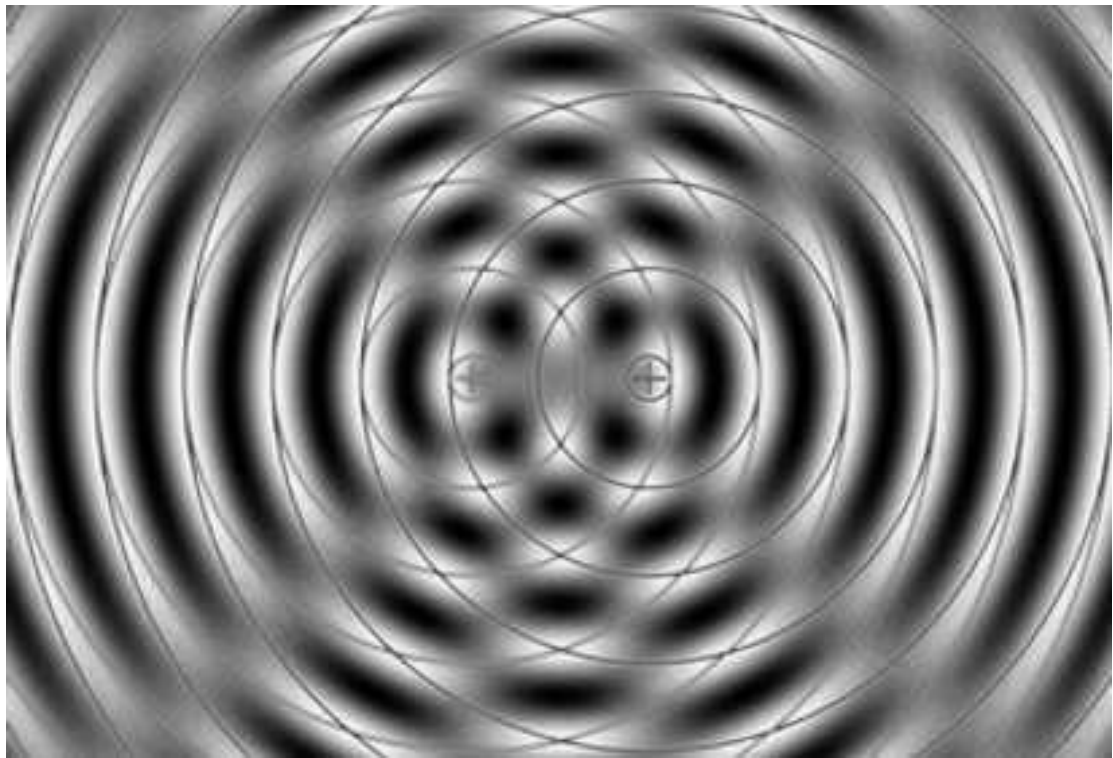


Interferenz- versuche



Verfasser: Marcel Weirich & Anke Fulek
Leistungskurs Physik

Datum: 11.08.08

Inhaltsverzeichnis

Versuch 1 **S. 1 – 2**
Interferenz am Spalt

Aufgabe:
Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!

Versuch 2 **S. 3 – 4**
Interferenz am Gitter

Aufgabe:
Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!
(Berechnung der Gitterkonstante durch bekannte Wellenlänge möglich)

Versuch 3 **S. 5 – 6**
Dicke eines Haares

Aufgabe:
Berechnung der Dicke eines Haares!

Versuch 4 **S. 7 – 9**
Fresnel-Spiegel

Aufgabe:
Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!

Versuch 5 **S. 10 – 12**
Rillenabstand einer CD / DVD

Aufgabe:
Berechnung der Rillenabstände einer CD / DVD!

Interferenzversuche

Versuch 1

Interferenz am Spalt

Aufgabe:

Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!

Aufbau/Durchführung:



Der He-Ne-Laser ist so ausgerichtet, dass das kohärente Lichtbündel einen Spalt trifft und eine sichtbare Beugungsfigur auf dem Schirm erzeugt.

