Theorie

Licht zeigt sich in vielen Experimenten als elektromagnetische Welle.
Die Vektoren von elektrischer und magnetischer Feldstärke stehen senkrecht aufeinander und auf der Ausbreitungsrichtung.
Die Wellenlänge λ vom sichtbaren Licht geht im Vakuum von ca. 390 bis 770 nm. Die Schwingungszahl (Frequenz) ist für eine bestimmte Lichtart konstant. Aber die Wellenlänge hängt von der Phasengeschwindigkeit im jeweiligen Medium ab.

Interferenz:

Ist die Überlagerung zweier oder mehrerer kohärenter Lichtwellen die an einem Raumpunkt zusammentreffen. Wenn Lichtwellen kohärent sind, dann können sie interferieren. Entspricht der Gangunterschied beim Wiederzusammentreffen nach verschieden langen Wegen einem geradzahligen Vielfachen von $\lambda/2$, so tritt Verstärkung ein.
Bei ungeradzahlig vielfachem : Schwächung oder Auslöschung bei gleicher Intensität beider Teilstrahlen

konstruktive Interferenz:
Phasendifferenz (der Einzelwellen) ist 0 oder ein ganzzahliges vielfaches von 2π.

destruktive Interferenz:
Phasendifferenz ist π (180°) oder ein ungeradzahliges vielfaches davon.

Gangunterschied… Δr $\delta = (\Delta r / \lambda) * 2\pi$
Phasendifferenz…δ

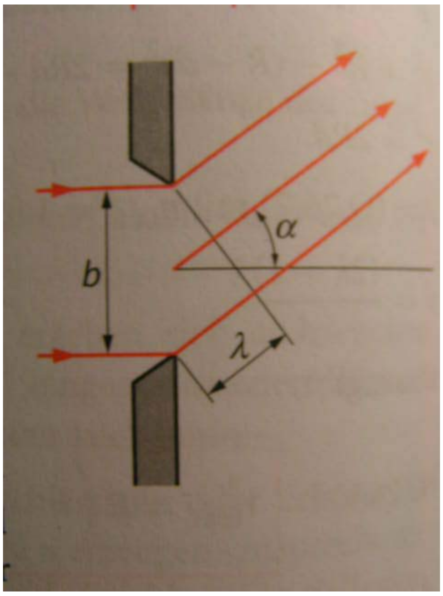
Kohärenz:

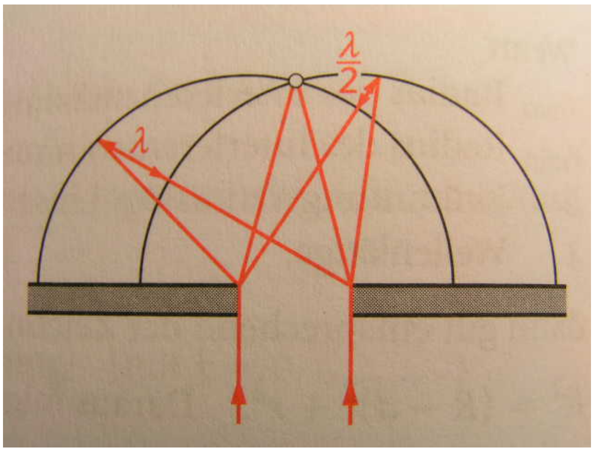
Wellen sind kohärent wenn die Zeitabhängigkeit der Amplitude in ihnen bis auf eine Phasenverschiebung die gleiche ist.
Die Phasendifferenz der Wellen ist also zeitlich konstant. Dies ist bei zwei verschiedenen Lichtquellen (Glühlampen) im Allgemeinen nicht der Fall, bzw. nur schwer zu realisieren.
Wenn man einen Wellenzug teilen will und mit sich selbst interferieren lassen will, darf der Gangunterschied die Kohärenzlänge L nicht überschreiten.

