

Ignaz-Günther-Gymnasium



W-Seminar 2017/18

W-Seminararbeit

W-Seminar: Mathe, Physik / Licht

Schlierenoptik

Von:

Adrian Herbert Mentschel

Inhaltsangabe:

Schlierenoptik

1. Einleitung
2. Theorie der Schlierenoptik
 - 2.1 Theorie im Allgemeinen
 - 2.2 Theorie bei genutztem Versuchsaufbau
 - 2.3 Versuchsaufbau
3. Praktischer Versuch
 - 3.1 Durchführung
 - 3.2 Ergebnisse
 - 3.3 Auswertung
4. Alternativer Versuch
 - 4.1 Theorie des alt. Versuchs
 - 4.2 Praktischer Versuch
5. Anhang mit theoretischen und praktischen Bildern meiner Versuche
6. Literaturnachweis

1. Einleitung

Schlierenoptik wird verwendet, um Disparitäten, in Bezug auf Druck und Brechung zwischen mehreren Gasen und/oder Flüssigkeiten oder nur die verschiedenen Gase bzw. Flüssigkeiten an sich, in der Luft festzustellen.^{6.2} Somit kann man beispielsweise die Aerodynamik eines Objekts feststellen, indem man ein Gas auf einen Gegenstand wirft und man dann betrachtet, wie es sich im Zusammenspiel mit gewöhnlicher Luft in Mitbetrachtung des Objekts verhält. Auch kann man mit Hilfe der Schlierenoptik Brechungseigenschaften durch Vergleich der Projektion am Schirm und dem originalen Eintreffwinkel auf das zu beobachtende Gas bzw. die Flüssigkeit, feststellen.^{6.2} An sich gibt es drei Arten, um anhand der Schlierenoptik Ergebnisse zu erhalten. Die Schattenfotographie, die ich bei meinem Versuch anwendete, da es die technisch gesehen einfachste Methode ist, die Schlierenfotographie und anhand von Interferogrammen, was lediglich aus der Auswertung verschiedener Interferenzen und Überlagerungen von Wellen besteht.^{6.1} Man hat im Bereich der Schlierenoptik ca. 1864 begonnen, zu forschen und experimentieren.^{6.2}

2. Theorie der Schlierenoptik

2.1 Theorie im Allgemeinen

Das grundsätzliche Prinzip der Schlierenoptik ist, dass man Licht auf ein Untersuchungsobjekt, was ein Gas oder eine Flüssigkeit sein kann, wirft und man an einem Schirm untersucht, inwiefern das Licht durch das Untersuchungsobjekt beeinflusst oder, spezifischer ausgedrückt, gebrochen wurde.^{6.4} Dieses Ereignis tritt bei jeder lichtdurchlässigen Substanz auf, ist aber in Betrachtung der Festkörper irrelevant, da sie aufgrund ihrer festen Form keine Möglichkeit haben mit anderen Körpern zu reagieren. Auch kann man, wenn man bereits zwei separate Objekte (hier ebenfalls Gase bzw. Flüssigkeiten) hat, die Aerodynamik eines oder mehrerer Festkörper ermitteln, indem man die Flussrichtung eines Gases bzw. einer Flüssigkeit bezüglich des anderen Gases bzw. Flüssigkeit, anhand des Festkörpers untersucht.

2.2 Theorie bei genutztem Versuchsaufbau

Mein Versuchsaufbau basiert auf der Methode der Schattenfotographie. D.h. man nimmt ein Objekt, in meinem Fall war es die heiße Luft einer Kerze, welche das Licht einer Lampe bricht. Dahinter wird eine harte Schlierenkante, das heißt ein, idealerweise sehr dünner, Festkörper, welche das nicht gebrochene Licht abschirmen soll, platziert, sodass auf dem Schirm nur noch das von der warmen Luft gebrochene Licht ankommt. Dies ist gänzlich aber nicht möglich gewesen, da das Licht von der warmen Luft nicht stark genug gebrochen wurde, sodass immer auch von der Kerze gebrochenes Licht mitabgeschirmt wurde. Das Ergebnis müsste laut Theorie sein, dass man am Schirm die Umrisse der warmen Luft sehen kann. Der theoretische, sowie der praktische Versuchsaufbau zusammen mit seiner Funktionsweise sind im Anhang zu sehen.

