

VERSUCH 400

Reflexion, Brechung und Beugung

Annika Bennemann
annika.bennemann@tu-dortmund.de

Paulin Vehling
paulin.vehling@tu-dortmund.de

Durchführung: 04.04.2022

Abgabe: 11.04.2022

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
2.1 Reflexion	4
2.2 Brechung	4
2.3 Reflexion und Transmission	5
2.4 Beugung	5
3 Vorbereitung	6
4 Aufbau und Durchführung	6
4.1 Reflexionsgesetz	7
4.2 Brechungsgesetz	7
4.3 Planparallele Platte	8
4.4 Prisma	8
4.5 Beugung am Gitter	8
5 Auswertung	8
5.1 Reflexionsgesetz	8
5.2 Brechungsgesetz	9
5.3 Planparallele Platte	11
5.4 Prisma	12
5.5 Beugung am Gitter	13
6 Diskussion	14
7 Anhang	15
Literatur	16

1 Zielsetzung

In diesem Versuch werden die Welleneigenschaften von Licht untersucht. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Reflexion, Brechung und Beugung eines Lichtstrahls und somit der Strahlen- und Wellenoptik.

2 Theorie

Licht und seine Ausbreitung werden in der Strahlenoptik mit Lichtstrahlen dargestellt, wobei diese eigentlich Wellennormalen sind. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Lichtwelle ist abhängig von Materialeigenschaften, weshalb es beim Übergang von einem Medium ins andere zu dem Phänomen der Brechung kommt. Das Snellius'sche Brechungsgesetz

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

gibt die Beziehung zwischen den Ausbreitungsgeschwindigkeiten v_1 und v_2 , den Brechungsindizes n_1 und n_2 und den Winkeln α und β an. Dabei ist α der Einfallswinkel und β der Brechungswinkel.

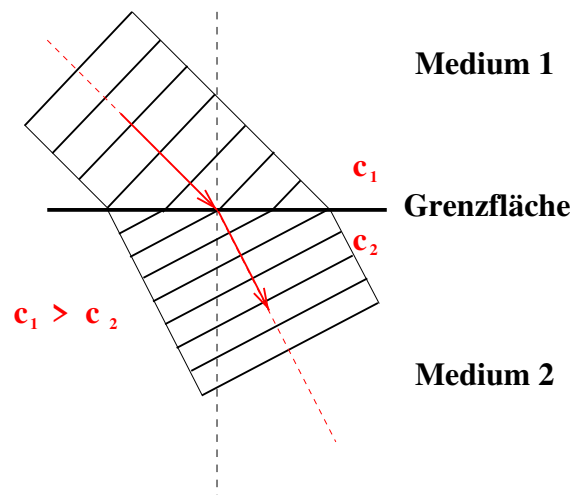


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Brechung einer Lichtwelle an einer Grenzfläche[3, S. 1].

In diesem Versuch ist das zweite Medium Luft. Licht hat in der Luft eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von $v_1 = c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ und einen Brechungsindex von $n_1 = 1,000292$. Somit ist n_2 der absolute Brechungsindex. Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Licht in einem Medium höher als in dem anderen Medium, wird es als optisch dichter bezeichnet. Ist es umgekehrt, so wird es optisch dünner genannt. In einem homogenen Medium breiten sich die Lichtstrahlen geradlinig aus und beeinflussen sich nicht gegenseitig, selbst wenn sich zwei oder mehrere kreuzen. Der Weg des Lichtstrahls ist umkehrbar.

2.1 Reflexion

Wenn ein Lichtstrahl auf eine Grenzfläche trifft, wird dieser reflektiert. Es gilt das Reflexionsgesetz: Der Einfallswinkel α_1 ist gleich dem Reflexionswinkel α_2 .

