

Prak.: P2 Semester: SS20 Wochentag: B Gruppennr.: 12

Name: Hohenstein Vorname: Michael

Name: Michel Vorname: Alexis

Emailadresse(n): alexis.michel@gmx.de, michael.hohenstein@gmx.de

Versuch: Interferenz (P2-13) Fehlerrech.: Nein

Betreuer: Philip Schmid Durchgeführt am: 10.08.202

Wird vom Betreuer ausgefüllt.

1. Abgabe am: \_\_\_\_\_

Rückgabe am: \_\_\_\_\_ Begründung:

2. Abgabe am: \_\_\_\_\_

Ergebnis: + / 0 / - Fehlerrechnung: Ja / Nein

Datum: \_\_\_\_\_ Handzeichen: \_\_\_\_\_

Bemerkungen:



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Newtonsche Ringe</b>	<b>1</b>
1.1	Ringe an einer plankonvexen Linse . . . . .	1
1.2	Brechungsindex von Wasser . . . . .	4
1.3	Brennweite durch Autokollimation . . . . .	5
1.4	Brechungsindex von Glas . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Beugung am Gitter</b>	<b>7</b>
2.1	Das Gitterspektroskop . . . . .	7
2.2	Gitterkonstante eines Gitters . . . . .	7
2.3	Wellenlängenabstand der Natrium-Doppellinien . . . . .	10
2.4	Gitterkonstante eines weiteren Gitters . . . . .	11
2.5	Linien im Spektrum von Zink . . . . .	13
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Blick durch das Mikroskop auf die Newtonschen Ringe [Sim20] . . . . .	1
1.2	Skizze zur Entstehung der Newtonschen Ringe [Wik20d] . . . . .	2
1.3	Lineare Regression mit blauem und gelbem Licht . . . . .	4
1.4	Lineare Regression mit Wasser an der Linse . . . . .	5
1.5	Skizze beim Strahlengang einer konvexen Linse [Wik20b] . . . . .	6
2.1	Aufbau des Versuches aus der Vogelperspektive [Kre20] . . . . .	7
2.2	Linearisierte Messwerte von 2.2 mit Linearer Regression gefittet . . . . .	10
2.3	Linearisierte Messwerte von 2.3 mit Linearer Regression gefittet . . . . .	11
2.4	Linearisierte Messwerte von 2.4 mit Linearer Regression gefittet . . . . .	12
2.5	Linearisierte Messwerte von 2.5 mit Linearer Regression gefittet . . . . .	14

# Tabellenverzeichnis

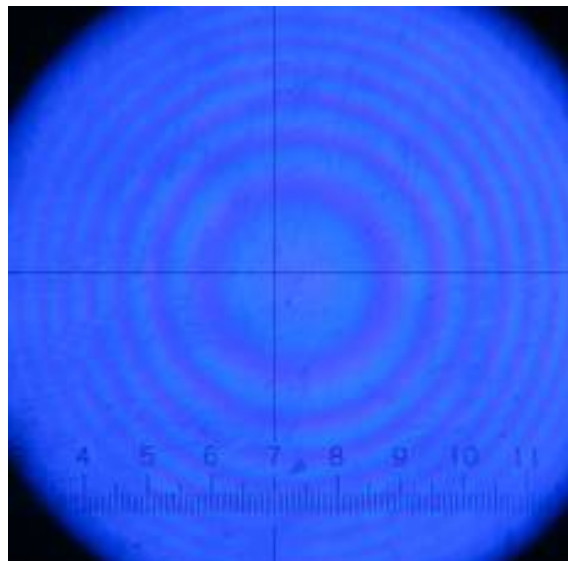
1.1	$r_k$ für Aufgabe 1.1 und 1.2 . . . . .	2
2.1	Messwerte für Aufgabe 2.2 . . . . .	9
2.2	Messwerte für Aufgabe 2.3 . . . . .	10
2.3	Messwerte für Aufgabe 2.4 . . . . .	12
2.4	Messwerte für Aufgabe 2.5 . . . . .	13
2.5	Ergebnisse für Aufgabe 2.5 . . . . .	13

# 1. Newtonsche Ringe

## 1.1 Ringe an einer plankonvexen Linse

Bei diesem Versuch soll mit Newtonschen Ringen der Radius  $R$  einer plankonvexen Linse berechnet werden.

Dafür wird die Linse mit der runden Seite auf den Objektträger eines Stereo-Zoom-Mikroskops gelegt, mit dem diese dann untersucht wird. Das Mikroskop hat einen verschiebbaren Objektisch, der mit Skalen versehen ist. Beim Betrachten der Linse sieht man ein Fadenkreuz, welches das genaue Anvisieren eines Punktes erlaubt. Abbildung 1.1 zeigt die Newtonschen Ringe, wie man sie durch das Mikroskop betrachten kann.



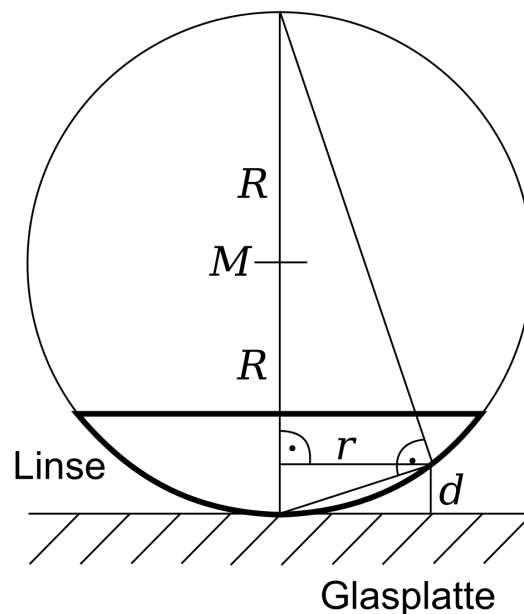
**Abbildung 1.1:** Blick durch das Mikroskop auf die Newtonschen Ringe [Sim20]

In der Mitte der Linse sind dann die Newton'schen Ringe zu sehen. Der Objektisch wird dann so verschoben, dass das Fadenkreuz nach bloßem Auge im Mittelpunkt der Ringe sitzt. Anschließend wird der rechte Rand eines Ringes anvisiert, indem der Objektisch verschoben wird. Von der x-Skala der Position des Objektisches wird dann die Position abgelesen. Danach wird der linke Rand des Ringes anvisiert und die Position erneut notiert. Die Differenz der beiden Position liefert gerade den Durchmesser des entsprechenden Ringes. Das wird für die ersten sechs Newton-Ringe  $k \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  gemacht, zunächst mit gelbem LED-Licht (590 nm), danach nochmal mit blauem LED-Licht (465 nm). Die einzelnen Messwerte sind im Messprotokoll zu finden. Umgerechnet in die jeweiligen Radien  $r_k$  ergibt sich die Tabelle 1.1 zusammen mit den Messwerten von Aufgabe 1.2.