2.3 Versuchsaufbau

Der Aufbau wird im Folgenden von Lampe bis Schirm in korrekter und chronologischer Reihenfolge beschrieben. Am Anfang steht eine Lampe von der das notwendige Licht ausgeht. Direkt vor der Lampe steht eine Blende (mal benutzte ich eine Irisblende,

mal eine Spaltblende, wobei ich die Irisblende präferierte, da sie auf die Größe der folgenden Linsen angepasst werden konnte, was man bei der Spaltblende nicht konnte), welche das viele Licht abschirmt, sodass das Ergebnis am Schirm so wenig wie möglich beeinflusst wird. Bei dem Versuch mit den Bildern im Anhang benutzte ich eine plankonvexe Linse mit der Brennweite 150mm, bei dem Versuch mit den Videos eine 130mm plankonvexe Linse. Diese müssen je nach Brennweite um diese von der Lampe entfernt aufgestellt werden. Ihr Effekt ist der, dass sie das von der Lampe gestreute Licht zu parallelen Strahlen bündeln, wenn man den konvexen Teil der Linse zum Objekt, der warmen Luft der Kerze, gerichtet, hinstellt. Hinter der ersten plankonvexen Linse befindet sich das zu untersuchende Objekt. In meinem Fall war es warme Luft über einer brennenden Kerze. Dahinter steht die zweite plankonvexe Linse, deren konvexe Seite ebenfalls zum Objekt, der warmen Luft der Kerze, zeigt, sodass das Licht nicht mehr parallel verläuft, sondern auf einen Brennpunkt gebündelt wird, welche dieselbe Brennweite hatte wie die andere plankonvexe Linse desselben Versuchs auch. An jenem Brennpunkt steht eine harte Schlierenkante, welche das Licht abschirmt. Höher frequentiertes Licht wird stärker gebrochen. Schwächer frequentiertes

Licht wird schwächer gebrochen. Das führt dazu, dass an einer Seite ein roter und auf der gegenüberliegenden Seite ein blauer Randbereich entsteht. Wird die Schlierenkante von rechts hereingeschoben, so ist der rote Bereich rechts und der blaue Bereich links. Wird die Schlierenkante von oben hereingeschoben, so ist der rote Bereich oben und der blaue Bereich unten. Wird die Schlierenkante von links hereingeschoben, so ist der rote Bereich links und der blaue Bereich rechts. Wird die Schlierenkante von unten hereingeschoben, so ist der rote Bereich unten und der blaue Bereich oben. Eine Graphik dazu ist im Anhang zu finden. Dahinter stellte ich bei beiden Versuchen jeweils eine bikonvexe Linse, einmal mit der Brennweite 300mm beim Versuch mit den Bildern und einmal mit der Brennweite 200mm beim Versuch mit den Videos, um das Bild noch einmal zu fokussieren, um es dann schließlich auf den Schirm zu projizieren. Man könnte der Theorie nach auch den Schirm an die Stelle der bikonvexen Linse stellen. Für den korrekten Aufbau ist ein Blatt Papier sehr nützlich mit welchem man den Aufttrittspunkt des Lichts auf einer Linse und der harten Schlierenkante gut bestimmen kann.^{6,4}

3. Praktischer Versuch

3.1 Durchführung

Bei der Durchführung sollte man anfangs die harte Schlierenkante außerhalb des Versuchs lassen und erstmals nur die Kerze anzünden. Ist die Schlierenkante nicht im Brennpunkt der zweiten plankonvexen Linse sieht man nur das Licht der Lampe am Schirm. Im Folgenden ist die harte Schlierenkante am Brennpunkt hinter der zweiten plankonvexen Linse langsam hineinzuschieben.

