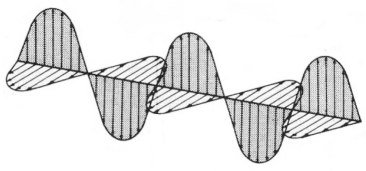
O34 Fourieroptik	
Name:	Matrikelnummer:
Fachrichtung:	Versuchsdatum:
Mitarbeiter/in:	Gruppennummer:
Assistent/in:	Endtestat:

Dieser Fragebogen muss von jedem Teilnehmer **eigenständig** (keine Gruppenlösung!) handschriftlich beantwortet und vor Beginn des Versuchs abgegeben werden. Die Vorbereitung wird zusätzlich durch einen Test bzw. eine mündliche Prüfung über die physikalischen Grundlagen des Versuchs kontrolliert. (Version: 7. Januar 2026)

Versuchsziel und Versuchsmethode:

1.) Zeichnen Sie das zugehörige Koordinatensystem in die abgebildete Lichtwelle. Benennen Sie die Achsen und charakteristischen Größen.



2.) Was wird unter einer Wellenfront verstanden? Welche Form haben Wellenfronten, die von einer punktförmigen Lichtquelle ausgehen?

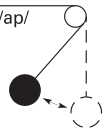
3.) Was ist Interferenz und was sind kohärente Wellen?

4.) Wie kommt Beugung am Spalt zustande? Erläutern Sie das Zustandekommen verschiedener Beugungsordnungen und skizzieren Sie die Intensitätsverteilung bei der Beugung am Spalt und Doppelspalt. Erklären Sie den Zusammenhang

5.) Was ist der Unterschied zwischen Fresnel- und Fraunhofer-Beugung?

6.) Im Versuch wird das Licht eines Laser mittels zweier Linsen L1 ($f = 40\,\mathrm{mm}$) und L2 ($f = 400\,\mathrm{mm}$) aufgeweitet. Wie groß ist im vorliegenden Fall die Strahlaufweitung? Zeichnen Sie schematisch den Strahlenverlauf auf!

7.) Wie lautet die Abbildungsgleichung für dünne Linsen? An welche Position muss die Linse L3 ($f = 15\,\mathrm{cm}$) im vorliegenden Versuchsaufbau gestellt werden, wenn der Abstand zwischen Objekt und Kamera 125 cm beträgt?



O Optik

O34 Fourieroptik

Diese Anleitung kann und soll kein Lehrbuch ersetzen. Die beschriebenen Grundlagen stellen einen kurzen Überblick dar und sind daher zum Erlernen der physikalischen Grundlagen nicht ausreichend. Genauere Beschreibungen finden sich in:

[1] *Kapitel* 5. Kohärenz und Interferometrie. In: Meschede, D.: *Optik, Licht und Laser*. Vieweg+Teubner, 2008

[2] *Kapitel* 10 Interferenz, Beugung und Streuung. In: Demtröder, W.: *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik*. Springer, 2013. – E-Book

[3] *Kapitel* 4.4 Wellenausbreitung. In: Meschede, D.: *Gerthsen Physik*. Springer, 2010. – E-Book

[4] *Kapitel* 2.5 Beugung. In: Meschede, D.: *Optik, Licht und Laser*. Vieweg+Teubner, 2008

Stichworte

Interferenz [1, 2]; Huygens-Prinzip [3]; Beugung am Spalt, Doppelspalt, Draht und Gitter [1, 2]; Spaltbeugungsfunktion [2, 4]; Fraunhofersche und Fresnelsche Beugung [2, 4]; Fourier-Transformation [2, 4]; **USB-Memorystick mitbringen!**

Grundlagen

Die Gesetzmäßigkeiten der Lichtausbreitung werden in der Schule im Modell einer Strahlenoptik eingeführt, weil diese einfachen geometrischen Regeln folgt und viele Phänomene unter bestimmten Voraussetzungen richtig beschreibt: Reflexion an Spiegeln, Brechung an Grenzflächen, Abbildung mit Linsen. Das Modell versagt allerdings vollständig beim Versuch, Lichtbeugung an räumlichen Strukturen (Blenden, Spaltöffnungen etc.) zu erklären. Dies gelingt nur im Modell einer elektromagnetischen Welle, die sich z. B. von einer punktförmigen Quelle kugelförmig in alle Raumrichtungen ausbreitet. Als sehr erfolgreich erweist sich das 1678 von Christiaan Huygens formulierte Prinzip, wonach jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt neuer kugelförmiger Elementarwellen betrachtet werden kann, deren Einhüllende die neue Wellenfront bildet. So wird sofort erklärbar, dass Licht an einer Kante „um die Ecke“ gehen kann. Berücksichtigt man nun noch die Phasenlage einzelner Elementarwellen und führt eine Addition (Superposition) aus, kommt man zum von Thomas Young, Joseph von Fraunhofer und Augustin Fresnel beschriebenem Interferenz-Prinzip. Damit lässt sich das Auftreten von Beugungsmustern verstehen.