**Tabelle 1.1:**  $r_k$  für Aufgabe 1.1 und 1.2

$k$	$r_k$ für 1.1 gelb in mm	$r_k$ für 1.1 blau in mm	$r_k$ für 1.2 in mm
1	0,55	0,35	0,45
2	0,80	0,60	0,70
3	0,95	0,80	0,85
4	1,15	0,95	1,00
5	1,30	1,05	1,10
6	1,40	1,20	1,20

Mithilfe von Abbildung 1.2 soll eine Formel für die Bedingung an den Newtonschen Ringen hergeleitet werden.

**Abbildung 1.2:** Skizze zur Entstehung der Newtonschen Ringe [Wik20d]

Betrachtet wird der Laufzeitunterschied zwischen zwei Strahlengängen von Licht, welches von oben auf die Linse einfällt. Der erste Strahl wird von der Linse transmittiert, am Übergang zur Luft reflektiert und dann wieder in die Luft transmittiert. Der zweite Strahl wird an der Linse transmittiert, in den Raum zwischen Linse und Glasplatte transmittiert, an der Glasplatte reflektiert und dann wieder an der Linse zweifach transmittiert. Die Streckendifferenz ist gegeben durch

$$\Delta s = 2dn + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (1.1)$$

Der erste Term ist die Differenz, die sich im zweifachen Passieren der Streck unter der Linse ergibt (hin und zurück). Der zusätzliche Term  $\lambda/2$  berücksichtigt den Phasensprung an der Glasplatte. Die rechte Seite der Gleichung entspricht gerade der Interferenzbedingung für destruktive Interferenz, da die dunklen Ringe gemessen werden. Umgestellt nach  $d$  ergibt sich

$$d = \frac{k\lambda}{2n}. \quad (1.2)$$

Mit dem Satz von Pythagoras lässt sich ein Zusammenhang zum Radius  $R$  herstellen

$$R^2 = (R - d)^2 + r^2 = R^2 - 2Rd + d^2 + r^2. \quad (1.3)$$

Der Term  $d^2$  lässt sich vernachlässigen, da  $d$  sehr klein ist. Umgestellt nach  $r^2$  ergibt sich

$$r^2 = 2Rd. \quad (1.4)$$

Final durch Einsetzen von  $d$  aus Gleichung 1.2 ergibt sich die Formel

$$r_k^2 = r^2 = \frac{\lambda R}{n} k. \quad (1.5)$$

Diese Formel war auch auf der Versuchsbeschreibung gegeben. Damit wird diese Aufgabe weitergerechnet.

Eine Durchlichtbeobachtung eignet sich nicht, da man dann andere Strahlen berücksichtigen müsste, da diese Strahlen nicht von unter der Glasplatte sichtbar sind.

Alle anderen Reflexionen spielen keine Rolle, da sie entweder nicht nach oben reflektiert werden oder so oft reflektiert werden, dass die Amplitude vernachlässigbar ist. Die betrachteten Strahlen sind die mit der größten Wahrscheinlichkeit, aufzutreten, weshalb sich die so berechnete Interferenz beobachten lassen.

Die Messreihen werden nun über eine lineare Regression der Form

$$f(k) = r^2(k) = a \cdot k + b \quad (1.6)$$

ausgewertet. Die Steigung  $a$  identifizieren wir mit

$$a = \frac{\lambda R}{n}. \quad (1.7)$$

Der Fitparameter  $b$  ist für die Auswertung irrelevant und sorgt nur dafür, dass ein Fehler in der Messung durch konstante Verschiebungen nicht die Steigung verzerrt.

Die linearisierten Messwerte mit Regressionsgeraden sind in Abbildung 1.3 zu sehen. Die Parameter, die sich aus den beiden Regression ergeben, sind

$$a_{\text{gelb}} = 3,388 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2, \quad b_{\text{gelb}} = -4,950 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2, \quad (1.8)$$

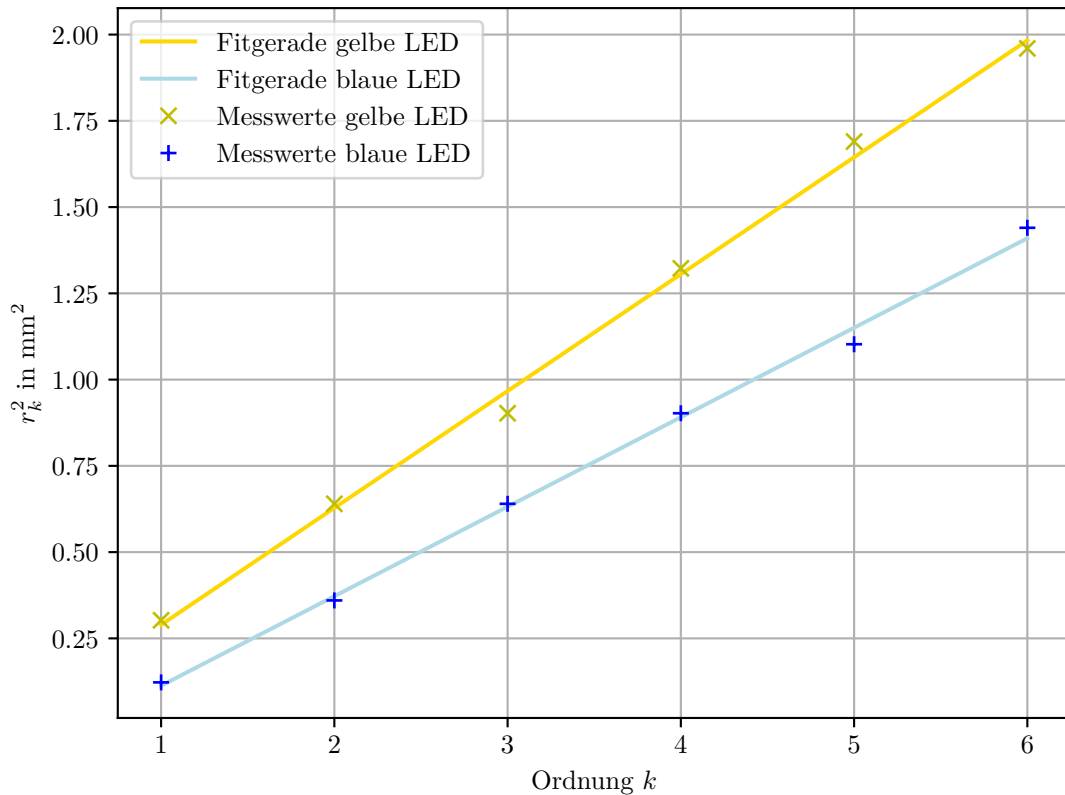
$$a_{\text{blau}} = 2,594 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2, \quad b_{\text{blau}} = -1,465 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2. \quad (1.9)$$

