

Versuch Nr.V400

# **Reflexion, Brechung und Beugung**

Niklas Düser  
niklas.dueser@tu-dortmund.de

Benedikt Sander  
benedikt.sander@tu-dortmund.de

Durchführung: 20.04.2021

Abgabe: 27.04.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Reflexion . . . . .	4
2.2 Brechung . . . . .	4
2.3 Reflexion und Transmission . . . . .	4
2.4 Wellenoptik . . . . .	5
<b>3 Durchführung und Versuchsaufbau</b>	<b>7</b>
3.1 Versuchsaufbau . . . . .	7
3.2 Durchführung . . . . .	7
<b>4 Auswertung</b>	<b>9</b>
4.1 Reflexion . . . . .	9
4.2 Brechung . . . . .	10
4.3 Parallele Platten . . . . .	11
4.4 Prisma . . . . .	12
4.5 Gitter . . . . .	14
<b>5 Diskussion</b>	<b>17</b>
<b>6 Anhang</b>	<b>19</b>
6.1 Versuchsaufbauten . . . . .	19
6.2 Daten . . . . .	21
<b>Literatur</b>	<b>22</b>

## 1 Zielsetzung

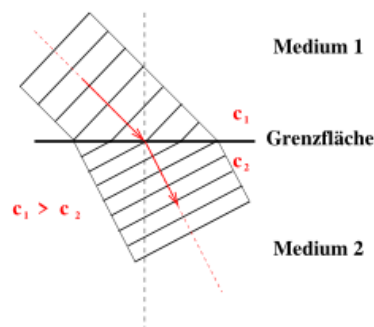
In diesem Versuch sollen grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Strahlenoptik untersucht werden. Es wird genauer die Reflexion, Brechung und Beugung angeschaut.

## 2 Theoretische Grundlagen

Das für das menschliche Auge wahrnehmbare optische Licht ist ein Teil des elektromagnetischen Spektrums, nur der Bereich von 380 nm bis 780 nm ist vom Auge zu erkennen. Generell lässt sich die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen von den Maxwell'schen Gleichungen beschreiben, für die in diesem Versuch untersuchten Effekte reichen aber die Regeln der *Strahlenoptik*. Wellen und ihre Ausbreitung werden in der *Strahlenoptik* durch die Normalen die Senkrecht auf den Wellen stehen beschrieben, sie werden als Lichtstrahl bezeichnet. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit und somit auch die lokale Lichtgeschwindigkeit in unterschiedlichen Materialien unterschiedlich ist, entsteht beim Übergang von einem Material in ein anderes der Effekt der Brechung. Der Lichtstrahl wird gebrochen und verändert seine Richtung. Diese Änderung berechnet sich durch die Beziehung

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

hier sind  $v$  die Geschwindigkeiten und  $n$  die Brechungsindizes in den jeweiligen Materialien. Der Einfallswinkel ist  $\alpha$  und der Brechungswinkel somit  $\beta$ .



**Abbildung 1:** Schema der Brechung mit Ausbreitungsgeschwindigkeiten[7].

Für den Fall, dass ein Material Luft ist, wird  $n_2$  der Brechungsindex des anderen Mediums als *absolut* bezeichnet. Werden zwei Materialien verglichen, wird das Material mit höherer Ausbreitungsgeschwindigkeit als *optisch dichter* bezeichnet, anders herum wird das Material als *optisch dünner* bezeichnet. Im Bereich der Strahlenoptik bzw. *geometrischen Optik* sind Lichtstrahlen innerhalb eines homogenen Mediums immer geradlinig und unterschiedliche Strahlen interferieren nicht miteinander.

## 2.1 Reflexion

Wird ein Lichtstrahl an einer ebenen Fläche reflektiert, so ist nach dem Reflexionsgesetz der Einfallswinkel  $\alpha_1$  gleich dem Reflexionswinkel  $\alpha_2$ .

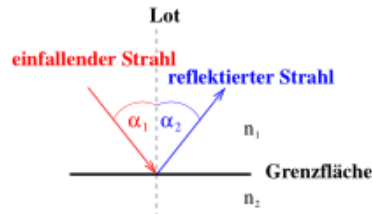


Abbildung 2: Schema der Reflexion[7].

## 2.2 Brechung

Beim Auftreffen auf ein Medium mit einem anderen Brechungsindex  $n$  wird der Lichtstrahl unter einer Richtungsänderung gebrochen. Diese Brechung erfolgt nach dem Gesetz von Snellius:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (2)$$

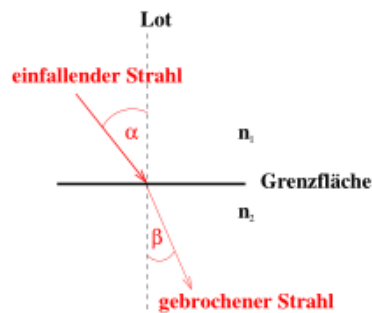


Abbildung 3: Schema der Brechung[7].