3.2 Ergebnisse

Man sieht, wenn man die harte Schlierenkante immer weiter hineinschiebt, dass das Bild am Schirm logischer Weise dunkler wird, da eben immer mehr Licht abgeschirmt wird. Auch sieht man, dass der Anteil von blauem und rotem Licht erst zunimmt und dann wieder abnimmt, was daran liegt, dass das an der harten Schlierenkante vorbeikommende blaue und rote Licht anfangs nicht erfasst werden kann, während die anderen sich im Farbspektrum zwischen Blau und Rot befindenden Lichtstrahlen immer stärker abgeschirmt werden. An einem bestimmten Punkt wird dann auch das blaue und das rote Licht erfasst. Die Intensität der Schlieren nimmt ebenfalls erst zu und später wieder

ab, jedoch ist die maximale Intensität der Schlieren nicht dieselbe, wie bei den roten und blauen Bereichen. Das Maximum der Schlierenintensität liegt hinter dem Maximum der Intensität des roten und des blauen Bereichs. D.h. wenn die harte Schlierenkante nach Erreichen des Maximums der Intensität des roten und des blauen Bereichs, weiter in das Licht geschoben wird, erreicht man das Maximum der Schlierenintensität. Dass das Maximum beider Intensitäten nicht dasselbe ist, ist ganz einfach dadurch erklärt, dass eben das blaue und das rote Licht zwar an der harten Kante vorbeikommt, jedoch aber nicht von der warmen Luft der Kerze gebrochenes Licht ist und somit sich weiter im Abschirmspektrum der harten Schlierenkante befindet. Da das von der warmen Luft der Kerze gebrochene Licht stärker gebrochen wird als das blaue Licht und das, wenn man es umgekehrt proportional zur ungefähren Mitte des sichtbaren Lichtspektrums, nämlich ca. 550nm, betrachtet, rote Licht, kommt es also dazu, dass das Intensitätsmaximum bei den Schlieren erst dann kommt, wenn man die harte Schlierenkante vom Maximum des roten und blauen Bereichs weiter in den Brennpunkt schiebt.

3.3 Auswertung

Die Auswertung geschah mit Hilfe eines Lineals mit Millimeterangaben, welches ich neben der harten Schlierenkante platzierte, bevor ich diese hineinschob. D.h. die Angaben sind auf ca. einen halben Millimeter gerundet worden. Eine Graphik ist im Anhang zu finden. Anfangs befinden sich alle der folgenden Intensitäten bei 0%. Die Schattenintensität nimmt linear bis ca. 5,0mm auf 100% zu und bleibt logischerweise auch bei 100%. Der rote und der blaue Bereich nehmen beide bis zu ihrem Intensitätsmaximum von ca. 3,0mm zu und fallen dann bis zum ersten Schattenmaximum bei ca. 5,0mm auf 0% ihrer Intensität wieder ab. Dass dieses Minimum auf derselben Höhe liegt wie das Maximum des Schattens, zeigt nochmal, dass das rote und das blaue Licht nicht von der warmen Luft der Kerze gebrochenes Licht der Lampe ist. Die Schlierenintensität erreicht erst bei ca. 4,0mm ihr Maximum und fällt erst bei ca. 6,0mm auf ihr Minimum von 0% ab. Das konsolidiert, dass das Experiment erfolgreich verlaufen ist, da eben das Licht der Schlieren nicht mit dem Schatten vom abgeschirmten Licht der Lampe proportional verläuft, was wiederum bedeutet, dass das Licht der Schlieren eben das von der warmen Luft der Kerze gebrochene Licht sein muss.

4. Alternativer Versuch

4.1 Theorie des alt. Versuchs

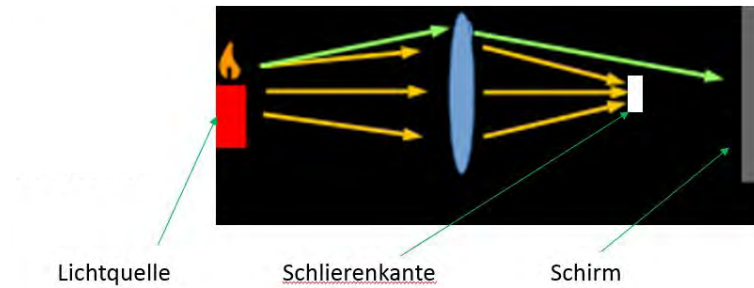
Da grundsätzlich immer von einer harten Schlierenkante die Rede war, welche das ursprüngliche Licht von dem, von der warmen Luft der Kerze gebrochenen, Licht trennte, versuchte ich eine weiche Kante einzubauen, welche in meinem Fall aus dem Temperaturunterschied bestand, in der Hoffnung, dass alleine der Temperaturunterschied genügt, um das Licht stark genug zu brechen, sodass die Schlieren der warmen Luft einer Kerze sichtbar werden.