Beugung am Spalt:

Trifft eine Lichtwelle auf ein Hindernis oder eine Öffnung im Strahlengang, so tritt Beugung auf. Die Welle wird von der geradlinigen Ausbreitungsrichtung abgelenkt. (Beugung ist also die Abweichung von der geometrischen Strahlrichtung) Erklärung ist das Huygens Prinzip, wo jeder Punkt in einem Wellenfeld, Ausgangspunkt einer neuen Elementarwelle wird, die sich in alle Richtungen gleichmäßig ausbreitet (Kugelwelle).

Beugung am Einzelspalt:





Helligkeitsminima 1.Ordnung

$n\,\lambda = D \sin(\alpha_n)$ $D = n\,\lambda /(\sin(\alpha_n))$

α…Winkel zw. Abgelenktem und geradem Strahl
n…Ordnung des Minimums
λ...Wellenlänge
D...Spaltbreite

Beugung am Spalt und Doppelspalt

Durchführung

Einzelspalt

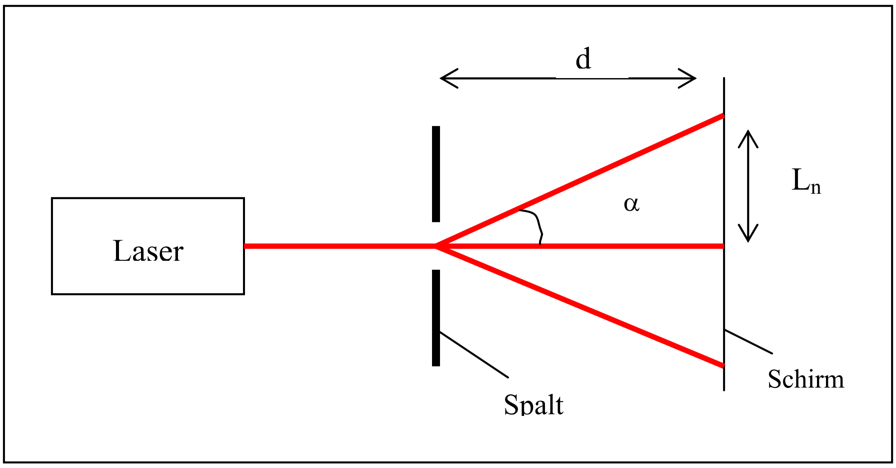
Es ist die Spaltbreite vom Einzelspalt zu bestimmen.

Fraunhofersche Beobachtungsart:
Vereinigung der Strahlen auf einem weit entfernten Beobachtungsschirm.

Der Messung wird die Fraunhofer Art zugrunde gelegt.
Der Spalt an dem gebeugt wird, wird mit kohärentem und parallelem Licht eines He-Ne Lasers (λ = 632,8 nm) beleuchtet.

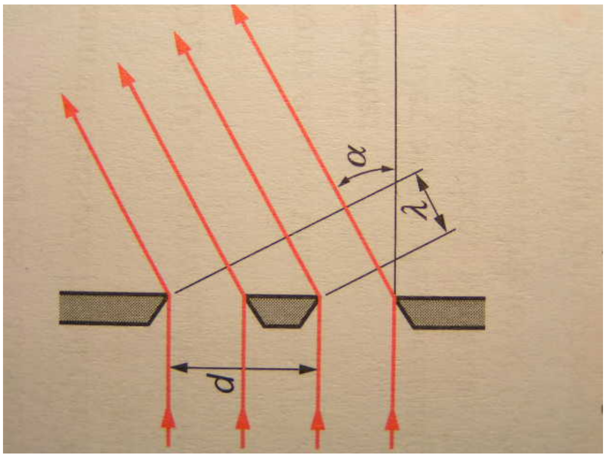
(Im Unterschied zur Fresnelschen Beobachtungsart:
Betrachtung der Interferenz beliebig gegeneinander geneigter Bündel, bei endlicher Entfernung zwischen beugendem Objekt und Beobachtungsschirm.)

