

## Physikalisches Praktikum am 09.07.2004 von 13.00 – 15.00 Uhr

### Interferenz und Beugung am Einfach- und Mehrfachspalt

#### **Verwendete Geräte:**

- Laser mit Netzgerät
- Luxmeter
- x – y – Schreiber
- optische Bank mit Reiter, drehbare Halterung für Dia mit Spalten
- Maßband
- Taschenlampe
- Netzgerät zur Bereitstellung der Betriebsspannung des Luxmeter
- mehrere Stromkabel
- Warntafel

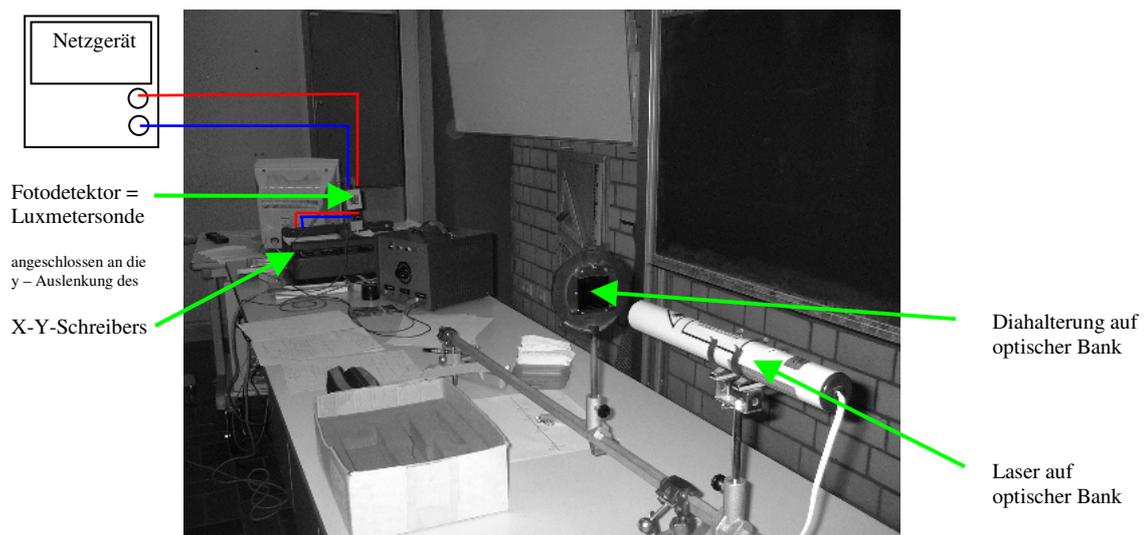
#### **Aufbau der Versuchsanordnung**

Die Versuchsanordnung wurde so aufgebaut, wie in der Versuchsbeschreibung beschrieben:

Auf der optischen Bank wurde sowohl der Laser als auch die drehbare Halterung für die Dias installiert. Zunächst wurde aber in die Halterung noch kein Dia gegeben, um einen ungehinderten Strahlengang zu gewährleisten.

In ausreichender Entfernung wurde nun noch der X – Y – Schreiber aufgestellt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die X – Richtung senkrecht auf die Verlängerung der optischen Bank steht, und die Y – Richtung parallel zur optischen Bank steht.

Auf dem beweglichen Y – Stab des X – Y – Schreibers wurde nun noch mittels eines Magneten der Fotodetektor angebracht und mit der y-Ablenkung verbunden.



Außerdem wurde der Fotodetektor mit dem Gleichspannungsnetzgerät verbunden, an dem eine Leistung von ca. 60 % eingestellt wurde, sodass bei einem Spannungsbereich von 0 – 20 V am Fotodetektor die optimale Betriebsspannung von ca. 12 V anlag.

Damit der Laser die Diode genau in der richtigen Höhe traf (in der Mitte des Empfangsbereichs), wurde sowohl der X-Y-Schreiber als auch die optische Bank mit Büchern unterlegt.

Des Weiteren wurde der Raum bestmöglichst abgedunkelt, um Streulicht zu vermeiden.

Bereits beim Aufbau der Versuchsanordnung zeigten sich schon erste Probleme, die die nachfolgende Messung negativ beeinflusst haben:

- Der Fotodetektor konnte auf dem X-Y-Schreiber leider nur mit einem sehr schwachen Magneten und einer sehr kleinen Schraubzwinde befestigt werden, wodurch eine stabile Fixierung desselben nicht gewährleistet werden konnte.
- Jedes Mal, wenn der X-Y-Schreiber auf die Ausgangsposition zurückfuhr, musste der Fotodetektor neu aufgestellt werden.
- Bei jeder Messung mussten die für das Anschließen des Fotodetektors verwendeten Kabel mit diesem mitgetragen werden, da sie sonst diesen an einer ungestörten Bewegung in X-Richtung gehindert hätten.
- Insgesamt konnte ein dauerhaftes mittiges und senkrecht auftreffendes Laserstrahl auf den Fotodetektor nicht immer gewährleistet werden (wegen der oben genannten Gegebenheiten).

