

V400

Reflexion, Brechung und Beugung

Sonia Chander

sonia.chander@tu-dortmund.de

Jana Schlücking

jana.schluecking@tu-dortmund.de

Durchführung: 29.06.2021

Abgabe: 06.07.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
2.1 Reflexion und Brechung	3
2.2 Wellenoptik und Beugung	4
3 Durchführung	5
3.1 Reflexionsgesetz	5
3.2 Brechungsgesetz	6
3.3 Prisma	6
3.4 Beugung am Gitter	6
4 Auswertung	8
4.1 Reflexionsgesetz	8
4.2 Brechungsgesetz	9
4.3 Planparallele Platten	9
4.4 Prisma	11
4.5 Beugung am Gitter	12
5 Diskussion	14
5.1 Reflexionsgesetz	14
5.2 Brechungsgesetz	14
5.3 Planparallele Platten	14
5.4 Prisma	15
5.5 Beugung am Gitter	15
6 Anhang	15
Literatur	18

1 Zielsetzung

In dem vorliegenden Versuch werden einige grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Strahlen- und Wellenoptik untersucht, wie das Gesetz von Snellius und das Phänomen der Beugung.

2 Theorie

Licht ist eine elektromagnetische Welle. Das optische Spektrum wird durch die verschiedenen Wellenlängen unterteilt. Ultraviolettes Licht hat dabei eine Wellenlänge von $\lambda = 100$ bis 380 nm und Infrarot $\lambda = 780$ nm bis 1 mm. Der Mensch sieht Licht mit einer Wellenlänge von $\lambda = 380$ bis 780 nm. Zur Beschreibung von elektromagnetischen Wellen werden die Maxwell'schen Gleichungen verwendet. Je nach Anwendungsgebiet können aber auch Vereinfachungen gemacht werden. Bei Betrachtung der Reflexion und Brechung wird die sogenannte Strahlenoptik herangezogen. Um die Beugung zu erklären, wird die Wellenoptik genutzt.

2.1 Reflexion und Brechung

Bei der Strahlenoptik, auch geometrische Optik genannt, werden die Normalen der Wellenfronten betrachtet, sogenannte Lichtstrahlen. Trifft ein Lichtstrahl auf eine Grenzfläche, wird dieser gebrochen. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Lichtwelle vom Material abhängig ist, durch das das Licht sich bewegt, können die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 über die Brechungsindizes n_1 und n_2 der Materialien sowie durch den Einfallswinkel α und Brechungswinkel β bestimmt werden. Es gilt

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

In diesem Versuch wird das erste Medium Luft sein. Dabei hat das Licht eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von $v_1 = c = 2,9979 \cdot 10^8$ m/s und einen Brechungsindex von $n_1 = 1,000292$. Somit ist n_2 der absolute Brechungsindex. Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts in einem Medium höher als in dem anderen, so ist dieses Medium optisch dichter und umgekehrt optisch dünner.

Da in der Strahlenoptik Lichtstrahlen betrachtet werden, bewegen sich diese in einem homogenen Medium geradlinig aus. Auch bei Kreuzung mehrerer Lichtstrahlen werden diese nicht gegenseitig beeinflusst. Desweiteren ist die Richtung eines Lichtstrahls umkehrbar.

Reflexion

Nach dem Reflexionsgesetz ist der Einfallswinkel α_1 des Lichtstrahls, der auf eine Grenzfläche trifft, gleich dem Reflexionswinkel α_2

$$\alpha_1 = \alpha_2.$$

Brechung

Hier findet das Gesetz von Snellius Anwendung. Es gilt

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta.$$

Dieses Gesetz beschreibt das Verhalten eines Lichtstrahls, das auf eine Grenzfläche trifft und an dieser gebrochen wird. Dabei ändert das Licht seine Geschwindigkeit und seine Richtung.

Reflexion und Transmission

Da in den meisten Fällen weder eine vollständige Reflexion noch vollständige Brechung des Lichtstrahls stattfindet, wird eine Kombination der beiden Fälle betrachtet. Aus der Intensität des einfallenden Lichts wird ein Teil R reflektiert und der restliche Teil der Intensität T transmittiert und gebrochen. Diese Anteile sind materialabhängig, dennoch gilt stets $R + T = 1$.

