

Die folgenden Original-Seiten der Zeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule“ wurden mit expliziter Genehmigung des Aulis-Verlages (Dr. Brigitte Abel) und des Friedrich-Verlages (Hubertus Rollfing) auf die Webseite www.thomas-wilhelm.net gestellt. Vielen Dank für die Erlaubnis.

Die exakte Quellenangabe des Zeitschriftenartikels ist:

WILHELM, T.

Laserstrahlen mit der Nebelmaschine sichtbar machen

Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 59, Nr. 8, 2010, S. 14 - 16

Laserstrahlen mit der Nebelmaschine sichtbar machen

Th. Wilhelm

1. Ausgangslage

Laser wurden in den vergangenen Jahrzehnten immer preisgünstiger, und heute ist der Laserpointer schon ein bekanntes Alltagsgerät, der deshalb auch gerne im Physikunterricht eingesetzt wird. Allerdings gibt es hier das Problem, dass der Laserstrahl normalerweise nicht sichtbar ist, sondern nur sein Auftreffpunkt auf der Wand. Denn nur Licht, das ins Auge fällt, wird gesehen, während Licht, das am Auge vorbeigeht, unsichtbar ist.

Um einen Laserstrahl in einer Flüssigkeit sichtbar zu machen, nutzt man z.B. die Streuung durch die Fetttropfchen von wenig Milch im Wasser (oder von Salz oder Zucker im Wasser). In einem festen Körper kann man einen Laserstrahl sichtbar machen, indem man die Streuung von Gelatine oder Götterspeise verwendet [1]. In Luft

wird vor allem der streifende Lichteinfall eines Lichtfächers benutzt [2]. Dazu muss der Laserstrahl allerdings aufgeweitet werden.

Ein klassisches Vorgehen ist, den Laserstrahl mit dem Kreidestaub des Tafellappens sichtbar zu machen. Dies ist aber nicht nur ein staubiges, sondern ein ineffektives Vorgehen, denn leider hält sich der Staub nicht lange in der Luft. Dagegen ist der Einsatz einer Verdampfer-Nebelmaschine einfacher und führt zu besseren Ergebnissen. Bei den Schülerinnen und Schülern sind Nebelmaschinen außerdem positiv besetzt, da sie diese aus Discos, Konzerten und Partys kennen. Viele Erfahrungen zeigen, dass es Lehramtsstudierende lieben, eine Nebelmaschine einzusetzen und deren Einsatz für didaktisch sinnvoll halten.