Mit diesen und Gleichung 1.7 lassen sich nun final zwei Werte für den gesuchten Radius  $R$  berechnen. In diesem Fall ist der Brechungsindex  $n = n_{\text{L}} \approx 1$  der von Luft und kann vernachlässigt werden. Es folgt mit Gleichung 1.7

$$R = \frac{a}{\lambda}, \quad R_{\text{gelb}} = 0,574 \text{ m}, \quad R_{\text{blau}} = 0,558 \text{ m}. \quad (1.10)$$

$R_{\text{gelb}}$  ist hier der Wert aus der gelben Messreihe und  $R_{\text{blau}}$  ist der Wert aus der blauen Messreihe.

Als gemittelter Wert beider Messungen ergibt sich final  $R = 0,566 \text{ m}$ .



**Abbildung 1.3:** Lineare Regression mit blauem und gelbem Licht

## 1.2 Brechungsindex von Wasser

Diese Aufgabe ist sehr ähnlich zur Vorherigen, da grundlegend identisch gemessen wird. Der einzige Unterschied ist, dass jetzt zwischen die Linse und den Objektträger ein Tropfen Wasser gebracht wird, sodass der Zwischenraum zwischen Linse und Objektträger, der bei Aufgabe 1.1 mit Luft gefüllt war, jetzt mit Wasser gefüllt ist. Zudem wurde hier nur mit gelbem LED-Licht ( $\lambda = 590 \text{ nm}$ ) gemessen.

Die Messungen stehen im Messprotokoll, die daraus berechneten Radien  $r_k$  sind ebenfalls in der Tabelle 1.1 zu finden.

Die Auswertung erfolgt anfangs ebenfalls identisch zur vorherigen Aufgabe 1.1, hier wird eine identische Regression mit den linearisierten Messwerten gemacht. Diese ist in Abbildung 1.4 zu sehen.

Die Fitparameter, die aus der Regression folgen, sind

$$a = 2,464 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2, \quad b = -1,833 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2. \quad (1.11)$$

$$(1.12)$$

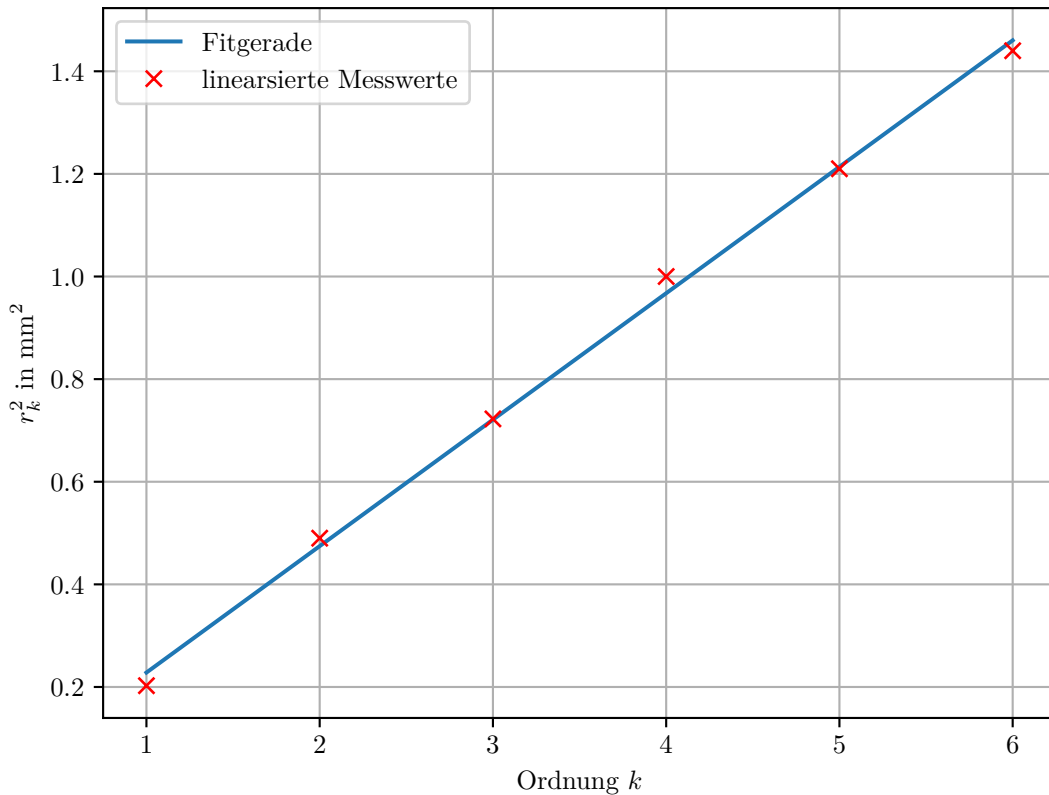
Auch hier wird gilt wieder Gleichung 1.6.

Da nun Wasser zwischen der Linse und dem Objektträger ist, muss mit dem Brechungsindex von Wasser  $n = n_W$  gerechnet werden. Tatsächlich ist  $n_W$  unbekannt und soll hier ermittelt werden.