## 2.3 Reflexion und Transmission

Im Normalfall wird ein Lichtstrahl weder komplett gebrochen noch komplett reflektiert, in der Regel wird ein Teil der Intensität transmittiert und ein Teil gebrochen, insgesamt ergeben die Intensitäten dieser beiden Teile aber wieder die Intensität des einfallenden Strahls.

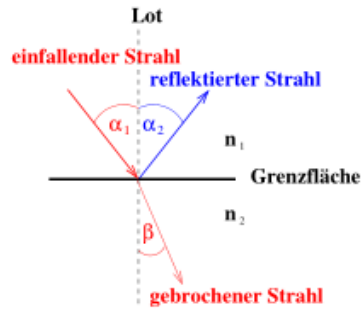


Abbildung 4: Schema der Reflexion und Transmission[7].

## 2.4 Wellenoptik

Die *Strahlenoptik* ist aber nicht in der Lage einige Phänomene wie zum Beispiel die *Beugung* zu erklären, diese ist zu beobachten wenn sich Licht in einen Schattenraum ausbreitet. Um die *Beugung* zu erklären muss mit der *Wellenoptik* argumentiert werden. In diesem Bereich besitzen Wellen eine Frequenz  $\nu$ , die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  und somit auch eine Wellenlänge  $\lambda$ . Mehrere Wellen interferieren jetzt miteinander, das bedeutet, dass sich die Gesamtintensität der Wellen an einem Punkt aus der Summe der Einzelintensitäten berechnet (*Superpositionsprinzip*). Sind unterschiedliche Wellen aus der gleichen Frequenz und dem gleichen Phasengang aufgebaut, erzeugen sie ein so genanntes *Interferenzbild*. Bei Interferenz wird zwischen *konstruktiver* und *destruktiver* Interferenz unterschieden, haben zwei Wellen gleiche Frequenz, Intensität und genau einen *Gangunterschied* von  $\lambda/2$ , so können sie sich komplett auslöschen.

In diesem Versuch wird auch die *Beugung* an einem Gitter genauer untersucht, es ist wichtig, dass die Dimensionen des Gitters klein im Vergleich zur Wellenlänge des Lichts sind. Hier besagt das *Huygensche Prinzip* 'Jeder Punkt einer Welle ist der Ausgangspunkt einer Elementarwelle gleicher Frequenz. Die Einhüllende aller Sekundärwellen stellt zu einem späteren Zeitpunkt die neue Lage der Wellenfront dar' [400].

Das einfachste Beispiel hierzu ist der Einzelspalt. Trifft monochromatisches Licht, also eine ebene Wellenfront gleicher Phase auf den Spalt der Breite  $a$  wird das Licht nach dem *Huygensche Prinzip* in allen Punkten des Spalts das Licht gebeugt. Die neuen Wellenfronten haben dann dieselbe Frequenz und eine feste Phasenbeziehung. In einem Abstand  $L$  wird dann auf einem Schirm das Interferenzbild gemessen. Jediglich die Intensitätsmaxima werden jetzt in diesem Versuch weiter beachtet, diese werden dann durch

$$a \sin \alpha = k \lambda \quad (3)$$

berechnet. Hier beschreibt  $\alpha$  den Winkel zur geradlinigen Ausbreitung des  $k$ 'ten Intensitätsmaxima bei einem Einzelspalt der Breite  $a$  und einer Wellenlänge  $\lambda$ .

Analog lässt sich ein Gesetz für ein Strichgitter aus  $N$ -Einzelspalten aufstellen:

$$d \sin \alpha = k \lambda. \quad (4)$$

Hier ist nun  $d$  die Gitterkonstante.

## 3 Durchführung und Versuchsaufbau

### 3.1 Versuchsaufbau

Der Versuch basiert um eine Plexiglas Grundplatte auf der ein grüner Laser der Wellenlänge  $= 532\text{nm}$  und ein roter der Wellenlänge  $= 635\text{nm}$  aufgebaut sind. Diese sind übereinander befestigt und lassen sich auf einem Halbkreis drehen. In der Mitte dieses Halbkreises lassen sich verschiedene optische Elemente befestigen. Bei diesem Experiment ist das optisch dünnere Medium immer Luft mit  $n = 1$ .

Als Schutz vor dem Laserlicht ist auf der Platte ein Reflexionsschirm angebracht, dieser lässt sich auch für das Nutzen des roten Lichts vergrößern. Zum Messen der verschiedenen optischen Phänomene lassen sich unterschiedliche Versuchsvorlagen unter die Platte legen um die Winkel abzulesen.