In Abbildung 1 sind diese Zusammenhänge nochmals veranschaulicht.

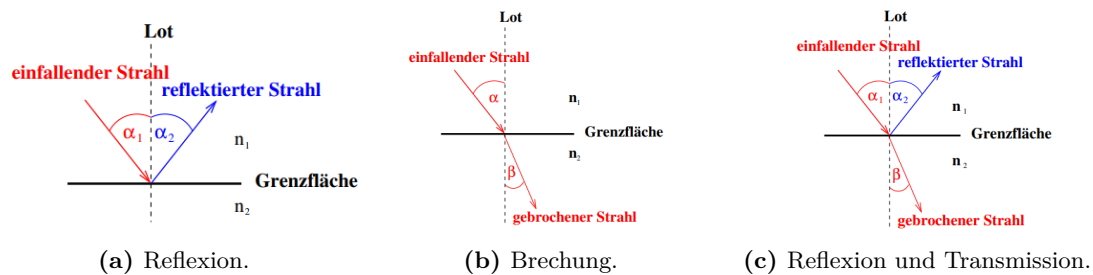


Abbildung 1: Systematische Darstellung der Brechung und Reflexion. [2]

2.2 Wellenoptik und Beugung

Sobald Licht auf ein Hindernis trifft, das relativ klein zur eigenen Wellenlänge ist, breitet sich es im Schattenraum aus. Diese sogenannte Beugung kann nicht mehr durch die Strahlenoptik erklärt werden, die Wellenoptik wird herangezogen.

Wellenoptik

Für die elektromagnetische Welle ist die Frequenz ν bzw. Wellenlänge λ sowie die Ausbreitungsgeschwindigkeit v charakteristisch. Bei Überlagerung mehrerer Wellen addieren sich die Amplituden der Wellen in jedem Punkt. Nach dem Superpositionsprinzip folgt aus der Addition der Einzelintensitäten die resultierende Intensitätsverteilung.

Weiterhin besteht Licht aus $1 \cdot 10^{-8}$ s dauernden Wellenzügen. Bei gleicher Frequenz und fester Phasenbeziehung, kann ein Interferenzbild entstehen. Dabei wird zwischen konstruktive und destruktive Interferenz unterschieden. Beträgt der Gangunterschied genau $\lambda/2$, kommt es bei gleicher Intensität zur Auslöschung der Wellen.

Beugung am Gitter

Mithilfe von Beugung am Gitter werden die daraus resultierenden Interferenzerscheinungen untersucht. Dabei kann die Ausbreitung einer Welle mithilfe des Huygenschen Prinzips definiert werden.

Die Beugung am Gitter kann zunächst vereinfacht werden, indem ein einfacher Spalt als Hindernis gesetzt wird. Nun trifft eine ebene Wellenfront auf diesen Spalt, alle Punkte in der Spaltöffnung werden dadurch gebeugt. Die resultierenden, gebeugten Wellen haben dabei dieselbe Frequenz und eine feste Phasenbeziehung. Hinter dem Spalt kann nun im Abstand L ein Schirm gestellt werden, auf diesem ist dann das Interferenzmuster zu sehen, das aus dunklen und hellen Streifen besteht. Für die hellen Streifen besteht folgender Zusammenhang

$$a \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda.$$

Die Spaltbreite wird mit a beschrieben. Die Intensitätsminima können durchnummeriert werden, so befindet sich das k -te Intensitätsminimum in einem Winkel α relativ zur geradlinigen Ausbreitungsrichtung.

Analog kann ein Ausdruck für ein Gitter aufgestellt werden. Bei einem Strichgitter mit N -Einfachspalten gleicher Breite und mit der Gitterkonstanten d , gilt bei senkrechtem Lichteinfall

$$d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda.$$

Hierbei ist k der Index des zu betrachtenden Intensitätsmaximums.