Da durch Aufgabe 1.1 der Radius bekannt ist, lässt sich Gleichung 1.6 nach  $n_W$  auflösen und ausrechnen, es folgt

$$n_W = \frac{\lambda R}{a} \approx 1,355. \quad (1.13)$$





**Abbildung 1.4:** Lineare Regression mit Wasser an der Linse

Es ergibt sich also ein Wert für den Brechungsindex von Wasser von  $n_W \approx 1,355$ . Der Literaturwert von  $n_W = 1,333$  von Wasser bei Raumtemperatur nach [Wik20a] wurde also relativ gut getroffen und nur um rund 1,6 % verfehlt, was erstaunlich genau für die Messung ist, vor allem, wenn man bedenkt, dass nur eine sehr kleine Menge Wasser, weniger als ein Tropfen, für das Experiment verwendet wurde.

### 1.3 Brennweite durch Autokollimation

Bei diesem Versuch soll die Brennweite der verwendeten Linse bestimmt werden. Dabei wird Autokollimation verwendet.

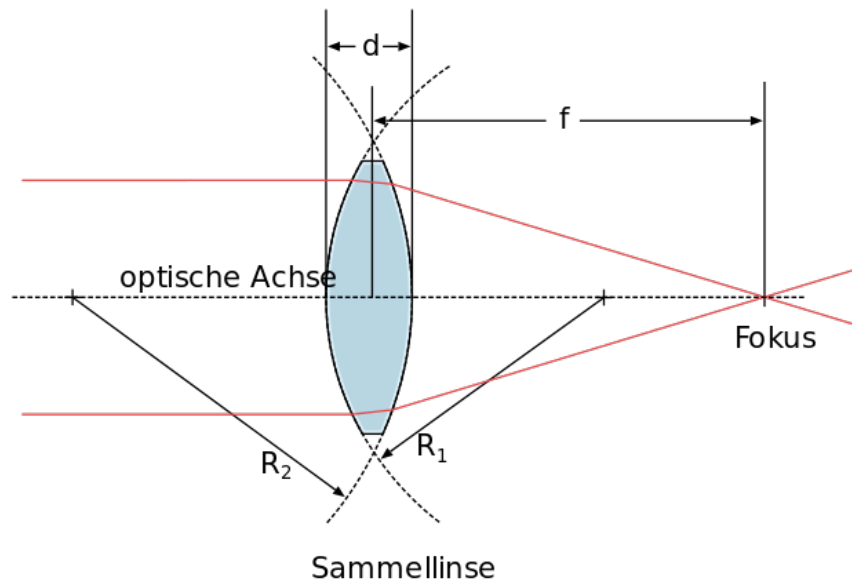
Ein leuchtendes Objekt, in diesem Fall ein Schirm mit Löchern, der von hinten beleuchtet wird, wird in die Brennebene der Linse gebracht. An der Linse werden die Strahlen aus der Brennebenen zu achsparallelen Strahlen gebrochen. Diese werden von einem Spiegel, der hinter der Linse steht, wieder zur Linse zurückreflektiert. Da die Strahlen achsparallel sind, ist der Abstand zwischen Linse und Spiegel zudem irrelevant. An der Linse werden die achsparallelen Strahlen erneut gebrochen und in die Brennebene projiziert. Dort kann man diese am leuchtenden Objekt beobachten. Da dieses Objekt in der Brennebene sein muss, ist der Abstand zwischen der Linse und dem leuchtenden Schirm gleich der Brennweite der Linse.

Das Experiment wurde auf einer optischen Bank durchgeführt. Der Schirm mit Löchern war bei  $a = 130$  cm befestigt. Am hinteren Ende der optischen Bank war der Spiegel montiert. Die Position der Linse wurde fünf mal so eingestellt, dass die von der Linse zurückgeworfenen Punkte scharf dargestellt werden. Die fünf Messungen sind im Messprotokoll, der Mittelwerte der fünf Messungen beträgt  $b = 30,46$  cm.

Die Brennweite  $f$  der Linse ergibt sich also zu  $f = a - b = 99,54$  cm.

## 1.4 Brechungsindex von Glas

Mithilfe von Abbildung 1.5 soll eine Formel für die Berechnung des Brechungsindex  $n$  des Linsenglases aus den bereits gemessenen Größen bestimmt werden.



**Abbildung 1.5:** Skizze beim Strahlengang einer konvexen Linse [Wik20b]

Es wird von der Linsmachergleichung in Luft nach [Wik20b] ausgegangen, die eine Näherung für achsennahe Strahlen ist

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n - 1)d}{nR_1R_2} \right). \quad (1.14)$$

Es soll auch der Fall sehr dünner Linsen angenommen werden. Dabei geht  $d$  gegen 0 und der letzte Term verschwindet auch.

Hier wird eine plankonvexe Linse verwendet (auch wenn in der Aufgabenstellung bikonvex steht), d.h.  $1/R_2 \rightarrow \infty$ . Wir setzen  $R_1 = R$  den Radius der Linse. Es folgt

$$\frac{1}{f} = \frac{n - 1}{R}. \quad (1.15)$$

Diese Formel ist äquivalent zur Formel auf der Versuchsbeschreibung. Umgestellt nach  $n$  ergibt sich

$$R = (n - 1)f \implies n = \frac{R}{f} + 1 \approx 1,569. \quad (1.16)$$

Der Literaturwert für den Brechungsindex von Glas deckt über verschiedene Glassorten ein Spektrum von 1,45 – 2,14 ab [Wik20a]. Der hier gemessene Wert für das Glas der Linse ist also im Einklang mit dem Literaturwert.