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad (2)$$

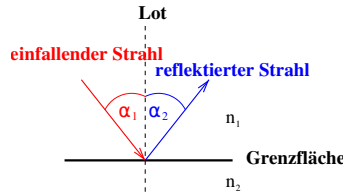


Abbildung 2: Reflexion eines Lichtstrahls an einer Grenzfläche[3, S. 2].

2.2 Brechung

Wenn ein Lichtstrahl auf ein Medium mit einem Brechungsindex n trifft, breitet er sich in diesem Medium aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Medien sind verschieden und der Lichtstrahl erfährt an der Grenzfläche zweier Medien eine Richtungsänderung. Es gilt das Gesetz von Snellius(1).

Falls ein Lichtstrahl durch eine planparallele Platte hindurch geht und an den beiden Grenzflächen gebrochen wird, ändert diese seine Richtung nicht. Er erfährt allerdings einen Strahlversatz s

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

welcher durch den Einfallswinkel α , die Geometrie und das Material der Platte bestimmt wird.

Trifft ein Lichtstrahl auf ein Prisma, welches durch nicht parallele Grenzflächen gekennzeichnet ist, wird der Lichtstrahl gebrochen. Der Einfallswinkel α ist hier für alle Wellenlängen des Lichts gleich, jedoch variiert der Brechungswinkel β . Dieser ist abhängig von der Wellenlänge, was als Dispersion bezeichnet wird. Weißes Licht beispielsweise wird also durch ein Prisma in seine Farben aufgeteilt. Die Ablenkung δ , die der Lichtstrahl erfährt, wird ausgedrückt durch

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

wobei die Summe der Brechungswinkel β_1 und β_2 zusammen den brechenden Winkel γ ergibt.

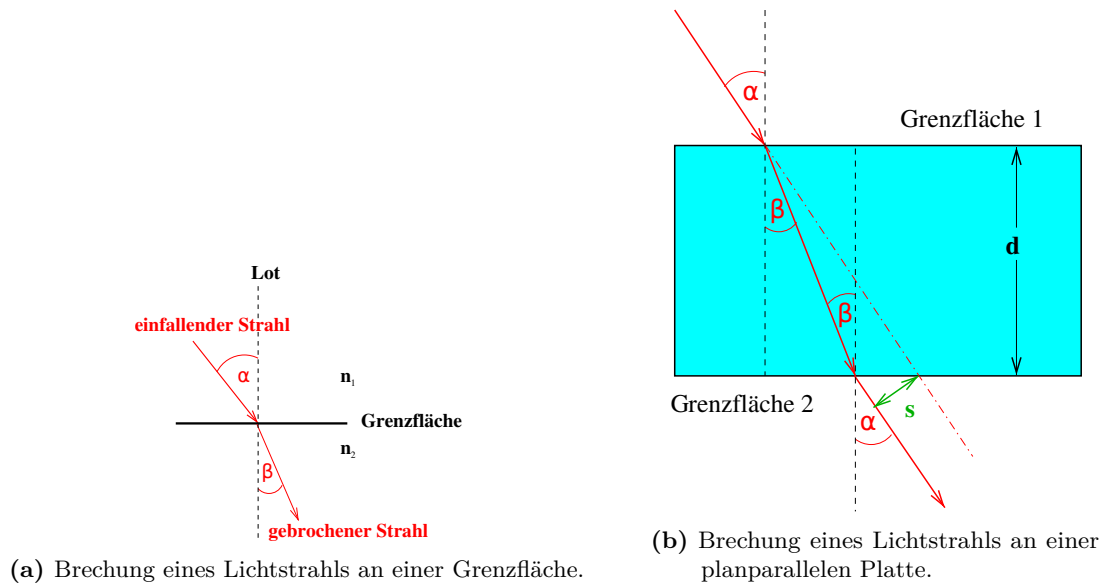


Abbildung 3: Brechung eines Lichtstrahls an verschiedenen Grenzflächen[3, S. 2].

