

Interferometer aufgebaut mit modernen optischen Komponenten handlich, kostengünstig, modular

Andreas Strunz * und Jan-Peter Meyn *

*Didaktik der Physik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, andreas.strunz@physik.uni-erlangen.de und jan-peter.meyn@physik.uni-erlangen.de

Kurzfassung

Wir demonstrieren ein Michelson-Interferometer auf optischen Platten. Das Interferometer ist kompakt und stabil. Aufgrund seiner Modularität kann es sehr leicht erweitert werden. Erfahrungen aus unserem Schülerlabor und Didaktikseminar zeigen, dass optische Experimente auf diesen Platten unkompliziert und schnell aufzubauen sind. Ein Michelson-Interferometer kann von interessierten Schülern ausgeliehen werden.

1. Einleitung

Viele Lehrer, die unser Schülerlabor besucht haben, äußerten den Wunsch nach einem Interferometer für ihre Schule. Die Beschaffung scheidet aber meist an den Kosten eines kommerziell erhältlichen Systems. Einen besonders preiswerten Aufbauvorschlag mit Laserpointer, Glasplättchen, Linse und Knetgummi findet man bei M. Vollmer (2007) [1].

Unser Aufbau wurde nicht auf minimale Kosten sondern auf Stabilität und Modularität optimiert. Der Einsatz von optischen Tischen ermöglicht Erweiterungen und Veränderungen des Experimentes. Diese sogenannten „Breadboards“ sind heutzutage Standardinventar in Forschungslaboren an Universitäten. In Praktika und Schülerlaboren arbeiten Schüler und Studenten mit diesem System [2]. Auch erste Schulen haben ihre Sammlungen auf derartige Systeme umgestellt.

Ausgehend von einer Grundausstattung ist es ohne Neuanschaffung von Komponenten möglich, verschiedene Versuche aufzubauen.

Lehramtsstudierende unserer Praktika berichten oft über die Vorteile höherer Flexibilität, größerer Stabilität oder leichter Justage dieses Systems gegenüber dem traditionellen Schienensystem.

Für interessierte Schulen stellen wir ein Interferometer zur Ausleihe zu Verfügung.

2. Moderner Aufbau eines Interferometers

2.1. Grundkomponenten eines Michelson-Interferometers

Abbildung 2 zeigt den Aufbau unseres Leihinterferometers. Dieses setzt sich aus den erforderlichen Grundkomponenten eines Michelson-Interferometers (Abbildung 1) zusammen. Im Detail wird folgendes benötigt:

Anzahl	Art
1	Optische Grundplatte
1	Laser mit Spannungsversorgung
2	Spiegel
1	Strahlteiler
2	Schirme

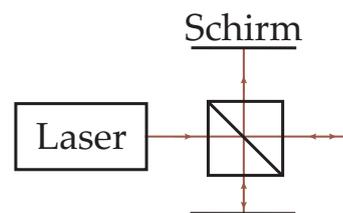


Abb. 1: Aufbau eines Michelson-Interferometers

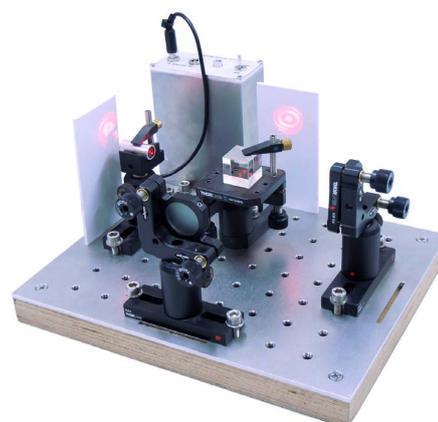


Abb. 2: Unser Leihinterferometer

2.2. Verwendete Bauteile

Ausgehend von den oben genannten Komponenten wurde von uns eine Zusammenstellung an Bauteilen getroffen. Diese Auswahl kann leicht verändert wer-

den, da kompatible Bauteile zur Erweiterung und Modifikation bei diversen Herstellern erhältlich sind [3–6]. Die Grundausstattung unseres Leihinterferometers setzt sich wie folgt zusammen:

- Die Grundplatte (200 x 250 mm) wird an unserem Institut in der Mechanischen Werkstatt zu einem Preis von ca. 30€ gefertigt. Alternativ könnte ein Breadboard von Thorlabs Modell Thorlabs MB2025/M eingesetzt werden.
- Das verwendete Lasermodul LDM-4V-635-1 wurde über *Optronis* [7] von *Laserex* [8] beschafft. Eine Alternative ist durch den Eigenbau von Laserdiodenmodulen möglich. Dazu verwenden wir ein Gehäuse für eine 5,6mm Laserdiode von Insaneware [9], eine Laserdiode (Conrad-Best.-Nr. 505664) und einen Laserdiodentreiber (Conrad-Best.-Nr. 187624). Mit geringer Lötterfahrung können diese Module einfach nachgebaut werden. Beide Lasermodule haben eine Wellenlänge von 635nm mit einer optischen Leistung von 1mW und werden in einer V-Clamp (Thorlabs VC1/M) montiert. Die Spannungsversorgung unserer Lasermodule erfolgt mittels einer Batteriebox. Dazu wurde ein Batteriefach für 4 AA-Batterien in einem Aluminium-Rechtkantrohr eingebaut. Zusätzlich wurden ein Schalter, zwei Niedervolt-Einbaubuchsen mit 2,5mm Innendurchmesser und eine LED zur Betriebsspannungsanzeige eingebaut.
- Als Spiegel werden Aluminium-Oberflächenspiegel (Thorlabs ME1-G01) in einem Spiegelhalter (Thorlabs KM100) verwendet.
- Der verwendete Strahlteilerwürfel (Thorlabs BS016 400-700nm Breitband nicht polarisierender Strahlteiler Würfel, 20mm Kantenlänge) wurde auf der Halterung (Thorlabs KM100B/M) montiert. Dieser kann durch ein Strahlteilerplättchen (Thorlabs EBS1) in einem Halter (Thorlabs LMR1/M) ersetzt werden.
- Als Abschirmplättchen werden aufgeschäumte Kunststoffplatten [10] verwendet. Diese besitzen laut Hersteller eine hervorragende Widerstandsfähigkeit gegenüber Schlägen und Kratzern und sind in Bastelabteilungen von Baumärkten erhältlich. Da die Bauteile durch ständige Verwendung und mehrmaligen Versand stark beansprucht werden, versprechen wir uns gegenüber Holzplättchen mit Papierbeschichtung eine höhere Lebensdauer.

Für Laser-, Strahlteiler- und Spiegelhalterung sind jeweils „Posts“ zur Befestigung auf der optischen Platte notwendig. Dazu verwenden wir einerseits eine Kombination eines 30mm Posts (Thorlabs TR30/M) mit

passenden 38,1mm Post Holder (Thorlabs PH1.5/M) und zweiseitig befestigbarer Mounting Base (Thorlabs BA1/M), andererseits einen 20mm Post (Thorlabs TR20/M) mit einem 25,4mm Post Holder (Thorlabs PH1/M) und einer einseitig befestigbaren Mounting Base (Thorlabs BA1S/M).

Zur Montage der Bauteile auf der optischen Grundplatte werden noch zirka 10 M6-Schrauben mit zugehörigen Beilagscheiben benötigt.

2.3. Gesamtkosten

Bauteil	Kosten
Optische Grundplatte	30 €
Laser mit Spannungsversorgung	95 €
Spiegel	125 €
Strahlteiler	220 €
Kleinteile	10 €
Gesamtkosten	≈ 500 €

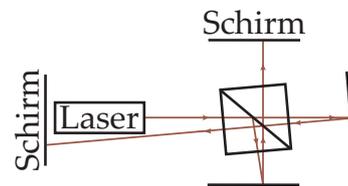


Abb. 3: Prinzipische Skizze der Justage unseres Leihinterferometers

2.4. Möglichkeiten dieses Interferometers

Unser Leihinterferometer kann aufgrund der Batterieversorgung des Lasers überall eingesetzt werden. Die Strahlengänge können so justiert werden, dass beide Ausgänge des Michelson-Interferometers beobachtbar sind (Abbildung 3). Außerdem ist das Interferenzmuster bei Tageslicht gut sichtbar.

2.5. Beispiel einer Erweiterung dieses Grundsystems

Der vorgestellte Aufbau kann durch die Montage eines Spiegels auf einem linearen Verschiebetisch (Thorlabs PT1/M) verändert werden. Dies ermöglicht die Änderung der Armlänge auf der μm -Skala.

Abbildung 4 zeigt eine Skizze eines derartigen Experimentes. Dazu wird ein weißer Schirm mittels einer Lampe beleuchtet. Dieser Schirm dient als Lichtquelle für das Michelson-Interferometer. Auf diese Art und Weise kann das Auge als Detektor eingesetzt werden, da die Beleuchtungsstärke kleiner als bei direkter Einstrahlung der Lampe ist.

Als Lampen werden zum einen eine Hg-Spektrallampe in einem Gehäuse von Linos (G03 0229 000), zum anderen eine Halogenlampe (LD DIDACTIC GmbH[11] Bestellnummer 450 64) eingesetzt. Jeweils eine der Lampen wird mit einer schwarzen Blende abgedunkelt. Dadurch kann leicht

zwischen den Interferenzmustern der verschiedenen Lichtquellen gewechselt werden.