## 2. Beugung am Gitter

### 2.1 Das Gitterspektroskop

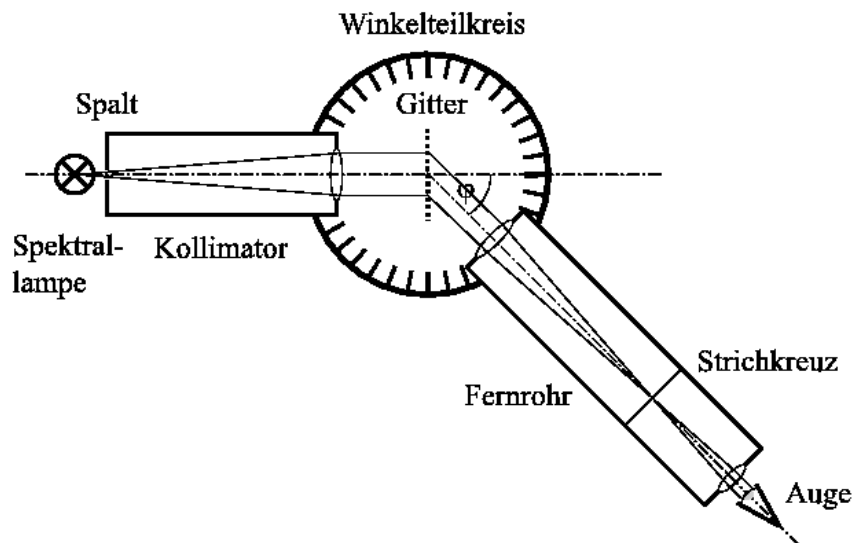


Abbildung 2.1: Aufbau des Versuches aus der Vogelperspektive [Kre20]

Der zentrale Aufbau bei diesem Versuch ist das Gitterspektroskop. In Abbildung 2.1 ist ein schematischer Aufbau aus der Vogelperspektive zu sehen. Das Licht einer Spektrallampe, hier entweder Natrium oder Zink, wird verwendet. Über eine Blende mit Stellschraube lässt sich die Intensität des Lichts einstellen. Ein Kollimator bündelt das divergierende Licht der Spektrallampe

Das Licht aus dem Kollimator trifft senkrecht auf das Gitter, wo es gebeugt wird. Das Fernrohr ist mit dem drehbaren Winkelteilkreis verbunden, sodass sich im Fernrohr die Maxima anpeilen lassen. Am Winkelteilkreis lassen sich dann die entsprechenden Winkel auf Minuten ( $1/60$  Grad) genau ablesen. Der Kollimator und das Gitter drehen sich nicht mit.

### 2.2 Gitterkonstante eines Gitters

Bei diesem Versuch soll die Gitterkonstante  $g$  eines Gitters bestimmt werden. Grob ist diese schon vor dem Versuch bekannt, der Wert sollte rund 600 Striche pro mm sein.

Im Experiment wird das Gitter auf den drehbaren Spektrometertisch gestellt und mit der Natriumdampfampe beleuchtet. Die mittlere Wellenlänge des gelben Lichts der Natriumdampfampe ist mit  $589,3\text{ nm}$  gegeben. Durch die Beugung am Gitter lassen sich

dann bei gewissen Winkeln Maxima feststellen. Mit dem Fernrohr wird dann eine Stellung eingestellt, bei der das Maximum der Ordnung  $k$  im Fadenkreuz des Fernrohrs zu sehen ist. Die Messwerte sind im Messprotokoll zu finden. Im Folgenden wird für die linken Hauptmaxima ein negatives Vorzeichen für die Ordnung  $k$  und die entsprechenden Winkel  $\alpha_k$  verwendet. Die Vorzeichen für die rechten Hauptmaxima sind entsprechen durchgehen positiv.

Der Zusammenhang für die Maxima am Gitter (und am Doppelspalt) ist

$$\sin \alpha_k = k \frac{\lambda}{g}. \quad (2.1)$$

Hier ist  $\lambda$  die bekannte mittlere Wellenlänge des verwendeten Lichts und  $g$  die Gitterkonstante. Im diesem Fall (600 Striche pro mm am Gitter, Licht mit 589,3 nm) ergeben sich erwartete Werte der ersten zwei Ordnungen von  $\alpha_1 = 20,706^\circ$  und  $\alpha_2 = 45,004^\circ$ . Höhere Ordnungen werden nicht mehr abgebildet.

Es muss auch noch beachtet werden, ob diese Maxima mit Minima des Einzelspaltes zusammenfallen können. Die Minima des Einzelspaltes werden mit der sehr ähnlichen Formel 2.2 berechnet,

$$\sin \alpha_k = k \frac{\lambda}{b}, \quad (2.2)$$

mit den Unterschieden, dass jetzt mit der Breite des Einzelspaltes  $b$  gerechnet wird statt mit dem Spaltabstand  $g$ , und dass hier die Minima statt der Maxima berechnet werden. Für das Gitter ist bekannt, dass  $b = 0,9g$ . Dafür ergeben sich die Minima  $\alpha_1 = 23,13^\circ$  und  $\alpha_2 = 51,79^\circ$ .

Die Minima des Einzelspaltes fallen also nicht mit den Maxima des Gitters zusammen und es sollten sich beide Ordnungen beobachten lassen.

In der Vorbereitungshilfe ist die Intensitätsverteilung  $I$  gegeben durch

$$I = \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left( \frac{\sin N\phi}{\sin \phi} \right)^2 \quad (2.3)$$

mit den Parametern

$$\beta = \frac{\pi b}{\lambda} \sin \alpha \quad \text{und} \quad \phi = \frac{\pi g}{\lambda} \sin \alpha. \quad (2.4)$$

Hier ist  $N$  die Anzahl der beleuchteten Gitterspalte. Beim ganzen Gitter mit einer Breite  $l = 36 \text{ mm}$  ergibt sich ein  $N$  von

$$N = \frac{l}{g} = 21600, \quad (2.5)$$

wobei hinzuzufügen ist, dass in der Regel nicht das Gitter auf der ganzen Breite beleuchtet wird, der hier berechnete Wert ist der maximal mögliche des Aufbaus.

Das Auflösungsvermögen ist nach der Versuchsvorbereitung

$$\frac{\lambda}{\Delta \lambda} = kN. \quad (2.6)$$

Mit der vollen Spaltanzahl ergibt sich in erster Ordnung die Linienbreite

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{kN} = 27,28 \text{ pm.} \quad (2.7)$$

Das ist aber etwas niedrig, da wie beschrieben nicht alle Spalte des Gitters beleuchtet werden. Hier ist es sinnvoller, aus der Bedingung, dass die Na-Doppellinie in der ersten Ordnung sichtbar ist ( $\Delta\lambda \approx 0,5 \text{ nm}$ ), eine untere Grenze für die beleuchteten Spalte zu bestimmen

$$N \geq \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 1180, \quad (2.8)$$

d.h. das mindestens rund 2 mm des Gitters beleuchtet werden müssen. Zur Berechnung der Intensitäten ergibt sich eine neue Formel aus der Grenzwertbetrachtung

$$I_n = \left( \frac{\sin(0,9\pi k)}{0,9\pi k} \right)^2 N^2 \quad (2.9)$$

Mit  $N = 21600$  ergibt sich  $I_1 = 5572980$  und  $I_2 = 5040808$ .