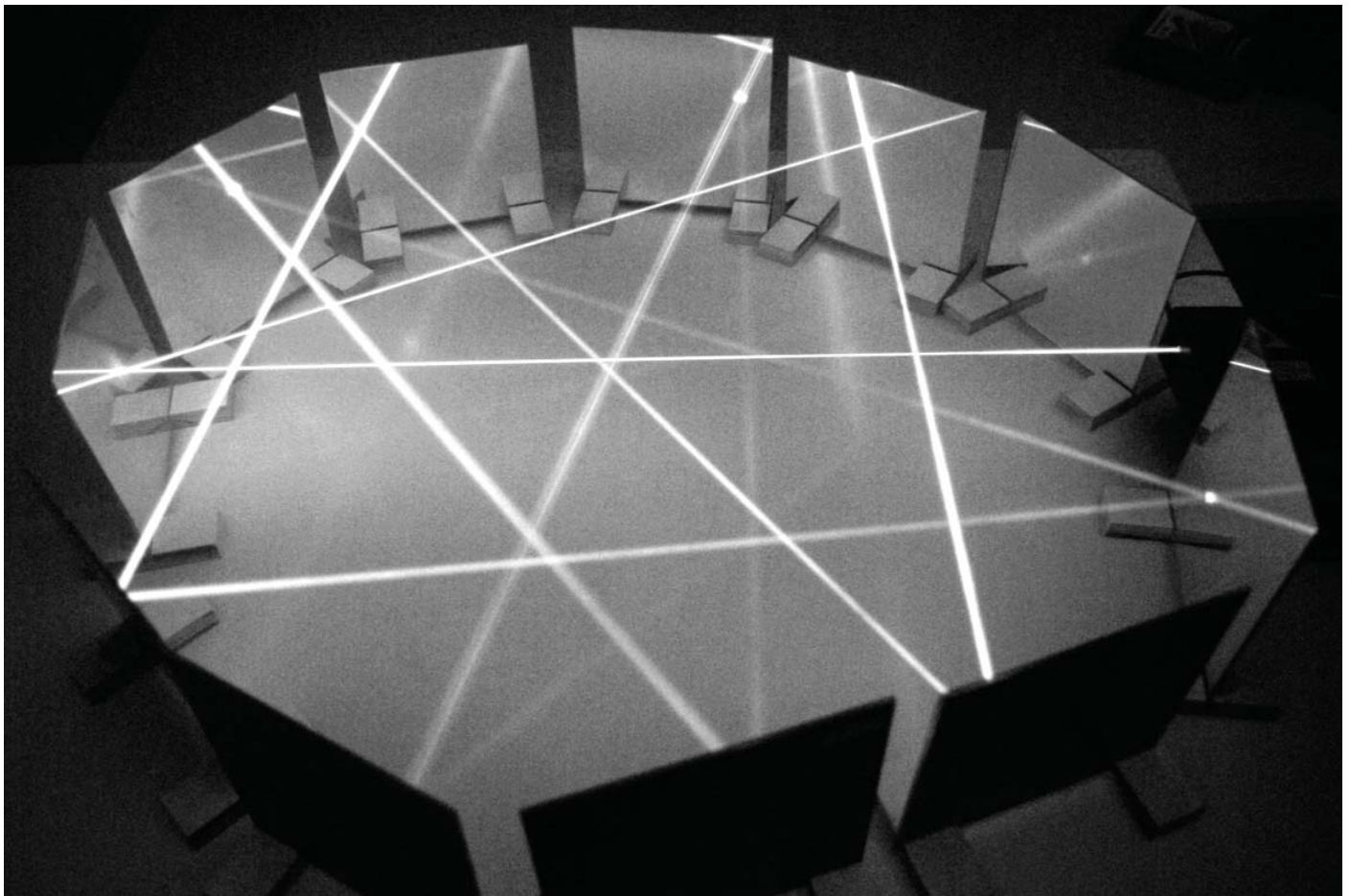
Da die Tröpfchengröße bei diesem Nebel größer als die Wellenlänge des Lichts ist (*Mie*-Streuung), wird das Laserlicht nicht gleichmäßig in alle Richtungen gestreut, was aber unerheblich ist. Von Vorteil ist allerdings ein dunkler Hintergrund oder ein leichtes Abdunkeln des Experimentierraumes.

Kiupel hat diese Methode bereits genutzt, um dreidimensional im Raum zu untersuchen, wie weiße Lichtbündel gebrochen und reflektiert werden und er hat sich damit Linsen und Dispersion angeschaut [3]. Außerdem kann man eine solche Nebelmaschine auch für einen Windkanal nutzen [4].

2. Nebelmaschinen

Heutige Nebelmaschinen, wie sie auf Bühnen, in Discos und auf privaten Partys ver-

Abb. 1: Reflexionen eines Laserstrahles an vielen Spiegelkacheln



wendet werden, erzeugen einen Nebel, indem sie ein Nebelfluid verdampfen, das hauptsächlich aus destilliertem Wasser und dem farb- und geruchslosem Propylen-glycol besteht. Dabei geht es darum, die Wirkung von Scheinwerfern und Laserstrahlen zu erhöhen.

Bei den heute üblichen Verdampfer-Nebelmaschinen wird das Fluid in ein Heizelement gepumpt, in dem es verdampft wird. Der Glykoldampf wird dann durch einen Luftstrom in feine Tröpfchen kondensiert und mit diesem durch eine Düse als Nebel ausgestoßen.