4.2 Praktischer Versuch

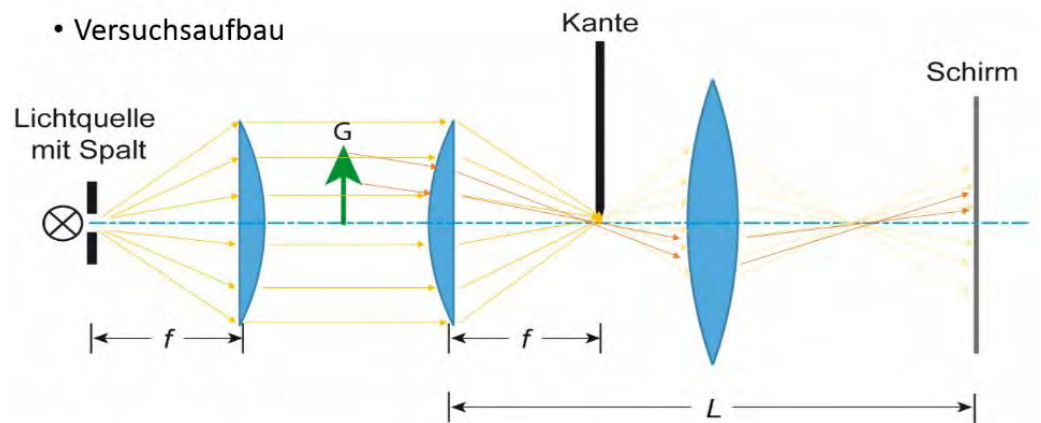
Da es bei Zimmertemperatur sichtbar nicht funktionierte, versuchte ich es einmal bei ca. -20°C . Tatsächlich waren die Schlieren leicht zu sehen, ganz ohne einer harten Schlierenkante. Der Effekt trat trotz hoher Temperaturunterschiede von ca. 40°C im Vergleich zur Zimmertemperatur, nur schwach auf, sodass es mir technisch nicht möglich war ein Bild davon zu machen.