„Strahlen“ sind in diesem Modell die Normalenvektoren einer Wellenfront und stellen eine erhebliche Reduktion dar: Sie enthalten keine Information mehr über Frequenz, Phase und Amplitude der Welle und können deshalb Beugungserscheinungen nicht erklären.

Im Praktikumsversuch „Fourieroptik“ wollen wir uns mit den Gesetzmäßigkeiten einer wellenoptischen Abbildungstheorie beschäftigen. Dies gelingt nur im Rahmen einer mathematischen Behandlung, die bei erstmaliger Auseinandersetzung mit diesem Thema etwas Einarbeitung erfordert. Dazu verweisen wir auf entsprechende Kapitel der aufgeführten Fachliteratur.

Bei näherer Betrachtung der Beugungsphänomene stellt sich heraus, dass das Beugungsobjekt und das Beugungsbild in einer einfachen mathematischen Beziehung stehen: Durch Fouriertransformation des räumlichen Feldverlaufs (E-Feld und B-Feld) über dem Beugungsobjekt entsteht das Beugungsbild als Feldverlauf mit Betrag und Phase, geordnet nach sog. Raumfrequenzen. Was wir auf einem Schirm sehen oder mit einer Kamera aufnehmen, ist allerdings die Intensitätsfunktion, die dem Quadrat der Feldstärke entspricht ($I \propto E^2$), und deshalb keine Vorzeicheninformation mehr enthält.

Um die Verhältnisse zu veranschaulichen, betrachten wir zunächst einen elektrischen Spannungsverlauf $U(t)$ mit periodischer Rechteckfunktion zwischen den Werten 0 und 1:

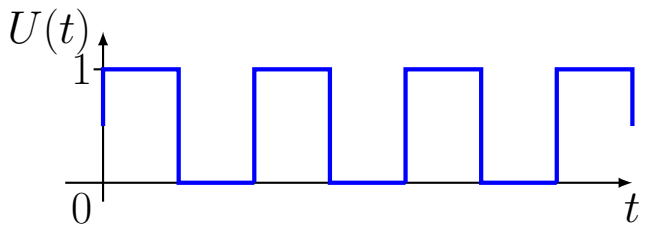


Abb. O34-1: Spannungsverlauf $U(t)$ einer periodischen Rechteckspannung.

Durch Reihenentwicklung erhält man die Funktion

$$U(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cdot \left(\sin \omega t + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \frac{\sin 7\omega t}{7} ... \right) \qquad \text{(O34-1)}$$

Man kann sich leicht überzeugen, dass das Rechtecksignal durch Superposition eines Signals der Frequenz 0 (Gleichspannungsanteil) mit Amplitude $\frac{1}{2}$, einer Grundwelle der Frequenz ω und Oberwellen der Frequenzen 3ω, 5ω, 7ω usw. vollständig synthetisiert wird.

Dass diese Wellen tatsächlich im Rechtecksignal enthalten sind, lässt sich experimentell mithilfe eines schmalbandigen, abstimmbaren elektrischen Bandpassfilters verifizieren: Schickt man ein Rechtecksignal auf den Eingang eines solchen Filters und variiert die Filterfrequenz, findet man immer dann eine sinusförmige Ausgangsspannung, wenn eine Frequenz der Fourierreihe eingestellt ist. Für alle anderen Filterfrequenzen ist die Ausgangsspannung 0. Das Ergebnis einer solchen Analyse stellt man sehr übersichtlich als Frequenzspektrum dar (Abb.O34-3). Bei Lichtwellen sind die Zusammenhänge etwas komplexer, aber mit klarer Analogie zur obigen Darstellung. Sofern wir ein ebenes Beugungsobjekt mit ebenen Wellen unter senkrechtem Einfall beleuchten, befinden sich alle