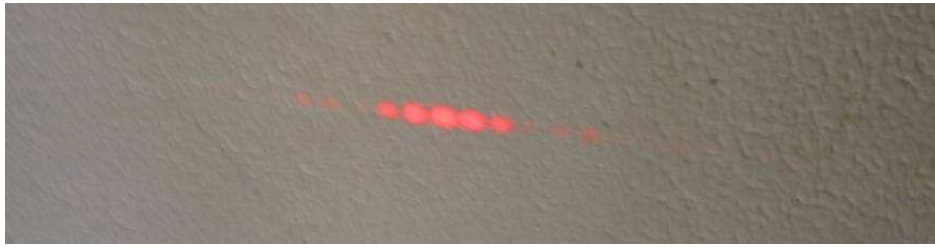
Nacheinander ändern wir den Spaltabstand und tragen die einzelnen Messungen in einer Tabelle zusammen.

Messwerte:

Schirmabstand: $b = 4,3 \text{ m}$

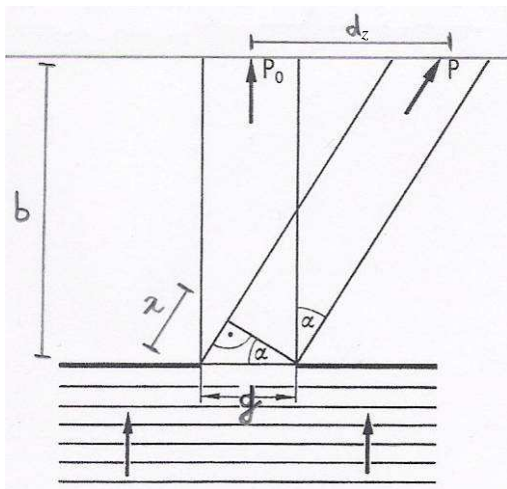
Spaltabstand (g)	0,15 mm	0,175 mm	0,2 mm	0,3 mm
Hauptmax. – Max. 1. O. (d)	1,6 cm	1,5 cm	1,3 cm	0,8 cm

Beobachtung:



Je größer der Spaltabstand ist, desto kleiner werden die Abstände der Maxima und Minima.

Auswertung:



$$\begin{aligned} \sin(\varphi) &= \frac{z \cdot \lambda}{g} & \Rightarrow \lambda &= \frac{g \cdot \sin(\varphi)}{z} & \Rightarrow \lambda &= \frac{g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{d_z}{b}\right)\right)}{z} & [z \cong \text{Ordnung}] \\ \tan(\varphi) &= \frac{d_z}{b} & \Rightarrow \varphi &= \arctan\left(\frac{d_z}{b}\right) \end{aligned}$$

$$g = 0,15 \text{ mm} \rightarrow \lambda_1 = 558,1357 \text{ nm}$$

$$g = 0,175 \text{ mm} \rightarrow \lambda_2 = 610,4614 \text{ nm}$$

$$g = 0,2 \text{ mm} \rightarrow \lambda_3 = 604,6484 \text{ nm}$$

$$g = 0,3 \text{ mm} \rightarrow \lambda_4 = 558,1387 \text{ nm}$$

$$\text{Mittelwert: } \lambda_M = 582,8453 \text{ nm} \approx 582,8 \text{ nm}$$

$$\text{Literaturwert: } \lambda_L = 632,8 \text{ nm}$$

$$\text{Fehler: } \frac{|632,8 - 582,8|}{632,8} \cdot 100\% = \frac{50}{632,8} \cdot 100\% = 7,9014\% \approx 8\%$$

Mit einem Fehler von ungefähr 8% innerhalb der Messwerte kann der Versuch 1 mit Erfolg abgeschlossen werden.