2.3 Reflexion und Transmission

Lichtstrahlen, die auf eine Grenzfläche treffen, werden in der Regel nicht vollständig reflektiert bzw. gebrochen. Ein Teil der Intensität wird reflektiert (R) und der andere Teil wird transmittiert (T) und gebrochen. Der Anteil der Reflexion und Transmission ist materialabhängig, es muss jedoch immer $T + R = 1$ gelten.

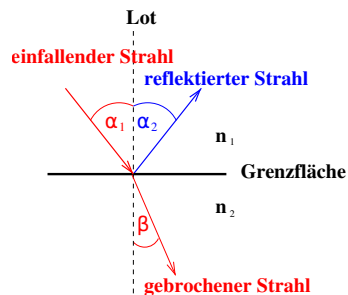


Abbildung 4: Brechung und Reflexion eines Lichtstrahls an einer Grenzfläche[3, S. 2].

2.4 Beugung

Wenn Licht auf ein Hindernis trifft, kann beobachtet werden, dass das Licht sich auch im Schattenbereich ausbreitet. Die Strahlenoptik kann das Phänomen der Beugung nicht erklären, weswegen die Wellenoptik dafür benutzt werden muss. Merkmale der elektromagnetischen Wellen sind die Frequenz ν bzw. die Wellenlänge λ und die Ausbreitungsgeschwindigkeit v . Licht besteht aus mehreren Wellenzügen. Überlagern sich mehrere Wellen gilt das Superpositionsprinzip, die Amplituden der Wellen addieren sich

also in jedem Punkt.

Unter der Bedingung der Kohärenz, also dass die Wellenzüge die gleiche Frequenz und eine feste Phasenbeziehung besitzen, wird ein Interferenzbild erzeugt. Bei der Überlagerung von Wellen kann es zu einer konstruktiven Interferenz kommen, also einer Verstärkung oder zu einer destruktiven Interferenz, also einer Abschwächung.

Wenn eine ebene Wellenfront auf ein Spalt mit einer Spaltbreite a trifft, werden alle Punkte an der Spaltöffnung gebeugt. Dabei hat die gebeugte Welle die gleiche Frequenz und eine feste Phasenbeziehung. Die Ausbreitung der Wellen wird dabei durch das Huygen'sche Prinzip beschrieben, so ist jeder Punkt einer Wellenfront der Ausgangspunkt für eine neue Elementarwelle. Auf einem Schirm in der Entfernung L , ist dann ein Muster aus dunklen und hellen Interferenzstreifen zu sehen.

3 Vorbereitung

Im Vorlauf zum Versuch wird der Brechungsindex von verschiedenen Materialien herausgesucht und in Tabelle 1 aufgetragen.

Tabelle 1: Literaturwerte des Brechungsindex verschiedener Materialien.[1] [2]

Material	Brechungsindex n
Luft	1,000 272
Wasser	1,333
Kronglas	1,510
Plexiglas	1,489
Diamant	2,417

Außerdem soll zu mehreren Gitterdichten die Gitterkonstante d bestimmt werden. Die Gitterkonstante d ist der Kehrwert der Anzahl der Linien pro mm. Somit ergibt sich

$$\begin{aligned}600 \text{ Linien/mm} &\Rightarrow d = \frac{1}{600} \text{ mm}, \\300 \text{ Linien/mm} &\Rightarrow d = \frac{1}{300} \text{ mm}, \\100 \text{ Linien/mm} &\Rightarrow d = \frac{1}{100} \text{ mm}.\end{aligned}$$

4 Aufbau und Durchführung

Der Versuch besteht aus einer transparenten Grundplatte auf der sich ein grünes ($\lambda = 532 \text{ nm}$) und ein rotes Laserdiodenmodul ($\lambda = 635 \text{ nm}$) befinden, welche sich im Halbkreis verschieben lassen. Außerdem befinden sich auf der Grundplatte Metallpinne auf denen Halterungen für verschiedene optische Elemente platziert werden können. (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6!)