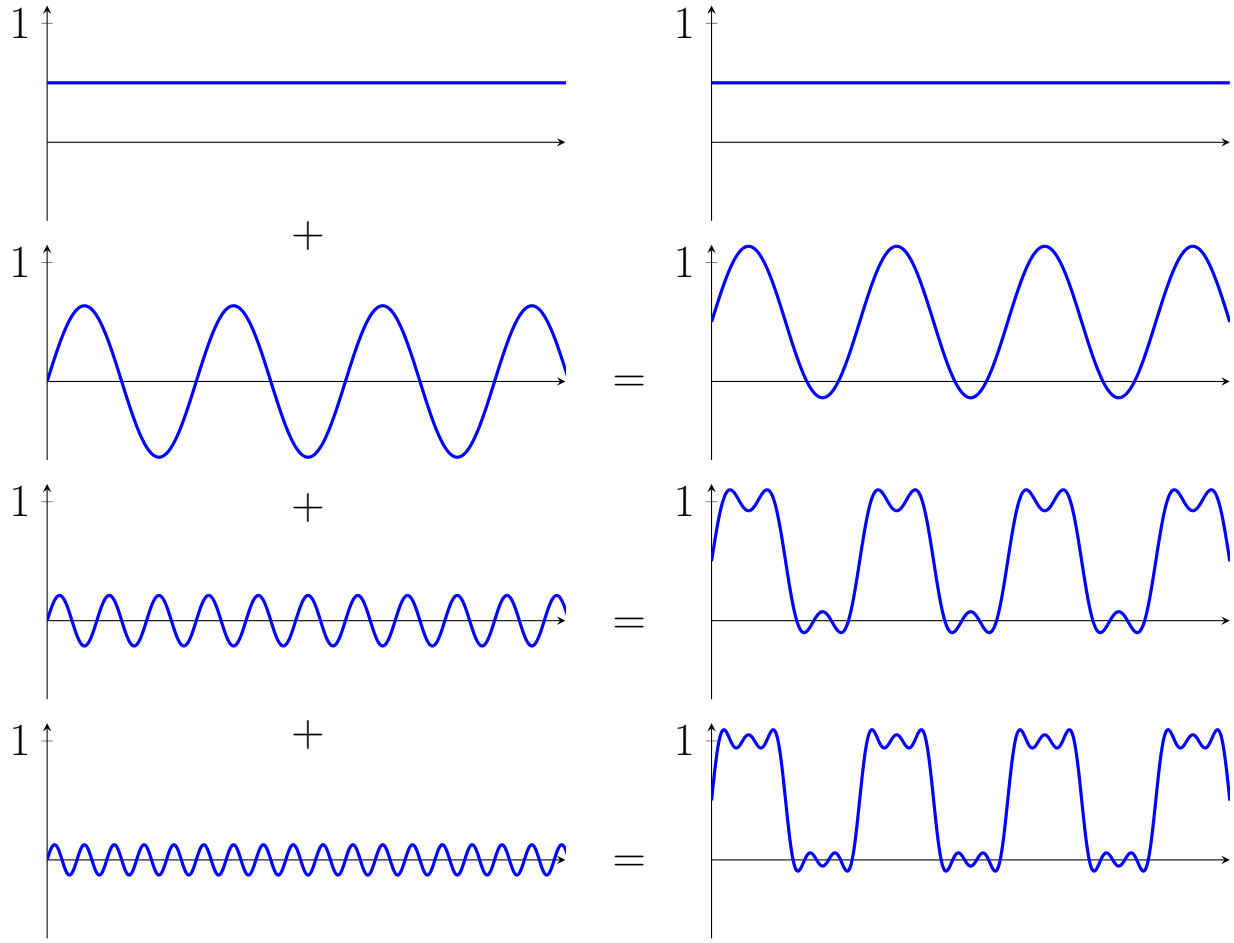


Abb. O34-2: Reihenentwicklung einer periodischen Rechteckspannung. In der linken Spalte die jeweiligen Signalanteile, in der rechten Spalte die Summe der Signalanteile.

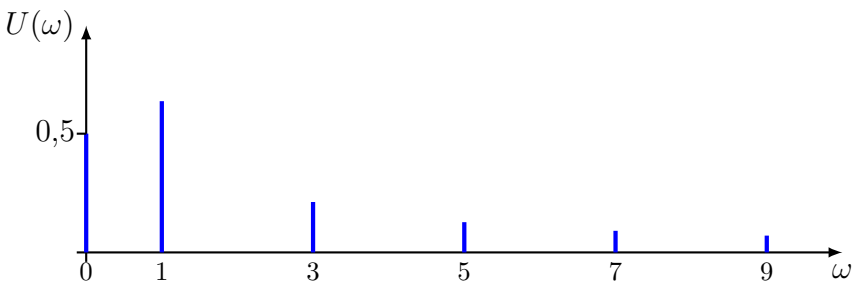


Abb. O34-3: Frequenzsspektrum eines Rechtecksignals.

Punkte des Beugungsobjekts immer in derselben Phase des elektromagnetischen Felds. Entlang einer Linie, z. B. senkrecht zu den Spalten eines Gitters, folgt die momentane Feldstärke also einer periodischen Rechteckfunktion.

Zur Unterscheidung von einer zeitlichen Schwingung mit Frequenz ω charakterisieren wir die räumliche „Intensitätsschwingung“ mit der Ortsfrequenz Ω. Diese räumlich periodische Funktion lässt sich nun in analoger Weise fouriertransformieren und in Grund- und Oberwellen zerlegen.

Die Tatsache, dass wir im optischen Fall über die Struktur des Beugungsobjekts hinweg keine statische elektrische Spannung an- und ausschalten, sondern ein elektromagnetisches Wechselfeld mit der Lichtfrequenz f, führt zur Interferenz und ist verantwortlich für das unmittelbare Auftreten eines räumlichen Beugungsbilds, das im elektrischen Fall dem Frequenzspektrum entspricht. Die Ordnungen im Beugungsbild deuten wir deshalb als Ortsfrequenzen - nicht als Frequenzen (Farben) des Lichts!

Für elektrische Signale im Hörbereich können wir den Frequenzen Töne zuordnen, im optischen Fall entsprechen die Ortsfrequenzen den Intensitätswechseln, die den Kontrast ausmachen: scharfe Übergänge in der Helligkeit bedeuten hohe Ortsfrequenzen, weiche Übergänge niedrige, und gleichbleibende Intensitäten entsprechen der Frequenz 0. Das Beugungsbild verrät uns also etwas über die optische „Komposition“ eines Objekts.