5. Anhang mit theoretischen und praktischen Bildern meiner Versuche

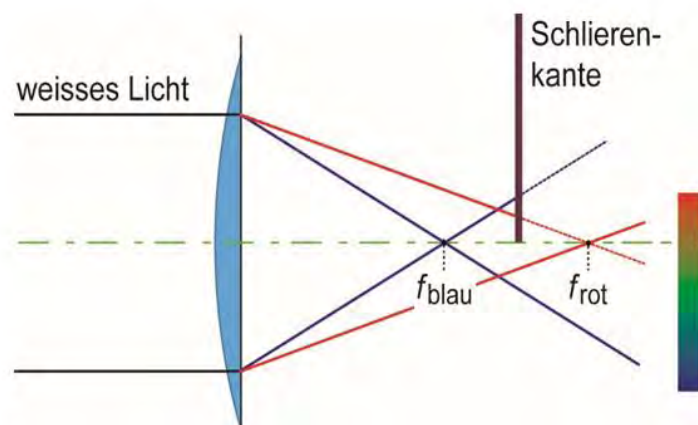
1. Theorie der Schlierenoptik ^{6.2}



2. Theoretischer Versuchsaufbau ^{6.4}



3. Theoretische Graphik zur Erklärung des roten und des Blauen Bereichs ^{6.4}



4. Erster praktischer Versuchsaufbau



Lampe Irisblende Plankonvexe Linse

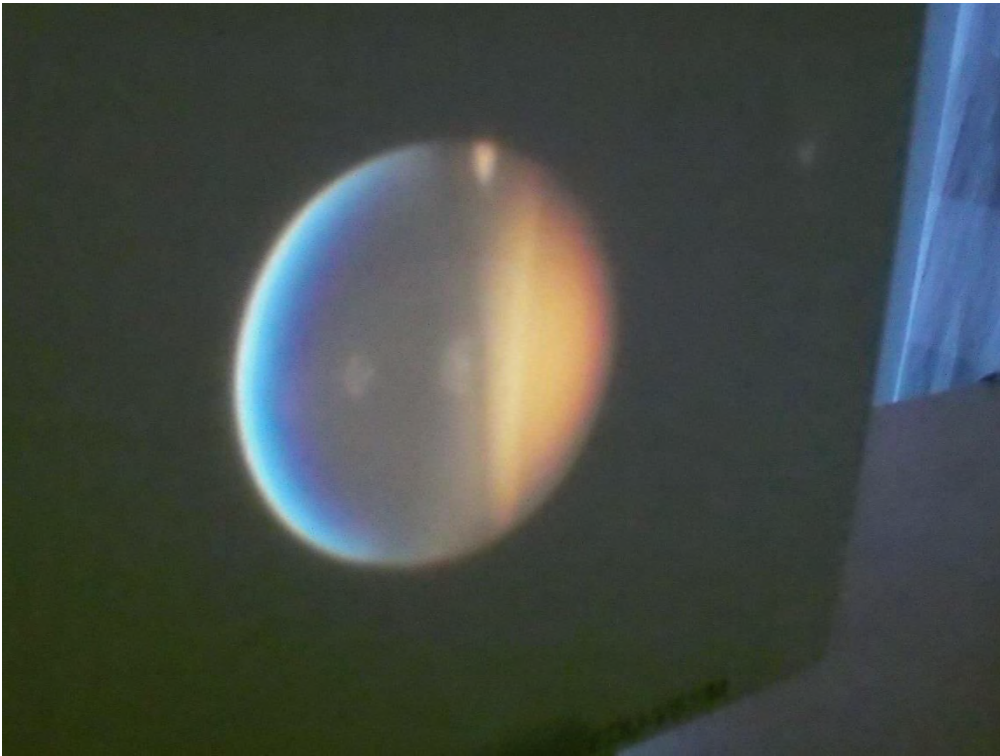
5. Zweiter praktischer Versuchsaufbau (theoretisch gleicher Aufbau wie im vorigen Aufbau / andere Linsen und breitere harte Schlierenkante)