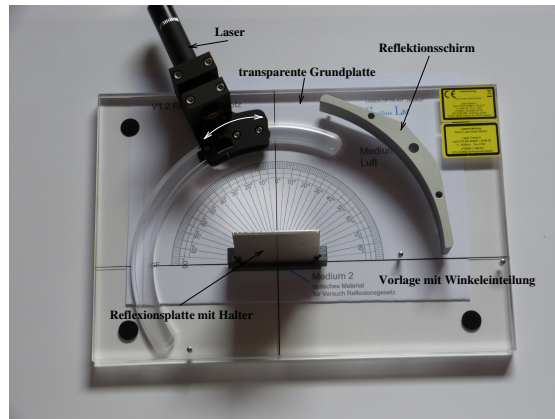


Abbildung 5: Grundplatte mit verschiebbaren Lasermodulen [3, S. 1].

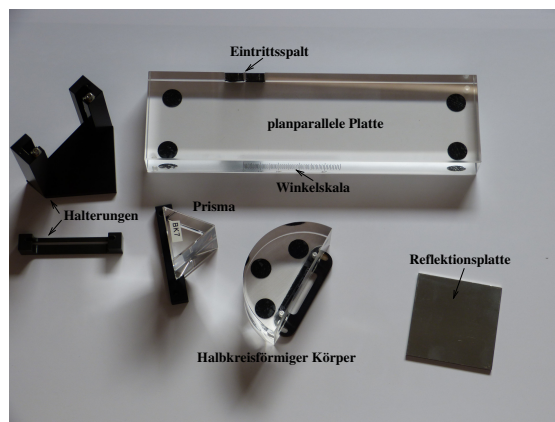


Abbildung 6: Verschiedene optische Elemente und deren Halterungen [3, S. 1].

Zum Schutz vor dem Laserlicht befindet sich ein Reflexionsschirm am Ende des Halbkreises, welcher beim Gebrauch beider Lasermodule erhöht werden kann. Außerdem gibt es verschiedene Vorlagen zum Unterlegen unter die Grundplatte, auf denen verschiedene Winkelskalen abgebildet sind.

4.1 Reflexionsgesetz

Die Vorlage A wird unter die Grundplatte gelegt. Der Spiegel wird mit der entsprechenden Halterung auf der Grundplatte platziert und der grüne Laser eingeschaltet. Es werden 7 verschiedene Eintrittswinkel α_1 eingestellt und jeweils der Reflexionswinkel α_2 abgelesen und in einer Tabelle notiert.

4.2 Brechungsgesetz

Es wird wieder die Vorlage A und der grüne Laser genutzt. Die planparallele Platte wird so auf der Grundplatte platziert, dass der Eintrittsspalt zur Winkelskala zeigt. Es werden

7 verschiedene Einfallswinkel α eingestellt und der Brechungswinkel β jeweils an der auf der planparallelen Platte aufgeklebten Skala abgelesen. Die planparallele Platte hat eine Dicke von $d = 5,85 \text{ cm}$. Anschließend wird aus den gemessenen Daten der Brechungsindex des Plexiglas und die Lichtgeschwindigkeit im Plexiglas berechnet. Die Ergebnisse werden in einer Tabelle dargestellt.

4.3 Planparallele Platte

Analog zu Unterabschnitt 4.2 wird der Versuch aufgebaut und 5 verschiedene Eintrittswinkel α eingestellt und die Brechungswinkel β bestimmt. Es wird weiterhin nur der grüne Laser verwendet. Anschließend wird der Strahlversatz mithilfe der aufgenommenen Daten berechnet. Außerdem wird der Strahlversatz noch einmal berechnet, diesmal jedoch nach der Bestimmung der Brechungswinkel β durch Verwendung von Gleichung 1.