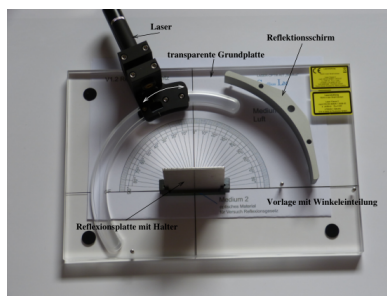


Abbildung 5: Ein Bild der Grundplatte.[400].

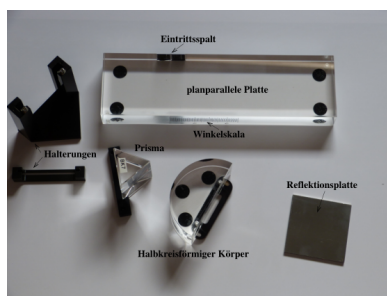


Abbildung 6: Ein Bild der unterschiedlichen optischen Elemente[400].

Bei dem Aufbau der unterschiedlichen Teil-Experimente ist darauf zu achten, dass die optischen Elemente nur an den Halterungen berührt werden, da die Oberflächen sonst beschädigt werden.

### 3.2 Durchführung

#### Aufgabe 1

Für Aufgabe 1 wird auf die Grundplatte ein Spiegel aufgesetzt und für den grünen Laser 7 Messpaare aus Einfallswinkel und Reflexionswinkel gemessen.

### **Aufgabe 2**

In Aufgabe 2 wird die planparallele Platte 6 aufgesetzt und wieder mit dem grünen Laser 7 Messpaare aus dem Einfallswinkel und Brechungswinkel ablesen. Der Brechungswinkel lässt sich innerhalb der planparallele Platte abgelesen.

### **Aufgabe 3**

Für Aufgabe 3 können die Messwerte aus Aufgabe 2 genutzt werden.

### **Aufgabe 4**

Nun wird die planparallele Platte durch das Prisma ersetzt und die Richtige Vorlage unter die Platte geschoben so, dass der Einfallswinkel und und der Ausfallswinkel aus dem Prisma abgelsen werden können. In diesem Teilversuch werden jeweils 5 Messpaare für den grünen und den roten Laser aufgenommen.

### **Aufgabe 5**

Zuletzt werden jeweils für die Gitter mit den Gitterkonstanten 600, 300 und 100, für rotes Licht die Abstände der Maxima zum Mittelpunkt vermessen.



## 4 Auswertung

### 4.1 Reflexion

Einfallswinkel in Grad	Ausfallswinkel in Grad
0,000	0,000
20,000	20,000
30,000	30,000
40,000	40,000
50,000	51,000
60,000	61,000
70,000	70,000

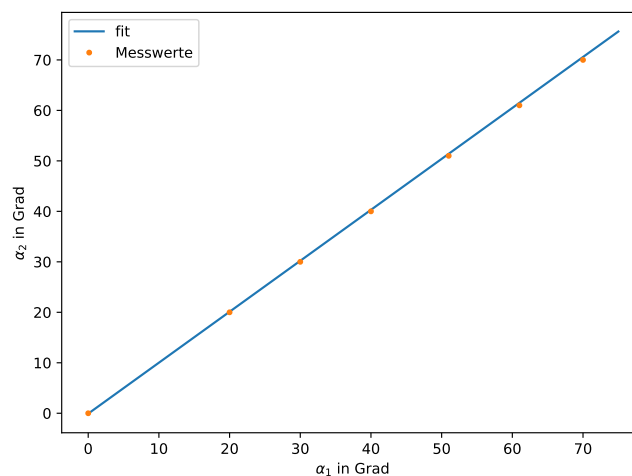
**Tabelle 1:** Die Messwerte der Reflexion an einem Spiegel

In der Tabelle 1 sind die Messwerte für dein Einfallswinkel und den Ausfallswinkel zu finden. Für diese Werte soll das Reflexionsgesetz,  $\alpha_1 = \alpha_2$ , untersucht werden. Dafür wird auf die Messwerte ein linearer Fit erstellt. Dieser hat die Form  $f(\alpha) = A \cdot \alpha + B$ . Auf die Messwerte gefitet ergibt dies für die Konstanten:

$$A = 1,0094 \pm 0,0080$$

$$B = (-0,0779 \pm 0,3570)^\circ$$

Grafisch dargestellt findet sich dies in der folgenden Abbildung 7.



