnitten. Die Versuche mit Spiegelfolie und Haushaltsspiegeln waren unbefriedigend, auch Aluminium-Oberflächenspiegel lieferten keine überzeugenden Ergebnisse.

Die Halterung wurde aus Holzresten konstruiert und einer „Präzisionshalterung“ nachempfunden. Entscheidend ist die richtige Kombination aus Druckfedern und Schrauben¹, um eine hohe Justiergenauigkeit zu erreichen. Die Bodenplatte mit Erhöhung für den Strahlteiler wurde aus zwei schweren Holzbrettern gefertigt und zur Dämpfung auf einer Schaumstoffmatte² gelagert. Dies reichte aus, um eine *erfolgte* Erschütterung schnell zu dämpfen. Die Empfindlichkeit ist aber trotzdem so hoch, dass laute Gespräche das Interferenzbild beeinflussen.

¹In dieser Hinsicht muss ausprobiert werden.

²Schaumstoff zur Möbelpolsterung

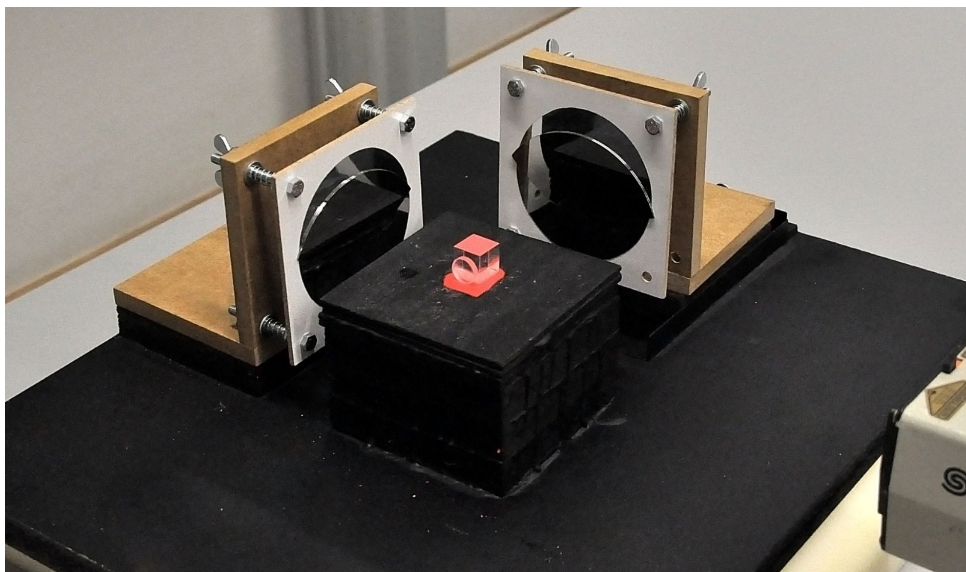


Abbildung 2: Photo des Interferometers (ohne Glasküvette)

Als Strahlteiler wollten wir einen Objektträger verwenden, erhielten jedoch zunächst kein Interferenzmuster.³ Gute Ergebnisse erhielten wir mittels eines günstigen Strahlteilerwürfels. Nach weiteren Verbesserungen an Spiegel und Lagerung gelang es auch mit einem Objektträger Interferenzmuster zu erzeugen. Bei Verwendung des Würfels ergab sich jedoch ein deutlich kontrastreicheres und saubereres Muster.

Ein Eigenbau der Glasküvette zur Bestimmung des Brechungsindex von Flüssigkeiten ist nicht ratsam, da selbst kleinste Abweichungen bzgl. der Parallelität den Strahlengang erheblich beeinflussen.

Die Verwendung des HeNe-Lasers aus der Physiksammlung ist nicht zwingend erforderlich, vereinfacht aber die Experimente gegenüber einem Laserpointer (unregelmäßiges Strahlprofil).

3 Kostenaufstellung

<i>Bauteil</i>	<i>Bezugsquelle</i>	<i>Kosten in €</i>
Strahlteiler	Optik-Versand	25
Linse	Optik-Versand	6
Laserpointer	Baumarkt	5
Schrauben / Federn	Baumarkt	5
Holzplatten	Baumarkt	3
Schaumstoff	Baumarkt	3
defekte Festplatte	eBay	1
	Summe	48

³Das Ergebnis taufte wir liebevoll „Frequenzpumpe“.