4.4 Prisma

Es werden nun der rote und der grüne Laser, sowie die Vorlage C benutzt. Zudem wird das Prisma auf der Grundplatte platziert. Das Prisma besteht aus Kronglas und hat einen brechenden Winkel von $\gamma = 60^\circ$. Der Reflexionsschirm muss bei dem Versuch erhöht werden. Es werden 5 verschiedene Einfallswinkel α_1 an beiden Lasern eingestellt und die Austrittswinkel α_2 bestimmt. Der Einfallswinkelbereich liegt zwischen 20° und 70° . Anschließend wird die Ablenkung δ berechnet.

4.5 Beugung am Gitter

Es werden beide Laser und die Vorlage für die Beugung am Gitter benutzt. Eine externe Winkelskala wird mithilfe von Halterungen aufgestellt und an der Vorlage ausgerichtet. Anschließend werden 3 verschiedene Gitter vor die Grundplatte gestellt. Die Laser werden eingeschaltet und der Eintrittswinkel beträgt dauerhaft 0° . Für jedes Gitter werden die Beugungsmaxima der beiden Laser abgelesen und in eine Tabelle eingetragen. Mithilfe der erfassten Daten wird die Wellenlänge der beiden Laser berechnet.

5 Auswertung

5.1 Reflexionsgesetz

Nach Unterabschnitt 4.1 wird der Versuch aufgebaut und für 7 verschiedene Einfallswinkel α_1 der Reflexionswinkel α_2 bestimmt. Als Grenzfläche wird hierbei ein Spiegel genutzt. Die ermittelten Werte werden in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Verifizierung des Reflexionsgesetzes.

Einfallswinkel $\alpha_1/^\circ$	Reflexionswinkel $\alpha_2/^\circ$
20	20
30	30
35	35
40	40
45	45
50	50
60	60

5.2 Brechungsgesetz

Der Versuchsaufbau wird nun so abgeändert, dass der Laser auf eine planparallele Platte trifft. Es wird für 7 verschiedene Einfallswinkel α der Brechungswinkel β bestimmt und in Tabelle 3 aufgetragen. Zudem wird aus diesen Werten mithilfe Gleichung 1 der Brechungsindex n berechnet. Durch Umstellung des Snellius-Gesetzes zu

$$v = c/n$$

wird die Geschwindigkeit des Lichtes im Medium berechnet. Auch diese Werte sind in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Brechungswinkel, Brechungsindizes und Lichtgeschwindigkeiten für verschiedene Einfallswinkel α .

Einfallswinkel $\alpha/^\circ$	Brechungswinkel $\beta/^\circ$	Brechungsindex n
10	6,50	1,53
20	13,25	1,49
30	19,50	1,50
40	25,50	1,49
50	31,00	1,49
60	35,75	1,48
70	39,00	1,49

Der Mittelwert des Brechungsindex wird durch die Formel

$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i \quad (5)$$

zu

$$\bar{n} = 1,50$$

berechnet.

Die Standardabweichung ergibt sich durch

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (n_j - \bar{n})^2}, \quad (6)$$

zu

$$\sigma_n = 0,02.$$

Somit wird der Fehler des Mittelwerts des Brechungsindex nach der Formel

$$\Delta \bar{n} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{m}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (n_j - \bar{n})^2}}{\sqrt{m}} \quad (7)$$

zu

$$\Delta \bar{n} = 7,56 \cdot 10^{-3}$$

bestimmt.

Die Abweichung

$$a = \frac{|n_{\text{gemessen}} - n_{\text{theorie}}|}{n_{\text{theorie}}} \cdot 100 \quad (8)$$

des Brechungsindex vom Literaturwert (siehe Abschnitt 3) wird zu

$$a = (0,67 \pm 0,70)\%$$

berechnet.

Da nun mit der fehlerbehafteten Größe des Mittelwerts des Brechungsindex weiter gerechnet wird, muss der Fehler der Lichtgeschwindigkeit mit der Fehlerfortpflanzung nach Gauß

$$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial \bar{n}} \Delta \bar{n}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{-c}{\bar{n}^2} \Delta \bar{n}\right)^2}$$

bestimmt werden.