Hätten wir als Beugungsobjekt ein periodisches Gitter aus unendlich vielen sehr schmalen Spalten $b \approx \lambda$ (periodische Rechteckfunktion im Feldverlauf), wäre die Fouriertransformierte wie oben dargestellt eine unendliche Reihe von Sinuswellen mit Ortsfrequenzen 0, Ω, $3\,\Omega$, $5\,\Omega$ usw., die im Ortsraum als Beugungsbild mit charakteristischen Amplitudenfaktoren der nullten, ersten, dritten, fünften usw. Ordnung erscheinen. Bei einem (nicht periodischen) Einzelspalt ist die Fouriertransformierte durch das Fourierintegral definiert, das eine Entwicklung in ein kontinuierliches Spektrum (kontinuierliche Verteilung der Ordnungen im Ortsraum!) liefert.

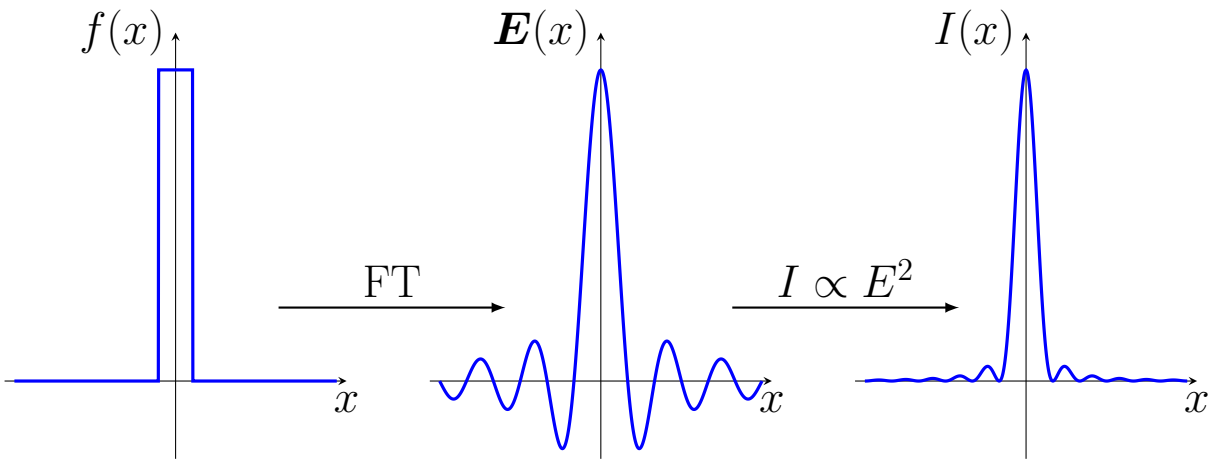


Abb. O34-4: Fouriertransformierte einer Spaltfunktion: $E(x)$ und Intensität $I(x)$.

Jedes reale Gitter mit endlicher Spaltbreite $b \gg \lambda$ und endlicher Anzahl von Spalten erzeugt ein Beugungsbild, das durch Faltung der Spaltbeugungsfunktion mit der Gitterinterferenzfunktion entsteht und deshalb nicht exakt den Amplitudenfaktoren einer Rechteck-Reihenentwicklung folgt. Im Unterschied zu einem elektrischen Frequenzspektrum (Abb. O34-4), in dem nur die physikalisch relevanten positiven Frequenzen dargestellt werden, sehen wir im Beugungsbild auch die negativen Ortsfrequenzen, die ebenfalls Lösungen der Fourieranalyse sind und stets spiegelbildlich zur nullten Ordnung auftreten. Bezüglich der Interpretation der Frequenzkomponenten spielt das Vorzeichen allerdings keine Rolle.

Nach diesen Betrachtungen ahnen wir die Potenziale der Fourieroptik. Es wird nicht nur berechenbar, mit welcher Qualität ein Objekt bei einer gegebenen Optik abgebildet wird, sondern wir entdecken auch Möglichkeiten, durch geschickte Manipulation des Wellenfelds in der Fourierebene und anschließender Rücktransformation die Bildeigenschaften in gewünschter Weise zu ändern. Bei Abbildung eines Beugungsobjekts durch eine Linse (L3 in Abb. O34-1) liegt die Fourierebene (das Beugungsbild) in deren Brennebene, ist also frei zugänglich und durch Raumfilter veränderbar. Um auch hier wieder die Analogie zum elektrischen Signal aufzuzeigen: Durch elektrische Filter (Tiefpass, Hochpass) können wir den Klang einer Musikwiedergabe einstellen, durch räumliches Filtern in der Fourierebene den Charakter einer Abbildung (Weichzeichnen, Scharfzeichnen).

Der Komplexität der Manipulation im Fourierraum sind keine Grenzen gesetzt, insbesondere, wenn die Manipulation mathematisch durchgeführt wird. Wichtige Anwendungsfälle sind im elektrischen Signalverlauf die Wandlung von Audiosignalen in das mp3-Format und im Bildbereich die Wandlung in das jpeg-Format oder spezielle Raumfilter bei der Mikroskopie.

