

400

## **Reflexion, Brechung und Beugung**

Leander Flottau  
leander.flottau@tu-dortmund.de

Jan Gaschina  
jan.gaschina@tu-dortmund.de

Durchführung: 22.06.2021

Abgabe: 29.06.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

## Inhaltsverzeichnis

# 1 Durchführung

## 2 Fehler

Der Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0} x_i \quad (1)$$

Die Standardabweichung:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Der Fehler des Mittelwertes:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Die Gaußsche Fehlerfortpflanzung:

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2} \quad (4)$$

Die Prozentuale Abweichung:

$$Abweichung = \frac{ExperimentellerWert - Theoriewert}{Theoriewert} \times 100 \quad (5)$$

## 3 Auswertung

In diesem Kapitel sollen die aufgenommenen Messwerte Ausgewertet und verrechnet werden.

## 4 Vorbereitungsaufgaben

### 4.0.1 Brechungsindizes

In Quelle 2 können folgende Brechungsindizes nachgeschlagen werden. Luft:  $n_{Luft} = 1$ ,  
Wasser:  $n_{Wasser} = 1,333$ ,  
Kronglas:  $n_{Kron} = 1,5$ ,  
Plexiglas:  $n_{Plex} = 1,49$ ,  
Diamant:  $n_{Dia} = 2,42$ .

#### 4.0.2 Gitterkonstanten

Die Gitterkonstanten sind der Kehrwert der Anzahl der Gitterlinien pro mm. Das führt zu den Gitterkonstanten:

$$\begin{aligned}d_1 &= 0,01 \text{ 1/mm für } 100\text{L/mm}, \\d_2 &= \text{für } 300\text{L/mm und} \\d_3 &= \text{für } 600\text{L/mm}.\end{aligned}$$

#### 4.1 Überprüfung des Reflexionsgesetzes

Nach dem Reflexionsgesetz ist der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ). Es wird aus verschiedenen definierten Winkeln  $\alpha_1$  ein Laserstrahl auf einen Spiegel gerichtet und der Reflexionswinkel  $\alpha_2$  von einem Schirm abgelesen. Die theoretischen und gemessenen Winkel sowie die Abweichung sind in ?? dargestellt.

**Tabelle 1:** Einfalls- und Ausfallswinkel eines auf einen Spiegel gerichteten Laserstrahls.

$\alpha_1 / ^\circ$	$\alpha_2 / ^\circ$	$\alpha_{2,theo} / ^\circ$	Abweichung / %
20	$20 \pm 1$	20	0,0
30	$30 \pm 1$	30	0,0
35	$35 \pm 1$	35	0,0
40	$40 \pm 1$	40	0,0
45	$45 \pm 1$	45	0,0
50	$50 \pm 1$	50	0,0
60	$60 \pm 1$	60	0,0

Da der Lasepunkt auf dem Schirm eine Ausdehnung von dem Equivalent eines Grades hat und die Skala für Einfalls- und Ausfallswinkel ebenfalls nur gradweise eingeteilt ist können die Winkel auch nur auf höchstens  $\pm 1^\circ$  genau bestimmt werden.

#### 4.2 Brechungsgesetz

Um den Brechungsindex zu bestimmen wird der Brechungswinkel bestimmt. Der Brechungsindex kann dann leicht über den Zusammenhang:

$$n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

bestimmt werden. Es werden die Werte für  $n_2$  einzeln bestimmt, anschließend über ?? gemittelt und in ?? dargestellt. Die Fehler ergeben sich zunächst über ?? und dann für den Mittelwert über ?? Mit dem berechneten Wert für  $n$  lässt sich über die folgende Beziehung leicht die Lichtgeschwindigkeit  $v_2$  im Medium berechnen.

$$v_2 = \frac{v_1}{n_2}, v_1 = c = 29979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Diese liegt demnach bei  $v_2 = (2.034 \pm 0.019) \times 10^8 \text{ m/s}$

**Tabelle 2:** Brechung eines Laserstrahls im Medium.

$\alpha_1 / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	$n_2$
20	14,0±0,5	1,413±0,084
30	20,5±0,5	1,427±0,055
35	22,5±0,5	1,499±0,049
40	25,5±0,5	1,493±0,041
45	28,0±0,5	1,506±0,036
50	31,0±0,5	1,487±0,031
60	35,5±0,5	1,491±0,024
Ø		1,474±0,014

### 4.3 Planparallele Platten

Wenn Licht durch zwei planparallele Schichtgrenzen hindurchfällt erfährt es einen Strahlversatz  $s$ . Dieser berechnet sich über:

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

Es wird einerseits der Einfallswinkel  $\alpha_1$  und der Brechungswinkel  $\beta_{\text{gemessen}}$  gemessen und andererseits wird der Winkel  $\beta_{\text{berechnet}}$  aus dem Einfallswinkel und dem Brechungsindex aus ?? berechnet. Für beide wird dann der Strahlversatz berechnet und in ?? dargestellt. Die Fehler ergeben sich über die Gaußsche-Fehlerfortpflanzung ?. Die am Ende berechneten Mittelwerte ergeben sich mit ihrem Fehler über ?? und ?. Die bere-

**Tabelle 3:** Brechung eines Laserstrahls im Medium.

$\alpha_1 / ^\circ$	$\beta_{\text{gemessen}} / ^\circ$	$s_1 / \text{cm}$	$\beta_{\text{berechnet}} / ^\circ$	$s_2 / \text{cm}$
20	14,0±0,5	0,630±0,116	13,417±0,668	0,689±0,040
30	20,5±0,5	1,031±0,119	19,828±0,655	1,098±0,049
35	22,5±0,5	1,370±0,118	22,899±0,646	1,331±0,054
40	25,5±0,5	1,623±0,120	25,854±0,635	1,589±0,060
45	28,0±0,5	1,937±0,120	28,666±0,623	1,875±0,067
50	31,0±0,5	2,222±0,121	31,312±0,609	2,194±0,074
60	35,5±0,5	2,980±0,120	35,981±0,577	2,943±0,088
Ø		1,68±0,30		1,67±0,28

chneten Mittelwerte unterscheiden sich kaum voneinander und liegen im gegenseitigen Fehlerintervall.