3 Durchführung

Für die Versuchsdurchführung wird eine transparente Grundplatte verwendet. Auf dieser befinden sich zwei Laserdiodenmodule, die im Halbkreis verschiebbar sind. Auf der anderen Seite ist ein Reflexionsschirm montiert, zum Schutz vor das Laserlicht. Der Schirm ist zweiteilig, somit kann ein Teil dazugesetzt oder entfernt werden um dadurch die Höhe des Schirms zu variieren. Im Folgenden werden beide Teile des Schirms über den ganzen Versuch verwendet. Bei den beiden Lasern handelt es sich einmal um rotes Licht mit einer Wellenlänge von $\lambda = 635 \text{ nm}$ und einmal um grünes Licht mit einer Wellenlänge von $\lambda = 532 \text{ nm}$. Die Platte, sowie die Leutdioden und der Reflexionsschirm sind in Abbildung 2 zu sehen. Über den ganzen Versuch hinweg ist Luft das erste Medium.

In der Mitte der Platte können dann die verschiedenen Objekte befestigt werden. Im ersten Versuchsteil wird mithilfe der Reflexionsplatte das Reflexionsgesetz untersucht. Die nächsten beiden Versuchsteile beschäftigen sich mit dem Brechungsgesetz und dem Strahlenversatz, dazu wird die planparallele Platte verwendet. Danach wird die Brechung des Lichts durch das Kronglas-Prisma betrachtet. Und zum Schluss wird die Beugung am Gitter untersucht. Bis auf die Gitter sind die Objekte in Abbildung 3 zu sehen.

3.1 Reflexionsgesetz

Hier wird nur der grüne Laser verwendet. Mithilfe einer Halterung wird der Spiegel in die Mitte der Platte befestigt. Unter der Platte wird eine Vorlage geschoben mit der die

Einfalls- und Ausfallswinkel abgelesen werden können. Nun wird die Diode bewegt und beide Winkel werden abgelesen. Diese Messung wird 7 Mal für verschiedene Einfallswinkel wiederholt.

3.2 Brechungsgesetz

Es wird weiterhin das grüne Licht und die Vorlage zur Winkelmessung verwendet. Die planparallele Platte wird eingesetzt. Das auftreffende Licht wird durch die planparallele Platte gebrochen, da diese auch eine Winkelskala aufgedruckt hat, kann hier der Brechungswinkel abgelesen werden. Der Einfallswinkel wird von der Vorlage abgelesen. Auch hier wird die Messung für 7 verschiedene Einfallswinkel durchgeführt. Dieselben Werte werden dann auch für die Berechnung des Strahlenversatzes verwendet.

3.3 Prisma

Hier wird zunächst der grüne Laser verwendet. Die Winkelvorgabe wird gewechselt. Ein sogenannter Transmissionsschirm werden an das Ende der Vorlage aufgestellt. Da auf ihnen eine Winkelskala gedruckt ist, können die Brechungswinkel des Lichts nach Austritt des Prismas abgelesen werden. Nun sollen 5 verschiedene Einfallswinkel α_1 im Bereich von $10^\circ \leq \alpha_1 \leq 60^\circ$ und die dazugehörigen Ausfallswinkel α_2 nach dem Prisma notiert werden. Die Messung wird für dieselben Einfallswinkel mit rotem Licht wiederholt.

3.4 Beugung am Gitter

Die Winkelvorgabe bleibt dieselbe wie in dem Teil zuvor. Der Transmissionsschirm wird gewechselt. Da der grüne Laser zu niedrig ist um durch das Gitter zu strahlen, werden die Gitter und ihre Halterung nicht auf die Platte gesetzt sondern davor. Somit befindet sich das Gitter auf dem Tisch, direkt an der Kante der Platte. Die Messung wird für das grüne und rote Licht gleichzeitig durchgeführt. Dabei strahlt das Licht direkt auf das Gitter und wird gebeugt. Die verschiedenen Intensitätsmaxima k -ter Ordnung sowie die dazugehörigen Winkel werden notiert. Die Messung wird für drei verschiedene Gitter wiederholt, diese haben 100, 300 und 600 Linien/mm.