Versuch 2

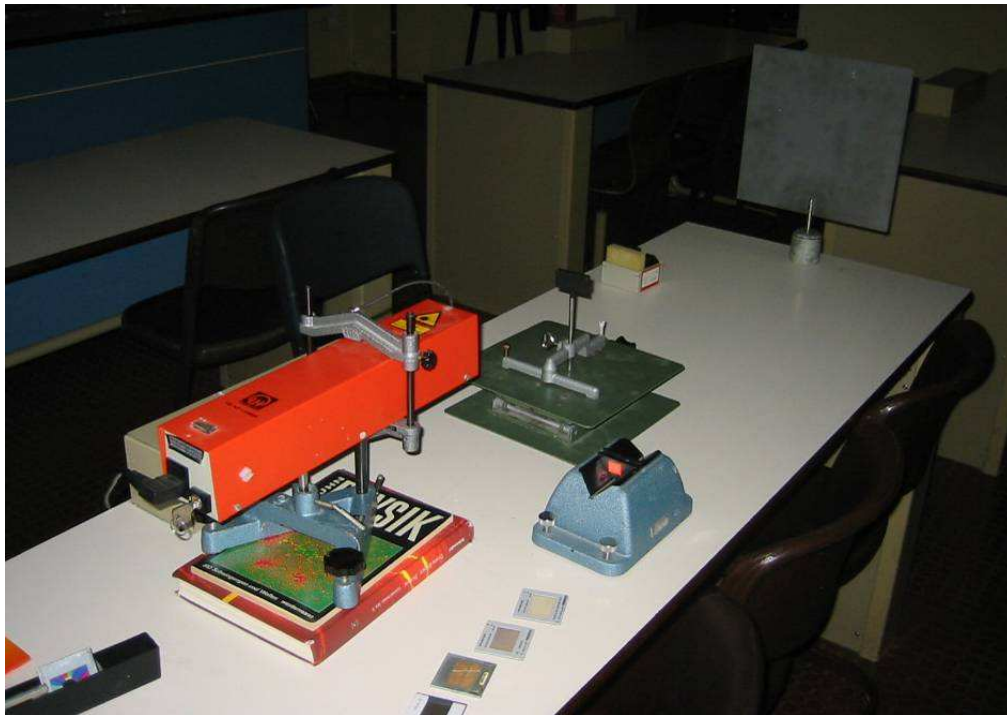
Interferenz am Gitter

Aufgabe:

Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!

(Berechnung der Gitterkonstante durch bekannte Wellenlänge möglich)

Aufbau/Durchführung:



Nun trifft das kohärente Lichtbündel auf ein Gitter und erzeugt ebenfalls eine Beugungsfigur auf dem Schirm.

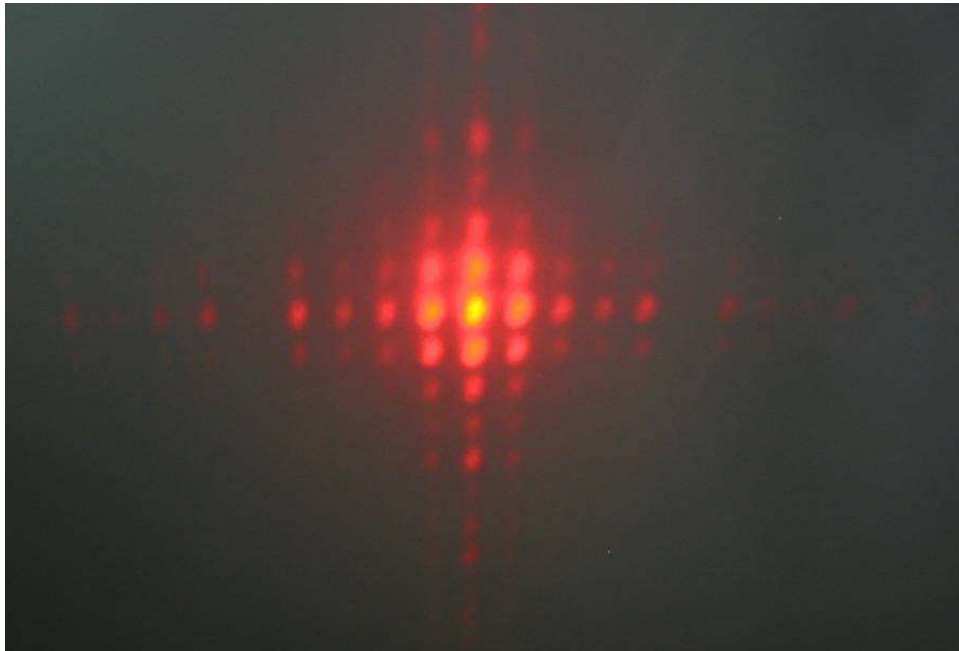
Wir untersuchen mehrere Gitter mit unterschiedlichen Gitterkonstanten und halten erneut die Messungen in einer Tabelle fest.

