

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 1

Sammlung aktueller Beiträge aus der
physikdidaktischen Forschung

ISBN 3 - 7896 - 0090 - 3

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1989

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Herbert Möller

Das "weggeblasene" Lichtbündel

Wohl jeder kennt den spiegelnden Glanz, der hin und wieder auf kürzeren oder längeren Abschnitten der rauhen Asphaltdecke von Straßen zu liegen scheint. Er ist eine Folge der Totalreflexion des Lichtes an einer Grenzschicht, die sich zwischen einer dünnen, warmen Luftschicht dicht über der Straßenoberfläche und der darüber befindlichen kälteren Luftschicht ausbildet. Wenn man diese Naturerscheinung, die in eindrucksvollerer Form unter dem Namen *Fata Morgana* bekannt ist, im Experiment zeigen will, so stößt man gegebenenfalls auf das sogenannte "weggeblasene" Lichtbündel [1]. Ein Effekt, der in überraschender Weise das Verhalten von Licht an Grenzschichten demonstriert und vielleicht interessanter ist, als der Versuch zur Luftspiegelung selbst. Im Folgenden werden zwei Anordnungen beschrieben, mit denen dieser Effekt genauer untersucht und vorgeführt werden kann. Die Anordnung eignet sich natürlich auch zur Demonstration von Luftspiegelungen.

1. Demonstration mit Laserlicht

Die Idee des Versuchs besteht darin, Licht streifend über eine heiße Platte zu führen und die dabei auftretenden Effekte auf einem Schirm oder auf der Platte selbst zu beobachten. Ein Beispiel für einen möglichen Versuchsaufbau, bei dem als Lichtquelle ein Laser verwendet wird, zeigt Abb. 1. Der Vorteil des Lasers besteht darin, daß die Bedingung des streifenden Einfalls mit dieser Lichtquelle einfacher zu erreichen ist.

Zur bequemeren und genaueren Justierung empfiehlt es sich, den Laser in einem Dreifuß mit Stellschrauben zu befestigen. Die Justierung erfolgt so, daß bei kalter Platte der Laserstrahl streifend über der Kochplatte verläuft und anhand des Streulichts auf der Platte gerade noch sichtbar wird. Anschließend wird er auf einem

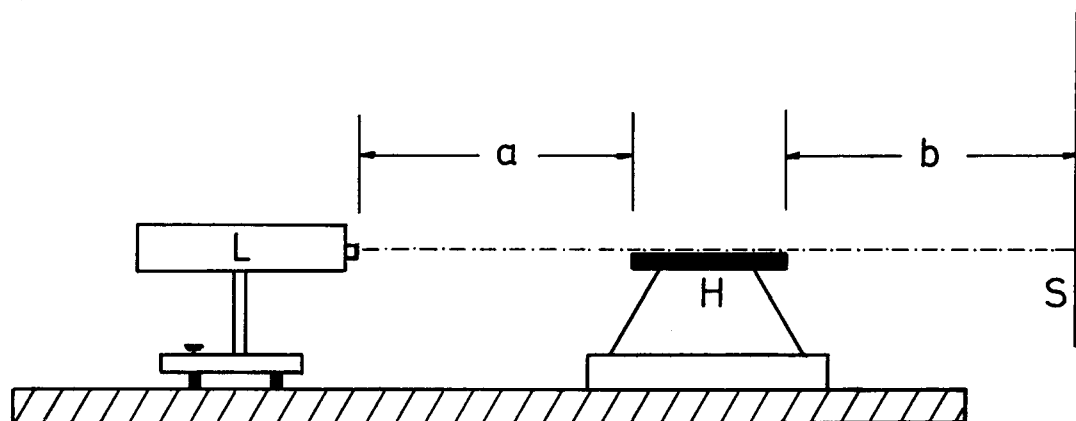


Abb. 1: Versuchsanordnung zur Demonstration des "weggeblasenen" Lichtbündels mit Laserlicht. (L: He-Ne-Laser, H: elektr. Kochplatte, $a \approx 1,5\text{m}$, $b \approx 3\text{m}$)

Schirm aufgefangen. Ist die Oberfläche der Kochplatte mit Rillen versehen, so sieht man auf dem Schirm neben dem direkten Strahl noch durch Interferenzeffekte hervorgerufene schwächere Lichterscheinungen.