Mit  $N = 1180$  ergibt sich  $I_1 = 16632$  und  $I_2 = 15044$ .

In beiden Fällen sind  $I_1$  und  $I_2$  ähnlich groß, was bedeutet, dass die Maxima erster und zweiter Ordnung etwa gleich gut zu sehen sind.

Bei der Auswertung der Messung muss noch beachtet werden, dass bei der Messung die Winkel in ganzen Grad und Minuten gemessen wurden. Diese müssen noch umgerechnet werden, wobei 60 Minuten genau einem Grad entsprechen. Die umgerechneten Messwerte sind in Tabelle 2.1 zu sehen.

**Tabelle 2.1:** Messwerte für Aufgabe 2.2

Ordnung $k$	$\alpha_k$ in Grad
-2	-45,43
-1	-20,95
0	0,00
1	20,82
2	45,45

Die Messwerte werden durch Bilden des Sinus linearisiert (nach Formel 2.1), anschließend wird eine lineare Regression (wie in Aufgabe 1) der Form

$$f(k) = \sin \alpha_k = a \cdot k + b \quad (2.10)$$

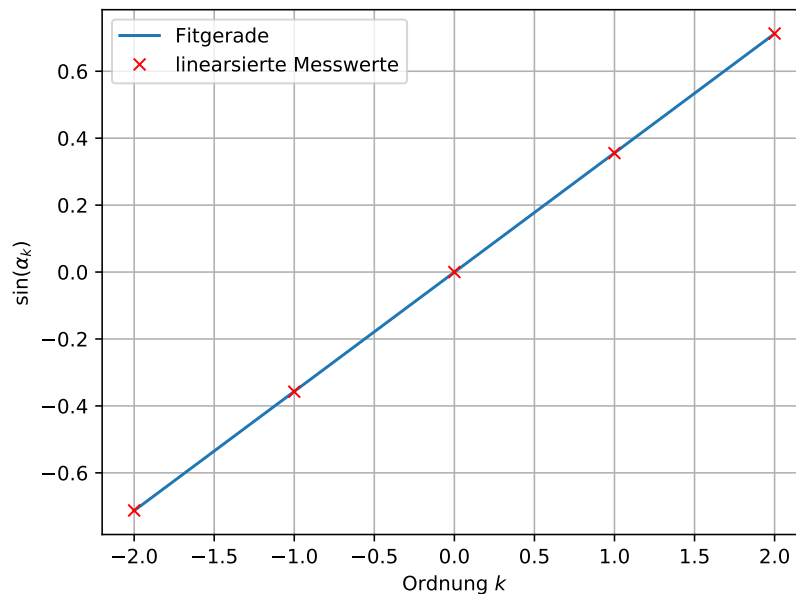
durchgeführt. Mit der Regression und Formel 2.1 folgt für die Steigung  $a$  der Regressionsgeraden

$$a = \frac{\lambda}{g}. \quad (2.11)$$

Die linearisierten Messwerte mit der Fitgeraden sind in Abbildung 2.2 zu sehen.

Der Fit liefert zusätzlich die Parameter

$$a = 0,3563, \quad b = -3,750 \cdot 10^{-4}. \quad (2.12)$$



**Abbildung 2.2:** Linearisierte Messwerte von 2.2 mit Linearer Regression gefittet

Mit dem gefundenen Wert und Gleichung 2.11 ergibt sich ein Wert für die Gitterkonstante von  $g = 1,654 \mu\text{m}$ .

Mit der Vorgabe 1 Strich pro 600 mm ergibt sich eine Gitterbreite von  $1,667 \mu\text{m}$ .

Der berechnete Wert ist in guter Übereinstimmung mit dem angegebenen Wert, die Werte unterscheiden sich um weniger als 1 %. Für die folgenden Teilaufgaben wird mit dem selbst berechneten Wert für die Gitterbreite weitergerechnet.

### 2.3 Wellenlängenabstand der Natrium-Doppellinien

Nun soll das Natriumspektrum genauer untersucht werden. Tatsächlich hat Natrium nicht nur eine gelbe Spektrallinie, wie bis jetzt angenommen, sondern zwei separate Linien, die sehr nahe beieinander sind. Es ist bekannt, dass der Abstand rund  $0,5 \text{ nm}$  beträgt, der genaue Wert soll in diesem Experiment bestimmt werden.

Gemessen wurde fast genau wie bei Versuch 2.2. Der einzige Unterschied ist, dass der Spalt an der Natriumdampfampe kleiner eingestellt wurde, um die Doppellinie erkennen zu können. Alle Winkel der Ordnungen -2 bis 2 wurden an der inneren und äußeren Linien bestimmt. Die umgerechneten Messwerte sind in Tabelle 2.2 zu finden.

**Tabelle 2.2:** Messwerte für Aufgabe 2.3

Ordnung $k$	$\alpha_k$ innere Linie in Grad	$\alpha_k$ äußere Linie in Grad
-2	-45,25	-45,35
-1	-20,90	-20,98
0	0,00	0,00
1	20,78	20,88
2	45,40	45,52

Analog zu der vorherigen Aufgaben wurde wieder eine Regression mit den linearisierten Werten durchgeführt. Die Regression mit den Werten ist für die innere und für die äußere Linie in Abbildung 2.3 zu sehen.

Die Parameter, die sich aus der Regression ergeben, sind

$$a_{\text{innen}} = 0,3556, \quad b_{\text{innen}} = -2,334 \cdot 10^{-5}, \quad (2.13)$$

$$a_{\text{außen}} = 0,3564, \quad b_{\text{außen}} = 9,037 \cdot 10^{-5}. \quad (2.14)$$

Dieses Mal sollen die Wellenlängen berechnet werden. Das wird wieder mit Gleichung 2.11 gemacht. Dabei wird mit der Gitterbreite  $g$  gerechnet, die in der letzten Aufgabe bestimmt wurde.