Für physikalische Versuche reichen bereits kleine und einfache Geräte, die es ab 25 € [5] zu kaufen gibt. Da anders als in der Disco das Gerät nicht fest an die Decke montiert wird, ist eine Fernbedienung nicht notwendig.

Lange Zeit wurden zur Nebelerzeugung auch Trockeneis, also gefrorenes CO_2 , und heißes Wasser verwendet. Da Trockeneis heute aber kaum noch zu bekommen ist, gibt es diese Art der Nebelerzeugung kaum noch. Für unsere Versuche weniger geeignet sind außerdem sogenannte Hazer [wie in 4], die einen schwächeren Nebel erzeugen, indem sie Wasser rein mechanisch mit Ultraschall zerstäuben. Bekannt ist dieses Prinzip von den Nebelbrunnen, die als dekorative Luftbefeuchter verwendet werden.

3. Beispiele

Den Nebel kann man nun nicht nur verwenden, um zu zeigen, dass sich das Laserlicht im homogenen Medium geradlinig ausbreitet. Besonders sinnvoll ist es dort, wo das Licht seine Richtung ändert. Im Folgenden wird anhand von vier Beispielen gezeigt, wie Laserstrahlen sehr eindrucksvoll mit Hilfe einer Nebelmaschine¹ im Unterricht gezeigt werden können.

3.1 Spiegelanordnungen

Legt man einen Spiegel auf den Versuchstisch und bläst darüber den Nebel, kann man das Reflexionsgesetz zeigen. Außerdem wird hier deutlich, dass einfallender und reflektierter Strahl in einer Ebene liegen, was beim streifenden Lichteinfall nicht wirklich gezeigt werden kann. Um auch das Lot sichtbar zu machen, klebt man einen Trinkhalm auf den Spiegel.

Interessanter sind Anordnungen mit mehreren Spiegeln. So kann man sichtbar machen, dass bei einem Tripelspiegel der Laserstrahl die Anordnung wieder parallel

¹ Verwendet wurde die Nebelmaschine I-180 für 50 € (Best.-Nr.: 590812 - 62 bei Conrad.de).