Wird die Kochplatte erhitzt, so gerät der Laserfleck auf dem Schirm in wogende Unruhe. Bläst man nun über die heiße Platte, so beobachtet man ein zunächst nicht erwartetes Phänomen. Das Streulicht auf der Kochplatte verschwindet mit dem Blasen. Es sieht so aus, als würde der Lichtstrahl "weggeblasen".

Diese überraschende Erscheinung läßt sich folgendermaßen deuten. Durch das Anblasen der Kochplatte erreicht man, daß zunächst die warme Luft weggeblasen wird. In einer sehr dünnen, praktisch gleichmäßigen Schicht dicht über der Plattenoberfläche erwärmt sie sich jedoch wieder sehr schnell, und es bildet sich somit die für das Auftreten der Totalreflexion notwendige, gleichmäßige Grenzschicht dicht über der Platte aus. Ohne Blasen ist dies aufgrund der unvermeidlichen Turbulenzen nicht der Fall und der Effekt ist nicht beobachtbar.

Eine gute Justierung ist für das Gelingen des Versuchs entscheidend. Wegen der geringen Temperaturdifferenz zwischen heißer und kalter Luftschicht ist der Unterschied zwischen den entsprechenden Brechzahlen sehr klein und Totalreflexion tritt praktisch nur bei streifendem Lichteinfall auf.

Anmerkung: Es ist zu vermuten, daß es sich hier, ähnlich wie bei der Fata Morgana, nicht um die Totalreflexion an einer einzigen Schicht handelt, sondern daß sich dicht über der Platte ein Gradient für den Brechungsindex einstellt, der zu einem "Umlenken" des Lichtbündels führt. Allerdings ist bei diesem Versuch der erwartete gekrümmte Lichtstrahl wegen der geringen Dicke des Grenzschichtbereichs nicht zu beobachten.

Die Beeinflussung der Lichtausbreitung durch die "durch Blasen erzeugte" Grenzschicht kann man auch auf dem Schirm verfolgen. Beim Blasen beobachtet man ein schmales Lichtband oberhalb des früheren Auftreffpunkts des Laserstrahles. Dieses Lichtband verschwindet sofort wieder, wenn man mit dem Blasen aufhört. Dementsprechend erscheint auf der Kochplatte erneut die Laserlichtspur. Will man den Effekt über eine längere Zeitspanne beobachten, so muß man einen kontinuierlichen Luftstrom benützen, den man z.B. mit einer Luftpumpe erzeugen kann. Der Effekt wird noch etwas eindrucksvoller, wenn man den Laserstrahl aufweitet. In dem oben skizzierten Versuchsaufbau wurde eine Zylinderlinse zwischen Laser und Kochplatte in ca. 20cm Entfernung vor der Kochplatte aufgestellt.

Interessant ist ferner zu untersuchen, bei welcher Temperatur der beschriebene Effekt einsetzt, wie groß der Luftstrom bei gegebener Temperatur für das Auftreten des Effektes (Empfindlichkeit) sein muß und wie dick der Grenzschichtbereich in etwa ist.

2. Demonstration mit Glühlicht

Der Versuch läßt sich ebenso mit Glühlicht durchführen. Hierzu wird eine Experimentierleuchte mit einem Einfachkondensator und einer horizontal gerichteten Spaltblende versehen, und dieser Spalt wird mit einer Sammellinse auf einen Schirm scharf abgebildet ([1]). Dabei haben sich für die Sammellinse die Brennweite $f=30\text{cm}$ und für den Abstand zwischen Spalt und Bildschirm ca. 4m als günstig erwiesen. Die elektrische Kochplatte wird in ca. $1,2\text{m}$ Entfernung von der Spaltblende so aufgestellt, daß das ausgeblendete Lichtbündel der Experimentierleuchte wieder streifend über die Kochplatte verläuft. Naturgemäß müssen dann Platte und Spaltblende zueinander parallel gerichtet sein. Anstelle der Kochplatte läßt sich auch eine ebene Eisenplatte (Fußplatte eines alten Bunsenstativs) verwenden, die an einem Rundeisenstab befestigt ist und die mit zwei Bunsenbrennern annähernd gleichmäßig erwärmt wird. Auch hier sollte zwecks bequemerer Justierung die Experimentierleuchte oder die Eisenplatte in einem Stativfuß mit Stellschrauben befestigt werden. Einen möglichen Versuchsaufbau zeigt Abb. 2.