Es ergeben sich Wellenlängen von  $\lambda_{\text{innen}} = 588,15 \text{ nm}$  und  $\lambda_{\text{außen}} = 589,53 \text{ nm}$ . Die Differenz  $\Delta\lambda$  ergibt sich zu  $\Delta\lambda = 1,38 \text{ nm}$ .

Der Literaturwert für die Differenz  $\Delta\lambda$  ist  $\Delta\lambda = 0,597 \text{ nm}$  nach [Wik20c]. Hier wurde also mehr als das Doppelte des Literaturwertes gemessen. Das ist vermutlich auf Messungenauigkeiten beim Ablesen der Winkelskala zurückzuführen. Da die Winkelunterschiede der zwei Linien sehr klein sind, sind die entsprechenden Winkeldifferenzen auch sehr klein, sodass ein Ablesefehler von zwei oder drei Minuten schnell die Messung um einen großen Faktor verfälschen kann, selbst bei der Mittelung über eine Regression.

## 2.4 Gitterkonstante eines weiteren Gitters

Dieser Versuch ist prinzipiell identisch zum Versuch 2.2, in beiden Versuchen soll die Gitterbreite  $g$  eines Gitters mit dem Gitterspektrometer und einer Natriumdampfampe als Lichtquelle bestimmt werden.

Hier wird allerdings ein anderes Gitter verwendet, welches eine Liniendichte von 140 pro mm haben soll.

Hier ließen sich nur die Maxima bis zur 5. Ordnung beobachten, mit steigender Ordnung sind die Maxima immer dunkler geworden. Das liegt daran, dass die Einzelspalt effekte nicht mehr vernachlässigt werden können, wie in der vorherigen Aufgabe. Das Gitter, das nur aus mehreren Einzelspalten besteht, hat eine Intensitätsabnahme, da die Intensität des Einzelspaltes, die eine obere Grenze für die Energie des Doppelspaltes ist, nach außen abnimmt.

Aus diesem Grund sind nur die Maxima der ersten 5 Ordnungen zu sehen.

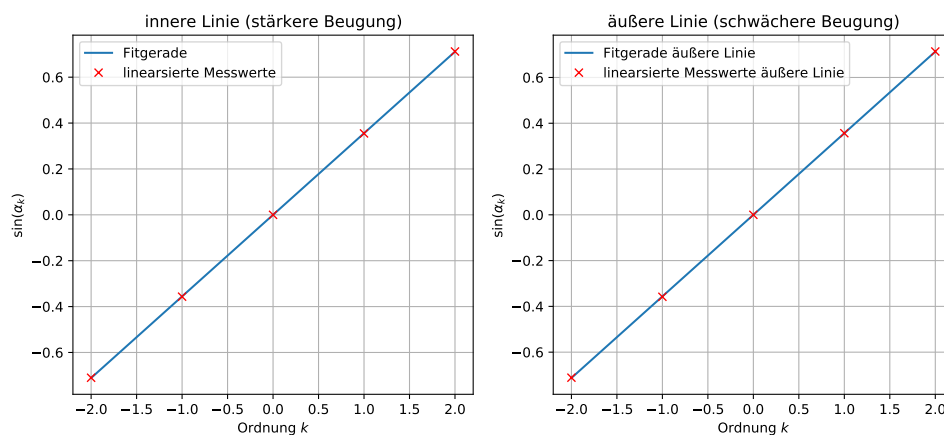
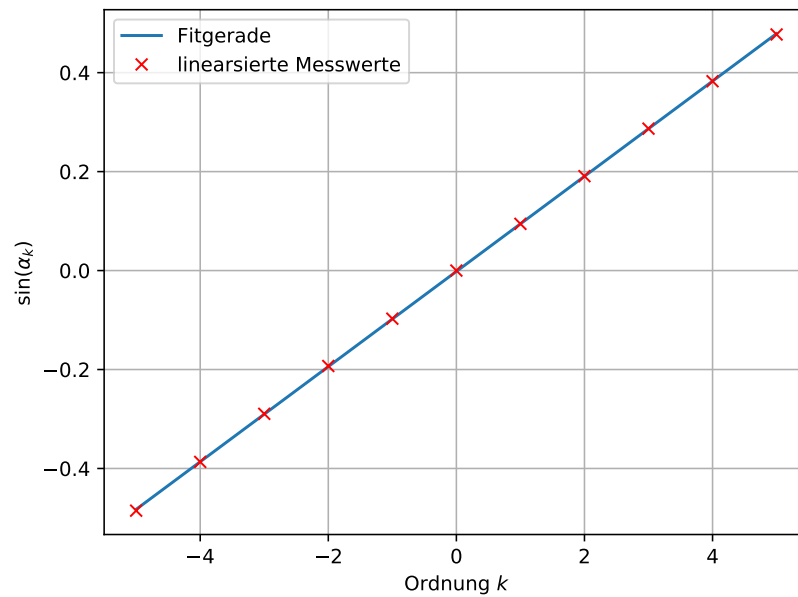


Abbildung 2.3: Linearisierte Messwerte von 2.3 mit Linearer Regression gefittet



**Abbildung 2.4:** Linearisierte Messwerte von 2.4 mit Linearer Regression gefittet

Die Auftrennung der Natriumlinie in eine Doppellinie konnte erstmals bei der 2. Ordnung beobachtet werden.

Die umgerechneten Messwerte sind in Tabelle 2.3 abgebildet.

**Tabelle 2.3:** Messwerte für Aufgabe 2.4

Ordnung $k$	$\alpha_k$ in Grad
-5	-29,03
-4	-22,75
-3	-16,83
-2	-11,12
-1	-5,58
0	0,00
1	5,42
2	11,00
3	16,67
4	22,50
5	28,50

Bei der Auswertung wird genau analog zu Versuch 2.2 verfahren, die linearisierten Messwerte mit Regressionsgerade sind in Abbildung 2.4 zu sehen.

Die Regression liefert dieses Mal für die Fitparameter

$$a = 9,616 \cdot 10^{-2}, \quad b = -1,786 \cdot 10^{-3}. \quad (2.15)$$

Daraus lässt sich wieder mit Gleichung 2.11 ein Wert von  $g = 6,128 \mu\text{m}$  für die Gitterkonstante bestimmen.



Die Vorgabe von 140 Striche pro mm ergibt einen theoretischen Wert von  $g = 7,143 \mu\text{m}$ .