Das entstehende Beugungsbild wird auf einem ca. 1,5 m entfernten Schirm auf Millimeterpapier ausgemessen. Um eine Nullpunktbestimmung der Skala zu vermeiden, ermittelt man den Abstand der Minima von der 0-ten Ordnung.
Wegen der Symmetrie vom Beugungsbild, werden die Lagen der Minima gleicher Ordnung am Papier gezeichnet und halbiert. Damit bekommt man den tatsächlichen Abstand der Nullstellen der Intensitätsverteilung vom Maximum erster Ordnung.



Experimenteller Aufbau

Doppelspalt



Das Maximum nullter Ordnung hat k zusätzliche Maxima. Sie entstehen durch Interferenz von Licht, welches durch homologe Punkte zweier Spalte tritt.
Der Laserstrahl wird exakt symmetrisch durch den Doppelspalt eingestellt.
Das bewirkt eine gleichmäßige Ausleuchtung des beugenden Objektes.

$k = 2d/b$

b...Spaltbreite
d…Abstand der Spalte

Intensitätsmaxima: $\sin \alpha_{max} = \pm k * \lambda/d$

Intensitätsminima: $\sin \alpha_{min} = \pm (k + ½) * \lambda/d$

Messwerte

Einzelspalt

$\lambda = 632,8$ nm
e (Spalt – Schirm) = 1,553 m

Ordnung	Abstand zwei Punkte [mm]	Abstand Zentrum Ordnung [m]	α [rad]	D [m]
1	42	0,021	0,0135	$4,68*10^{-05}$
2	82	0,041	0,0264	$4,80*10^{-05}$
3	125	0,0625	0,0402	$4,72*10^{-05}$
4	166	0,083	0,0534	$4,74*10^{-05}$
5	206	0,103	0,0662	$4,78*10^{-05}$

Doppelspalt

λ = 632,8 nm
e (Spalt – Schirm) = 1,553 m

Ordnung	Abstand zwei Punkte [mm]	Abstand Zentrum Ordnung [m]	α [rad]	D [m]
1	27	0,0135	0,0087	$7{,}28 \cdot 10^{-05}$
2	55	0,0275	0,0177	$7{,}15 \cdot 10^{-05}$
3	81	0,0405	0,0261	$7{,}28 \cdot 10^{-05}$
4	108	0,054	0,0348	$7{,}28 \cdot 10^{-05}$
5	134	0,067	0,0431	$7{,}34 \cdot 10^{-05}$
6	162	0,081	0,0521	$7{,}29 \cdot 10^{-05}$

k = 12

Auswertung

Aus der gemessenen Entfernung e zwischen (Doppel-)Spalt und dem Abständen zwischen zwei (Haupt-)Minima gleicher Ordnung 2*x kann man den Beugungswinkel α wie folgt errechnen:

$a = \arctan(x/e)$

Durch weiteres einsetzen in die Formel

$D = n * \lambda / \sin(\alpha_n)$

wobei λ die bekannte Wellenlänge des Lasers, n die Ordnung des jeweiligen betrachten Minimum und α_n der zu dieser Ordnung gehörige Beugungswinkel ist, erhält man die Breite des Spaltes D. Bei dem Einzelspalt erhält man somit einen Wert für die Spaltbreite von $(47{,}4 \pm 0{,}5)$ µm. Bei dem Doppelspalt erhält man auf die gleiche Weise eine Wert für die Spaltbreite der beiden Spalten von $(72{,}7 \pm 0{,}6)$ µm. Doch beim Doppelspalt treten noch weitere Nebenminima auf und derselben waren im Zentralmaximum 12 zu finden. Mittels der Formel:

$d = k * D / 2$

ergibt sich ein Abstand d zwischen den beiden Spalten von (436 ± 4) µm.