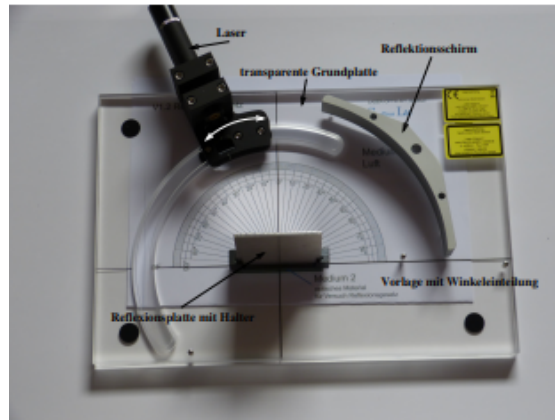


Abbildung 2: Die transparente Platte, die Laserdioden und der Reflexionsschirm.[2]

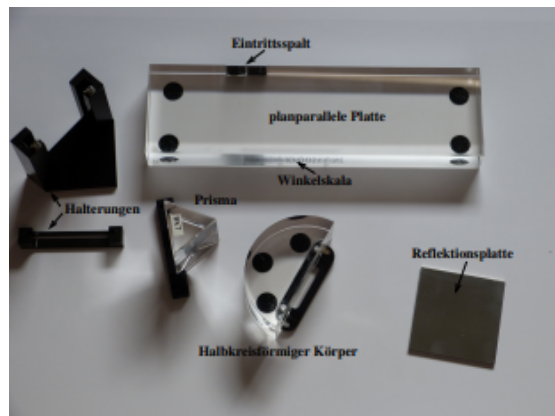


Abbildung 3: Die verschiedenen Objekte zur Untersuchung von Brechung und Reflexion.[2]

4 Auswertung

4.1 Reflexionsgesetz

Zur Überprüfung des Reflexionsgesetz werden mit einem grünen Laser die Ausfallswinkel für verschiedene Einfallswinkel gemessen, die Daten sind in der Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1: Die Messdaten von der Überprüfung des Reflexionsgesetzes.

Einfallswinkel $\alpha / ^\circ$	Ausfallswinkel $\beta / ^\circ$
20,0	20,0
30,0	30,5
35,0	36,0
40,0	41,0
50,0	51,0
60,0	61,5
70,0	72,0

Die Messdaten werden in einem α - β - Diagramm aufgetragen sowie eine lineare Ausgleichsrechnung der Form $\beta = A \cdot \alpha + B$. Diese wird mit python errechnet und ist in der Abbildung 4 zu sehen.

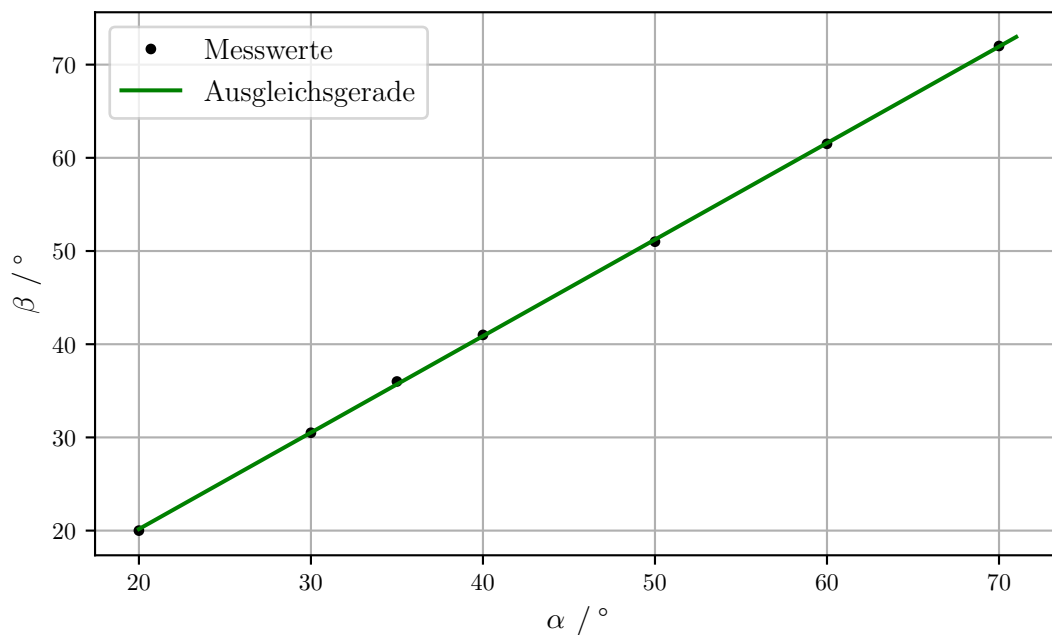


Abbildung 4: Der Plot zur Überprüfung des Reflexionsgesetzes.