6. Bilder des ersten Versuchs mit einer Kerze



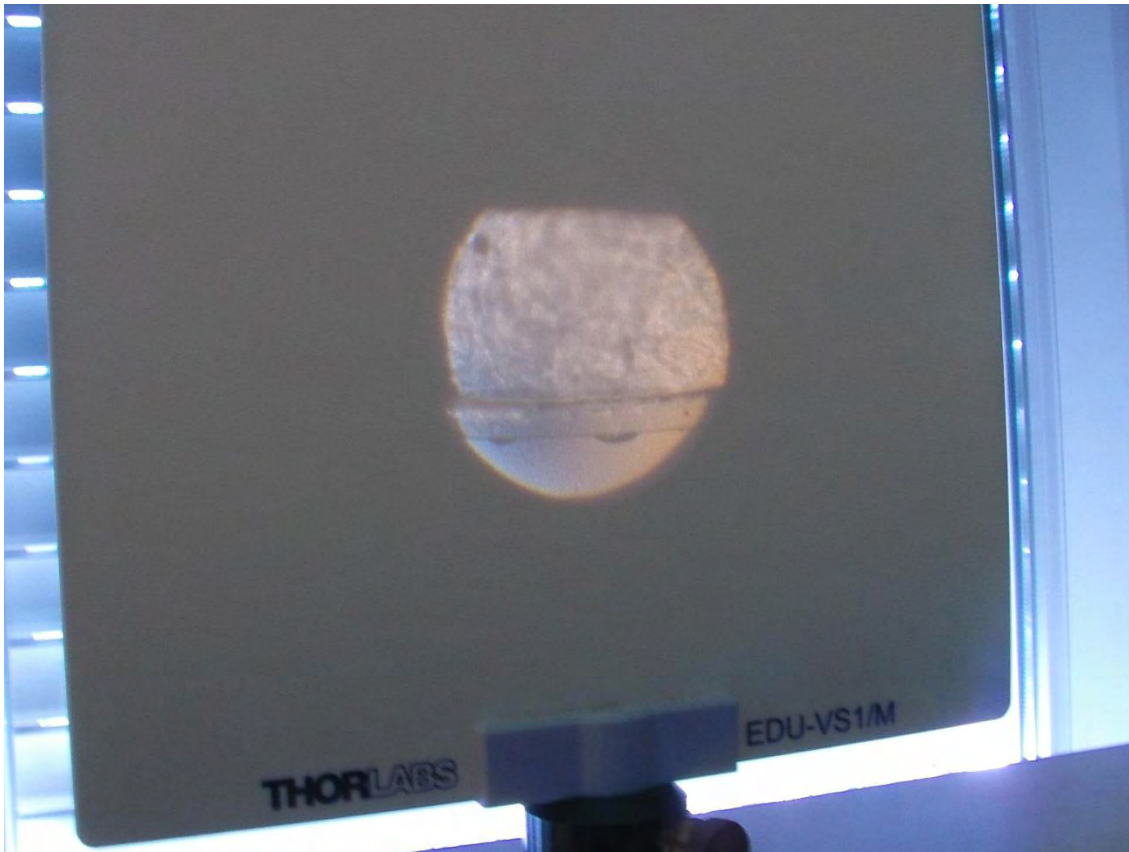






7. Bilder vom ersten Versuch mit bewegten Salz- und
Zuckerwasser





8. Bilder des zweiten Versuchs mit einer Kerze





9. Intensität des roten und blauen Bereichs, der Schlieren und des Schattens

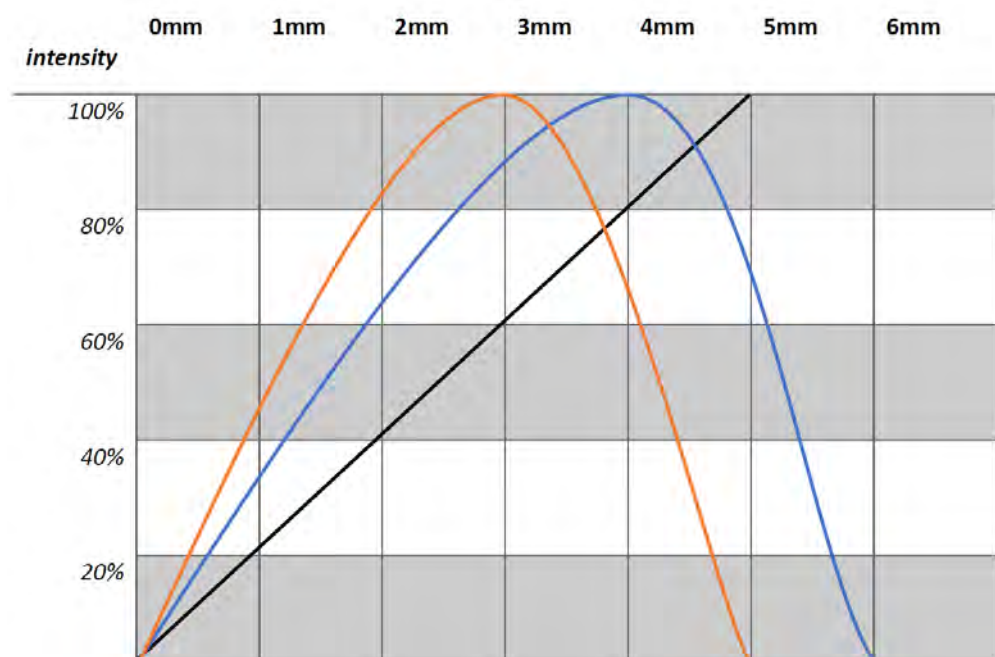
Orange: Intensität des roten und des blauen Bereichs

Blau: Intensität der Schlieren

Schwarz: Intensität des Schattens

X-Achse: Tiefe der harten Schlierenkante in mm

Y-Achse: Jeweilige Intensität in %



6. Literaturnachweis

6.1 <https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1480&context=article>

Zuletzt nachgeschlagen am 03.11.2018

6.2 <https://de.wikipedia.org/wiki/Schlierenfotografie>

Zuletzt nachgeschlagen am 03.11.2018

6.3 https://www.youtube.com/watch?v=mLp_rSBzteI

Zuletzt nachgeschlagen am 03.11.2018

Hilfe von Personen:

6.4 Dr. Silke Stähler-Schöpf

6.5 Dr. Andreas Kratzer

6.6 Dr. Thomas Grillenbeck