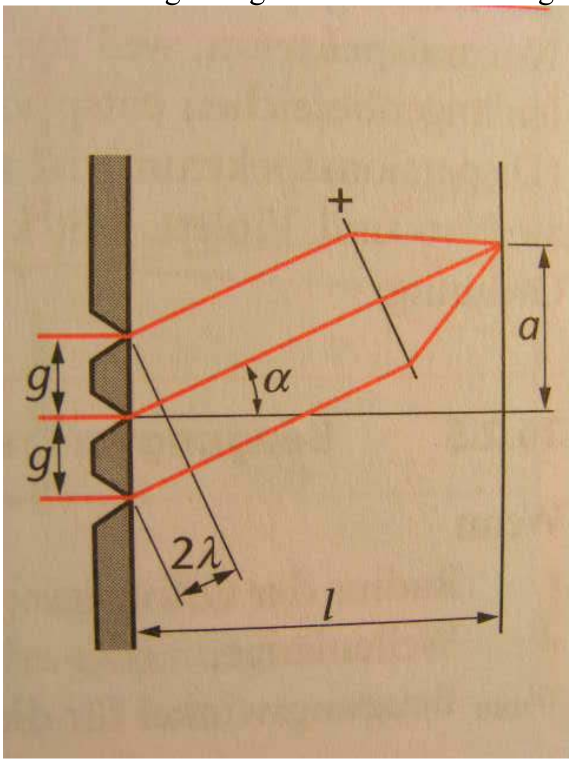
Interpretation

Die aus dem Experiment erhalten Werte erscheinen realistisch. Auf Grund von Schwierigkeiten beim genauen Einpassen des Doppelspalts in die Versuchsanordnung gab es ein paar kleinere Schwierigkeiten, da der Einfallswinkels des Laserstrahls genau passen musste um einen gut erkennbares Beugungsmuster auf dem Schirm zu erhalten. Hier könnten eventuell kleinere systematische Fehler aufgetreten sein. Weiters stellten wir fest, dass die Breite des Einzelspalt nicht der, der Einzelspalten des Doppelspalts entspricht, was jedoch nicht aus der Versuchsbeschreibung hervorgeht und beinahe zu schweren Fehlern geführt hat.

Wellenlängenmessung mit dem Gitter

Durchführung

Die Messung erfolgt mit Fraunhofer'scher Betrachtungsweise. Eine Spektrallampe beleuchtet den Spalt in der Brennebene des Kollimatorrohres, er dient als Lichtquelle zur Erzeugung des Beugungsspektrums. Ein Parallelstrahlenbündel trifft senkrecht auf das Strichgitter. Die Lage der Beugungsbilder wird mit dem Fernrohr vermessen. Es wird mit dem Nonius des Goniometers verbunden. Es wird die weiße Linie des unabgelenkten Zentralmaximums gesucht. Dann werden beidseitig die auftretenden Linien für den Beugungswinkel bestimmt. Die Ablesung erfolgt auf Winkelminuten genau.



Messwerte

Gitterkonstante d [m]	0,00001
Bezugwinkel [°]	79,3

Gelbe Spektrallinie

Ordnung	Messwinkel δ [°]	Beugungswinkel δ [rad]	λ [nm]
1	82,58	0,0573	573
2	85,88	0,1149	573
3	89,28	0,1742	578
-1	75,95	-0,0582	584
-2	72,67	-0,1155	578
-3	69,38	-0,1731	574

Grüne Spektrallinie

Ordnung	Messwinkel δ [°]	Beugungswinkel δ [rad]	λ [nm]
1	82,42	0,0544	544
2	85,58	0,1097	547
3	88,8	0,1658	550
-1	76,18	-0,0544	544
-2	73,04	-0,1088	543
-3	69,92	-0,1638	543

Blaue Spektrallinie

Ordnung	Messwinkel δ [°]	Beugungswinkel δ [rad]	λ [nm]
1	81,77	0,0431	430
2	84,3	0,0873	436
3	86,83	0,1315	437
-1	76,82	-0,0433	433
-2	74,32	-0,0870	434
-3	71,85	-0,1300	432