**Abbildung 7:** Die Messwerte der Reflexion grafisch dargestellt, inklusive Fit-Funktion auf sie.

Dieses Ergebnis liegt sehr nah an den Theoriewerten von  $A = 1$  und  $B = 0$ . Die Idealswerte liegen zwar nicht im Fehlerintervall, für die Steigung ergibt sich aber nach der folgenden Formel folgende relative Abweichung:

$$\frac{A_{theo} - A}{A_{theo}} = (-0,9 \pm 0,8) \%$$

## 4.2 Brechung

Einfallswinkel in Grad	Ausfallswinkel in Grad	Brechungsindex
10,000	7,000	1,425
20,000	14,000	1,414
30,000	20,000	1,462
40,000	26,000	1,466
50,000	31,000	1,487
60,000	36,000	1,473
70,000	39,500	1,477

**Tabelle 2:** Die Messwerte der Brechung an Plexiglas. Der Brechungsindex wird dabei aus den Zeilen berechnet.

In Tabelle 2 sind die für die folgenden Rechnungen genutzten Messwerte zu finden. Die Brechungsindizes in der Tabelle wurden dabei aus den Zeilenwerten mit der folgenden Formel bestimmt:

$$n = \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)}$$

Dabei sind  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  die Einfalls- und Ausfallswinkel in Bogenmaß umgerechnet. Wenn nun aus diesen Werten der Mittelwert bestimmt wird und der Fehler des Mittelwerts als Fehler gesetzt wird lässt sich der Brechungsindex für Plexiglas zu  $n = 1,4578 \pm 0,0105$  bestimmen.

Daraus lässt sich mit der Lichtgeschwindigkeit  $c$ [4] die Lichtgeschwindigkeit in dem Medium bestimmen.

$$c_{Plexi} = c/n$$

$$c_{Plexi} = (205\,641\,264,8144 \pm 1\,477\,808,4936) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Daraus lässt sich dann auch aus dem Theoriewert für den Brechungsindex  $n_{theo} = 1.49$ [5] auch ein Theoriewert für die Lichtgeschwindigkeit und damit auch die relative Abweichung

bestimmen.

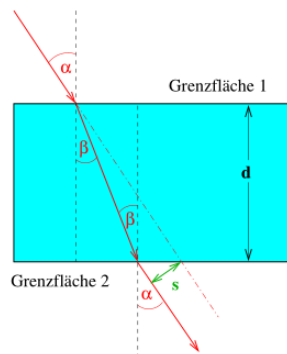
$$c_{theo} = 201\,202\,991,9463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{c_{theo} - c_{Plexi}}{c_{theo}} = (-2,2 \pm 0,7) \%$$

$$\frac{c_{theo} - c_{Plexi}}{c_{theo}} = (-2,2 \pm 0,7) \%$$

$$\frac{n_{theo} - n}{c_{theo}} = (2,2 \pm 0,7) \%$$

### 4.3 Parallele Platten



**Abbildung 8:** Der Durchgang eines Lichtstrahls durch ein Quader eines anderen Mediums.

Aus der Zeichnung 8 lässt sich eine Gleichung zur Bestimmung des Strahlversatzes  $s$  herleiten.

S dafür lässt sich die Hypotenuse  $h$  des kleinen Dreiecks, das mit  $s$  aufgespannt wird, durch folgenden Zusammenhang beschreiben:

$$h = d \cdot (\tan(\alpha) - \tan(\beta))$$

Hieraus lässt sich dann für  $s$  herleiten:

$$s = (d \cdot (\tan(\alpha) - \tan(\beta))) \cdot \cos(\alpha)$$

$$s = d \cdot \left( \sin(\alpha) - \frac{\sin(\beta) \cos(\alpha)}{\cos(\beta)} \right)$$

Durch einsetzen der trigonometrischen Identität  $\sin(\beta) \cos(\alpha) = -\sin(\alpha - \beta) + \cos(\beta) \sin(\alpha)$  lässt sich das ganze vereinfachen.

$$s = d \cdot \left( \sin(\alpha) - \frac{-\sin(\alpha - \beta) + \cos(\beta) \sin(\alpha)}{\cos(\beta)} \right)$$

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

Mit dieser Formel und den Werten aus der Tabelle 2 lässt sich damit nun der Strahlversatz berechnen. Dies wird einmal klassisch, mit den gemessenen Winkeln, und einmal in dem der Winkel  $\beta$  mit dem zuvor in 4.2 bestimmten Brechungsindex bestimmt wird, gemacht. Die Ergebnisse dieser Rechnung befinden sich, inklusive dem neuen und alten Winkel  $\beta$ , in der Tabelle 3.

Brechungswinkel klassisch in rad	Strahlversatz klassisch inm	Brechungswinkel neu in rad	Strahlversatz neu inm
0,122 173	0,000 308 465	0,119 397	0,001 019 32
0,244 346	0,000 630 211	0,236 814	0,002 105 05
0,349 066	0,001 081 04	0,350 08	0,003 341 75
0,453 786	0,001 574 6	0,456 62	0,004 862 11
0,541 052	0,002 221 94	0,553 261	0,006 915 27
0,628 319	0,002 941 11	0,636 079	0,010 067 5
0,689 405	0,003 847 85	0,700 471	0,016 001 2

**Tabelle 3:** Der Strahlversatz einmal berechnet aus den Messwerten in Tabelle 2 und einmal in dem der Brechungswinkel neu bestimmt wurde.