Für die Parameter ergeben sich:

$$A = 1,035 \pm 0,005$$

$$B = (-0,543 \pm 0,216)^\circ$$

4.2 Brechungsgesetz

Es werden für verschiedene Einfallswinkel α die Brechungswinkel β bei einer Brechung in einer Plexiglasplatte gemessen. In der Tabelle 2 sind neben diesen Winkeln der jeweils über das Snellius Brechungsgesetz

$$\sin(\alpha)n_1 = n_2 \sin(\beta) \quad \Leftrightarrow \quad n = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)}$$

berechnete Brechungsindex von Plexiglas.

Tabelle 2: Die gemessenen Winkel und der daraus errechnete Brechungsindex für Plexiglas.

$\alpha/^\circ$	$\beta/^\circ$	$n_{\text{Plexiglas}}$
20,0	14,0	1,414
30,0	20,0	1,462
35,0	23,0	1,468
40,0	26,0	1,466
50,0	31,5	1,466
60,0	36,0	1,473
70,0	39,0	1,493

Nun wird für den Brechungsindex von Plexiglas der Mittelwert aus den Werten in Tabelle 2 berechnet:

$$n_{\text{Plexiglas}} = 1,463 \pm 0,008$$

Die Geschwindigkeit von Licht in den verschiedenen Materialien steht in diesem Zusammenhang mit den Brechungsindices

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Somit lässt sich die Lichtgeschwindigkeit in Plexiglas aus dem ermittelten Brechungsindex berechnen, es folgt

$$v_{\text{Plexiglas}} = (204\,884\,121 \pm 1\,181\,566) \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

4.3 Planparallele Platten

Zur Bestimmung des Strahlenversatz werden keine neuen Winkel ausgemessen, sondern die Daten der Brechungswinkel aus dem vorherigen Aufgabenteil genutzt. In der Abbildung 5

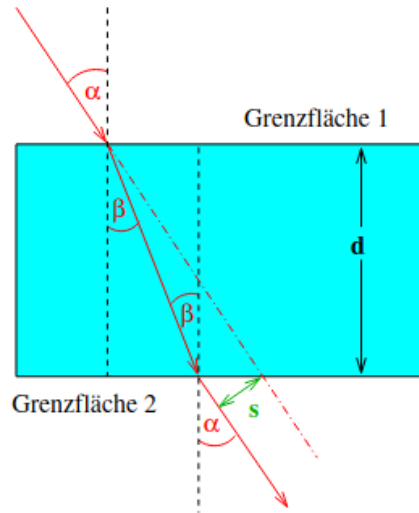


Abbildung 5: Eine Skizze zum auftretenden Strahlenversatz. [2]

ist schematisch der Strahlenweg ohne Brechung (gestrichelt) und der mit Brechung an dem Plexiglasquader dargestellt.

Der Strahlenversatz berechnet sich über

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

Nun wird über diese Formel der Strahlenversatz einmal mit den gemessenen Einfallswinkel und Brechungswinkel berechnet. In einer anderen Methode wird der Winkel β aus dem Brechungsgesetz mit dem in 4.2 ermittelten Brechungsindex für Plexiglas errechnet

$$\beta_2 = \arcsin \left(\frac{\sin(\alpha)}{n_{\text{Plexiglas}}} \right).$$

Mit diesem β_2 wird dann nochmal der Strahlenversatz ausgerechnet. Die Daten sind in der Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Die Werte der Messung bei Brechung und dem daraus gerechneten Strahlungsversatz.

$\alpha/^\circ$	Brechungswinkel		Brechungsindex	
	$\beta/^\circ$	s_1/mm	$\beta_2/^\circ$	s_2/mm
20,0	14,0	6,302	13,518	6,793
30,0	20,0	10,810	19,981	10,829
35,0	23,0	13,213	23,079	13,136
40,0	26,0	15,746	26,059	15,689
50,0	31,5	21,770	31,569	21,708
60,0	36,0	29,411	36,289	29,185
70,0	39,0	38,770	39,956	38,209

Es ist zu sehen, dass sich die beiden errechneten Werte für den Strahlenversatz für den jeweiligen Einfallswinkel sehr nah beieinander liegen.

