

Beugung und Interferenz von Laserlicht

Die Untersuchung und Aufzeichnung von Interferenzbildern am Einzel- und Doppelspalt sowie am Gitter gehört zu den Standardversuchen in der Oberstufe. Die Experimente lassen sich z. B. mithilfe des Abstandssensors CBR2TM und eines Lichtsensors (einfache Ausführung) realisieren. Dazu wird der Laser auf das Gitter (Spalt oder Mehrfachspalt) gerichtet. Auf einem Wagen werden der Abstandssensor und der Lichtsensor senkrecht zueinander fixiert. Über den Lichtsensor wird ein Rohr (Kunststoff, Pappe oder Papier) gestülpt, um Streulichte effekte weitgehend zu minimieren. Um das Interferenzbild und den Intensitätsverlauf gleichzeitig aufzunehmen, wird der Wagen senkrecht zum Laserstrahl auf oder längs einer Schiene bewegt. Gemessen werden dabei die Lichtintensität und der Abstand des Wagens von einem Bezugspunkt. Alternativ zur einfachen Ausführung des Lichtsensors (Lichtintensitätssensor) kann auch die Variante mit einstellbaren Messbereichen genutzt werden (Lichtstärkesensor). In diesem Versuch wurde mit einem He-Ne-Laser mit 1 mW Lichtleistung und 632,8 nm Wellenlänge gearbeitet.

Der zeitliche Aufwand für den Versuch (einschließlich Auswertung) ist relativ hoch, lohnt aber, da nicht nur die Wellenlänge des Lichtes bestimmt, sondern auch die Intensitätsverteilung der Maxima gemessen werden kann. Hier bietet sich die Möglichkeit zur Differenzierung im Unterricht. Die Wellenlängenbestimmung mit einem Gitter ist sehr einfach, die Untersuchung der Intensitätsverteilung hingegen deutlich anspruchsvoller.

Material

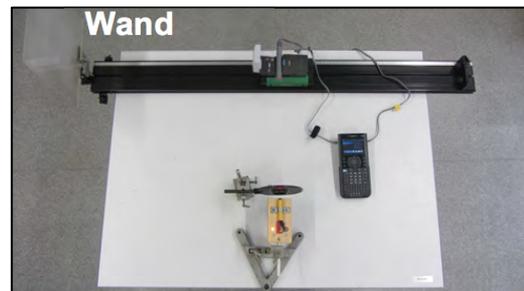
- Laser (Handlaserpointer oder Demolaser)
- Fahrbahn oder Führungsschiene
- Experimentierwagen
- diverse Gitter, Spalte, Doppelspalte
- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung (hier TI-NspireTM CX mit Lab CradleTM)
- Lichtsensor mit Rohrtubus (Streulichtschutz)
- Abstandssensor CBR2
- Maßband
- Diahalter und Stativmaterial

Versuchsdurchführung

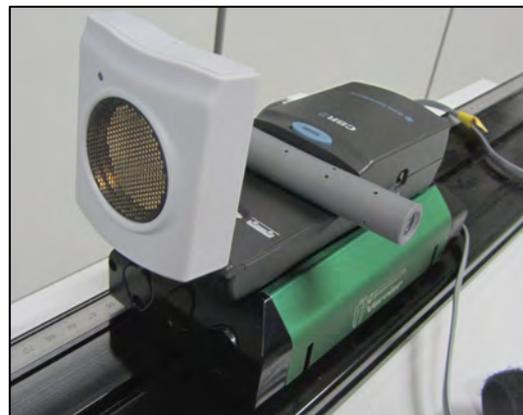
Der Experimentierwagen wird von Hand langsam über die Fahrbahn bewegt. Achten Sie auf eine möglichst genaue rechtwinklige Ausrichtung. Nutzen Sie zur Durchführung ein optisches Gitter bei Versuch 1 und einen Einzelspalt und einen Doppelspalt gleicher Spaltgeometrie für Versuch 2.