Daraus lassen sich nun, wie auch zuvor, folgende Mittelwerte inklusive ihrer Fehler bilden:

$$s_1 = (0,0018 \pm 0,0005) \text{ m}$$

$$s_2 = (0,0035 \pm 0,0006) \text{ m}$$

$$\frac{c_{theo} - c_{Plexi}}{c_{theo}} \approx (-94,78 \pm 62,62) \%$$

Die relative Abweichung ist hier zwar ziemlich groß, was aber akzeptabel ist da sich in der selben Größenordnung bewegt wird und da der eine Wert sehr viele Fehlerabhängigkeiten besitzt.

#### 4.4 Prisma

In Tabelle 4 sind die gemessenen Werte für den Einfallswinkel zweier Laser in einen Prisma inklusive ihrer Austrittswinkel aufgetragen. Es handelt sich dabei um einen roten und einen grünen Laser.

Im folgenden soll die Ablenkung  $\delta$  für die beiden Laser, wie in Abbildung 10 zu sehen, bestimmt werden. Dafür wird diese Formel genutzt:

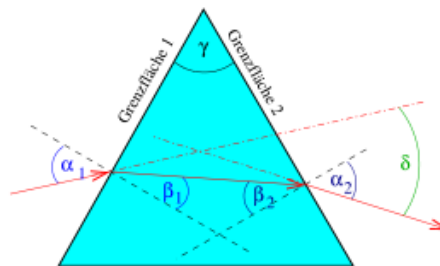
$$\delta = (\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 - \beta_2)$$

Mit  $\gamma = \beta_1 + \beta_2$  und  $\beta_1 = \arcsin(\frac{\sin(\alpha_1)}{n_{kron}})$  lässt sich das ganze noch weiter umformen. Dabei entspricht  $\gamma = 90^\circ$  [7] und  $n_{kron} \approx 1,46$  [5] dem Brechungsindex von Kronglas.

$$\delta = (\alpha_1 + \alpha_2) - (2 \cdot \arcsin(\frac{\sin(\alpha_1)}{n_{kron}}) - \gamma)$$

Einfallswinkel in Grad	Ausfallswinkel des grünen Lasers in Grad	Ausfallswinkel des roten Lasers in Grad
30,000	76,500	75,000
35,000	66,500	75,500
40,000	58,500	57,800
50,000	47,000	46,000
60,000	38,000	37,500

**Tabelle 4:** Die Messwerte der Einfalls- und Ausfallswinkel eines roten und grünen Lasers in einen Prisma.



**Abbildung 9:** Eine Skizze des Durchgangs von Licht durch einen Prisma.

Einsetzen der Werte führt zu folgenden in Tabelle ?? zu findenden Ergebnissen.

$\delta_{gruen}$ in Grad	$\delta_{rot}$ in Bogenmaß
2,206 89	2,180 71
2,011 23	2,168 31
1,854 56	1,842 34
1,635 47	1,618 02
1,487 64	1,478 92

**Tabelle 5:** Die Rechenergebnisse für die Ablenkung  $\delta$ .

Grafisch dargestellt sind diese Werte in Abbildung ??.

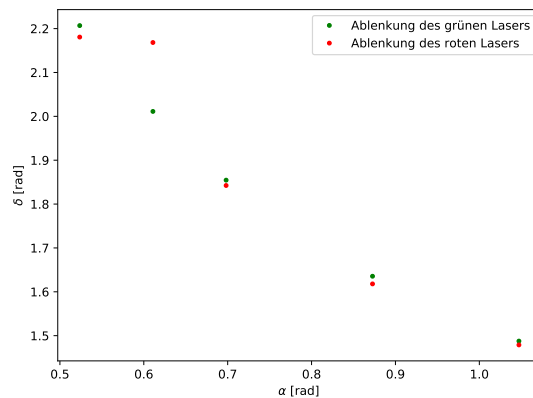


Abbildung 10: Die berechneten Ablenkungen gegen den Ausfallswinkel aufgetragen.

## 4.5 Gitter

Ordnung der Maxima	$d = 1/100$ mm Winkel des Beugungsmaximums in Grad	$d = 1/300$ mm Winkel des Beugungsmaximums in Grad	$d = 1/600$ mm Winkel des Beugungsmaximums in Grad
8	−32,000		
7	−27,200		
6	−23,000		
5	−19,000		
4	−15,000		
3	−11,300	−35,000	
2	−7,500	−22,500	
1	−4,000	−11,000	−23,500
0	0,000	0,000	0,000
1	3,800	11,000	23,500
2	7,200	22,500	
3	11,000	35,000	
4	15,000		
5	19,000		
6	23,000		
7	27,200		
8	32,000		

**Tabelle 6:** Die Messwerte der Winkel von Beugungsmaximas hinter Gittern mit der Gitterkonstante  $d$ . Zusätzlich ist noch die Ordnung der Maxima abgebildet. Negative Zahlen stehen dabei für die Maxima links vom Maxima 0ter Ordnung.