Messwerte:

Schirmabstand: $b = 0,82 \text{ m}$

Gitterkonstante (g)	8 / mm	10 / mm	140 / mm
Max - 1.O (d)	0,4 cm	0,5 cm	7,25 cm

Beobachtung:



Je feiner das Gitter ist, also je größer die Gitterkonstante ist, desto größer werden die Abstände der Maxima und Minima. (Bild: Kreuzgitter)

Auswertung:

Die Auswertung für das Gitter kann analog zum Spalt durchgeführt werden:

$$\Rightarrow \lambda = \frac{g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{d_z}{b}\right)\right)}{z} \quad [z \hat{=} \text{Ordnung}]$$

$g = 8 / \text{mm}$	\rightarrow	$\lambda_1 = 609,7488 \text{ nm}$
$g = 10 / \text{mm}$	\rightarrow	$\lambda_2 = 609,7448 \text{ nm}$
$g = 140 / \text{mm}$	\rightarrow	$\lambda_3 = 629,0791 \text{ nm}$

Mittelwert: $\lambda_M = 616,1909 \text{ nm} \approx 616,2 \text{ nm}$

Literaturwert: $\lambda_L = 632,8 \text{ nm}$

$$\text{Fehler: } \frac{|632,8 - 616,2|}{632,8} \cdot 100\% = \frac{16,6}{632,8} \cdot 100\% = 2,6233\% \approx 2,6\%$$

Mit einem Fehler von ungefähr 2,6% innerhalb der Messwerte kann der Versuch 2 mit Erfolg abgeschlossen werden.

Versuch 3

Dicke eines Haares

Aufgabe:

Berechnung der Dicke eines Haares!

Aufbau/Durchführung:

Aufbau vgl. V1 und V2

Der He-Ne-Laser trifft das eingespannte Haar und erzeugt auf dem Schirm eine Beugungsfigur.

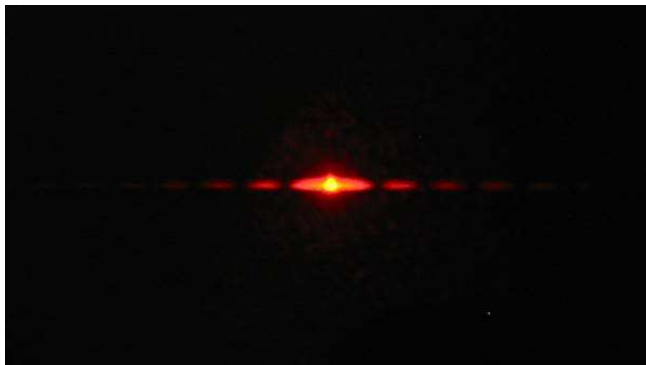
Wir untersuchen zwei unterschiedliche Haare und halten die Ergebnisse wie gewohnt in einer Tabelle fest.

Messwerte:

Schirmabstand: $b = 4,27 \text{ m}$

Abstand zum HM (d)	Haar: blond (Anke Fulek)	Haar: braun (Patricia Derlet)
Min. 1. Ordnung	4 cm	3,6 cm
Min. 2. Ordnung	8,5 cm	7,2 cm
Min. 3. Ordnung	12,9 cm	10,8 cm

Beobachtung:



Die Maxima und Minima der Beugungsfigur liegen auf einer Geraden und erscheinen senkrecht zu dem eingespannten Haar.

Die Beugungsfigur weist große Ähnlichkeit mit der des Spaltes auf.

Auswertung:

Die Beugungsfigur des Haares besitzt im Gegensatz zum Spalt ein – wenn auch kaum sichtbares – Hauptminimum.

Bei den Messungen wurde auf dieses Phänomen Rücksicht genommen, sodass die folgende Auswertung trotzdem analog zum Spalt durchgeführt werden kann.

$$\Rightarrow g = \frac{z \cdot \lambda}{\sin(\arctan\left(\frac{d_z}{b}\right))} \quad [z \hat{=} \text{ Ordnung; } g \hat{=} \text{ Dicke des Haares }]$$

