

## Aufgaben 11      **Beugung** **Ideales Gitter, Einzelspalt, Fraunhofer-/Fresnel-Beugung**

### Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem idealen Gitter kennen und verstehen.
- die Interferenzbedingungen für das Auftreten konstruktiver und destruktiver Interferenz bei der Beugung von Licht an einem idealen Gitter kennen, verstehen und anwenden können.
- wissen und verstehen, wie ein ideales Gitter als Spektrometer verwendet werden kann.
- wissen und verstehen, wie ein Hologramm erzeugt wird.
- wissen, dass ein Hologramm beim Auslesen als Beugungsgitter wirkt.
- den Unterschied zwischen der Fraunhofer- und der Fresnel-Beugung kennen.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem Einzelspalt kennen und verstehen.
- die Interferenzbedingung für das Auftreten destruktiver Interferenz bei der Beugung von Licht an einem Einzelspalt kennen, verstehen und anwenden können.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem realen Gitter als Modulation des Interferenzmusters bei der Beugung an einem idealen Gitter mit dem Interferenzmuster bei der Beugung an einem Einzelspalt verstehen.

### Aufgaben

11.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca die folgenden Abschnitte:

- 30.4 Beugungsgitter (Seiten 1093 bis 1095)
- 30.5 Fraunhofer'sche und Fresnel'sche Beugung (Seiten 1096 und 1097)
- 30.6 Beugungsmuster beim Einzelspalt (Seiten 1097 bis 1100)

11.2 Studieren Sie im Buch KPK 3 die folgenden Abschnitte:

- 5.7 Beugung am Gitter – das Gitterspektrometer (Seiten 71 und 72)
- 5.8 Zwei- und dreidimensionale Gitter (ohne quantitative Berechnungen, Seiten 72 bis 74)

11.3 **Experimente Posten 1: Beugung am Gitter (24 min)**

(Optische Profilbank, Leuchte, Farbfilter, Linse  $f = +50$ , Leuchtspalt, Linse  $f = +100$ , Gitter 80 Linien/mm, Schirm)

- a) Beobachten Sie bei weissem Licht das Beugungsmuster auf dem Schirm:
  - Beugungsordnungen
  - Anordnung der Farben
  - Breite der Beugungsordnungen
  - Abhängigkeit des Beugungsmuster vom Abstand Gitter-Schirm
- b) Wiederholen Sie die Aufgabe a) mit rotem und blauem Licht. Schieben Sie dazu die entsprechenden Farbfilter in den Blendenschacht der Leuchte.
- c) Bestimmen Sie die Wellenlänge des roten bzw. blauen Lichtes:
  - i) Messen Sie den Abstand Gitter-Schirm.
  - ii) Messen Sie die Abstände der Beugungsordnungen auf dem Schirm.
  - iii) Berechnen Sie mit Hilfe der Interferenzbedingung für das Auftreten konstruktiver Interferenz, geeigneter geometrischer Beziehungen und der Resultate aus i) und ii) die Wellenlänge.

11.4 **Experimente Posten 2: Beugung an verschiedenen Gittern** (8 min)

(Optische Bank, Leuchte für weisses Licht, He-Ne-Laser, Leuchtspalt, Linse  $f = +150$  mm, Gitter 600 Linien/mm / Gitter mit unbekannter Gitterkonstante auf Schwenkarm, Schirm)

Ein Gitter wird gleichzeitig mit weissem Licht und mit rotem Laser-Licht beleuchtet.

a) *Gitter mit 600 Linien/mm*

Beobachten und vergleichen Sie die beiden Beugungsmuster auf dem Schirm.

b) *Gitter mit unbekannter Gitterkonstante*

Beobachten Sie die Unterschiede zu den Beugungsmustern beim Gitter mit 600 Linien/mm. Beurteilen Sie, ob das Gitter mit der unbekanntenen Gitterkonstante mehr oder weniger als 600 Linien/mm aufweist.

11.5 Paralleles Licht der Wellenlänge 550 nm trifft auf ein Gitter mit 750 Strichen pro Millimeter. Das Beugungsmuster wird auf einem Schirm im Abstand 2.50 m betrachtet.

Bestimmen Sie den Abstand des Beugungsmaximums erster Ordnung vom Zentralstrahl.

11.6 Ein 1.00 mm breiter Spalt wird mit Licht der Wellenlänge 589 nm beleuchtet. Auf einem 3.00 m entfernten Schirm entsteht ein Beugungsmuster.

Bestimmen Sie den Abstand zwischen den ersten beiden Beugungsminima auf der gleichen Seite des Musters.

