

Praktikum Physik
Versuch 5.1: Geometrische Optik

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Theorie	3
2.1	Lichtausbreitung	3
2.2	Reflexion und Brechung	3
2.2.1	Reflexion	3
2.2.2	Brechung	3
2.3	Linsen	3
2.4	Geometrische Optik	4
2.5	Das Bessel-Verfahren	4
3	Häusliche Vorarbeit	6
4	Aufbau und Durchführung	7
5	Auswertung Versuch	8
6	Wertung/Fazit	9
7	Anhang	10

1 Einleitung

2 Theorie

2.1 Lichtausbreitung

Licht ist eine elektromagnetische Welle. Dabei hält sich das für den Menschen sichtbare Licht zwischen einer Wellenlänge von 780 nm und 380 nm

Die Ausbreitung erfolgt nach Gesetzen einer Welle. Vereinfacht reicht es hier allerdings aus, Licht als einfache Lichtstrahlen zu betrachten. Licht breitet sich mit der Lichtgeschwindigkeit aus, welche im Vakuum mit $c = 299.792.458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in einem Medium c_n ist abhängig vom Medium. In einem dichteren Medium als Vakuum ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit geringer.

Beim Übergang des Lichts von einem zu einem anderen Medium kommt es durch die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten an der Grenzfläche zu den Phänomenen Reflexion und Brechung.

Die Brechzahl n , welche das Verhältnis zu der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beschreibt, wird folgendermaßen definiert:

$$n = \frac{c}{c_n} \quad (2.1.1)$$

Typische Werte für die Brechzahl wären 1,0003 für Luft und 1,5 bis 1,66 für Gläser

2.2 Reflexion und Brechung

2.2.1 Reflexion

Bei der Reflexion werden die einfallenden Wellen von den Atomen der Grenzfläche absorbiert und wieder abgestrahlt

Die abgestrahlten Wellen interferieren nur in einem bestimmten Winkel konstruktiv miteinander. Dieser Winkel ist erreicht, wenn der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel

2.2.2 Brechung

Wenn parallele Wellenfronten in einem Winkel auf eine Oberfläche treffen, entstehen an den Schnittpunkten der ebenen Wellenflächen mit der Grenzfläche, Huygensscher Elementarwellen. Deren Wellenfronten ergeben entsprechend eines Interferenzmusters neue parallele Wellenfronten und damit die neue Laufrichtung.

Der Winkel der neuen Wellenfront ergibt sich auch dem Snelliusschen Brechungsgesetz:

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2) \quad (2.2.1)$$

2.3 Linsen

Linsen sind eines der wichtigsten optischen Instrumente. Bei Linsen wird die Brechung des Lichtes an der Oberfläche, mithilfe einer bestimmten Geometrie, genutzt, um Licht entweder zu bündeln oder zu streuen. Das Verhalten der Linse hängt von ihrer Form ab:

Alle Linsen haben zwei Brennpunkte. Diese Brennweite f einer Linse (also der Punkt in dem das Licht gebündelt wird) lässt sich aus dem Radius ihrer Wölbung und ihrer Brechzahl bestimmen:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_{\text{Luft}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.3.1)$$

Der Kehrwert der Brennweite heißt Brechkraft:

$$D = \frac{1}{f} \quad [D] = 1 \text{ dpt Dioptrie} \quad (2.3.2)$$

2.4 Geometrische Optik

Linsen können genutzt werden um eine Abbildung eines Objektes zu erzeugen. Um deren Verhalten geometrisch zu beschreiben, wird ein Strahlendiagramm benutzt. Dafür zeichnet man drei spezielle Strahlen ein: den Mittelpunktstrahl, den Parallelstrahl und den Brennpunktstrahl. Alle drei Strahlen gehen auf der Gegenstandsseite durch die Spitze des Objekts.

Im Weiteren werden hier nur die Sammellinsen (oder auch bi-konvexen Linsen) betrachtet. Für diese gilt:

- Der Mittelpunktstrahl geht durch den Mittelpunkt der Linse und wird nicht gebrochen.
- Der Parallelstrahl fällt parallel zur optischen Achse ein und wird so zur Achse gebrochen, dass er durch den hinteren Brennpunkt geht.
- Der Brennpunktstrahl geht durch den vorderen Brennpunkt und wird so zur Achse gebrochen, dass er hinter der Linse parallel zur optischen Achse verläuft.

Der Punkt in dem sich die abbildenden Strahlen treffen ist der Punkt in dem die Abbildung entsteht.

Wenn ein Objekt weiter entfernt ist als die Brennweite der Linse, entsteht auf diese Weise eine reale Abbildung auf der entgegengesetzten Seite der Linse. Die Linse arbeitet in diesem Fall als Linse. Wenn das Objekt jedoch näher ist als die Brennweite der Linse, treffen sich die reellen Strahlen nicht auf der anderen Seite der Linse. In diesem Fall liegt eine virtuelle Abbildung vor und die Linse arbeitet als Lupe. Diese virtuelle Abbildung entsteht wo sich die geradlinigen Rückverlängerungen der abbildenden Lichtstrahlen schneiden.

Mathematisch lässt sich das Verhalten der Linsen durch die Gleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (2.4.1)$$

beschreiben.

Dabei ist f die Brennweite der Linse, g ist der Abstand des abzubildenden Objektes zu der Linse und b der Abstand der Abbildung zu der Linse. Für den Fall dass eine virtuelle Abbildung vorliegt, lässt sich mit der Gleichung ein negativer Wert für b berechnen. Dementsprechend liegt das virtuelle Bild auf derselben Seite wie das abgebildete Objekt.

Durch das Verwenden einer zweiten Linse kann dieses virtuelle Bild genutzt werden um ein vergrößertes oder verkleinertes reelles Abbild zu erzeugen. (Für die Anwendung dieser Funktionsweise, siehe häusliche Vorarbeit)

2.5 Das Bessel-Verfahren

Eine Methode die Brennweite einer Linse zu messen ist das Verfahren nach Bessel. Dabei wird eine Gegenstand in einem Abstand s zum Schirm platziert. Der Abstand sollte dabei größer sein als vier Mal die Brennweite. Wird nun eine Linse mit unbekannter Brennweite dazwischen platziert, gibt es zwei Positionen, in welchen eine scharfe Abbildung entsteht. Der Abstand zwischen den beiden Linsenpositionen e und der Abstand zwischen Objekt und Schirm s genügt um die Brennweite zu bestimmen.

$$f = \frac{1}{4} \cdot \left(s - \frac{e^2}{s} \right) \quad (2.5.1)$$

Zur Messung der Brennweite werden die relativ schwer zu messenden Größen g und b nicht mehr benötigt, was die Messung einfacher und genauer macht.

3 Häusliche Vorarbeit

4 Aufbau und Durchführung

5 Auswertung Versuch

6 Wertung/Fazit

7 Anhang

Literatur

- [1] Skript: Praktikum Physik Anleitungen. 2020.
- [2] Martin Stohrer Ekbert Hering, Rolf Martin. *Physik für Ingenieure 13. Auflage*. Springer-Verlag, 2019.
- [3] Gene Mosca Paul A. Tipler. *Physik für Studierende der Naturwissenschaften und Technik 7. Auflage*. Springer-Verlag, 2015.