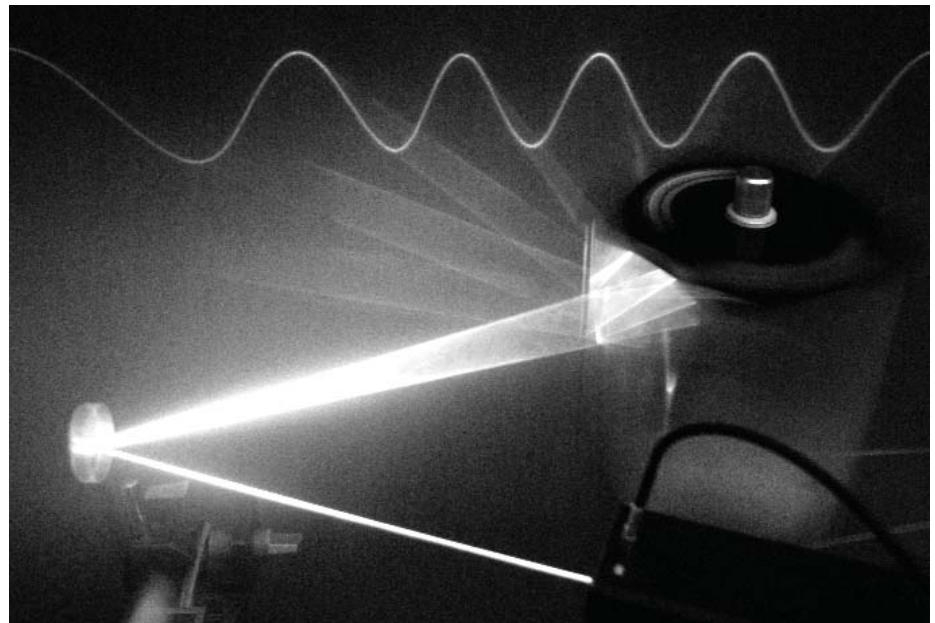


Abb. 2: Schwingung einer Blattfeder mit einem Drehspiegel sichtbar gemacht

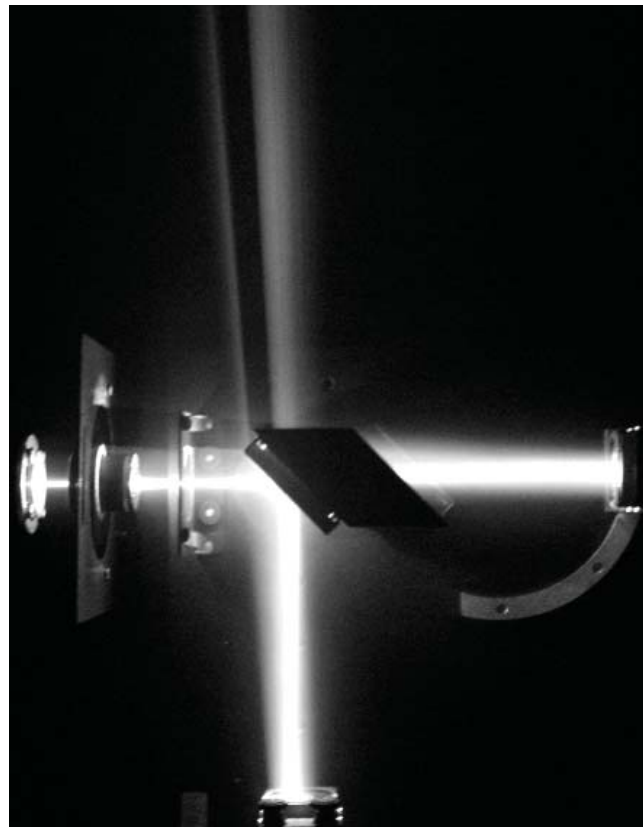


Abb. 3: Das Michelson-Interferometer (Der Laser steht links)

zum einfallenden Strahl verlässt – und das nicht nur in einer Ebene, sondern im Raum.

In offeneren Unterrichtsphasen können Schüler auch mit Spiegelkacheln lange Lichtwege mit vielen Reflexionen aufbauen. Die vielen im Nebel sichtbaren Laserstrahlen faszinieren dabei immer die Beobachter (siehe Abb. 1). Geschickt ist es, die Spiegelkacheln eng nebeneinander in einem Oval aufzustellen, so dass der Nebel, den man hinein füllt, nicht so leicht entweichen kann.

3.2 Schwingungen mit Drehspiegel

Die Schwingung einer Blattfeder oder eines Lautsprechers kann man mit einem Laserstrahl und einem Drehspiegel als Liniengraph an der Wand sichtbar machen. Dabei erscheint normalerweise nur eine Sinuslinie an der Wand. Nebelt man den Raum zwischen Laser, Blattfeder (mit Spiegel), Drehspiegel und Wand ein, dann sieht man deutlich, wie der dünne Laserstrahl durch die Blattfeder in eine Richtung (oben – unten) auseinander gezogen wird (siehe Abb. 2). Außerdem sieht man bei