4.4 Prisma

Es werden für den roten und für den grünen Laser jeweils die Einfallswinkel α_1 und Ausfallswinkel α_2 bei Bestrahlung eines Prismas notiert. In der Abbildung 6 sind die zu nutzenden Winkel bei der Brechung des Lichtstrahls am Prisma sowie die Ablenkung δ eingezeichnet.

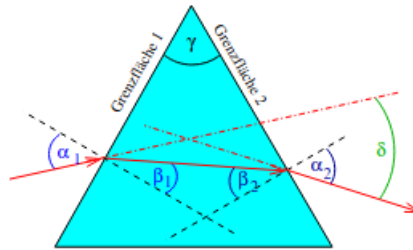


Abbildung 6: Skizze der Strahlengänge im Prisma [2].

Die zu betrachtene Ablenkung δ wird mit

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

berechnet. Dabei sind die Winkel β_1, β_2 die zu α_1, α_2 gehörenden Brechungswinkel. Diese berechnen sich über

$$\beta_i = \arcsin \left(\frac{\sin(\alpha_i)}{n_{\text{Kronglas}}} \right),$$

da das Prisma aus Kronglas besteht. Außerdem besteht noch die Beziehung $\beta_1 + \beta_2 = \gamma$, wobei γ in diesem Fall 60° ist. Die aufgenommenen Messdaten und daraus errechneten Werte sind in der Tabelle 4 zu finden.

Tabelle 4: Die Messdaten von der Messung mit dem Prisma.

$\alpha_1/^\circ$	$\beta_1/^\circ$	grüner Laser			roter Laser		
		$\alpha_2/^\circ$	$\beta_2/^\circ$	$\delta/^\circ$	$\alpha_2/^\circ$	$\beta_2/^\circ$	$\delta/^\circ$
30,0	20,027	78,5	42,158	46,315	78,0	42,064	45,909
35,0	23,133	66,5	38,912	39,456	65,5	38,555	38,813
40,0	26,121	59,0	35,952	36,928	58,0	35,511	36,368
50,0	31,647	47,5	30,330	35,522	47,0	30,061	35,291
60,0	36,382	38,5	25,238	36,880	37,5	24,643	36,475

Es ist auffällig, dass der Wert für den Einfallswinkel $\alpha_1 = 30^\circ$ deutlich größer als die anderen Werte ist. Die Ablenkung ist schon für den wenig größeren Einfallswinkel $\alpha_1 = 35^\circ$ deutlich kleiner. Für die Einfallswinkel $\alpha_1 = 40^\circ, 50^\circ$ und 60° sind die Ablenkungen δ sehr nah beieinander.

4.5 Beugung am Gitter

Es werden für drei verschiedene Gitter die Winkel der Maxima und deren Ordnung gemessen und notiert. Die Wellenlänge des Lichtes lässt sich durch

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

berechnen, wobei d die Gitterkonstante darstellt und k die Beugungsordnung. Die Daten und daraus errechneten Werte sind in der Tabelle 5 zu finden.

Tabelle 5: Die Daten von der Messung von Beugung am Gitter.

$d/\mu\text{m}$	k	grüner Laser		roter Laser	
		$\phi/^\circ$	λ/nm	$\phi/^\circ$	λ/nm
$\frac{5}{3}$	1	19,5	556,34	23	651,22
		18	515,03	22	624,34
$\frac{10}{3}$	1	9,5	550,16	11	636,03
		8,5	492,70	10,5	607,45
	2	19	542,61	23	651,22
		17,5	501,18	21,5	610,84
	3	29	538,68	35	637,31
		27,5	513,05	34	621,33
10	1	3,5	610,49	4	697,56
		2,5	436,19	3,5	610,49
	2	7	609,35	8	695,87
		5,5	479,23	7	609,35
	3	10	578,83	11,5	664,56
		8,5	492,70	10,5	607,45
	4	13	562,38	15,5	668,10
		11,5	498,42	14,5	625,95
	5	16,5	568,03	19,5	667,61
		15	517,64	18	618,03
	6	19,5	556,34	23,5	664,58
		18	515,03	22	624,34
	7	23	558,19	27,5	659,64
		21,5	523,57	26	626,24
	8	26,5	557,75	32	662,40
		24,5	518,37	30	625,00
	9	30	555,56		
		28	521,64		