## Versuchsdurchführung

### Sicherheitsvorkehrungen

Da unbedingt gewährleistet werden musste, dass nicht zufällig jemand in den Laserstrahl schaut, wurde in der Nähe des Versuchsaufbaus ein deutliches Warnschild aufgestellt. Außerdem wurde der Laser nur während der Messungen eingeschaltet und direkt danach wieder ausgeschaltet, um diese Gefahrenquelle zu reduzieren.

### Nullpunktfestlegung

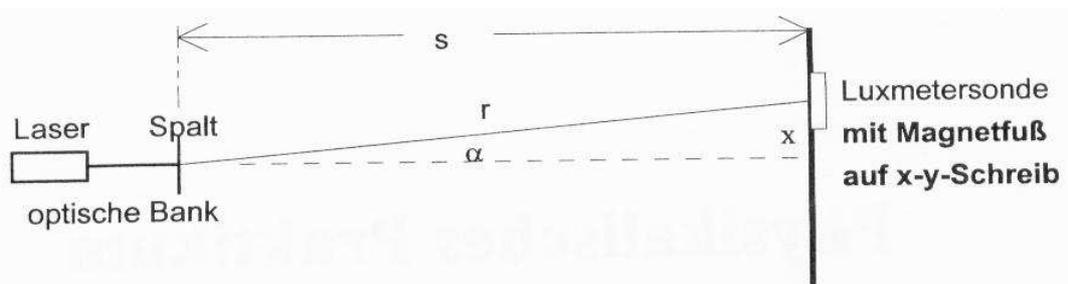
Vor den eigentlichen Beugungs- und Interferenzversuchen wurde der Nullpunkt der x-Achse mit dem Laserstrahl ohne Spalt (ohne Dia) festgelegt. Dabei wurde der X-Y-Schreiber so lange verschoben, bis der Nullpunkt genau bei 14 cm auf der X-Achse des Schreibers lag (dies liegt etwa in der Mitte der X-Achse). Da mit dem Laser immer auf den Einzel- bzw. Mehrfachspalt gezielt werden musste, hat sich auch der Nullpunkt verschoben, weshalb diese Nullpunktfestlegung vor jeder Messung erneut durchgeführt wurde.

### Messmethode

Die Luxmetersonde nimmt jeweils die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von x auf. Am X-Y-Schreiber wird an der y-Achse die Lichtintensität aufgetragen und x-Achse dient gleichzeitig als t-Achse (da der Wagen sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegt). Der X-Y-Schreiber wird somit als  $y(t)$  Schreiber verwendet.

Zeiteinstellung: 1 cm/sec  
Y-Einstellung: 10 mV/cm

### Versuchsaufbau



Wobei gilt:

$$s = 1,65 \pm 0,005 \text{ m}$$

## Auswertung der Messergebnisse des Einzelspaltes

(Intensitätsverteilung des Einfachspaltes auf Beiblatt 1)

Spaltabstand  $b = 0,1 \text{ mm}$

### Lage und Höhe der Maxima sowie die Lage der Minima:

Bei der Intensitätsverteilung zeigt sich sehr deutlich das für den Einfachspalt charakteristische sehr breite 0. Maximum. Außerdem zeigt sich, dass die Intensität der weiteren Maxima stark abnimmt. Auch dies ist typisch für den Einfachspalt. Des Weiteren ist der annähernd äquidistante Abstand der Minima auffällig, aus dem sich die Wellenlänge errechnen lässt. {In Bild einzeichnen}

$$\Delta d = 1,1 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm} \text{ (Abstand der Minima)}$$

Herleitung der Wellenlänge:

$$\Delta s = b \sin \alpha$$

(Da der Abstand Spalt – Empfänger sehr groß ist, und die Strahlen als parallel angesehen werden können)

$$k\lambda = b \sin \alpha \text{ (Bedingung für Minimum)}$$

$$k\lambda = b \tan \alpha \text{ (Kleinwinkelnäherung)}$$

$$k\lambda = b \frac{x}{s}$$

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \Delta d = \frac{\lambda s}{b} \text{ (Herleitung siehe Schulheft)}$$

$$\lambda = \frac{\Delta d b}{s}$$

$$\lambda_1 = 6,67 \cdot 10^{-7} \pm 0,32 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ (}\pm 4,8\% \text{)}$$

## Auswertung der Messergebnisse des Doppelspaltes

(Intensitätsverteilung des Doppelspaltes auf Beiblatt 2)

Spaltabstand  $b' = 0,05 \text{ mm}$

Abstand der Spaltmitten  $b = 0,1 \text{ mm}$

### Lage und Höhe der Maxima sowie die Lage der Minima:

Bei der Intensitätsverteilung zeigt sich sehr deutlich, dass die Intensität der Maxima zwar (ausgehend von 0. Maximum) stark abnehmen, aber im Vergleich zum Einfachspalt, noch länger auf hohem Niveau bleibt. Dies ist charakteristisch für den Doppelspalt. Des Weiteren liegen auch die für den Doppelspalt typischen äquidistanten Abstände der Maxima vor. Dieser Abstand lässt sich aus der Intensitätsverteilung des Doppelspaltes ablesen.