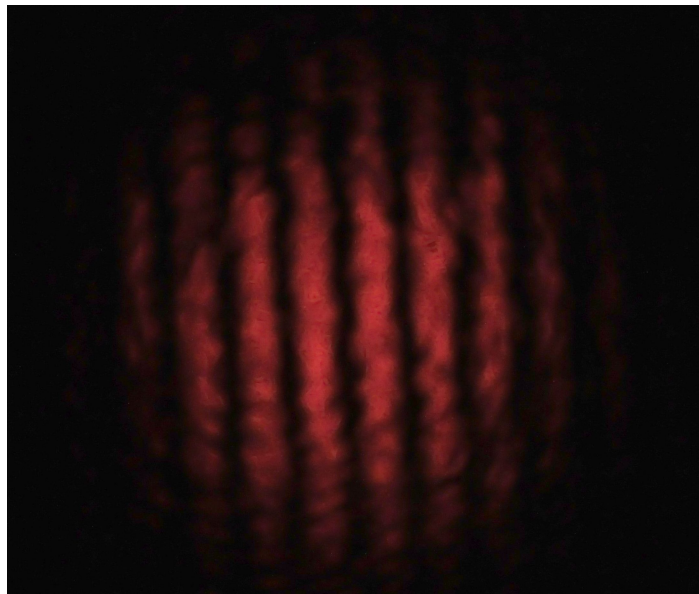


Abbildung 3: Interferenzmuster auf der Saalwand. Die Breite des gezeigten Ausschnitts beträgt ca. 15 cm

4 Anwendungsmöglichkeiten

Mit dem von uns konstruierten Interferometer ist es möglich:

1. Interferenzexperimente ansprechend darzustellen (Interferenzmuster an Saalwand)
2. Das Interferometer als empfindliches Messinstrument zu demonstrieren (Erschütterungen)
3. Die Messung von Längenänderungen mittels Interferenz zu motivieren
4. Die *Veränderung* des Brechungsindex von Flüssigkeiten auch quantitativ zu betrachten

Die große Besonderheit unseres Interferometers liegt im zugänglichen und übersichtlichen Aufbau. Im Gegensatz zu unserem Schulinterferometer kann eine Glasküvette einfach in den Strahlengang eingebracht werden und so die Veränderung des Brechungsindex von Flüssigkeiten (Wasser \rightarrow Zuckerlösung) bestimmt werden.

5 Brechungsindex einer Zuckerlösung

Eine Glasküvette gefüllt mit klarem Wasser wird in den Strahlengang eingebracht. Die Position eines gut beobachtbaren Interferenzstreifens wird auf dem Schirm markiert.

Dann wird eine schwach konzentrierte Zuckerlösung eingetroppt. Die Streifen des Interferenzmusters verschieben sich, bis das Muster schließlich wieder stabil ist. Es wird festgehalten, wie viele Maxima an der zuvor markierten Position „vorbeigewandert“ sind. Es ist $\Delta s = z \cdot \lambda$, mit Δs als „Wegunterschied“ und z der Anzahl der durchgelaufenen Maxima. Der Wegunterschied resultiert aus einer Änderung in der *optischen* Weglänge. Wir haben mit unseren Mitteln versucht, eine Zuckerlösung einer Konzentration von 0,5 Massenprozent in der Küvette zu erzeugen. Es ergab sich eine Verschiebung des Interferenzmusters um 30 Streifen (Bestwert), was $\Delta n = 4,7475 \cdot 10^{-4}$ entspricht. Durch Interpolation aus Literaturwerten⁴ ergibt sich eine Lösung von 0,4 Massenprozent. Bedenkt man die angesetzten Vereinfachungen, sowie den geringen Mitteleinsatz, ist dies als erfreuliches Ergebnis anzusehen.

Dieses Verfahren kann auch mit anderen Lösungen wiederholt werden. Bei vorhandenem Brechungsindex ist es möglich, die Konzentration einer Lösung zu bestimmen. Es eröffnen sich somit auch Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht.

⁴http://physik05.hs-niederrhein.de/physik/praktikum/WS1011/zusaetzlicheUnterlagen/BRI_brechzahlen1.pdf