Auswertung

Aus der Differenz zwischen Messwinkel und Bezugswinkel konnte man den Beugungswinkel δ der jeweiligen Spektrallinie am Gitter ermitteln. Mit der Formel

$$\lambda = d * \sin(\delta_n) / n$$

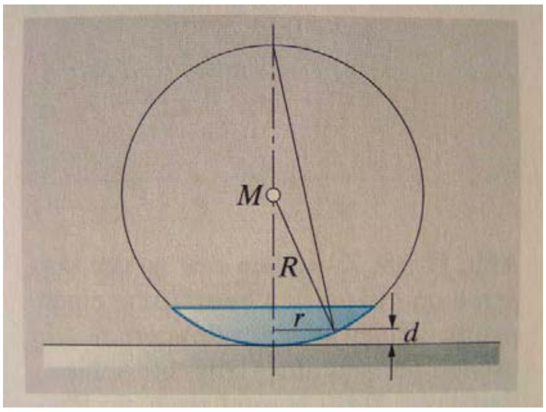
lässt sich die Wellenlänge der jeweiligen Spektrallinie sehr leicht errechnen. Man erhält für die gelbe Linie eine Wellenlänge von (577 ± 4) nm, für die grüne Linie (545 ± 3) nm und für die blaue Linie (434 ± 2) nm.

Interpretation

Die durch die Messung und anschließende Rechnung erhaltenen Wellenlängen stimmen mit dem theoretischen Werten der wahrgenommenen Farben gut überein. Es waren neben den gemessenen auch noch weitere Spektrallinien im Spektrum zu erkennen, jedoch die meisten davon nur in der ersten Ordnung, da ihre Intensität in Vergleich zu denen, deren Wellenlänge wir bestimmt haben, relativ gering war. Weiters erkannten wir das es bei unserer Cadmiumdampflampe zwei starke gelbe Spektrallinien, welche so nahe beieinander liegen, dass man sie erst am der 2(mit sehr gut hinschauen) bzw. ab der 3 Ordnung voneinander trennen konnten. Wir haben folglich einheitlich immer die innere(zum Zentralmaximum) untersucht.

Newtonsche Ringe

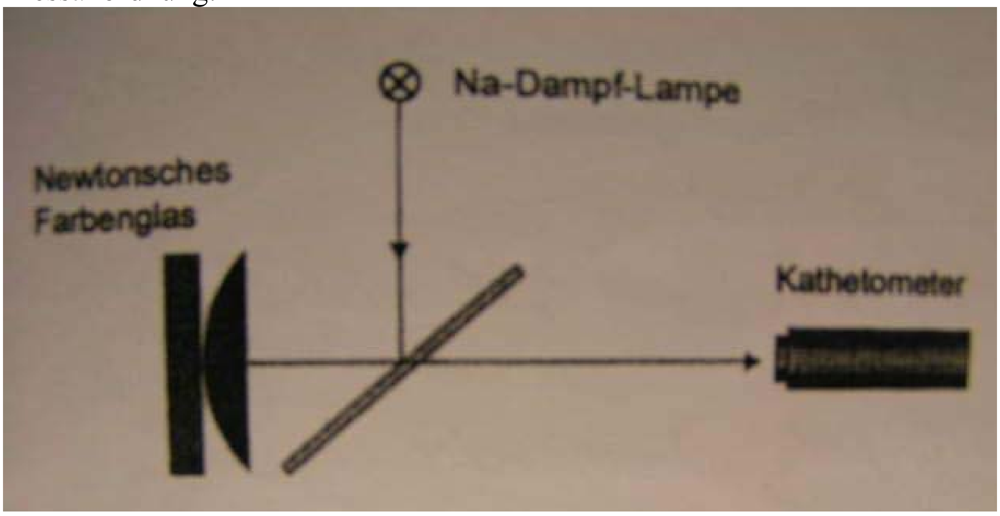
Durchführung



R… Krümmung der Linse
r…Wellenlängenabhängiger Radius

Es wird der Krümmungsradius der Linse berechnet.
Das Newtonsche Farbglas wird mit monochromatischem Licht beleuchtet. (gelbe Na Linie)
Mit einem Kathetometer (Schraubenkonstante 0,5mm) werden die Durchmesser der Interferenzringe bestimmt.