Verständnisfrage: Wie sieht das Beugungsbild eines Gitters mit periodischem sinusförmigem Profil aus (kein Lichtdurchlass im Minimum, vollständiger Lichtdurchlass im Maximum der Sinusfunktion)?

Speckles

Speckles (englisch für Flecken) entstehen durch Interferenz, wenn kohärentes Licht optische rauhe Objektoberflächen ausleuchtet oder wenn sich Staubkörner auf optischen Komponenten befinden. Im Verlauf dieses Versuches werden Speckles als „Rauschen“ auf den Beugungs- und vor allem den Objektbildern zu sehen sein. Dieses „Rauschen“ wird beispielsweise bei Betrachtung des Objektbilds eines Einzelspalts vor allem zwischen den Kanten des Spalts zu sehen sein – das Plateau ist wellig. Diese Speckles lassen sich im vorliegenden Versuch nicht vollständig vermeiden. Wird der Spalt mit dem inkohärenten Licht einer Lampe ausgeleuchtet, werden diese Speckles im Objektbild verschwinden, allerdings werden wir auch kein Beugungsbild erhalten!

Versuchsaufbau

Der prinzipielle Versuchsaufbau ist in Abbildung O34-1 und O34-2 dargestellt. Alle optischen Komponenten sind auf zwei parallelen Schienen aufgebaut.

Diese Anordnung erlaubt es, mit den beiden Kameras 1 und 2 gleichzeitig das Beugungsbild und das reelle Bild eines Objekts zu beobachten. Insbesondere kann man direkt verfolgen, wie sich Manipulationen in der Beugungsebene (= Fourierebene) auf das reelle Bild auswirken. Ziel des Versuchs ist es, ein tieferes Verständnis für den Einfluss der Abbildungsoptik auf die Bildeigenschaften zu gewinnen.

Das Licht eines Helium-Neon-Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 632{,}8\,\mathrm{nm}$ verläuft zuerst durch ein Teleskop mit den Linsen L1 und L2. Dieses hat die Aufgabe, einen aufgeweiteten, kollimierten Strahl zu erzeugen, mit dem die Beugungsobjekte gut ausgeleuchtet werden können. In der Brennebene von L1 ist eine Lochblende als Raumfilter eingebaut, um eventuell vorhandenes Streulicht zu minimieren. Um den Gesamtaufbau kompakt zu halten, wird das Licht innerhalb des Teleskops über zwei Spiegel S1 und S2 auf die andere Schiene geleitet.

Nachdem das Laserlicht das Teleskop verlassen hat, trifft es auf das Beugungsobjekt, das in einer justierbaren Halterung sitzt. Die einzelnen Beugungsobjekte wie Spalt, Doppelspalt oder weitere, können beliebig ausgetauscht werden. Mit Hilfe der Linse L3 wird das Beugungsobjekt scharf auf der Kamera 1 abgebildet. Der Strahlteiler wirkt hier als Spiegel, der 50% des Laserlichtes reflektiert und über den Spiegel S3 auf die Kamera 1 leitet. Die anderen 50% verlassen den Strahlteiler ohne Richtungsänderung.

Da wir das Beugungsobjekt mit parallelem Licht beleuchten, können wir die Fraunhofer-Näherung verwenden: Im Unendlichen entsteht ein Beugungsbild des Objekts. Durch die Linse L3 wird dieses Beugungsbild in die Brennebene von L3 verlegt (Fourierebene in Abb. O34-1). Diese Ebene wird mit Linse L4 vergrößert auf Kamera 2 abgebildet.

Zwischen L4 und Kamera 2 befindet sich ein sogenanntes Graufilter, um die Lichtintensität herabzusetzen und damit eine Schädigung der Zeilenkamera zu vermeiden. Das Filter hat eine optische Dichte von $D = 2$ und lässt nur noch 1% des einfallenden Lichtes durch.