Die Messwerte der Interferenzmaxima sind in Tabelle 6 zu finden. Zum Weiterrechnen wurde für jede Maximumsordnung das arithmetische Mittel gebildet und die Werte vom

0ten Maxima bereinigt, da dies keine Aussagen über die Wellenlänge der Laser zulässt. Diese Werte sind in Tabelle 7 abgebildet.

Mit Hilfe der folgenden Gleichung, der Ordnung der Beugungsmaxima  $k$  und der jeweiligen Gitterkonstante  $d$  lässt sich aus den Werten die Wellenlänge  $\lambda$  des Lasers bestimmen:

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

Ordnung der Maxima	$d = 1/100$ mm Mittelwert der Beugungsmaximums- winkel in Grad	$d = 1/300$ mm Mittelwert der Beugungsmaximums- winkel in Grad	$d = 1/600$ mm Mittelwert der Beugungsmaximums- winkel in Grad
1	3,900	11,000	23,500
2	7,350	22,500	
3	11,150	35,000	
4	15,000		
5	19,000		
6	23,000		
7	27,200		
8	32,000		

**Tabelle 7:** Die Mittelwerte aus Tabelle 6 innerhalb der Maximumsordnungen gemittelt.

Wenn nun die Werte aus Tabelle 7 in Gleichung ?? eingesetzt werden ergeben sich folgende Ergebnisse:

Ordnung der Maxima	$d = 1/100$ mm berechnete Wellenlänge pm	$d = 1/300$ mm berechnete Wellenlänge pm	$d = 1/600$ mm berechnete Wellenlänge pm
1	340,076	318,015	664,582
2	426,434	425,204	
3	483,446	191,192	
4	517,638		
5	542,614		
6	558,187		
7	571,372		
8	529,919		

**Tabelle 8:** Aus den Winkeln der Maxima berechnete Wellenlänge des Lasers.

Gemittelt und mit dem Theoriewert von  $\lambda = 635$  pm[7] verglichen ergibt sich folgendes:

Für  $d = 1/600$  mm:

$$\lambda_1 = 664,5818 \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = -4,6585 \%$$

Für  $d = 1/300$  mm:

$$\lambda_2 = (885,0468 \pm 5,1437) \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = (39,3774 \pm 81,0030) \%$$

Für  $d = 1/100$  mm:

$$\lambda_3 = (109,2370 \pm 601,5887) \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = (-72,0268 \pm 94,7384) \%$$



## 5 Diskussion

Alles in allem lief die Versuchsdurchführung sehr gut. Die Winkel konnten zwar nur bis auf einen halben Grad genau gemessen werden und Winkel mit nicht fixierten Unterlagen zu messen war nicht optimal, die Ergebnisse zeigen aber meistens relativ wenig Abweichung von der Theorie.

Aus den Messwerten des Reflexionsgesetzes wurde durch einen Fit ein Faktor für die Abhängigkeit des Ausfallswinkels vom Einfallswinkel bestimmt. Dieser beträgt  $1,0094 \pm 0,0080$  und hat damit von der Theorie eine relative Abweichung von  $(-0,9 \pm 0,8) \%$ . Dies ist ein sehr gutes Ergebnis. Allerdings lässt sich hier schon erkennen, was bei allen weiteren Ergebnissen auch zu sehen ist, nämlich dass fast alle bestimmten Werte größer sind als die Theoriewerte.

Dies lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass die Messungen, wie zuvor gesagt, nicht sehr genau waren und dabei vermutlich öfter überschätzt als unterschätzt wurde. Außerdem waren die Messreihen alle recht klein, was für die Größe der Fehler und für die allgemeine Ungenauigkeit bei der Auswertung ins Gewicht schlägt.

Bei der Untersuchung der Brechung von Licht in Plexiglas wurde für den Brechungsindex der Wert  $n = 1,4578 \pm 0,0105$  und für die Lichtgeschwindigkeit  $(205\,641\,264,8144 \pm 1\,477\,808,4936) \text{ m/s}$  bestimmt. Die relative Abweichung von der Theorie beträgt dabei  $(2,2 \pm 0,7) \%$  und  $(-2,2 \pm 0,7) \%$ . Dies sind wieder sehr gute Werte.

Der Strahlversatz mit den zuvor gemessenen Winkeln berechnete sich zu  $s_1 = (0,0018 \pm 0,0005) \text{ m}$ . Die Rechnung, in der der Austrittswinkel mit dem zuvor bestimmten Brechungsindex bestimmt wurde, ergab  $s_2 = (0,0035 \pm 0,0006) \text{ m}$ .