Messanordnung:

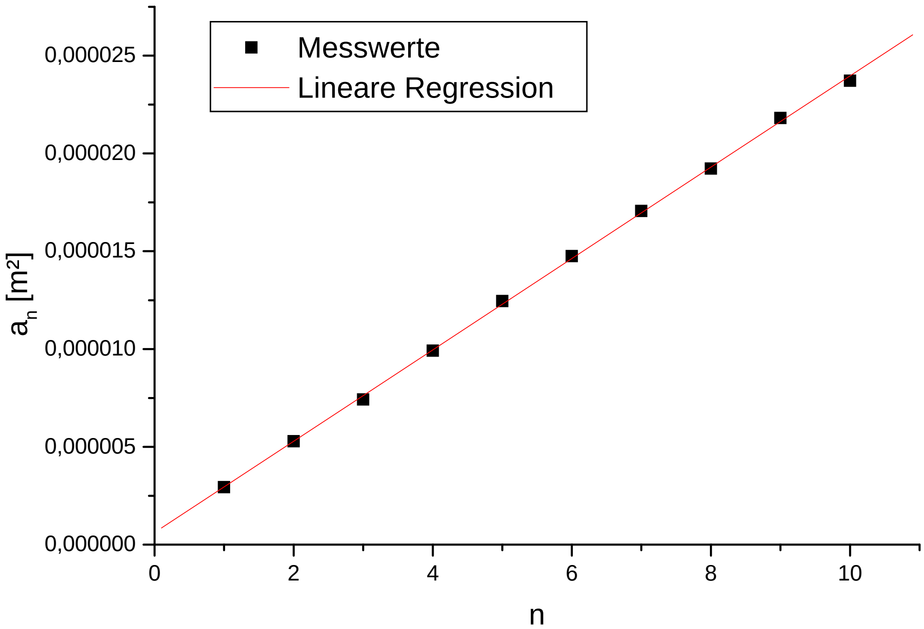


Messwerte

Ordnung	PosRing n unten [1/2 mm]	PosRing n oben [1/2 mm]	a_n [m]	a_n^2 [m²]
1	43,8	36,94	0,001715	$2{,}9 \cdot 10^{-6}$
2	45,1	35,9	0,0023	$5{,}3 \cdot 10^{-6}$
3	45,96	35,06	0,002725	$7{,}4 \cdot 10^{-6}$
4	46,74	34,14	0,00315	$9{,}9 \cdot 10^{-6}$
5	47,46	33,34	0,00353	$12{,}5 \cdot 10^{-6}$
6	48,14	32,78	0,00384	$14{,}7 \cdot 10^{-6}$
7	48,7	32,18	0,00413	$17{,}1 \cdot 10^{-6}$
8	49,26	31,72	0,004385	$19{,}2 \cdot 10^{-6}$
9	49,86	31,18	0,00467	$21{,}8 \cdot 10^{-6}$
10	50,22	30,74	0,00487	$23{,}7 \cdot 10^{-6}$

Auswertung

Durch Halbierung der Differenz der Abständen zwischen den Messwerten des jeweils gleichen Ringen oben und unten erhält man die Ringradien a_n. Die Quadrate derselben trugen wir dann gegen die Ordnung in ein Diagramm auf und errechneten eine lineare Regression.



Der Anstieg dieser Geraden gibt uns den einen Wert für λ*R. Da jedoch die Wellenlänge der gelben Linie der Natriumdampflampe mit 589,3 nm uns bekannt ist kann man daraus leicht den Krümmungsradius R der Linse ermitteln und erhält einen Wert von (3,963 +- 0,009) m.

Interpretation

Ausgehenden vom dem erhalten Wert liegt vermutlich der genaue Wert für den Krümmungsradius der Linse bei der nächsten Runden Zahl, also 4m. Es kann bei der Messung zu einigen kleineren Ungenauigkeiten gekommen sein, da die Ringe eine endliche Dicke haben(es wurde jedoch versucht stets den äußeren Rand anzupeilen, doch der Übergang war nicht 100% scharf). Weiters muss man eine gewisse Beeinträchtigung des Experimentators auch berücksichtigen, da das Durchführen einer längeren Messreihe mittels eines Kathetometers zu Kopfschmerzen führen kann.