

VERSUCHSBERICHT ZU

O1 – GEOMETRISCHE OPTIK

Gruppe Mi 11

Alex Oster(a_oste16@uni-muenster.de)
Jonathan Sigrist(j_sigr01@uni-muenster.de)

durchgeführt am 30.05.2018
betreut von Johannes Feldmann

4. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	1
2	Demonstrationsversuch	1
2.1	Methoden	1
2.1.1	Aufbau	1
2.1.2	Funktionsweise	1
2.2	Durchführung	2
2.3	Diskussion	2
3	B	4
3.1	Methoden	4
3.1.1	Aufbau	4
3.1.2	Funktionsweise	4
3.2	Durchführung	4
3.3	Datenanalyse	4
3.4	Diskussion	4
4	Schlussfolgerung	5
5	Anhang	6
5.1	Unsicherheiten	6
	Literatur	8

1 Kurzfassung

Dieser Bericht beschäftigt sich mit der Untersuchung von geometrischer Optik. Dazu dienen zwei Versuche. Bei dem ersten handelt es sich um einen von dem Betreuer durchgeführten Demonstrationsversuch, bei dem die Brechung von Laserlicht in inhomogenem Salzwasser untersucht wird. Der zweite Versuch besteht darin verschiedene optische Elemente in einen Laserstrahl einzubringen und die Veränderung des Strahlengangs zu untersuchen. Ziel des Ganzen ist alle Beobachtungen über die Theorie der geometrischen Optik erklären zu können und für die ermittelten Brechungsindizes n einiger verwendeten Materialien eine Übereinstimmung mit den Literaturwerten zu finden.

Die Beobachtungen ließen sich alle begründen und für die Brechungsindizes ergaben sich

2 Demonstrationsversuch

2.1 Methoden

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise des Demonstrationsversuches

2.1.1 Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Zu erkennen sind ein mit Salzwasser gefülltes Glasgefäß und darauf gerichtete Laser. Das Wasser wurde so bearbeitet, dass der Salzgehalt von oben nach unten größer wird.

2.1.2 Funktionsweise

Im Wesentlichen werden für diesen Versuch nur beide bzw. nur einer der Laser in Betrieb genommen und der Strahlengang, welcher zunächst schräg nach oben in das

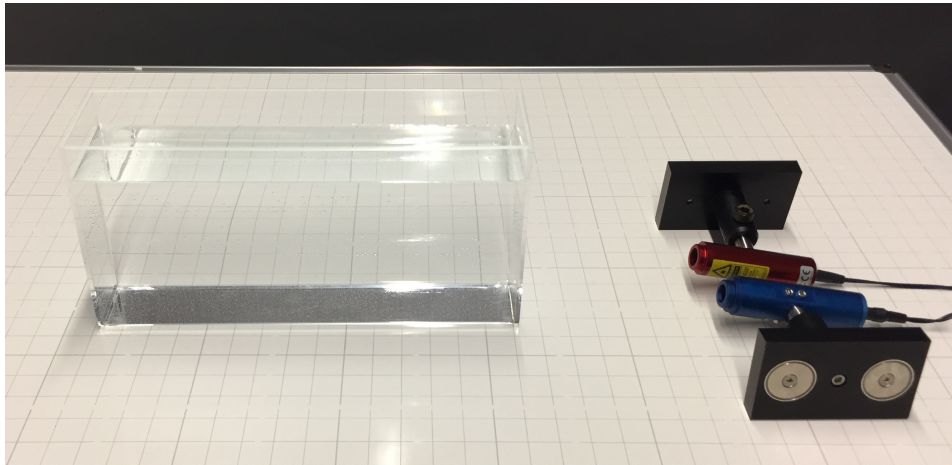


Abbildung 1: Aufbau des Demonstrationsversuches.[1]

Gefäß eintreten soll, beobachtet. Abhängig von der Krümmung des Strahlengangs in der Salzlösung lässt sich eine Aussage über den dortigen Brechungsindex n_{Salz} machen.

2.2 Durchführung

Nach Inbetriebnahme beider Laser, wobei einer durch die Salzlösung strahlt und der andere entlang der Glaswand, ließ sich das in Abbildung 2 dargestellte Bild erkennen. Hierbei war eine nach unten gerichtete Krümmung des Laserlichts in der Salzlösung erkennen.

2.3 Diskussion

Die bei dem Versuch beobachtete Krümmung führt zu der Annahme, dass der Brechungsindex n_{Salz} der Salzlösung nicht konstant ist, diese also inhomogen ist. Um zu bestimmen, ob dieser mit der Tiefe des Lichts in dem Wasser größer oder kleiner wird dient das Snelliussche Brechungsgesetz: $n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$. Diese Winkel entsprechen denen, die zwischen dem Strahlengang und der Normalen durch den Eintrittspunkt an der Grenzfläche zwischen Glasgefäß und Luft liegen. Daraus folgt, dass wenn der Strahl wie beobachtet zu der Normalen hin gekrümmt wird, gerade $n_{\text{Salz}} > n_{\text{Luft}}$ gilt. Und da dieser Strahlengang sich mit steigender Tiefe weiter krümmt, folgt dass durch den steigendem Salzgehalt auch der Brechungsindex n_{Salz} größer wird.