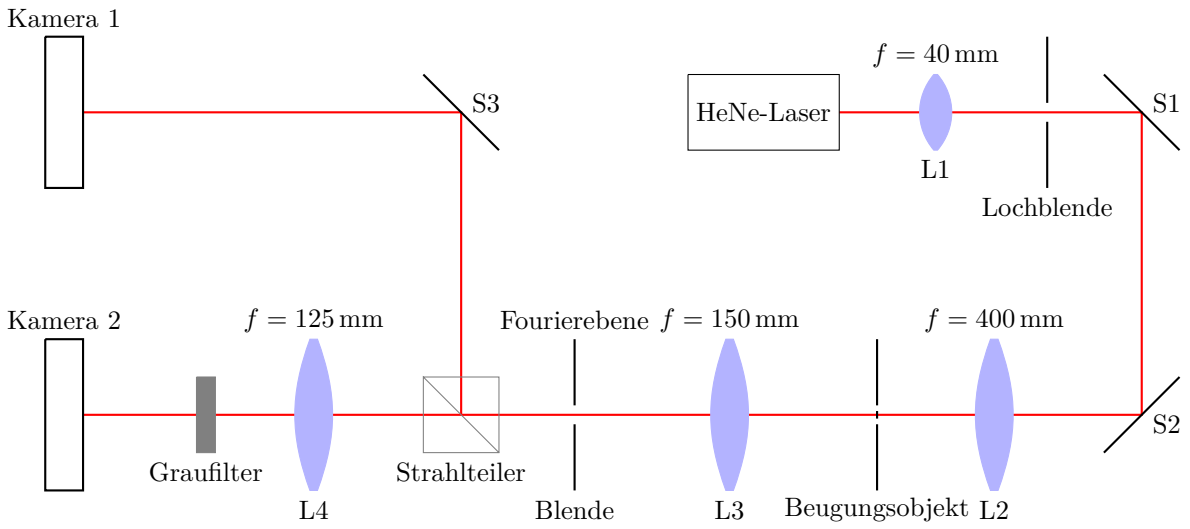


Abb. O34-1: Schematischer Versuchsaufbau.

Abb. O34-2: Fotografie des Versuchsaufbaus.

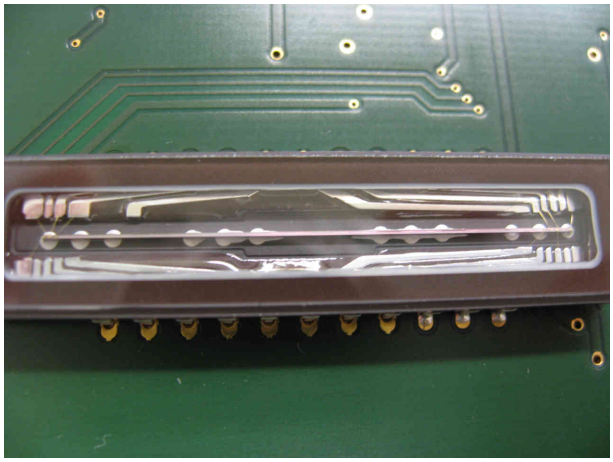


Abb. O34-3: Sensor der Zeilenkamera. Die zentrale horizontale „Linie“ ist die sensitive Pixelzeile.

Sollte - je nach gewähltem Beugungsobjekt - die Lichtintensität auf Kamera 2 sehr niedrig werden, kann das Filter nach Rücksprache mit dem Versuchsbetreuer entfernt werden.

CCD-Kameras und Software

In dem Versuch werden zur Aufzeichnung der Intensitäten CCD-Zeilenkameras (**C**harge-**C**oupled **D**evice) mit 2048 Pixeln verwendet (siehe Abbildung O34-3). Der sensitive Bereich ist damit ca. 28,7 mm breit und 14 µm hoch. Die Ausleseelektronik der Kameras verfügt über einen 16-bit Signalverarbeitungsprozessor (ADC, Analog-Digital Converter) mit Einstellmöglichkeiten zur Betriebsart (Operation Mode), Integrationszeit (Integration Time), Verstärkung (Gain) und Gleichspannungsunterdrückung (Offset).

Die für die Auslese der Kameras benutzte Software ist „USB Line Camera“ und befindet sich auf dem Desktop des Messcomputers. Starten Sie zwei Instanzen des Programms, damit für jede Kamera ein eigenes Fenster erscheint (s. Abb. O34-4). Ziehen Sie die Fenster so auf die beiden Monitore, dass die Zuordnung zu den Kameras eindeutig gegeben ist.

Grundeinstellungen des Programms im Menü „Camera“:

Menüpunkt File:	„Line Sensor“ wählen
EnumDevices:	„EnumDevices“ anklicken „USB Line Camera 1400nnn“ eine Kamera wählen (sollte kein USB-Gerät angezeigt werden, muss der USB-Hub aus- und wieder angeschaltet werden)
Operation Mode:	„Free Running“ wählen
Integration Time:	Schieberegler ganz nach links stellen (3 µs)
Range (Max.):	10 ms
Gain:	1 V/V
Offset:	0,0 mV
Full Scale:	2 V

Eine Messung kann über den Start- / Stop-Knopf ausgelöst bzw. angehalten werden. Erhöhen Sie die Integrationszeit so weit, dass der Signalverstärker keinesfalls übersteuert wird und die Signalhöhe maximal 65000 Counts erreicht. Ggf. könnte über das Menü-Feld „Signal“ eine Mittelung der Signale zur Verringerung des Rauschens angeschaltet werden. Zur Abspeicherung der Messdaten wählen Sie das Menü-Feld „Export“, in dem Sie den Dateityp und den Zielordner einstellen können.