Haar: blond (Anke Fulek):

$$z = 1 \Rightarrow g = \frac{1 \cdot 632,8nm}{\sin(\arctan\left(\frac{4cm}{4,27m}\right))} = 67,5544 \mu m$$

$$z = 2 \Rightarrow g = 63,5904 \mu m$$

$$z = 3 \Rightarrow g = 62,8672 \mu m$$

$$\text{Mittelwert: } g_M = 64,6707 \mu m$$

$$\text{Literaturwert: } g_L = 40 \text{ bis } 120 \mu m$$

Haar: braun (Patricia Derlet):

$$z = 1 \Rightarrow g = \frac{1 \cdot 632,8nm}{\sin(\arctan\left(\frac{3,6cm}{4,27m}\right))} = 75,0598 \mu m$$

$$z = 2 \Rightarrow g = 75,0678 \mu m$$

$$z = 3 \Rightarrow g = 75,0811 \mu m$$

$$\text{Mittelwert: } g_M = 75,06957 \mu m$$

$$\text{Literaturwert: } g_L = 40 \text{ bis } 120 \mu m$$

Beide Ergebnisse (Haar: blond und Haar: braun) liegen im Bereich der Literaturwerte. Somit ist der Versuch 3 mit Erfolg abgeschlossen.

Versuch 4

Fresnel-Spiegel

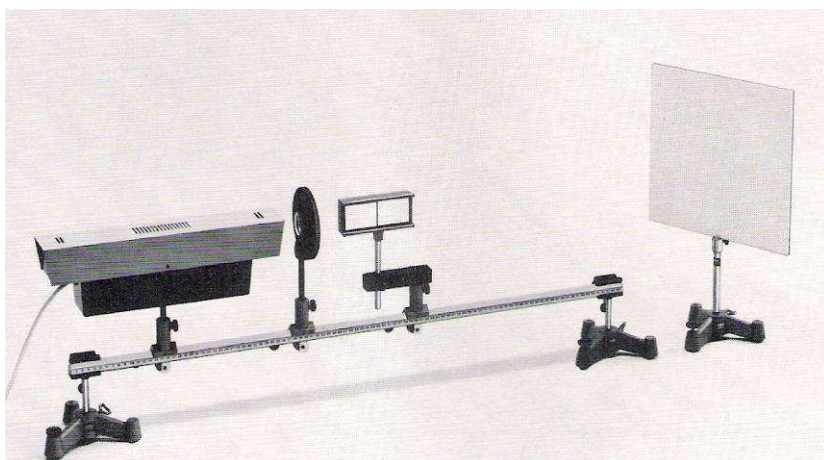
Aufgabe:

Berechnung der Wellenlänge von rotem Laserlicht!

Aufbau/Durchführung:



Das kohärente Lichtbündel des He-Ne-Lasers fällt durch die Linse (im Bild unten dargestellt), divergiert, trifft streifend auf den Fresnel-Spiegel und erzeugt schließlich eine Beugungsfigur auf dem Schirm.



(Quelle: s. Literaturverzeichnis)

Messwerte (mit Linse):