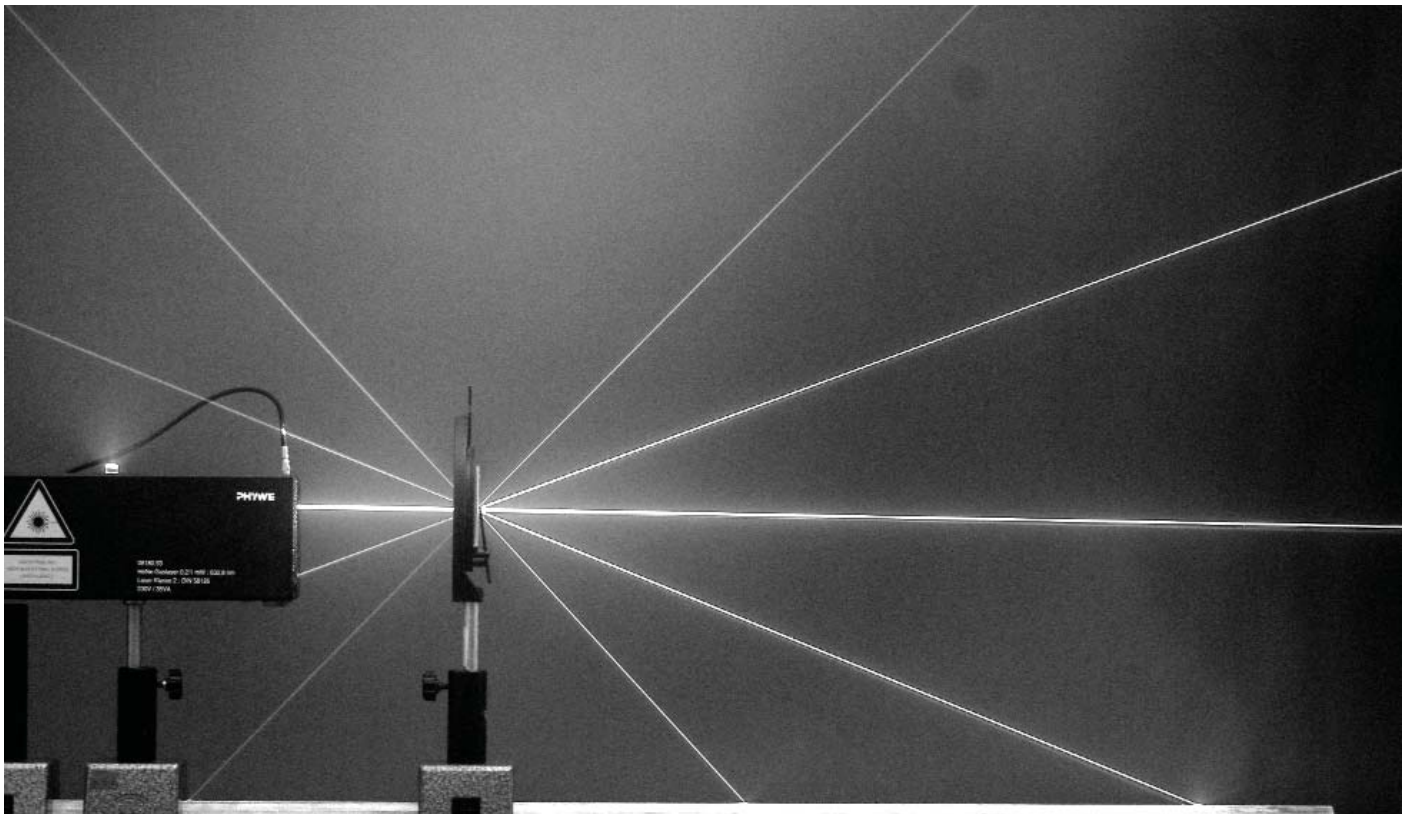


Abb. 4: Interferenz am Gitter (570 Linien pro mm)

langsamem Lauf des Drehspiegels wie dieser den Laserstrahl mit der Zeit in die andere Richtung (rechts) ablenkt. Das Sichtbarmachen des Lichtweges kann also helfen, den Versuchsaufbau zu verstehen.

3.3 Michelson-Interferometer

Das Michelson-Interferometer kann in der Sekundarstufe II beim Thema Interferenz behandelt werden. Seine eigentliche Bedeutung hat es aber als historischer Versuch bei den Postulaten der Speziellen Relativitätstheorie. Hier ist es wichtig zu verstehen, welche Wege der Laserstrahl nehmen kann. Auch hier hilft der Nebel einer Nebelmaschine (siehe Abb. 3). Dabei fällt auf, dass es sich entgegen üblicher Zeichnungen nicht um dünne Laserstrahlen handelt, sondern um Lichtbündel, da der Laserstrahl durch eine Kugellinse (Sammellinse sehr kleiner Brennweite) aufgeweitet wird.