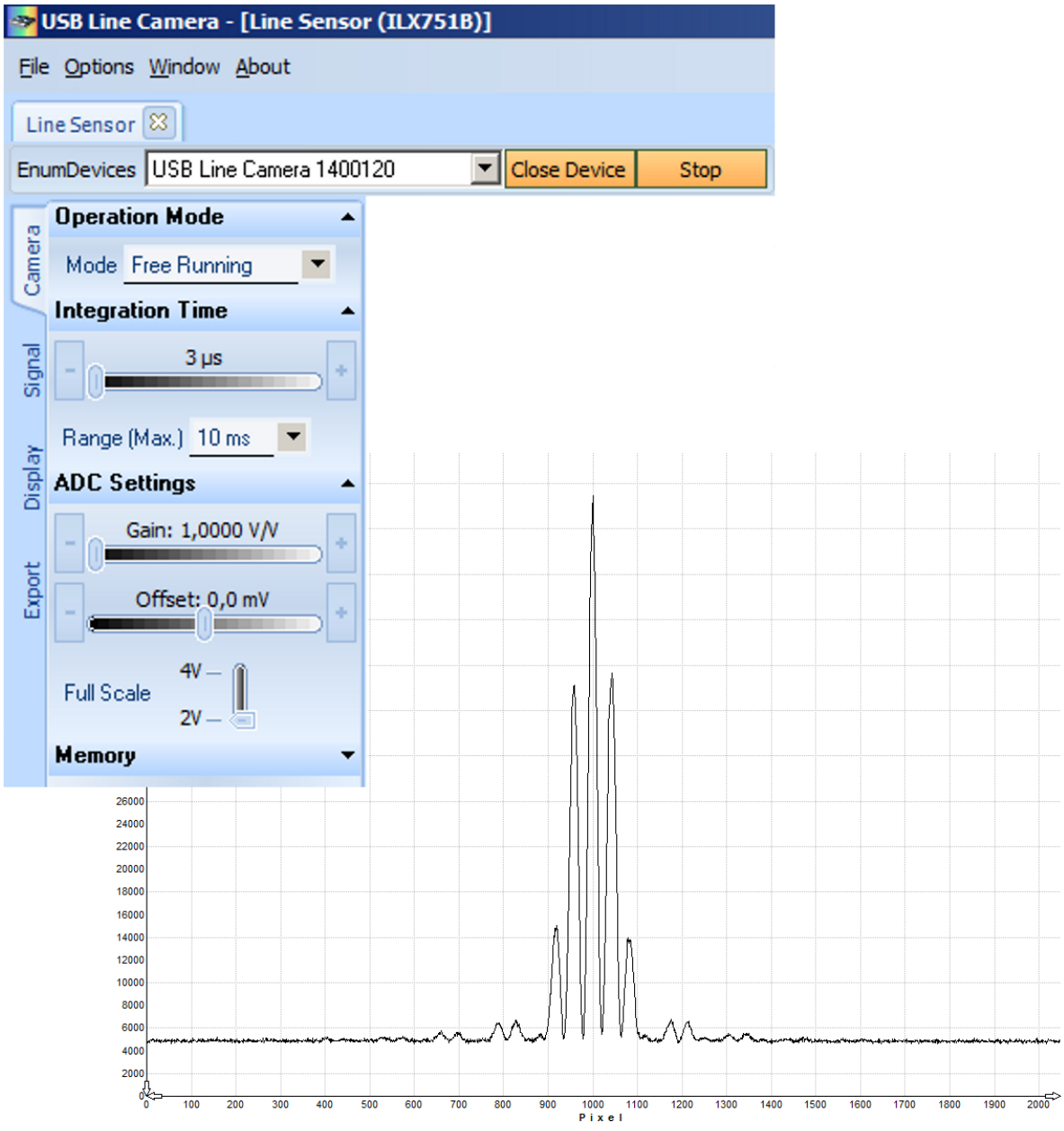


Abb. O34-4: Screenshot des Programms „USB Line Camera“ mit Einstellungen (links oben).

Versuchsdurchführung und Messprogramm

Hinweise

1. **Nicht in den Laser blicken!** Vermeiden Sie die Reflexion an spiegelnden Metalloberflächen, u.a. auch an Uhren oder Schmuck.
2. Vor allen Änderungen am optischen Aufbau (Ein- und Ausbau von Komponenten) Laserstrahl abdecken, damit keine unbeabsichtigten Reflexe auftreten können!
3. Stellen Sie alle während des Versuch nicht benötigten Komponenten des Versuchsaufbaus, beispielsweise Spiegel oder Linsen, in ihren Reitern auf die neben den beiden Versuchsschienen stehende kurze Schiene. Verschrauben Sie die Reiter unbedingt, so dass diese nicht umfallen können. Gehen Sie bitte äußerst umsichtig mit allen Komponenten des Versuchsaufbaus um!
4. Setzen Sie die Halter der optischen Komponenten stets mit der Feststellschraube auf den Betrachter weisend auf die Schiene.
5. Vermeiden Sie störendes Umgebungslicht: Raumlicht aus, Tischlampen abwenden.
6. Den Laser während des Versuchs nicht abschalten, stattdessen mit der vorhandenen Abdeckung blocken.

Justage zur Bestimmung und Manipulation der Beugungsordnungen verschiedener Beugungsobjekte

Dieser Versuch benötigt umfangreiche Justagemaßnahmen, es sind Geduld und Fingerspitzengefühl nötig. Zunächst beide Kameras abgedeckt lassen!