### 4.4 Das Prisma

In einem Prisma wird Licht in abhängigkeit von seiner Wellenlänge  $\lambda$  gebrochen. In diesem Versuch trifft ein Laserstrahl in unterschiedlichen Winkeln  $\alpha_1$  auf das Prisma

und tritt im Winkel  $\alpha_2$  wieder aus. Die anderen Winkel ergeben sich dann über die Beziehungen:

$$\begin{aligned}\beta_2 &= \arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{n_{kron}}\right), \\ \beta_1 &= \gamma - \beta_2 \text{ und} \\ \delta &= (\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2).\end{aligned}$$

Mit  $n_{kron}$  dem Brechungsindex von Kronglas aus ?? Für den grünen Laserstrahl sind die Ergebnisse in ?? und für den roten in ?? dargestellt. Die Messfehler ergeben sich hierbei über ?? und der am Ende berechnete Mittelwert ergibt sich mit dem zugehörigen Fehler über ?? und ??.

**Tabelle 4:** Dispersion eines grünen Laserstrahls im Medium.

$\alpha_{1,grn} / ^\circ$	$\alpha_{2,grn} / ^\circ$	$\beta_{1,grn} / ^\circ$	$\beta_{2,grn} / ^\circ$	$\delta / ^\circ$
30	81±1	17,929±0,512	42,071±0,513	51,0±1,414
35	68±1	21,023±0,549	38,977±0,549	43,0±1,414
40	61±1	23,605±0,573	36,395±0,573	41,0±1,414
55	43±1	32,440±0,628	27,559±0,628	38,0±1,414
60	38±1	35,312±0,640	24,688±0,639	38,0±1,414
65	34±1	37,706±0,648	22,294±0,672	39,0±1,414
70	31±1	39,549±0,653	20,451±0,653	41,0±1,414
Ø				41,6±1,7

**Tabelle 5:** Dispersion eines roten Laserstrahls im Prisma.

$\alpha_{1,rot} / ^\circ$	$\alpha_{2,rot} / ^\circ$	$\beta_{1,rot} / ^\circ$	$\beta_{2,rot} / ^\circ$	$\delta / ^\circ$
30	79±1	18,245±0,517	41,755±0,517	49,0±1,414
35	67±1	21,356±0,552	38,643±0,552	42,0±1,414
40	60±1	24,019±0,577	35,981±0,577	40,0±1,414
55	42±1	33,003±0,630	26,997±0,630	37,0±1,414
60	37±1	35,903±0,642	24,097±0,642	37,0±1,414
65	33±1	38,316±0,650	21,684±0,649	38,0±1,414
70	30±1	40,172±0,655	19,828±0,655	40,0±1,414
Ø				40,4±1,6

## 4.5 Beugung am Gitter

Um die Wellenlänge der verwendeten Laser zu messen werden drei optische Beugungsgitter in den Strahlverlauf gestellt und die Beugungswinkel gemessen. Aus diesen lässt sich über die Beziehung:

$$\lambda = \frac{d \sin \alpha}{k}$$

mir  $d$  den in ?? berechneten Gitterkonstanten und  $k$  der Beugungsordnung, die Wellenlänge berechnen. Der Fehler pflanzt sich dabei über ?? fort. Die berechneten  $\lambda$  sind in ?? dargestellt und über ?? gemittelt worden. Der Mittelwertfehler ergibt sich dabei mit ??.

**Tabelle 6:** Beugung des roten und grünen Laserstrahls an verschiedenen Gittern.

$d / 1/\text{mm}$	$k$	$\alpha_{rot} / ^\circ$	$\lambda_{rot} / \mu\text{m}$	$\alpha_{grn} / ^\circ$	$\lambda_{rot} / \mu\text{m}$
0,01	1	4±1	0,697±0,174	3±1	0,523±0,174
	2	7±1	0,609±0,087	6±1	0,523±0,087
	3	11±1	0,636±0,057	9±1	0,521±0,057
	4	15±1	0,647±0,042	12±1	0,519±0,043
	5	19±1	0,651±0,033	16±1	0,551±0,034
	6	23±1	0,651±0,019	19±1	0,543±0,028
	7	27±1	0,648±0,022	22±1	0,535±0,023
	8	31±1	0,644±0,019	26±1	0,548±0,019
0,003	1	11±1	0,636±0,057	9±1	0,521±0,057
	2	22±1	0,624±0,027	19±1	0,542±0,028
	3	35±1	0,637±0,637	28±1	0,522±0,017
0,0016	1	23±1	0,651±0,027	19±1	0,543±0,027
$\emptyset$			0.644±0.006		0.5327±0.0035

## 5 Diskussion

## 6 Literatur

1. TU-Dortmund, V204: Wärmeleitung von Metallen
2. Brechungsindexdatenbank, [www.filmetrics.de](http://www.filmetrics.de) abgerufen am 26.06.2021

## 7 Anhang

Auf den folgenden Seiten befinden sich ein Scan der Originalwerte.