Die experimentell ermittelte Wellenlänge für den jeweiligen Laser ergibt sich aus dem Mittelwert der berechneten Werte in Tabelle 5:

$$\lambda_{\text{grün}} = (533 \pm 8) \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{rot}} = (640 \pm 5) \text{ nm}$$

5 Diskussion

Alle Experimente werden auf einer transparenten Grundplatte durchgeführt. Diese wird auf verschiedene ausgedruckte Vorlagen gestellt. Beim Verändern des Einfallswinkels ist es aufgrund des leicht schwerfälligen Laufes des Lasers möglich, dass die Platte auf der Vorlage leicht verschoben wird. Außerdem werden die Winkel bei der Mesung mit dem Prisma und Beugung am Gitter an einer aufgestellten Pappe abgelesen. Diese wird vorsichtig an die liegende Winkelskala angepasst, jedoch ist sie nur durch zwei Aufsteller festgehalten und bewegt sich schnell, auch bei leichter Berührung. Also sind systematische Fehler definitiv nicht auszuschließen und können durch andere Messapparate minimiert werden.

5.1 Reflexionsgesetz

In der Auswertung zur Überprüfung des Reflexionsgesetzes wird eine lineare Ausgleichsgerade $\beta = A \cdot \alpha + B$ gelegt. Die Theoriewerte für die Parameter sind $A = 1$ und $B = 0$.

$$\begin{aligned} A_{\text{theo}} &= 1 & \Rightarrow \Delta A &= -3,54 \% \\ A_{\text{exp}} &= 1,035 \pm 0,005 \end{aligned}$$

Es ist zu sehen, dass der Fit-Parameter recht nah an der Theorie liegt. Mögliche Fehlerquellen sind Fehler beim Ablesen. Der Punkt lässt sich auf dem Reflexionsschirm nicht gut ablesen, da dieser mehrere Millimeter breit ist.

5.2 Brechungsgesetz

Außerdem wird der Brechungsindex für Plexiglas ermittelt, aus welchem dann auch die Lichtgeschwindigkeit in Plexiglas errechnet wird.

$$\begin{aligned} n_{\text{Plexiglas, theo}} &= 1,49[1] & \Rightarrow \Delta n_{\text{Plexiglas}} &= 1,79 \% \\ n_{\text{Plexiglas, exp}} &= 1,463 \pm 0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{c, Plexiglas, theo}} &= 201\,202\,991 \frac{\text{m}}{\text{s}}[1] & \Rightarrow \Delta v_{\text{c, Plexiglas}} &= 1,83 \% \\ V_{\text{c, Plexiglas, exp}} &= (204\,884\,121 \pm 1\,181\,566) \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Der experimentell ermittelte Wert ist sehr nah an dem Theoriewert. Da sich die Lichtgeschwindigkeit in Plexiglas nur aus der Vakuumlichtgeschwindigkeit und dem Brechungsindex herleiten lässt, ist dies hier dann natürlich auch der Fall.

5.3 Planparallele Platten

Bei der verschiedenen Berechnung des Strahlenversatzes fallen keine großen Unterschiede zwischen den errechneten Werten auf. Der gemessene Brechungswinkel ist dem errechneten

Winkel sehr nah, welches nochmal zeigt, dass der Wert für den Brechungsindex recht gut ermittelt wird. Es ist zu sagen, dass die Methode über den gemessenen Winkel natürlich mehr anfällig für Messfehler ist, jedoch wird der Brechungswinkel mit dem experimentell ermittelten Brechungsindex berechnet, sodass sich hier die Fehler fortpflanzen.

5.4 Prisma

Hier werden die Ablenkungen δ für die verschiedenen Einfallswinkel berechnet. Aus den gemessenen Einfalls- und Ausfallswinkel sind die Brechungswinkel zu berechnen, deren Summe eigentlich konstant dem brechenden Winkel $\gamma = 60^\circ$ entspricht. Hier ist das jedoch nicht der Fall. Dies kann ein Resultat von ungenau abgelesenen Winkeln sein, ein geringer Fehler kann auch von den numerischen Näherungen der Berechnungen vom Rechner herrühren.