Somit beläuft sich die Lichtgeschwindigkeit in der aus Plexiglas bestehenden planparallelen Platte zu

$$v = (1.9986 \pm 0.0101) \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

5.3 Planparallele Platte

Nun wird anhand 5 der zuvor gemessenen Werte in Tabelle 3 der Strahlversatz an der planparallelen Platte bestimmt. Hierfür verwendet man die Formel

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

d ist hierbei die Dicke der Platte und beläuft sich auf $d = 5,85 \text{ cm}$. Zuerst werden die gemessenen Einfallswinkel und Brechungswinkel zur Berechnung genutzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Strahlversatz s bei gemessenem Brechungswinkel β zu verschiedenen Einfallswinkeln α .

Einfallswinkel $\alpha/^\circ$	Brechungswinkel $\beta/^\circ$	Strahlversatz s/cm
20	13,25	0,71
30	19,50	1,13
40	25,50	1,62
50	31,00	2,22
70	39,00	3,88

Eine weitere Art den Strahlenversatz zu berechnen ist, den Brechungswinkel mithilfe des in Unterabschnitt 2.2 bestimmten Brechungsindex $n = 1,50 \pm 0,01$ auszurechnen. Die Berechnung von β erfolgt über das umgestellte Gesetz von Snellius (siehe Gleichung 1)

$$\beta = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha)}{n}\right).$$

Die berechneten Werte für β , sowie die damit berechneten Werte für den Strahlversatz s sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Fehler von β berechnen sich durch

$$\Delta\beta = \sqrt{\left(\frac{\partial\beta}{\partial n}\Delta n\right)^2} = -\frac{\sin(\beta)}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2(\beta)}{n^2}} n^2}.$$

Der Fehler vom Strahlversatz berechnet sich nun zu

$$\Delta s = \sqrt{\left(\frac{\partial s}{\partial \beta}\Delta\beta\right)^2} = -\frac{d \sin(\beta) \sin(\beta - \alpha)}{\cos^2(\beta)} - \frac{d \cos(\beta - \alpha)}{\cos(\beta)}.$$

Tabelle 5: Strahlversatz s bei berechnetem Brechungswinkel β zu verschiedenen Einfallswinkeln α .

Einfallswinkel $\alpha/^\circ$	Brechungswinkel $\beta/^\circ$	Strahlversatz s/cm
20	$13,18 \pm 0,09$	$0,71 \pm 0,01$
30	$19,47 \pm 0,14$	$1,13 \pm 0,01$
40	$25,37 \pm 0,18$	$1,63 \pm 0,02$
50	$30,71 \pm 0,23$	$2,25 \pm 0,02$
70	$38,79 \pm 0,31$	$3,89 \pm 0,02$

5.4 Prisma

Wenn ein Lichtstrahl durch ein Prisma geht, erfährt er eine Ablenkung δ . Die Formel für die Ablenkung

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

setzt sich aus den Beziehungen mehrerer Winkel zusammen. Im Versuch werden für den roten und den grünen Laser für 5 verschiedene Eintrittswinkel α_1 jeweils die Austrittswinkel α_2 bestimmt. Es werden jedoch auch die Brechungswinkel β_1 und β_2 benötigt. Hierzu kann zum einen die Beziehung

$$\sin(\alpha) = n \sin(\beta)$$

aus dem Brechungsgesetz genutzt werden. Jedoch gilt beim Prisma auch

$$\beta_1 + \beta_2 = \gamma, \quad (9)$$

sodass sich die Formel stark vereinfacht. Bei dem im Versuch verwendeten Prisma handelt es sich um ein Prisma mit dem Brechungswinkel $\gamma = 60^\circ$, welches aus Kronglas besteht und somit den Brechungsindex $n = 1,51$ hat. (siehe Tabelle 1) Die gemessenen Eintrittswinkel α_1 und Austrittswinkel α_2 , sowie die berechnete Ablenkung sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ablenkung des Laserstrahls durch ein Prisma.