3.4 Beugung an Spalten und am Gitter

Bei der Beugung am Einfach- und Doppelspalt sowie am Gitter wird in der Regel im Experiment nur das Bild auf einem Schirm betrachtet. Bei der Berechnung der Bedingung für Maxima wird dann aber deutlich, dass nur die Richtung wichtig ist und irgendwo in großer Entfernung betrachtet wird. Wird der Raum hinter (und vor) dem Gitter eingenebelt, wird diese Richtung sichtbar (siehe Abb. 4). Das Ergebnis ist zu-

mindest beeindruckender als Punkte auf einem Schirm. Da in Abbildung 4 eine Gitterfolie zwischen Schutzglasscheiben verwendet wurde, gibt es auch Reflexionen in den Raum vor dem Gitter. An dem ungebogenen zurückreflektierten Strahl sieht man im Nebel auch einfach, ob das Gitter ganz senkrecht zum einfallenden Strahl steht. Eine leichte Verkippung um den Winkel β ist unbedingt zu vermeiden, denn dann gilt: $g(\sin\alpha_k \pm \sin\beta) = k\lambda$.

Macht man ein Foto wie in Abbildung 4, kann man in einem Videoanalyseprogramm wie z. B. „Coach6“ oder „measure dynamics“ [6] auch direkt die Winkel im Bild mit der Software sehr genau ausmessen. Mit dem Foto aus Abb. 4 (10 MPixel, Brennweite 33 mm, Entfernung ca. 1,65 cm) erhält man $\alpha_1 = 21,17^\circ \pm 0,03^\circ$ und damit $\lambda = 633,6$ nm. D. h. die verwendete Wellenlänge 632,8 nm wurde recht genau bestimmt und sogar genauer als bei einer Abstandsmessung der Leuchtpunkte auf dem Schirm.

4. Fazit

Mit Nebel kann der Verlauf von Laserstrahlen deutlich sichtbar gemacht werden und so können klassische Versuche mit wenig Aufwand aufgewertet werden. Die günstigen Heim-Nebelmaschinen sind damit eine preisgünstige Möglichkeit, Versuche mit Laserstrahlen durchschaubarer zu machen. Einfache Handhabung und gute Versuchsergebnisse sprechen für den Einsatz. ■

Literatur

- [1] Geßner, T.; Wilhelm, T.: Der Regensensor im Unterricht - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 57, Nr. 1, 2008, S. 24 - 31
- [2] Wilhelm, T.: Brechung mit der Laserwasserwaage - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 58, Nr. 1, 2009, S. 5 - 8
- [3] Kiupel, M.: 3D-Optik mit der Nebelmaschine - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 47, Nr. 2, 1998, S. 42 - 43
- [4] Priemer, B.; Schmidt, T.: Ein Nebelwindkanal im Selbstbau - Einfache Erzeugung von Stromlinien und Messung von Strömungsgeschwindigkeiten um verschiedene Objekte - In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Nr. 4, 2008, S. 217 - 223
- [5] Z. B. Mini-Nebelmaschine eurolite n-10 (25 €) bei www.voelkner.de oder American DJ Mini Fog 400 Nebelmaschine (30 €) bei www.prolighting.de oder Stairville SF-80 Nebelmaschine (35 €) bei www.thomann.de
- [6] Mück, T.; Wilhelm, T.: Neue Möglichkeiten der Videoanalyse am Beispiel von Sportbewegungen - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 58, Nr. 7, 2009, 19 - 27

Anschrift des Verfassers:

AR Dr. Thomas Wilhelm, Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg,
E-Mail: wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de,
WWW: www.thomas-wilhelm.net