Vorbereitung und Durchführung: 60 Minuten

Versuchsaufbau



Versuchsaufbau mit TI-NspireTM CX und Lab CradleTM



Abstandssensor CBR2 mit Lichtsensor (ohne Streulichtschutz) auf Wagen

Einstellungen

- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messzeit: z. B. 10 s
- Messrate: z. B. 50 Messungen pro Sekunde
- für die Diagramme als verbundenes Streudiagramm wird Graphs empfohlen

Hinweise

Da die Intensität des Lichtes quadratisch mit dem Abstand zur Lichtquelle abfällt, sollte der Abstand zwischen Gitter und Lichtsensor nicht mehr als 2 m betragen. Die Höhe des Laserstrahls sollte durch sorgfältige Justierung so eingestellt werden, dass beim Abfahren des Interferenzbildes der Lichtsensor zu jeder Zeit voll getroffen wird. Als Bezugspunkt für die Abstandsmessung mit dem CBR2™ kann entweder ein ebener Schirm oder eine Wand (maximal 3 m Abstand) dienen. Zur Vereinfachung der Auswertung ist der Abstandssensor im Hauptmaximum auf „Null“ zu setzen.

Auch wenn hier eine zeitbasierte Messung durchgeführt wird, muss der Wagen mit den Sensoren nicht gleichmäßig bewegt werden, da bei der Auswertung ausschließlich die Lichtintensität gegen den Ort aufzutragen ist.

Eine Verdunklung des Raumes ist empfehlenswert, jedoch bei Einsatz eines Streulichtschutzes nicht zwingend notwendig.

Auswertung

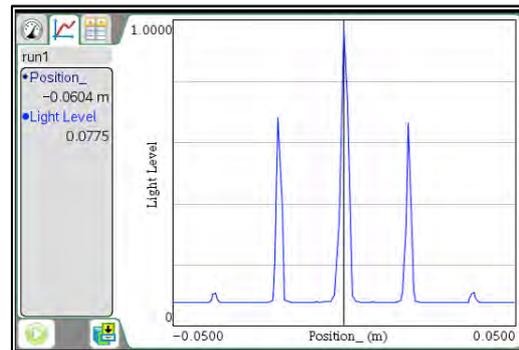
Das Experiment kann unter zweierlei Aspekten ausgewertet werden:

1. Bestimmung der Gitterkonstanten / des Spaltabstands bei bekannter Wellenlänge λ oder umgekehrt.

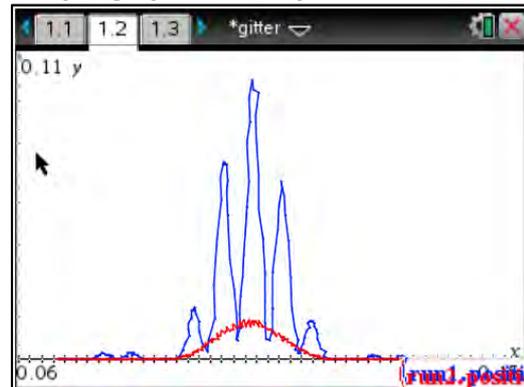
Aktiviert man den Spurmodus, so kann man die Maxima der Intensitätsverteilung ablesen

und so mit Hilfe der Formel $\lambda = d \cdot \sin(\arctan(\frac{a}{e}))$ die Wellenlänge des Laserlichts berechnen. Im Beispiel wurde ein Gitter mit 80 Strichen pro cm im Abstand 2,5 m verwendet. Als Abstand zwischen dem zentralen (nullten) Maximum und dem Maximum 1. Ordnung ergaben sich 13 mm. Somit erhält man $\lambda = 649,9$ nm.

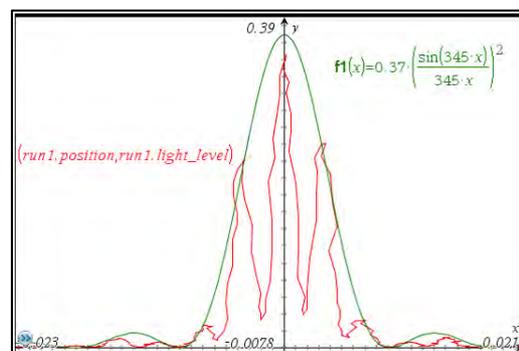
2. Vergleich der Intensitätsverteilung in den jeweiligen Maxima mit der aus der Theorie bekannten oder gemessenen „Einhüllenden“.



Beispielgraph für ein optisches Gitter



Beispielgraph für einen Einfach- und einen Doppelspalt



Intensitätsverteilung am Doppelspalt mit Einhüllender