Abstand: Schirm – Spiegelachse: $l = 4,44$ m

Abstand: Spiegelachse – Lichtquelle: $r = 11$ cm

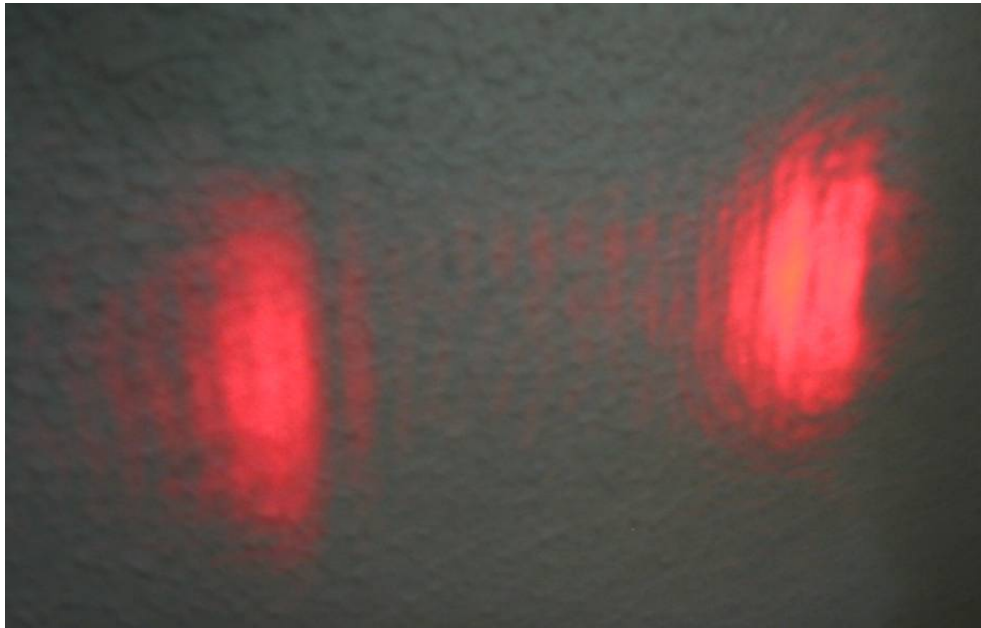
Abstand: Schirm – Linse: $b = 4,53$ m

Brennweite der Linse: $f = 5$ cm

Abstand der Lichtquellenbilder: $B = 1,8$ cm

Abstand zweier Minima: $2e = 1,4$ cm

Beobachtung:



Die Maxima und Minima der Beugungsfigur erscheinen Parallel zur Spiegelachse des Fresnel-Spiegels auf dem Schirm.

Der Abstand zweier benachbarter Maxima, sowie zweier benachbarter Minima, ist stets identisch.

Auswertung:

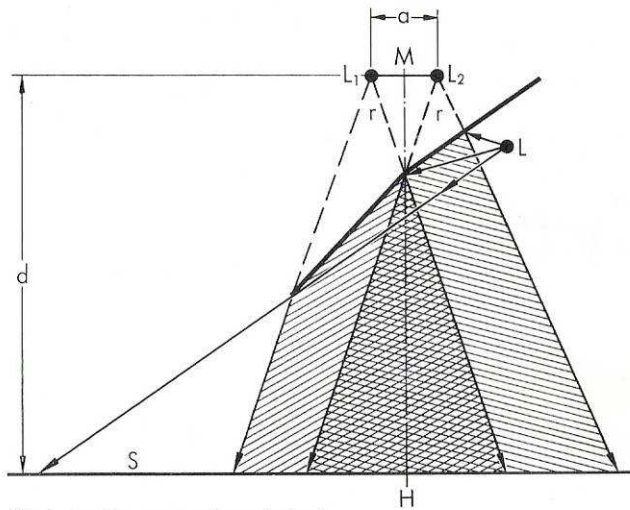


Abb. 5: Strahlengang zum Fresnelspiegel

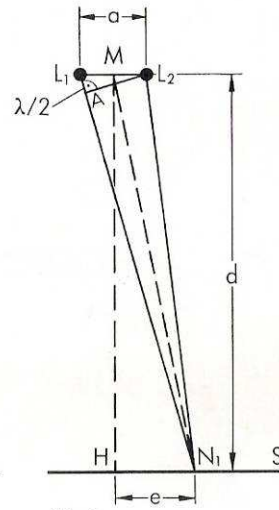


Abb. 6:
Berechnung des 1. Minimums

$S \Rightarrow$ Schirm

$H \Rightarrow$ Hauptmaximum

$N_1 \Rightarrow$ Minimum (Gangunterschied: $\frac{\lambda}{2}$)

$d \gg a \rightarrow$ Dreiecke AL_1L_2 und HN_1M sind ähnlich!

$$d = MH \approx MN_1 \Rightarrow e = \frac{d \cdot \lambda}{2a} \Rightarrow \lambda = \frac{e \cdot 2a}{d}$$

$$\text{Linsenformel: } \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{Beziehung: } \frac{g}{b} = \frac{a}{B} \quad \Rightarrow a = \frac{Bf}{b-f}$$

$g \hat{=}$ Gegenstandsweite

$a \hat{=}$ Abstand der Lichtquellen

$$d = l + r = 4,44 \text{ m} + 11 \text{ cm} = 4,55 \text{ m}$$

$$a = \frac{Bf}{b-f} = \frac{1,8\text{cm} \cdot 5\text{cm}}{4,53\text{m} - 5\text{cm}} = 0,2200893 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{e \cdot 2a}{d} = \frac{0,7\text{cm} \cdot 2 \cdot 0,2200893\text{mm}}{4,55\text{m}} = 677,1978 \text{ nm} \quad \text{Literaturwert: } \lambda_L = 632,8 \text{ nm}$$

$$\text{Fehler: } \frac{|632,8 - 677,2|}{632,8} \cdot 100\% = \frac{44,4}{632,8} \cdot 100\% = 7,0164\% \approx 7\%$$

Mit einem Fehler von ungefähr 7% innerhalb der Messwerte kann der Versuch 4 mit Erfolg abgeschlossen werden.