Diese Werte bewegen sich beide in der zu erwartenden Größenordnung. Der zweite zeigt eine Relative Abweichung vom ersten von fast 100 %.

Dies lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass dieses Ergebnis über einen eigens berechneten Wert bestimmt wurde. Der berechnete Brechungsindex hatte zwar, wie zuvor erwähnt, nur eine geringe relative Abweichung, sein Fehler pflanzt sich aber trotzdem weiter fort.

Des Weiteren ist der erste Wert auch kein perfekter Wert, da er nur von Messwerten abhängt und sich zum Beispiel auch durch Verunreinigungen auf dem Plexiglasquader sehr stark beeinflussen lassen würde.

Welcher der beiden Werte der Bessere ist ist also schwer zu beurteilen. Allerdings bewegen sich beide in der richtigen Größenordnung.

Der Versuch, in welchem die optischen Eigenschaften eines Prismas untersucht wurden, hat Ergebnisse geliefert, die sich in der Tabelle 5 wiederfinden.

Auch diese bewegen sich in der erwarteten Größenordnung.

Für die Untersuchung der Beugungsmaxima sind dies die Ergebnisse und relativen

Abweichungen davon:

Für  $d = 1/600$  mm:

$$\lambda_1 = 664,5818 \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = -4,6585 \%$$

Für  $d = 1/300$  mm:

$$\lambda_2 = (885,0468 \pm 5,1437) \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = (39,3774 \pm 81,0030) \%$$

Für  $d = 1/100$  mm:

$$\lambda_3 = (109,2370 \pm 601,5887) \text{ pm}$$
$$\text{Rel}_{\text{Abw}} = (-72,0268 \pm 94,7384) \%$$

Für die Gitterkonstante  $d = 1/600$  mm wurden dabei die besten Ergebnisse erhalten mit einer relativen Abweichung von nur  $-4,6585 \%$ . Die anderen haben zwar wesentlich größere Abweichungen sind aber trotzdem noch gute Ergebnisse.

Das bei den anderen die Werte weiter von der Theorie abweichen kann sich unter anderem davon ableiten, dass dort Maxima mit geringeren Gitterdichten genutzt wurden. Dies führt dazu, dass die Maxima dort weniger scharf und weiter gestreut sind, wobei sich Abweichungen vom mathematischen Ort des Maximas einschleichen.

Alles in allem lief der Versuch gut und alle Ergebnisse bewegen sich in der zu erwartenden Größenordnung.

## 6 Anhang

### 6.1 Versuchsaufbauten

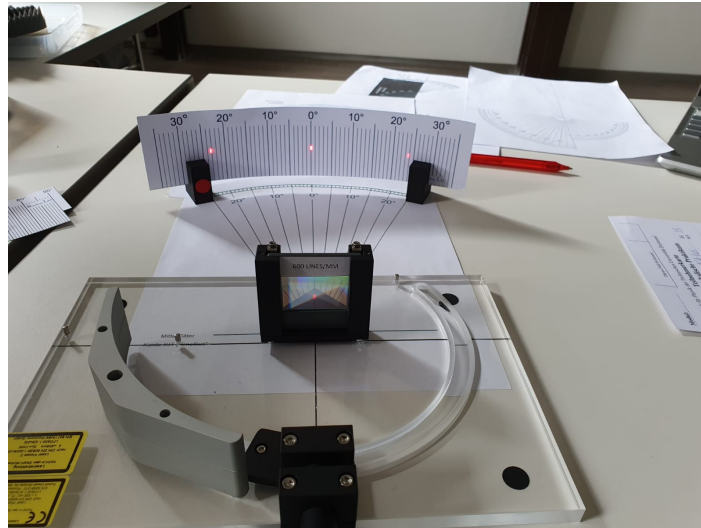
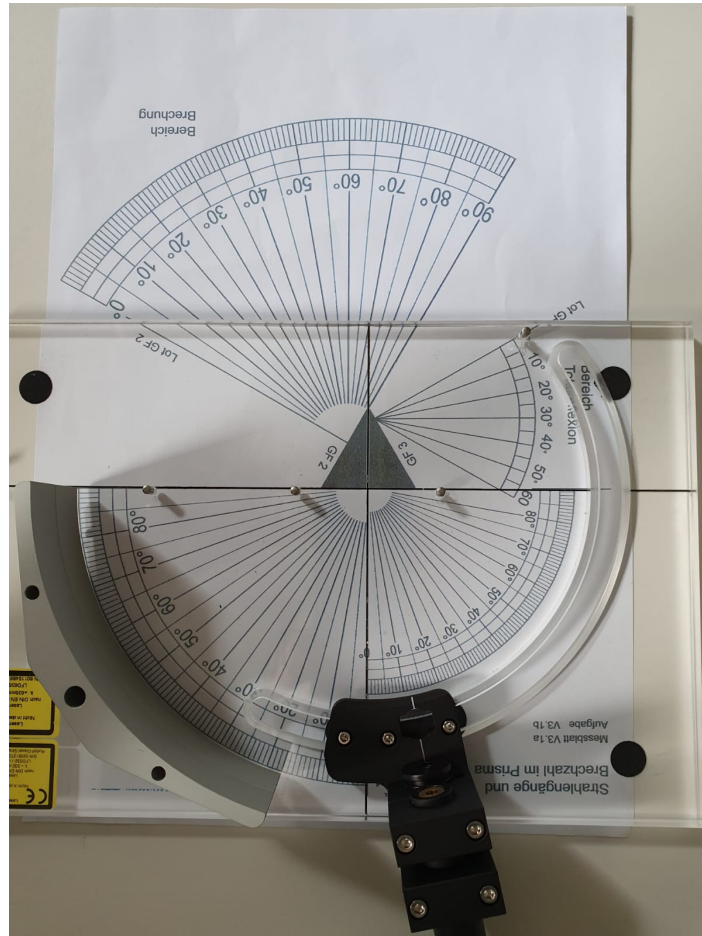


