

Bemerkung:

- Beugung am Spalt rot/grün
- Beugung Irisblende

14.9 Beugung am Gitter

1821 Fraunhofer: Beugung am Gitter

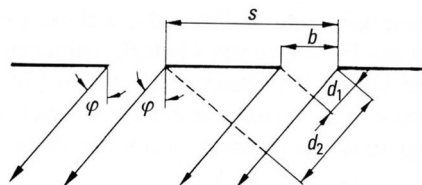


Abbildung 1: Zur Lichtbeugung an zwei nebeneinanderliegenden Spalten.

s ... Gitterabstand

b ... Spaltbreite

$$I_\varphi \propto \langle E_\varphi^2 \rangle \cdot \frac{\sin^2 \frac{p\delta_2}{2}}{\sin^2 \frac{\delta_2}{2}} \quad \text{mit} \quad \langle E_\varphi^2 \rangle \propto \frac{\sin^2 \delta_{1/2}}{\delta_{1/2}^2}$$

$\langle E_\varphi^2 \rangle$... Beugung am Einzelspalt
Interferenz 1. Klasse

$\frac{\sin^2 \frac{p\delta_2}{2}}{\sin^2 \frac{\delta_2}{2}}$... Vielstrahlinterferenz an Spalten
Interferenz 2. Ordnung

Gangdifferenz Randstrahlen:

$$d_1 = b \cdot \sin \varphi \quad \implies \quad \delta_1 = \frac{2\pi d_1}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} b \cdot \sin \varphi$$

Gangdifferenz homogener Strahlen von 2 Spalten:

$$d_2 = s \cdot \sin \varphi \quad \implies \quad \delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} d_2 = \frac{2\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi$$

$$I_\varphi \propto \frac{\sin^2 \left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi \right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi \right)^2} \cdot \frac{\sin^2 \left(\frac{p\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right)}{\sin^2 \left(\frac{\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right)}$$

Bemerkung:

- Beugung am Transmissionsgitter

- Reflexionsgitter

Doppelspalt $p = 2$:

Minima, 1. Klasse:

$$\sin \varphi_k = k \frac{\lambda}{b} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Zentralmaximum, 1. Klasse:

$$k = 0 \quad \text{Breite: } \frac{2\lambda}{b}$$

Faktor, der Maxima und Minima 2. Klasse bestimmt, lässt sich umschreiben:

$$\frac{\sin^2 \left(\frac{p\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right)}{\sin^2 \left(\frac{\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right)} = 4 \cos^2 \left(\frac{\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right)$$

\implies neue Minima, 2.Klasse:

$$\sin \varphi_h = \frac{2h + 1}{2s} \quad h = 1, 2, 3, \dots$$

\implies Abstand der neuen Minima:

$$\frac{\lambda}{s}$$

\implies Minima 2. Klasse modulieren Zentralmaximum 2. Klasse
Maxima 2. Klasse:

$$\cos \left(\frac{\pi}{\lambda} s \cdot \sin \varphi \right) = \pm 1 \quad \Leftrightarrow \quad \sin \varphi_{h'} = \frac{h'\lambda}{s} \quad h' = 0, 1, 2, \dots$$

Maxima haben $4 \times$ Intensität \implies Hauptmaxima!

Mehrfachspalte, Gitter

Intensitäten der Hauptmaxima

$$\sin \varphi_k = \frac{k\lambda}{s}$$

werden stärker $\propto p^2$

Spektroskopische Anwendungen:

- sehr gute Trennung benachbarter Wellenlängen

$$p \approx 10^4 - 10^5 \quad s = 2,4 \mu\text{m}$$

$$\text{für } k = 1 : \quad \varphi_{\text{rot}} - \varphi_{\text{violett}} = 8,3^\circ$$

$$\text{für } k = 3 : \quad \varphi_{\text{rot}} - \varphi_{\text{violett}} = 33,5^\circ$$

- Farben werden stets proportional ihrer Wellenlänge abgelenkt = Normalspektrum

- Auflösungsvermögen des Gitters:

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = kp$$

typische Auflösungsvermögen:

Flintglasprisma:	17 300
Lummer-Gehrcke Gitter:	297 000
Fabry-Pérot:	24 000 000

- schräger Einfall unter Winkel α :

$$s' = s \cdot \cos \alpha$$

- typischerweise werden **Reflexionsgitter** angewendet: \implies wellenlängenselektiver Spiegel

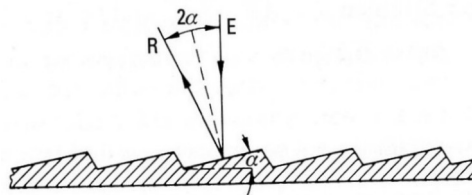


Abbildung 2: Geblaztes Gitter (Blaze-Gitter, Echelette-Gitter).

Herstellung von Gittern:

- dünne Drähte: 400 Striche/mm
- Reflexionsgitter: 1700 Striche/mm
- holografisches Gitter: photoempfindlicher Lack auf Träger wird durch Interferenz-Streifen eines Lasers konstruiert
- Amplituden- und Phasengitter:
 Amplitudengitter: periodisch variierte Transmission
 Phasengitter: periodische Modulation der Phase, z. B. Reflexionsgitter

Bragg'sche Reflexion, Volumengitter:

- eigentlich Röntgenstrahlung
- bei Licht Ultraschallwellen

Volumengitter, z. B. Schichtstruktur mit Gitterkonstante d :
 konstruktive Interferenz:

$$2\delta = n \cdot \lambda \quad \delta = d \cdot \sin \theta \quad \implies \quad n \cdot \lambda = 2d \sin \theta$$

$$n\lambda = 2d \sin(90^\circ - \alpha)$$

Akustoptische Deflektoren AOD

Ultraschallwellen führen zu periodischen Verdichtungen und verdünnungen eines Kristalls, der dadurch als Beugungsgitter funktioniert

\implies Gerät zur Lasermanipulation:

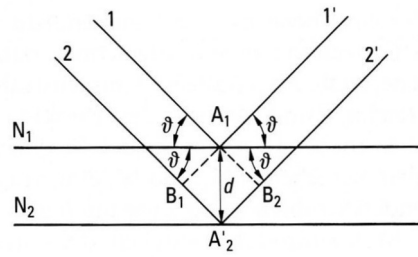


Abbildung 3: Röntgenstrahlreflexion an zwei Netzebenen.

- steuert Richtung des Laserstrahls
- steuert Laserintensität
- verschiebt mittels Dopplereffekt etwas die Laserwellenlänge
- pulst die Laserquelle, lange Pulse

Bemerkungen:

- thermische vs. Linienstrahlen
- Faserspektrometer
- Eingriff in die Beugungswinkel(?)