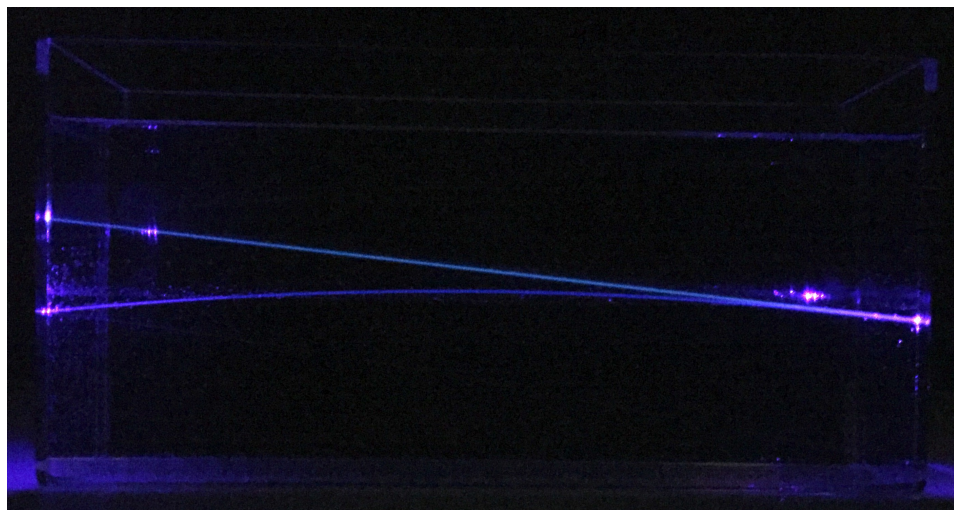


Abbildung 2: Strahlengang durch das Salzwasser (gebrochen) und entlang der Wand des Glasgefäßes (gerade).[1]

3 B

3.1 Methoden

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit

3.1.1 Aufbau

Abbildung ?? stellt den Aufbau graphisch dar.

3.1.2 Funktionsweise

3.2 Durchführung

3.3 Datenanalyse

3.4 Diskussion

Auch hier stellt sich nun die Frage, ob die Ziele der Untersuchung erreicht wurden.

4 Schlussfolgerung

5 Anhang

5.1 Unsicherheiten

Jegliche Unsicherheiten werden nach GUM bestimmt und berechnet. Die Gleichungen dazu finden sich in 3 und 4. Für die Unsicherheitsrechnungen wurde die Python Bibliothek „uncertainties“ herangezogen, welche den Richtlinien des GUM folgt. Alle konkreten Unsicherheitsformeln stehen weiter unten. Für Unsicherheiten in graphischen Fits wurden die y -Unsicherheiten beachtet und die Methode der kleinsten Quadrate angewandt. Dafür steht in der Bibliothek die Methode „`scipy.optimize.curve_fit()`“ zur Verfügung.

Für digitale Messungen wird eine Unsicherheit von $u(X) = \frac{\Delta X}{2\sqrt{3}}$ angenommen, bei analogen eine von $u(X) = \frac{\Delta X}{2\sqrt{6}}$.

Bodenlinien Auf der magnetischen Unterlage sind zum genauen platzieren und ausrichten der Komponenten Gitterlinien aufgetragen. Diese hatten einen regelmäßigen Abstand und eine analoge Unsicherheit von $\Delta h = 2 \text{ cm}$.

Messleiste Die Messleiste wurde senkrecht zum vom Laser ausgesendeten Lichtstrahl ausgerichtet. Es konnten Werte analog auf $\Delta x = 0,1 \text{ mm}$ genau abgelesen werden.

Grad Auf der Gradskala des Wasserbeckens konnten Winkel auf $\Delta\varphi = 1^\circ$ abgelesen werden.

$$x = \sum_{i=1}^N x_i; \quad u(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u(x_i)^2}$$

Abbildung 3: Formel für kombinierte Unsicherheiten des selben Typs nach GUM.

$$f = f(x_1, \dots, x_N); \quad u(f) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2}$$

Abbildung 4: Formel für sich fortpflanzende Unsicherheiten nach GUM.

$$\tan \delta_m = \frac{h}{x} \Leftrightarrow \delta_m = \arctan \frac{h}{x}$$

$$u(\delta_m) = \frac{1}{1 + \frac{h^2}{x^2}} \frac{h}{x} \sqrt{\frac{u^2(h)}{h^2} + \frac{u^2(x)}{4x^2}}$$

Abbildung 5: Unsicherheitsformel des Ablenk winkels nach dem Prisma.

$$n = \frac{\sin[(\delta_m + \alpha)/2]}{\sin[\alpha/2]}$$

$$u(n) = \frac{\cos[(\delta_m + \alpha)/2]}{\sin[\alpha/2]} \frac{u(\delta_m)}{2}$$

Abbildung 6: Unsicherheitsformel des Brechungsindex von dem Prisma (Flintglas).

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \Leftrightarrow n_2 = n_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

$$u(n_2) = n_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \sqrt{\cot^2 \alpha_1 + \cot^2 \alpha_2} u(\alpha)$$

$$= n_2 \cdot \sqrt{\cot^2 \alpha_1 + \cot^2 \alpha_2} u(\alpha)$$

Abbildung 7: Unsicherheitsformel für den Brechungsindex von destiliertem Wasser nach Snellius. n_1 ist dabei der Brechungsindex von Luft $n_1 = n_L \approx 1$. Beide Winkel haben die gleiche Unsicherheit $u(\alpha_1) = u(\alpha_2) = u(\alpha)$.

$$f_{\text{konkav}} = f_{\text{konvex}} - \Delta h$$

$$u(f_{\text{konkav}}) = \sqrt{2} u(h)$$

Abbildung 8: Unsicherheitsformel für die Brennweite der konkaven Linse. Dabei ist $u(f_{\text{konkav}}) = u(\Delta h) = u(h)$.

Literatur

- [1] WWU Münster. *01 - Geometrische Optik*. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/course/view.php?id=28561§ion=19> (besucht am 04.06.2018).