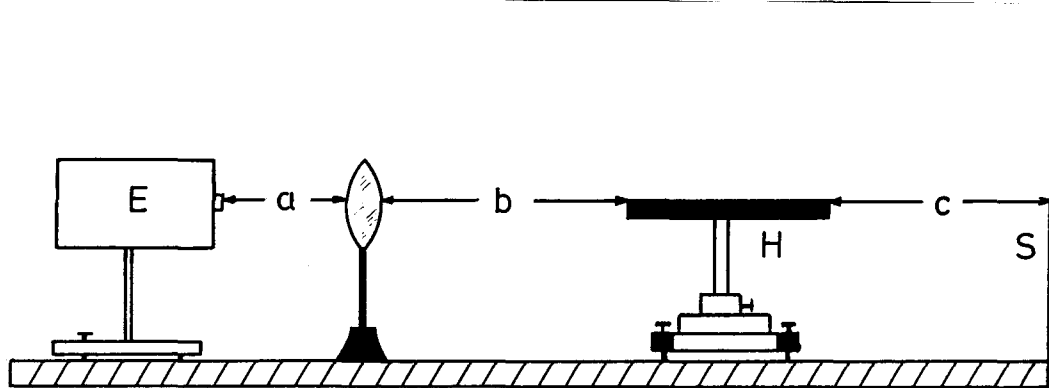


Abb. 2: Versuchsaufbau zur Demonstration des "weggeblasenen" Lichtbündels mit Glühlicht. (E: Experimentierleuchte; H: elektrische Kochplatte; S: Schirm; $f \approx 30\text{ cm}$, $a \approx 50\text{ cm}$, $b \approx 70\text{ cm}$, $c \approx 3\text{ m}$)

Durch Verschieben der Linse in lotrechter Richtung und durch Verdrehen der Stellschrauben muß dann der Versuchsaufbau so justiert werden, daß beim Blasen über die heiße Platte ein möglichst großer Teil der streifend beleuchteten Plattenfläche dunkel wird. Auch hier wird das Lichtbündel scheinbar von der Platte heruntergeblasen. Das totalreflektierte Licht sieht man jetzt als breiten Streifen oberhalb des ursprünglichen Spaltbildes. Eine gute Justierung ist auch hier Voraussetzung für ein optimales Gelingen des Versuchs. Man kann auch unter Beachtung des streifenden Lichteinfalls die Spaltblende mit Hilfe der Linse anstelle auf den Schirm auf die Platte abbilden. Diese leuchtet dann infolge der chromatischen Linsenfehler und des streifenden Lichteinfalls farbig auf. Beim Darüberblasen ändert sich entweder die

Art der Farben oder die Platte verdunkelt sich wieder. Durch geeignete Justierung läßt sich in diesem Falle erreichen, daß erst beim Darüberblasen auf dem Schirm ein Lichtfleck auftaucht, der sofort wieder verschwindet, wenn man mit dem Blasen aufhört. Dieser Effekt ist besonders eindrucksvoll und überraschend.

3. Variation der Versuche

Dreht man die Platte um 180° , so läßt sich auch die andere Art der Fata Morgana demonstrieren, bei der die heißere Luftschicht oberhalb der kälteren liegt. Das Lichtbündel verläuft jetzt streifend unterhalb der Plattenoberfläche. Bei Verwendung von Glühlicht muß die Experimentierleuchte näher an die Platte herangeschoben werden. Um möglichst streifenden Lichteinfall zu erreichen, muß eine Sammellinse mit größerer Brennweite (z.B. $f=50\text{ cm}$) verwendet werden. Die Spaltblende der Experimentierleuchte wird dann wieder auf den Bildschirm scharf abgebildet. Beim Erhitzen wird die Ablenkung des Spaltbildes auf dem Bildschirm deutlich sichtbar (Blasen ist hier nicht erforderlich).

4. Literatur

- [1] H. Möller, "Das weggeblasene" Lichtbündel", Praktische Schulphysik (Praschu), 33, Heft 8 S.10–11 (1957)