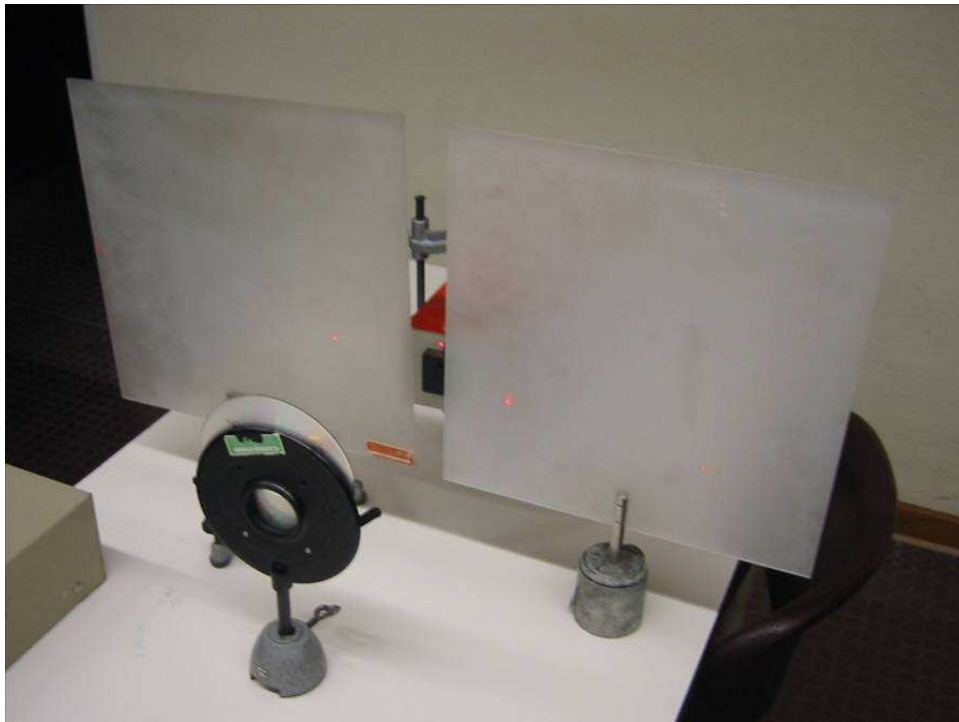
Versuch 5

Rillenabstand einer CD / DVD

Aufgabe:

Berechnung der Rillenabstände einer CD / DVD!

Aufbau/Durchführung:



Der He-Ne-Laser befindet sich zwischen zwei Schirmen gegenüber der CD / DVD. Da die beschreibbare Oberfläche der CD / DVD einem Reflexionsgitter gleicht, wird auf den beiden Schirmen eine Interferenzerscheinung sichtbar.

Dabei ist für die sich anschließende Auswertung zu beachten, dass das reflektierte Hauptmaximum auf den Laser zurückfällt.

Messwerte:

