

Aufgaben 12 **Beugung** **Ideales Gitter, Einzelspalt, Reales Gitter**

Lernziele

- 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.
- 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.
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten können.

Aufgaben

12.1 **Vorgängiges Selbststudium**

- a) Studieren Sie im Lehrbuch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
 - 5.5 Beugung am Gitter – das Gitterspektrometer (Seite 46, ohne Formel „Beugung am Gitter“ in grauem Kasten, ohne Aufgaben)
 - 5.6 Zwei- und dreidimensionale Gitter (Seite 47, ohne quantitative Berechnungen, ohne Aufgaben)
- b) Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
 - 30.6 Beugungsmuster beim Einzelspalt (nur bis „... ähnlich wie einer der Spalte in Abb. 30.7a.“, Seiten 1114 und 1115)

Hinweis:

 - Die Formel 30.10 wird im Unterricht hergeleitet werden.
- c) Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:
 - [Beugung am Gitter mit Weisslicht](#) (0:52)
- d) Führen Sie in Moodle den [Test 12.1](#) durch.

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

Bestimmen Sie den Abstand des Beugungsmaximums erster Ordnung vom Zentralstrahl.

Hinweise:

- Die Orte der Beugungsmaxima auf einem Schirm sind die gleichen wie bei einem Doppelspalt.
- Beim Doppelspalt wird bei der Herleitung der Formel für die Orte der Beugungsmaxima auf dem Schirm (Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 30.5, Seite 1109) die Kleinwinkelnäherung $\tan(\theta_m) \approx \sin(\theta_m)$ verwendet.
- Bei der hier vorliegenden Aufgabe 12.2 sind die Zahlenwerte jedoch so, dass die Kleinwinkelnäherung zu einem Fehler führt, der je nach Anforderung an die Genauigkeit nicht vernachlässigbar ist.
- Lösen Sie diese Aufgabe 12.2 deshalb sowohl **ohne** als auch **mit** Kleinwinkelnäherung, und vergleichen Sie die beiden Resultate.

- 12.3 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.

12.4 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
30.3, 30.13, 30.14 a), 30.18, 30.19, 30.20 a), 30.27

12.5 Studieren Sie die folgenden **Applets**:
- [Beugung von Licht am Einfachspalt](#)
- [Beugung und Interferenz: Vielfachspalt und Gitter](#) (zum Applet etwas hinunterscrollen)

12.6 Führen Sie den folgenden **Quiz** durch:
- [LEIFI-Quiz „Interferenzmuster am Einfach- und Mehrfachspalt“](#)

12.7 Führen Sie in Moodle den [Test 12.3](#) durch.

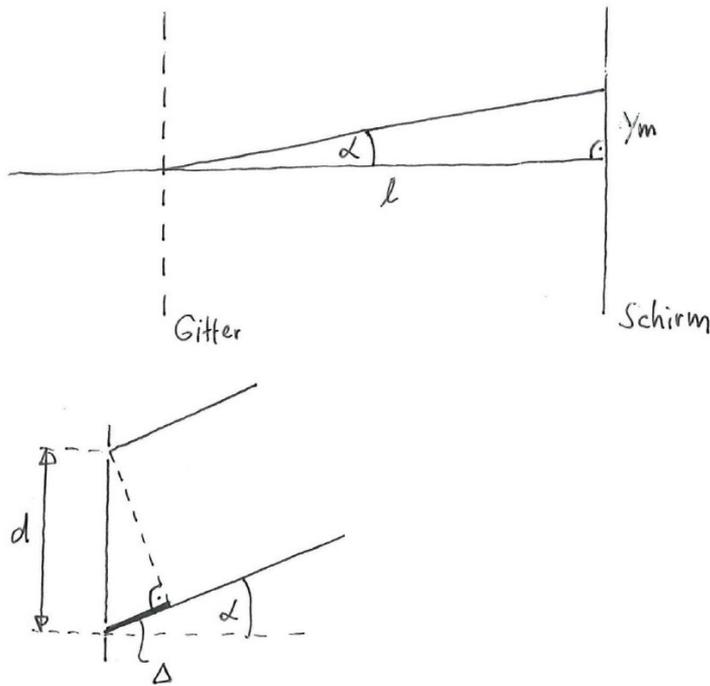
12.8 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

	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

12.1 -

12.2



ohne Kleinwinkelnäherung

$\Delta = m \cdot \lambda \quad (m \in \mathbb{Z}) \quad \text{konstr. Interferenz}$	<u>Unb.</u>	<u>Beh.</u>
$\Delta = d \cdot \sin(\alpha)$	Δ	$m = 1$
$N \cdot d = \Delta s$	d	$\lambda = 550 \text{ nm}$
$\tan(\alpha) = \frac{y_m}{l}$	α	$N = 750$
	y_m	$\Delta s = 1 \text{ mm}$
		$l = 2.50 \text{ m}$

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

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

mit Kleinwinkelnäherung

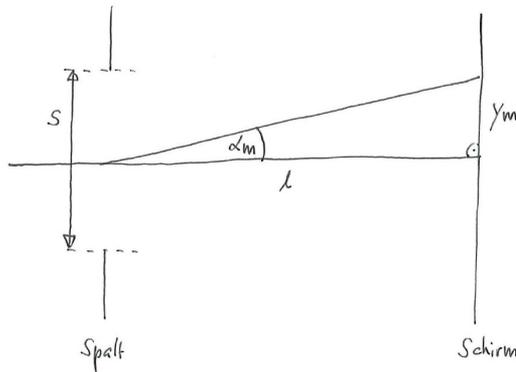
$$y_m = m \frac{\lambda \cdot l}{d} \quad (\text{Lehrbuch Tipler/Mosca, Formel 30.5, Seite 1109})$$

$$N \cdot d = \Delta s$$

$$y_m = m \frac{\lambda \cdot l \cdot N}{\Delta s}$$

$$y_1 = 1.03 \text{ m}$$

12.3



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.
α_m	m
y_m	$\lambda = 589 \text{ nm}$
Δy	$S = 1.00 \text{ mm}$
	$l = 3.00 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned} m_1 &:= 1 \\ m_2 &:= 2 \end{aligned}$$

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

12.4 (siehe Arbeitsbuch Mills)

12.5 -

12.6 -

12.7 -

- 12.8
- a) wahr
 - b) wahr
 - c) wahr
 - d) wahr
 - e) falsch