Abbildung 11: Ein Foto des Aufbaus um Interferenz zu untersuchen.



**Abbildung 12:** Ein Foto des Aufbaus um die Brechung des Lichts an einem Prisma zu untersuchen.

## 6.2 Daten

V400

Aufgabe 1: Reflexion

Für alle  
Ungeauigkeit  $0,5^\circ$   
Alle Einheiten  
in Grad

$\alpha_{\text{Einfall}}$	$\alpha_{\text{Reflex}}$
70	70
60	61
50	51
40	40
30	30
20	20
0	0

~~Refraktion~~ Brechung

Ungeauigkeit  $0,5^\circ$

Einfall	Ausfall
10	7
20	14
30	20
40	26
50	31
60	36
70	39,5

Abbildung 13: Ein Foto der Messdaten.

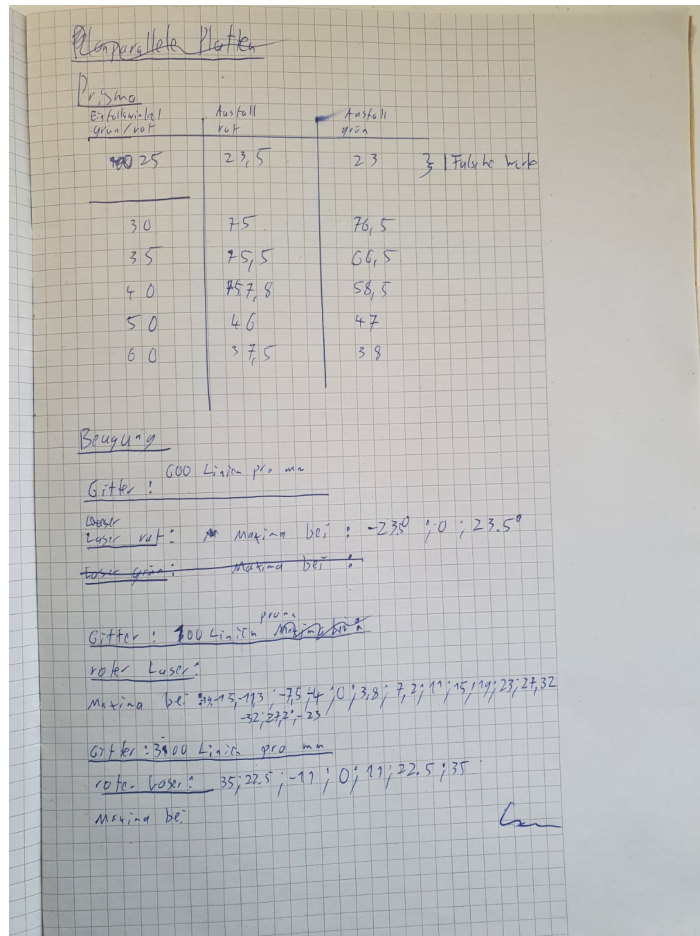


Abbildung 14: Ein Foto der Messdaten.

## Literatur

- [1] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [2] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. Version 0.16.0. URL: <http://www.scipy.org/>.
- [3] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [4] *Literaturwert für die Lichtgeschwindigkeit* c. 2020. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/lichtgeschwindigkeit/9012> (besucht am 05.12.2020).
- [5] *Literaturwert für verschiedene Brechungsindizes*. 2021. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Brechzahl.html>.

- [6] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.
- [7] *Versuchsanleitung zu Versuch V400: Reflexion, Brechung und Beugung*. Fakultät Physik, TU Dortmund. 2021.