$$\Delta d = 1,1 \pm 0,05 \text{ cm} \text{ (Abstand der Maxima)}$$

{Eintragen in Bild}

$$\lambda = \frac{\Delta d b}{s} \text{ (Herleitung analog zum Einfachspalt)}$$

$$\lambda_2 = 6,67 \cdot 10^{-7} \pm 0,32 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ (}\pm 4,8\% \text{)}$$

## Auswertung der Messergebnisse des Dreifachspaltes

(Intensitätsverteilung des Dreifachspaltes auf Beiblatt 3)

$$\begin{array}{ll} \text{Spaltabstand} & b' = 0,05 \text{ mm} \\ \text{Abstand der Spaltmitten} & b = 0,1 \text{ mm} \end{array}$$

### Lage und Höhe der Maxima sowie die Lage der Minima:

Bei der Intensitätsverteilung zeigt sich sehr deutlich, dass die Intensität der Maxima ausgehend vom 0. Maxima abnehmen. Dabei befindet sich aber, charakteristisch für den Doppelspalts, zwischen je zwei Hauptmaxima ein Nebenmaximum (Anzahl der Spalte – 2) und somit auch zwei Nebenminimum (Anzahl der Spalte – 1). Dabei ist der Abstand der Hauptmaxima aber weiterhin konstant.

### Gesamtvergleich der drei Intensitätsbilder

- Ähnlichkeiten:*
- bei allen Intensitätsbilder konstantes  $\Delta d$
  - deutliche Maxima und Minima (Interferierende Lichtstrahlen)
- Unterschiede:*
- Intensität und Größe der Maxima (Siehe Beschreibungen weiter oben)
  - Nebenmaxima ab 3-fach-Spalt
- Spaltabstand:*  
(nicht Abstand der Spaltmittelpunkte)
- Es wurde jeweils kleine Spaltabstände bevorzugt, da dadurch von diesen Spalten annähernd Elementarwellen ausgehen, und die Einzelspalteffekte reduziert werden. [Vgl. hierzu Beiblatt 4 (doppeltem Spaltabstand;  $b' = 0,1 \text{ mm}$ ) mit Beiblatt 2 ( $b' = 0,05 \text{ mm}$ )]

### Prozentualer Fehler bei der Beleuchtungsstärkemessung

Bei diesem Messverfahren wurde nicht berücksichtigt, dass der Abstand (Spalt – Luxmetersonde) mit wachsendem  $x$  zunimmt. Die Beleuchtungsstärke nimmt aber mit  $1/r^2$  ab.

Die vom Laser ausgehende Strahlung entspricht

$$1 = 100 \%$$

Da die Intensität des Lasers aber um ca. 5 % schwankt entspricht die Ausgangsleistung ( $E_0$ )

$$95 - 105 \%$$

Da die Beleuchtungsstärke mit  $1/r^2$  abnimmt, treffen von diesen 95 – 105 % nur noch

$$E_v = \frac{1}{r^2} E_0$$

auf das Luxmeter.

Dies bedeutet, dass bei dem 0. Maximum ( $\alpha = 0^\circ$ ;  $r = s$ ) nur

$$E_v = \frac{1}{s^2} E_0 = 0,367 E_0$$

Dies entspricht

$$34,9 - 38,6 \%$$

der Ausgangsstrahlung von 95 – 105 %.

Für den größtmöglichen Winkel  $\alpha_{Max}$  mit einer X-Auslenkung (ausgehend vom 0. Maximum) von

$$x = 13,3 \text{ cm}$$

ergibt sich somit

$$r_{max} = \sqrt{x^2 + s^2} = 1,6554 \text{ m} .$$

Folglich ergibt sich für

$$E_{\max} = \frac{1}{r_{\max}} E_0 = 0,364 E_0$$

Dies entspricht

$$34,6 - 38,3 \%$$

der Ausgangsstrahlung von 95 – 105 %.

Dies ergibt für den größten gemessenen Winkel eine Abweichung von

$$0,3 \%$$

vom 0. Maximum.

### ***Beurteilung des Versuchs***

Da fast alle Messergebnisse von technischen Geräten (X-Y-Schreiber) aufgezeichnet wurden, konnten sehr genaue Messergebnisse erreicht werden und somit konnten auch die Interferenzerscheinungen gut dargestellt werden.

Leider gab es bei diesem Praktikum zuerst Probleme mit dem Laser. Und zwar in der Art, dass gar keine Intensitätsschwankungen vom Fotodetektor registriert werden konnten. Dies lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass das vom Laser abgestrahlte Licht nicht stark genug war. Nachdem der Laser aber durch einen anderen leistungsstärkeren ersetzt wurde, konnten die Intensitätsschwankungen gut von dem Fotodetektor registriert werden.