1. Der Laser und Spiegel S1 sind bereits eingebaut und sollen nicht justiert werden.
2. Zu Beginn wird die erste Teleskoplinse L1 ($f = 40\,\mathrm{mm}$) direkt hinter den Laser und vor S1 gesetzt. Das Laserlicht soll L1 mittig durchlaufen. Beachten Sie, dass L1, wie alle Linsen im Aufbau, plankonvex ist und mit der planen Seite in Richtung des Fokus weist! Hinter L1 kann die verstellbare Lochblende platziert werden, um die äußeren Strahlinhomogenitäten auszublenden.
3. Als zweites die Teleskoplinse L2 ($f = 400\,\mathrm{mm}$) hinter den Spiegel S2 einbauen. Hinter L2 muss das Laserlicht kollimiert (parallel) sein. Dies kann erneut mit dem Schirm und dem Fadenkreuz, welches immer noch mittig getroffen werden sollte, geprüft werden. Im Folgenden dann die Objekthalterung und ein Beugungsobjekt einbauen. Es ist darauf zu achten, dass das aufgeweitete Laserlicht das Beugungsobjekt gut ausleuchtet und auch weiterhin entlang der Schiene verläuft.
4. Nun die Linse L3 ($f = 150\,\mathrm{mm}$) und S3 einbauen. L3 und der Strahlteiler sind so zu positionieren, dass in der Brennebene von L3 (Fourierebene) noch die einstellbare Blende Platz hat. Erzeugen Sie mit L3 ein scharfes Bild des gewählten Spalts auf

der Kamera 1, d.h. es sollten (je) zwei steile Kanten zu sehen sein. Das Plateau zwischen den Kanten wird durch Speckles „verrauscht“ sein.

5. Nach Justage von L3 wird die Spaltblende in die Brennebene von L3 gestellt. Diese vorher komplett zudrehen und so zwischen L3 und Strahlteiler einbauen, dass das vom Objekt gebeugte Licht auf diesem gut zu sehen ist. Das zentrale Maximum sollte im Zentrum der Blende zu sehen sein. Dies ist nur eine Voreinstellung, eine Feinjustage kann auch später während der Messungen erfolgen.
6. Als weiteres Element wird die Linse L4 ($f = 125\,\mathrm{mm}$) zwischen den Strahlteiler und die Kamera 2 eingesetzt. L4 wird so auf die Schiene montiert, dass ein scharfes Bild der Beugungsfunktion in der Fourierebene auf Kamera 2 zu sehen ist. Es ist wichtig, mithilfe dieser Linse die schmale Pixelzeile der Kamera exakt zu treffen. Liegt das Beugungsbild etwas unter oder über der sensitiven Zeile, dann eventuell die Kamera leicht in der Höhe variieren.
7. Graufilter zwischen Kamera 2 und L4 stellen. Bei lichtschwachen Bildern kann das Graufilter entfernt werden.
8. Damit ist die Justage abgeschlossen, es sollte ein scharfes Objektbild auf Kamera 1 und ein scharfes Beugungsbild auf Kamera 2 zu sehen sein.

Messprogramm

1. Nehmen Sie die Beugungsfunktion des Doppelspaltes ($d = 0{,}2\,\mathrm{mm}$, $g = 0{,}6\,\mathrm{mm}$) sowie das zugehörige Objektbild als Text-File auf. Beginnen Sie danach mithilfe der einstellbaren Spaltblende sukzessive einzelne Beugungsordnungen symmetrisch auszublenden. Nehmen Sie zu jeder ausgeblendeten Ordnung das zugehörige Beugungs- und Objektbild auf.
2. Führen Sie diese Messung auch für den Einzelspalt mit $b = 0{,}2\,\mathrm{mm}$ durch.
3. Entfernen Sie die einstellbare Blende und setzen Sie an deren Position den zweiten Objekthalter. In diesen wird nun das Dia mit den Stegen eingesetzt. Blenden Sie mithilfe der Stege die nullte Beugungsordnung aus. Wie ändert sich das Objektbild? Welcher der Stege ist geeignet, um die nullte Beugungsordnung komplett auszublenden? Speichern Sie jeweils Beugungs- und Objektbilder ab!
4. Messen Sie die nötigen Abstände der optischen Komponenten.

Auswertung

1. Vergleichen Sie beim Einzel- und Doppelspalt die Lage der Maxima und Minima sowie die Intensitätsverhältnisse der einzelnen Beugungsordnungen mit den theoretisch zu erwartenden Werten. Stimmen Theorie und Messung überein?
2. Stellen Sie dar, wie sich das Objektbild beim Spalt und Doppelspalt beim sukzessiven Ausblenden der einzelnen Beugungsordnungen verändert. Erklären Sie Ihre Beobachtungen.
3. Stellen Sie ebenso dar, was geschieht, wenn die nullte Beugungsordnung des Einzelspalts mithilfe eines Stegs ausgeblendet wird und erläutern Sie die Beobachtungen.
4. Bestimmen Sie mithilfe der Maße von Einzel- oder Doppelspalt sowie dem entsprechenden Objektbild die Pixelbreite der Zeilenkamera.