Hier ist die Differenz also deutlich größer als zuvor bei 2.2, mehr als 15 %.

Das liegt verm. daran, dass die Qualität dieses Gitters schlechter ist bzw. die Angabe des Herstellers könnte fehlerhaft sein. Die Messungenauigkeiten sollten nicht groß genug sein, um so eine große Differenz rechtfertigen zu können.

## 2.5 Linien im Spektrum von Zink

Bei diesem Versuch wird die Natriumdampflampe durch eine Zinklampe ausgetauscht. Es wird wieder mit dem 600er Gitter gemessen, da bei diesem die Beugung

Die Messung erfolgt bis auf die Ausgetauschte Lampe komplett wie Aufgabe 2.3. Allerdings sind hier vier unterschiedliche Linien sichtbar, violettblau, blau, blaugrün und rot, die alle vermessen werden.

Es konnten bei allen Farben die Maxima bis einschließlich der zweiten Ordnung beobachtet werden. Die umgerechneten Daten sind in Tabelle 2.4 zu sehen.

**Tabelle 2.4:** Messwerte für Aufgabe 2.5

$k$	$\alpha_k$ violett in Grad	$\alpha_k$ blau in Grad	$\alpha_k$ blau-grün in Grad	$\alpha_k$ rot in Grad
-2	-34,62	-35,00	-35,77	-50,65
-1	-16,52	-16,65	-16,97	-22,72
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	16,37	16,53	16,83	22,50
2	34,22	34,57	35,25	49,80

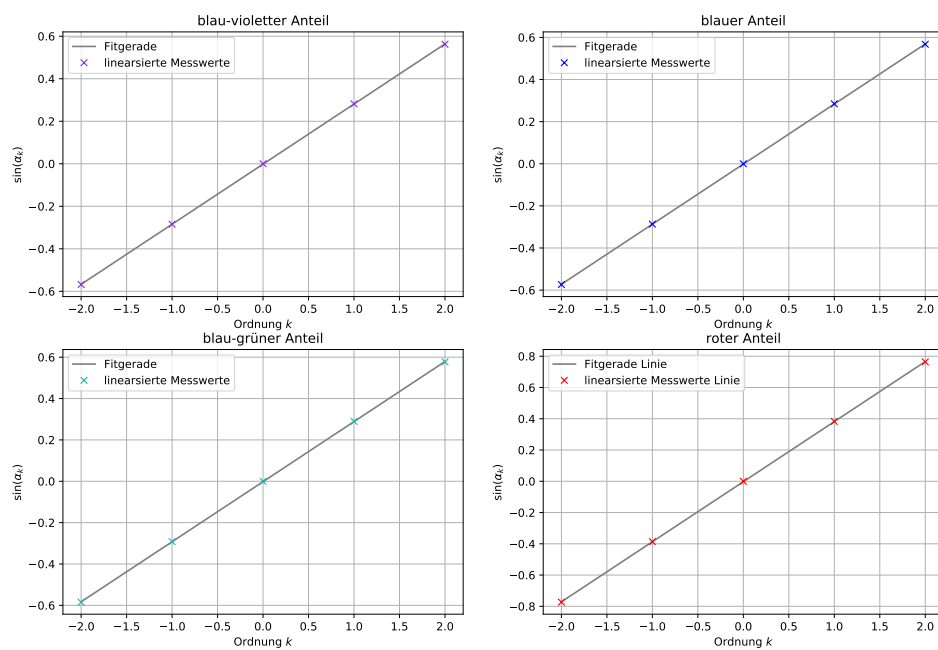
Hier werden wieder die Messwerte linearisiert und für eine lineare Regression verwendet. Die Plots der Messwerte mit Regression sind in Abbildung 2.5 zu sehen.

Der Fit liefert wieder Werte für die Fitparameter  $a$  und  $b$ , mit denen sich genau analog zu Aufgabe 2.3 Wellenlängen berechnen lassen. Die Fitparameter sind zusammen mit den finalen Werten für die jeweilige Wellenlänge  $\lambda$  in Tabelle 2.5

**Tabelle 2.5:** Ergebnisse für Aufgabe 2.5

Farbe	$a$	$b$	$\lambda$ in nm	$\lambda_{\text{lit}}$ in nm [Kre20]	$\Delta_{\text{rel}}$ in %
blau-violett	0,2827	$-1,65 \cdot 10^{-3}$	467,62	468,0	0,09
blau	0,2853	$-1,63 \cdot 10^{-3}$	471,89	472,2	0,07
blau-grün	0,2905	$-1,94 \cdot 10^{-3}$	480,45	481,1	0,14
rot	0,3843	$-2,61 \cdot 10^{-3}$	635,65	636,2	0,09

Final lässt sich sagen, dass die Werte für die Wellenlängen der Anregungen von Zink sehr gut getroffen wurden, alle Werte haben eine Abweichung von deutlich unter einem Prozent gegenüber dem Literaturwert. Das zeigt, was für Präzisionsmessungen mit dem Spektrometer möglich sind.



**Abbildung 2.5:** Linearisierte Messwerte von 2.5 mit Linearer Regression gefittet

# Literaturverzeichnis

- [Kre20] Kreller, M.: *Praktikum der TU Dresden*. <https://tu-dresden.de/mn/physik/ressourcen/dateien/studium/lehrveranstaltungen/praktika/pdf/AS.pdf?lang=de>, 2020. [Online; accessed 11-August-2020].
- [Sim20] Simonis, Jürgen: *Praktikumsseite KIT*. <http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~simonis/praktikum/p2/p2-bilder/Interferenz.html>, 2020. [Online; accessed 11-August-2020].
- [Wik20a] Wikipedia: *Brechungsindex* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Brechungsindex>, 2020. [Online; accessed 11-August-2020].
- [Wik20b] Wikipedia: *Linsenschleiferformel* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Linsenschleiferformel>, 2020. [Online; accessed 11-August-2020].
- [Wik20c] Wikipedia: *Natrium-D-Linie* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Natrium-D-Linie>, 2020. [Online; accessed 11-August-2020].
- [Wik20d] Wikipedia: *Newtonsche Ringe* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [https://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsche\\_Ringe](https://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsche_Ringe), 2020. [Online; accessed 11-August-2020].