Einfallswinkel $\alpha_1/^\circ$	grüner Laser		roter Laser	
	Ausfallswinkel $\alpha_2/^\circ$	Ablenkung $\delta/^\circ$	Ausfallswinkel $\alpha_2/^\circ$	Ablenkung $\delta/^\circ$
30	79,0	49,0	77,5	47,5
40	59,5	39,5	59,0	39,0
50	47,5	37,5	47,0	37,0
60	38,5	38,5	38,0	38,0
70	32,0	42,0	31,0	41,0

5.5 Beugung am Gitter

Im letzten Versuch werden beide Laserstrahlen nacheinander durch 3 verschiedene Beugungsgitter gestrahlt. Die Gitterkonstanten d der Gitter betragen 1/600mm, 1/300mm und 1/100mm. Der Einfallswinkel beträgt jeweils 0° . Die Beugungsmaxima werden abgelesen und in Tabelle 7 notiert.

Tabelle 7: Beugung des Laserstrahls beim Durchtreten verschiedener Gitter.

Gitter- konstante d/mm	Anzahl des Beugungs- maximums k	grüner Laser		roter Laser	
		Ablenkwinkel $\varphi/^\circ$	Wellenlänge λ/nm	Ablenkwinkel $\varphi/^\circ$	Wellenlänge λ/nm
1/600	1	19,0	542,61	22,5	637,81
1/300	1	9,0	521,45	11,0	636,03
	2	18,5	528,84	22,5	637,81
	3	33,0	605,15	34,5	629,34
1/100	1	3,0	523,36	4,0	697,56
	2	6,0	522,64	7,5	652,63
	3	9,5	550,16	11,0	636,03
	4	12,5	541,10	15,0	647,05

Die Mittelwerte der Wellenlänge des grünen und des roten Lasers berechnen sich analog zu Gleichung 5 zu

$$\lambda_{\text{grün}} = 541,91 \text{ nm},$$

$$\lambda_{\text{rot}} = 646,78 \text{ nm}.$$

Ebenso werden die Standardabweichung (siehe Gleichung 6) und der Fehler (siehe Gleichung 7) berechnet, sodass sich als Ergebnis für die Wellenlängen

$$\lambda_{\text{grün}} = (541,91 \pm 9,80) \text{ nm},$$

$$\lambda_{\text{rot}} = (646,78 \pm 7,33) \text{ nm}$$

ergibt.

Nun wird die Abweichung a der berechneten Wellenlängen von den Literaturwerten (siehe Abschnitt 4) analog zu Gleichung 8 bestimmt. Die Abweichungen belaufen sich auf

$$a_{\text{grün}} = (1.86 \pm 1.80)\%,$$

$$a_{\text{rot}} = (1.86 \pm 1.20)\%.$$

6 Diskussion

Beim Versuch zum Reflexionsgesetz fällt auf, dass die Einfallswinkel und Reflexionswinkel übereinstimmen. Durch die Messung der Einfallswinkel und Reflexionswinkel lässt sich also das Reflexionsgesetz (siehe Gleichung 2) verifizieren. Die Genauigkeit der Winkel ist jedoch durch menschliche Ablesefehler eingeschränkt. Außerdem ist die Skala in 1 Grad Schritte aufgeteilt, sodass eine genauere Bestimmung der Winkel darüber hinaus sehr schwierig ist.

Im zweiten Teil des Versuchs wird das Brechungsgesetz nachvollzogen. Mithilfe der Ergebnisse aus der Messung wird der Brechungsindex für Plexiglas berechnet. Die Abweichung des Brechungsindex vom Literaturwert (siehe Abschnitt 3) wird zu

$$a = (0,67 \pm 0,70)\%$$

berechnet. Somit liegt der Literaturwert im Fehlerbereich des berechneten Wertes. Die Messung kann also trotz menschlicher Ablesefehler und eventuellen Fehlern beim Einstellen der Eintrittswinkel als sehr genau eingestuft werden.