11.7 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben: A30.3, A30.13, A30.14 a), A30.18, A30.19, A30.20 a), A30.26

11.8 Studieren Sie die folgenden **Applets**. Sie finden die Applets unter <http://www.thomasborer.ch> → Physik → Dokumente/Applets/Links

- Beugung am Spalt (1)
- Beugung am Spalt (2)
- Beugung am Spalt/Doppelspalt/Vielfachspalt (nur Einfachspalt)

11.9 Führen Sie den folgenden **Quiz** durch. Sie finden den Quiz unter <http://www.thomasborer.ch> → Physik → Dokumente/Applets/Links

- LEIFI-Quiz „Spaltabbildung“

11.10 (siehe nächste Seite)

11.10 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.  
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

|  | wahr                     | falsch                   |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a) Eine auf einem Schirm beobachtete Intensitätsverteilung bei der Beugung von Licht an einem Einzel- oder Mehrfachspalt beruht sowohl auf Beugung als auch auf Interferenz. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Bei der Beugung von rotem und blauem Licht an einem idealen Gitter ist der Winkel der ersten Beugungsordnung beim roten Licht grösser als beim blauen Licht.              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Wenn man das in b) geschilderte Experiment unter Wasser ausführte, würden die Winkel der ersten Beugungsordnungen kleiner.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Beim Beugungsmuster eines idealen (d.h. mit unendlich dünnen Spalten versehenen) Gitters haben alle hellen Interferenzstreifen die gleiche Intensität.                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Das Beugungsmuster eines idealen Dreifachspaltes unterscheidet sich nicht von demjenigen eines idealen Vierfachspaltes.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Lösungen**

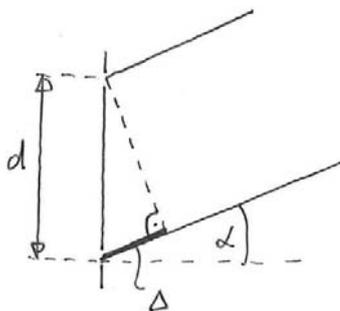
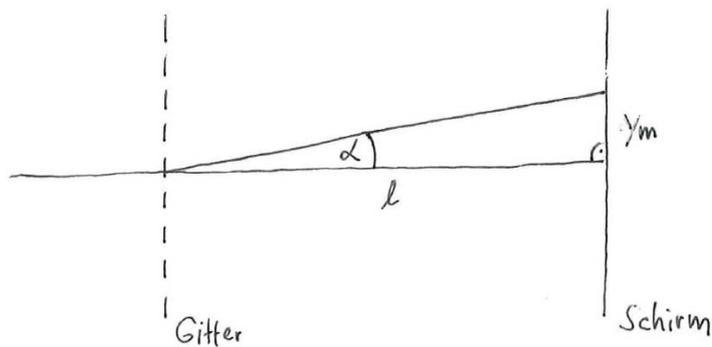
11.1 ...

11.2 ...

11.3 ...

- 11.4 a) ...  
b) weniger als 600 Linien/mm

11.5



$$\Delta = m \cdot \lambda \quad (m \in \mathbb{Z}) \quad \text{konstr. Interferenz}$$

$$\Delta = d \cdot \sin(\alpha)$$

$$N \cdot d = \Delta S$$

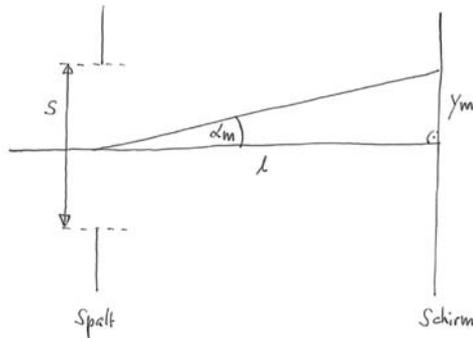
$$\tan(\alpha) = \frac{y_m}{l}$$

| Unb.     | Bek.                       |
|----------|----------------------------|
| $\Delta$ | $m = 1$                    |
| $d$      | $\lambda = 550 \text{ nm}$ |
| $\alpha$ | $N = 750$                  |
| $y_m$    | $\Delta S = 1 \text{ mm}$  |
|          | $l = 2.50 \text{ m}$       |

$$\begin{aligned} y_m &= l \cdot \tan(\alpha) \\ &= l \cdot \tan\left(\arcsin\left(\frac{\Delta}{d}\right)\right) \\ &= l \cdot \tan\left(\arcsin\left(m \cdot \frac{N \cdot \lambda}{\Delta S}\right)\right) \end{aligned}$$

$$y_1 = 1.13 \text{ m}$$

11.6



Dunkelstellen beim Spalt

$$\sin(\alpha_m) = m \cdot \frac{\lambda}{S} \quad (m \in \mathbb{Z} \setminus \{0\})$$

$$\sin(\alpha_m) = m \cdot \frac{\lambda}{S}$$

$$\tan(\alpha_m) = \frac{y_m}{l}$$

$$\Delta y = y_{m_2} - y_{m_1}$$

| Unb.       | Bek.                       |
|------------|----------------------------|
| $\alpha_m$ | $m$                        |
| $y_m$      | $\lambda = 589 \text{ nm}$ |
| $\Delta y$ | $S = 1.00 \text{ mm}$      |
|            | $l = 3.00 \text{ m}$       |

$$\begin{aligned} \Delta y &= l \left( \tan(\alpha_{m_2}) - \tan(\alpha_{m_1}) \right) \\ &= l \left( \tan\left(\arcsin\left(m_2 \frac{\lambda}{S}\right)\right) - \tan\left(\arcsin\left(m_1 \frac{\lambda}{S}\right)\right) \right) \end{aligned}$$

$$m_1 := 1$$

$$m_2 := 2$$

$$\Rightarrow \Delta y = 1.77 \text{ mm}$$

11.7 ...

11.8 ...

11.9 ...

- 11.10
- a) wahr
  - b) wahr
  - c) wahr
  - d) wahr
  - e) falsch