

V400

## **Reflexion, Brechung und Beugung**

Marc Schröder  
marc.schroeder@udo.edu

Svenja Dreyer  
svenja.dreyer@udo.edu

Durchführung: 11.04.2023

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>3</b>
2.1 Reflexion . . . . .	3
2.2 Brechung . . . . .	4
2.3 Prisma . . . . .	5
2.4 Wellenoptik und Beugung am Gitter . . . . .	6
<b>3 Durchführung</b>	<b>6</b>
<b>4 Auswertung</b>	<b>6</b>
4.1 Das Reflexionsgesetz . . . . .	6
4.2 Das Brechungsgesetz . . . . .	7
<b>5 Diskussion</b>	<b>7</b>
<b>Literatur</b>	<b>7</b>

# 1 Zielsetzung

In diesem Versuch sollen die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten von Licht bei Kontakt mit verschiedenen Materialien untersucht werden. Dabei werden die Phänomene der Reflexion, Brechung und Beugung untersucht.

## 2 Theorie

Licht wird im Allgemeinen als ein Teil des Spektrums von elektromagnetischer Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm bezeichnet. Damit besitzt Licht erst einmal die klassischen Welleneigenschaften und folgt an Grenzübergängen zu anderen Medien den Maxwellgleichungen. Daher es kann sich um Objekte beugen und in den Schattenbereich von vollständig absorbierenden oder reflektierenden Hindernissen eindringen. Dieses Phänomen wird Beugung genannt. Außerdem gilt das Superpositionsprinzip für Lichtwellen die sich überlagern. Diese Phänomene sind allerdings nur bei der Wechselwirkung mit Objekten in der Größenordnung der Wellenlänge relevant. Bei der Wechselwirkung in deutlich größeren Maßstäben, können die Lichtwellen näherungsweise als Strahlen in Richtung der Wellennormale beschrieben werden. Dieser Teil der Optik heißt geometrische Optik und in ihr lassen sich Übergänge zu anderen Medien besonders einfach beschreiben. Lichtstrahlen verlaufen dort geradlinig und wechselwirken bei Kreuzung der Strahlen nicht. Im Allgemeinen teilt sich das Licht bei Grenzübergängen zu anderen Medien in einen transmittierenden Anteil  $T$ , der in das Medium eindringt und einem reflektierenden Anteil der an der Grenzfläche nur abgelenkt wird. Die Anteile müssen gemäß  $R + T = 1$  die gesamte Intensität der einfallenden Welle tragen.

### 2.1 Reflexion

In Abbildung 1 ist eine Reflexion schematisch dargestellt. Das Reflexionsgesetz, das den Einfallswinkel  $\alpha_1$  und den Reflexionswinkel  $\alpha_2$  in Zusammenhang setzt, lautet

$$\alpha_1 = \alpha_2. \quad (1)$$

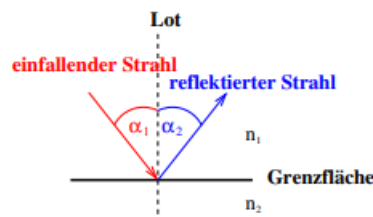


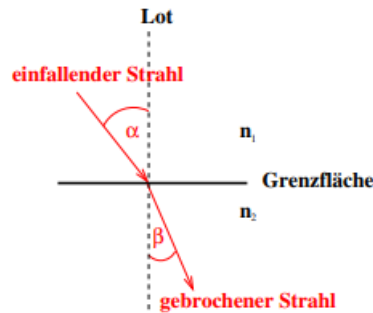
Abbildung 1: Reflexion an einer Grenzfläche[2]

## 2.2 Brechung

Das Phänomen der Brechung tritt auf, wenn Licht in ein anderes Medium mit anderen elektromagnetischen Eigenschaften eintritt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten  $v$  von Licht unterscheiden sich wegen diesen Unterschieden, bei verschiedenen Materialien. Beim Übergang zwischen zwei Medien ändert sich daher die Richtung des Lichtstrahls, wie in Abbildung 2 dargestellt. Die Brechung wird durch das Snellius Brechungsgesetz

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \beta \Leftrightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \quad (2)$$

beschrieben, wobei  $\alpha$  der Winkel des einfallenden Strahls und  $\beta$  der Winkel des gebrochenen Strahls zur Flächennormale ist.  $n$  ist eine einheitenlose Zahl, die Brechungsindex genannt wird und das Verhältnis eines Materials zum Vakuum beziehungsweise zu Luft, da der Brechungsindex in Luft mit  $n = 1.000292$  fast dem Brechungsindex von 1 dem Vakuum entspricht [2]. Das Material mit dem größeren Brechungsindex mit optisch dichter genannt. Beim Übergang in ein optisch dichteres Material wird ein Lichtstrahl zur Flächennormale hin gebrochen. In Tabelle 1 sind die Brechungsindizes einiger Licht



**Abbildung 2:** Brechung beim Übergang in ein optisch dichteres Medium[2]

durchlässiger Materialien aufgelistet.