Beim Vergleich der beiden Methoden zur Bestimmung des Strahlversatzes lässt sich feststellen, dass die Werte des Strahlversatzes nicht stark voneinander abweichen. Beide Methoden sind offensichtlich ähnlich gut dazu geeignet den Strahlversatz an einer planparallelen Platte zu bestimmen.

Beim Prisma ist die Bestimmung der Ablenkung auf zwei verschiedene Methoden durchführbar. In diesem Versuch wurde sich dazu entschieden die Methode zu verwenden, in der die Ablenkung über den brechenden Winkel des Prismas berechnet wird (siehe Gleichung 9). So wird die Fehlerfortpflanzung verringert, da die beiden Brechungswinkel β_1 und β_2 nicht explizit ausgerechnet werden müssen.

Im letzten Versuchsteil werden die Wellenlängen der Laser mithilfe von verschiedenen Beugungsgittern bestimmt. Die berechneten Werte belaufen sich auf

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{grün}} &= (541,91 \pm 9,80)\text{nm}, \\ \lambda_{\text{rot}} &= (646,78 \pm 7,33)\text{nm}.\end{aligned}$$

Die Abweichung zu den Literaturwerten (siehe Abschnitt 4) ergibt sich zu

$$\begin{aligned}a_{\text{grün}} &= (1.86 \pm 1.80)\%, \\ a_{\text{rot}} &= (1.86 \pm 1.20)\%.\end{aligned}$$

Die theoretischen Wellenlängen liegen gerade nicht im Fehlerbereich der berechneten Werte. Die Abweichung ist jedoch sehr gering, was auf Ungenauigkeiten beim Aufbau zurückzuführen ist.

7 Anhang

V400 Reflexion, Brechung, Beugung

Aufgabe 1.

Einfallswinkel	Ausfallswinkel	- menschliche Ableserfehler, - 1° Skala
20°	20°	
30°	30°	
35°	35°	
40°	40°	
45°	45°	
50°	50°	
60°	60°	

Aufgabe 2

Einfallswinkel in °	Ausfallswinkel in °	Brechungsindex n	Geschw. c
0	0	1	
10	6,5	1,53	1353 km/s
20	13,25	1,49	
30	19,5	1,50	
40	25,5	1,49	
50	31	1,49	
60	35,75	1,48	
70	39	1,49	

$\approx 1,49 \rightarrow$ passt mit Lit. wert

Aufgabe 3

grün		rot		$r = 60^\circ$
Einfall in °	Austritt in °	Einfall in °	Austritt in °	
30	79	30	77,5	
40	59,5	40	59	
50	47,5	50	47	
60	38,5	60	38	
70	32	70	31	

Aufgabe 5

grün Beugungsmaximum (k)	grün Ablenkwinkel	rot	d = 600 Linien/mm
0	0	0	
1	19	22,5	
1	3	11	
2	18,5	22,5	
3	33	34,5	
1	3	22,5 4	
2	6	7,5	
3	9,5	11	
4	12,5	15	

d = 300 Linien/mm

d = 100 Linien/mm

P. 2.

Abbildung 7: Messwerte zum Versuch 400.

Literatur

- [1] Spektrum - Lexikon der Physik. 1998. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/brechzahl/1958> (besucht am 02.04.2022).
- [2] Filmetrics. 2022. URL: <https://www.filmetrics.de/refractive-index-database/Acrylic/Acrylate-Lucite-Perspex-Plexiglass> (besucht am 02.04.2022).
- [3] *Versuchsanleitung zu Versuch Nr. 400 Reflexion, Brechung und Beugung.* TU Dortmund, Fakultät Physik. 2022.