5.5 Beugung am Gitter

Die Ermittlung der Wellenlängen der Laser durch Beugung am Gitter hat diese Ergebnisse ergeben:

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{grün, theo}} &= 532 \text{ nm}[2] & \Rightarrow \Delta\lambda_{\text{grün}} &= -0,27\% \\ \lambda_{\text{grün, exp}} &= (533 \pm 8) \text{ nm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{rot, theo}} &= 635 \text{ nm}[2] & \Rightarrow \Delta\lambda_{\text{rot}} &= -0,83\% \\ \lambda_{\text{rot, exp}} &= (640 \pm 5) \text{ nm}\end{aligned}$$

Dies sind sehr gute Ergebnisse, besonders bei Erinnerung an den Versuchsaufbau.

6 Anhang

V400 - Reflexion, Brechung & Beugung

1) Reflexionsgesetz

Einfallswinkel α [°]	Ausfallswinkel β [°]	→ große Ablesfehler
20	20	
30	30,5	
35	36	
40	41	
50	51	
60	61,5	
70	72	

2) Brechungsgesetz

Einfallswinkel α /°	Ausfallswinkel β /°
20	14
30	20
35	23
40	26
50	31,5
60	36,5
70	39

4) Prisma

Einfallswinkel α /°	grün Ausfallswinkel β /°	rot Ausfallswinkel γ /°
30	78,5	78
35	66,5	65,5
40	59	58
50	47,5	47
60	38,5	37,5

Abbildung 7: Die erste Seite der Originaldaten von der Versuchsdurchführung.

5) Beugung am Gitter

Gitter 600 Linien/mm

$d = 600 \text{ Linien/mm}$

grün $\lambda = 70$

rot $\lambda = 70$

$k=1$

$$\varphi_1 = 19,5$$

$$\varphi_1 = 23$$

rechts

$$\varphi_2 = 18$$

$$\varphi_2 = 22$$

links

$d = 300 \text{ Linien/mm}$

$k=1$

$$\varphi_1 = 9,5$$

$$\varphi_1 = 11$$

$$\varphi_2 = 8,5$$

$$\varphi_2 = 10,5$$

$k=2$

$$\varphi_1 = 19$$

$$\varphi_1 = 23$$

$$\varphi_2 = 17,5$$

$$\varphi_2 = 21,5$$

$k=3$

$$\varphi_1 = 29$$

$$\varphi_1 = 35$$

$$\varphi_2 = 27,5$$

$$\varphi_2 = 34$$

$d = 100 \text{ Linien/mm}$

$k=1$

$$\varphi_1 = 3,5$$

$$\varphi_1 = 4$$

$$\varphi_2 = 2,5$$

$$\varphi_2 = 3,5$$

$k=2$

$$\varphi_1 = 7$$

$$\varphi_1 = 8$$

$$\varphi_2 = 5,5$$

$$\varphi_2 = 7$$

$k=3$

$$\varphi_1 = 10$$

$$\varphi_1 = 11,5$$

$$\varphi_2 = 8,5$$

$$\varphi_2 = 10,5$$

$k=4$

$$\varphi_1 = 13$$

$$\varphi_1 = 15,5$$

$$\varphi_2 = 11,5$$

$$\varphi_2 = 14,5$$

$k=5$

$$\varphi_1 = 16,5$$

$$\varphi_1 = 19,5$$

$$\varphi_2 = 15$$

$$\varphi_2 = 18$$

$k=6$

$$\varphi_1 = 19,5$$

$$\varphi_1 = 23,5$$

$$\varphi_2 = 18$$

$$\varphi_2 = 22$$

$k=7$

$$\varphi_1 = 23$$

$$\varphi_1 = 27,5$$

$$\varphi_2 = 21,5$$

$$\varphi_2 = 26$$

$k=8$

$$\varphi_1 = 26,5$$

$$\varphi_1 = 32$$

$$\varphi_2 = 24,5$$

$$\varphi_2 = 30$$

$k=9$

$$\varphi_1 = 30$$

$$\varphi_1 = 35$$

$$\varphi_2 = 28$$

$$\varphi_2 = 34$$

Abbildung 8: Die Originaldaten von der Versuchsdurchführung Beugung am Gitter.

Literatur

- [1] *Brechzahl*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Brechzahl.html> (besucht am 28.06.2021).
- [2] TU Dortmund. *Reflexion, Brechung und Beugung*. 2021.