**Tabelle 1:** Brechungsindizes verschiedener Stoffe[1]

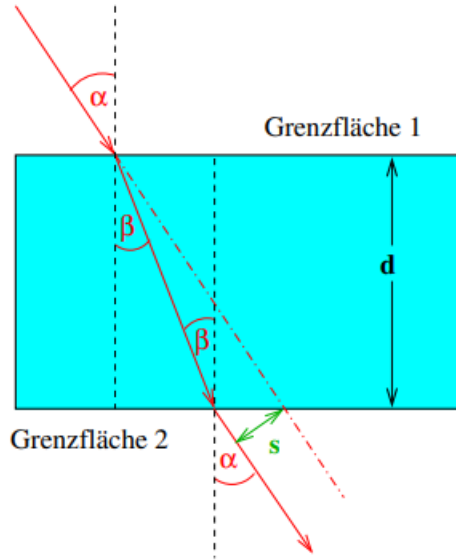
Material	Brechungsindex $n$
Luft	1,000 292
Wasser	1,333
Kronglas	1,52
Plexiglas	1,49
Diamant	2,42

Nun wird ein Objekt mit planparallelen Grenzflächen, das gegenüber Luft optisch dicht ist. Fällt auf eine solche Platte ein Lichtstrahl, wie in Abbildung 3 dargestellt, wird der Lichtstrahl an beiden Grenzflächen im gleichen Verhältnis einmal hin und einmal weg

von der Flächennormale gebrochen. Dies resultiert darin, dass der Lichtstrahl im gleichen Winkel die Platte verlässt wie er eingetreten ist. Der einzige Unterschied, der durch das Hineinbringen der Platte entsteht ist ein Strahlenversatz  $s$ , der durch die Formel

$$s = d \frac{\sin \alpha - \sin \beta}{\cos \beta} \quad (3)$$

beschrieben werden kann. Dabei beschreibt  $\alpha$  den Einfallswinkel,  $\beta$  den Brechungswinkel und  $d$  die Dicke der durchlaufenden Platte.



**Abbildung 3:** Strahlenversatz beim Durchlaufen einer planparallelen Platte[2]

## 2.3 Prisma

Ein Prisma ist ein Objekt mit einem größeren Brechungsindex als Licht, bei dem die Grenzflächen nicht parallel zueinander stehen. Diese Eigenschaft macht ein Prisma besonders geeignet um die Dispersion von Licht bei Grenzübergängen zu zeigen. Die Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlängen werden, auf Grund der verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Licht im neuen Medium, unterschiedlich stark gebrochen. Dadurch, dass die Grenzflächen nicht parallel sind, wird die Aufspaltung in verschiedene Brechungswinkel beim Austritt nicht aufgehoben, sondern verstärkt. In Abbildung 4 ist der Strahlengang eines monochromatischen Lichtstrahls dargestellt. Der zugehörige Ablenkwinkel  $\delta$  kann durch die Gleichung

$$\delta = (\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2) \quad (4)$$

beschrieben werden.  $\beta_1$  und  $\beta_2$  können über das Brechungsgesetz nach Gleichung (2) aus  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ , sowie über die Beziehung  $\beta_1 + \beta_2 = \gamma$ , bestimmt werden.

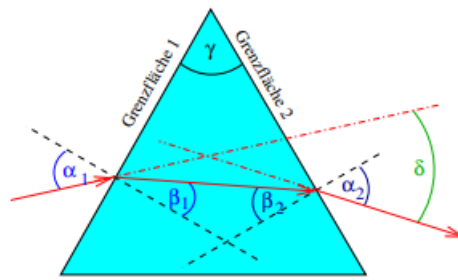


Abbildung 4: Darstellung eines Strahlengangs durch ein Prisma[2]

## 2.4 Wellenoptik und Beugung am Gitter

Gitter sind Objekte, bei denen die undurchlässigen Bereiche in Größenordnungen der Wellenlänge vorliegen. Bei Licht sollten die Abstände der Spalten im  $\mu\text{m}$  Bereich liegen. Dann wirkt jeder Spalt wie eine Punktquelle für eine Lichtwelle, die alle zueinander kohärent sind, da sie aus der gleichen Ursprungswelle entstanden sind. Dadurch ergibt sich ein Interferenzmuster. Die konstruktiv interferierenden Stellen, also die Stellen wo sich das Licht aus dem Gitter positiv verstärken, lassen sich unter einem Winkel  $\phi$  zum "0-ten Maximum", der Teil des Lichts der mittig senkrecht zum Gitter interferiert, beobachten. Dabei sind Maxima bei verschiedenen Winkeln beobachtbar. Jedem Maximum wird dabei eine Beugungsordnung  $k$  zugeschrieben. Mit größer werdendem Winkel der Maxima steigt die Beugungsordnung an. Aus den gemessenen Winkel der einzelnen Maxima mit Ordnung  $k$  und der Kenntnis des Gitterabstands  $d$  lässt sich die Wellenlänge des einfallenden Lichts durch

$$\lambda = d \frac{\sin \phi}{k} \quad (5)$$

bestimmen. [2]

## 3 Durchführung

## 4 Auswertung

### 4.1 Das Reflexionsgesetz

Die gemessenen Einfallswinkel  $\alpha_1$  und Ausfallswinkel  $\alpha_2$  werden in der Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2:** Messwerte zur Überprüfung des Reflexionsgesetz

$\alpha_1$	$\alpha_2$
20	18
25	24
30	28
35	32
40	36
45	41
50	45

## 4.2 Das Brechungsgesetz

Die gemessenen Einfallswinkel  $\alpha$  und Brechungswinkel  $\beta$  werden in der Tabelle 3 aufgelistet. Zur Berechnung des Brechungsindex  $n$  von Plexiglas wird die Formel

$$n = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)}. \quad (6)$$

Die gemessene Werte werden zur berechnung eingesetzt und ebenfalls in der Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3:** Messwerte zur Überprüfung des Brechungsgesetz

$\alpha$	$\beta$	$n$
10	7	
20	13.5	
30	19.5	
40	25.5	
50	31	
60	36	
70	48.5	

## 5 Diskussion

### Literatur

- [1] Dietmar Mende und Günter Simon. „Wellen“. In: *Physik-Gleichungen und Tabellen*, S. 272–325. DOI: 10.3139/9783446438613.007. eprint: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/pdf/10.3139/9783446438613.007>. URL: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/abs/10.3139/9783446438613.007>.
- [2] *Versuchsanleitung zu V400*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2023.