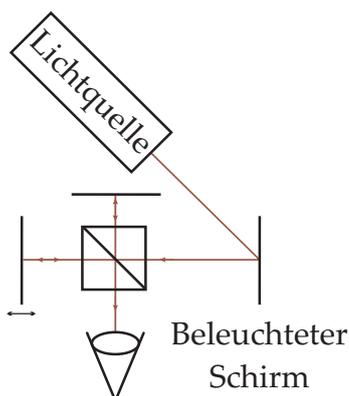


Abb. 4: Prinzipskizze der vorgestellten Erweiterung

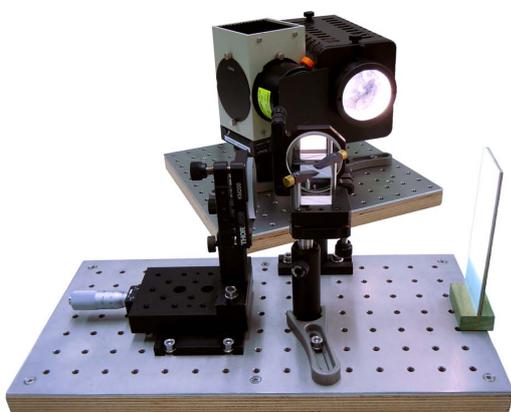


Abb. 5: Versuchsaufbau mit einem Verschiebetisch

Abbildung 6/7 zeigt den Blick in den Strahlteilerwürfel bei Verwendung der Hg-Spektrallampe/Halogenlampe als Lichtquelle.

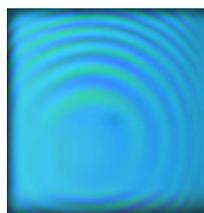


Abb. 6: Blick in den Strahlteilerwürfel
Interferenz der Hg-Spektrallampe

2.6. Weitere Erweiterungsmöglichkeiten

Eine Erweiterung auf ein Mach-Zehnder-Interferometer ist leicht möglich. Dazu muss lediglich ein zweiter Strahlteilerwürfel angeschafft werden. Komplexere Interferometer-Aufbauten können ebenfalls realisiert werden. Mittels eines an einer Metallstange montierten Spiegels kann ein qualitatives Demonstrationsexperiment zur Längenausdehnung von Materialien aufgebaut werden. Die Erwärmung/Abkühlung der Metallstange

führt zu einer sich verändernden Armlängendifferenz des Interferometers, welche sich durch wandernde Interferenzringe beobachten lässt.

Weitere Vorteile von optischen Tischen finden sich bei [12].



Abb. 7: Blick in den Strahlteilerwürfel
Weißlichtinterferenz der Halogenlampe

3. Zusammenfassung

Wir stellen ein Interferometer vor, das auf Modularität, Portabilität und Kosteneffizienz optimiert ist. Dazu verwenden wir einen kleinen optischen Tisch und Standardmaterialien moderner Optiklabore sowie eine batteriebetriebene Laserdiode. Dank der kompakten Bauform ist es möglich, beide zueinander inversen Interferenzbilder des Michelson-Interferometers zu betrachten.

Durch den Einsatz der optischen Platte wird unter anderem die Justierbarkeit in alle Raumrichtungen, aber auch ein vergleichsweise günstiger Anschaffungspreis erreicht. Kompatible Bauteile können von diversen Herstellern bezogen werden. Zudem ergibt sich ein mechanisch stabiler Aufbau.

Erfahrungen aus unserem Schülerlabor und Didaktikseminar zeigen, dass optische Experimente auf diesen Platten unkompliziert und schnell aufzubauen sind. Das Michelson-Interferometer kann von interessierten Schulen ausgeliehen werden. Informationen dazu sind unter <http://www.quantumlab.de> verfügbar.

4. Literatur

- [1] Möllman, Klaus-Peter; Vollmer, Michael: Interferometrie auf dem Küchentisch, Physik in unserer Zeit, 39 (2007)
- [2] Schülerlabor „Photonik macht Schule“, <http://www.quantumlab.de>
- [3] Thorlabs, <http://www.Thorlabs.de>
- [4] Linos/Qioptiq, <http://www.qioptiq.de>
- [5] Edmund Optics, <http://www.edmundoptics.de>
- [6] Newport, <http://www.newport.com>
- [7] Optronis, <http://www.optronis.de>
- [8] Laserex Technologies, <http://www.laserex.net>
- [9] Insaneware, <http://www.insaneware.de>
- [10] Gutta Werke GmbH, guttagliss hobbycolor, <http://www.gutta.de>
- [11] LD DIDACTIC GmbH, <http://www.ld-didactic.de>
- [12] Jan-Peter Meyn: Labortische mit Gewinderaster – modernes Experimentieren nicht nur in der Optik, PdN-PhiS, 3/60, S. 26, (2011)