CD

Schirmabstand: $b = 37 \text{ cm}$

Maximaabstand: Hauptmaximum zum ersten Maximum: $d = 17 \text{ cm}$

DVD

Schirmabstand: $b = 16 \text{ cm}$

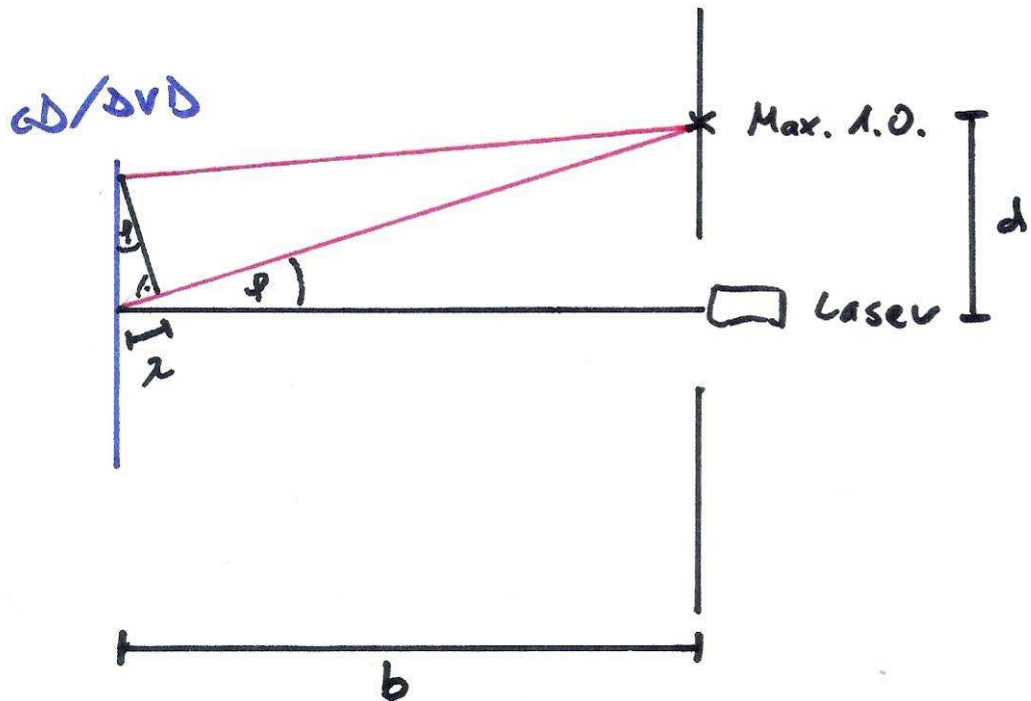
Maximaabstand: Hauptmaximum zum ersten Maximum: $d = 29 \text{ cm}$

Beobachtung:



Die Abstände der Maxima bei der Beugungsfigur der DVD sind erheblich größer als die Abstände der Maxima bei der Beugungsfigur der CD.

Auswertung:



$$\sin(\varphi) = \frac{z \cdot \lambda}{g} \quad \Rightarrow \quad g = \frac{z \cdot \lambda}{\sin(\varphi)} \quad \Rightarrow \quad g = \frac{z \cdot \lambda}{\sin(\arctan(\frac{d_z}{b}))} \quad [z \cong \text{Ordnung}]$$

$$\tan(\varphi) = \frac{d_z}{b} \quad \Rightarrow \quad \varphi = \arctan\left(\frac{d_z}{b}\right)$$

CD

$$g = \frac{1 \cdot 632,8 \text{ nm}}{\sin(\arctan(\frac{0,17 \text{ m}}{0,37 \text{ m}}))} = 1,515688 \mu\text{m} \quad \text{Literaturwert: } g_L = 0,833 \text{ bis } 3,054 \mu\text{m}$$

DVD

$$g = \frac{1 \cdot 632,8 \text{ nm}}{\sin(\arctan(\frac{0,29 \text{ m}}{0,16 \text{ m}}))} = 0,722723 \mu\text{m} \quad \text{Literaturwert: } g_L = 1,87 \mu\text{m bis } 0,44 \mu\text{m}$$

Beide Ergebnisse (CD und DVD) liegen im Bereich der Literaturwerte. Somit ist der Versuch 5 mit Erfolg abgeschlossen.

Literaturverzeichnis

- **Versuche mit kohärentem Licht**
Ernst Berkhan & Klaus Cornelius
Eine Zusammenstellung von Versuchen mit dem Helium-Neon-Laser
(Quelle v. Abb. Fresnel-Spiegel S. 7 → Literatur S. 6 Abb. 3)
- **Dorn Bader**
Physik Sek II Gymnasium Gesamtband
Schroedel Verlag
- **Optik**
Leybold-Heraeus
Wellenoptik: Beugung am Spalt und Doppelspalt
- **Physik Formeln**
Sekundarstufe II
Bildungsverlag E1NS
- **Titelbild:**
http://www.rhetorik.ch/Aktuell/06/03_04/interferenz.jpg
(farbliche Änderung)