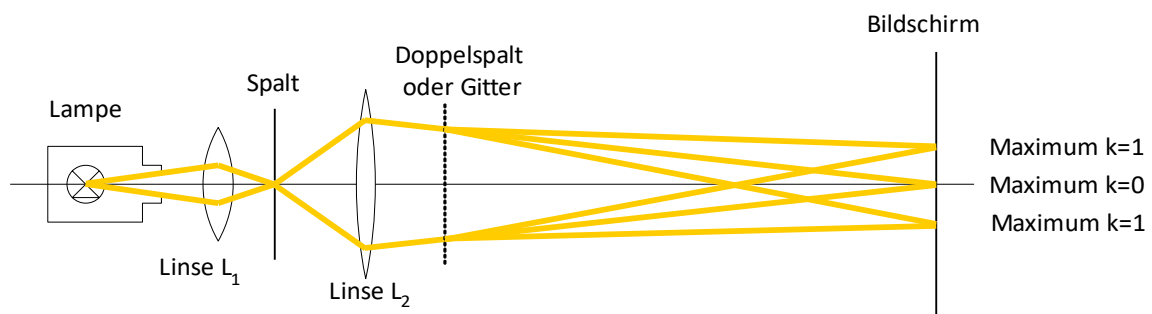


Physik Q11		
Licht als Welle	Teil 3	6.-10. Juli

Interferenzen mit weißem Licht

Licht einer normalen Weißlicht-Lampe (Glühlampe, Energiesparlampe, Halogenlampe) eignet sich normalerweise nicht für Beugungsversuche am Doppelspalt oder Gitter. Dies liegt daran, dass die Emission von Licht ein zufälliger Vorgang ist und die ausgesandten Wellenzüge in der Regel nicht kohärent sind. Das bedeutet, dass die einzelnen Wellenzüge sehr kurz sind und jeder Wellenzug eine andere Phasenlage hat.

Damit man mit weißem Licht einer Glühlampe Interferenzversuche machen kann, muss man deshalb einige Vorkehrungen treffen. Der gesamte Versuchsaufbau ist im folgenden Bild skizziert.



Das Licht der Lampe wird zunächst mit einer Linse L_1 auf einen sehr schmalen Spalt gebündelt. Dieser Spalt dient dann als eigentliche Lichtquelle für den Interferenzversuch.

Mit einer zweiten Linse L_2 wird der Spalt scharf auf den Bildschirm abgebildet. In den Strahlengang bringt man danach den Doppelspalt oder das optische Gitter.

Auf dem Bildschirm entstehen die Maxima verschiedener Ordnung, wenn für den Gangunterschied zwischen den einzelnen Wellenzügen $\Delta s = k \cdot \lambda$; ($k = 0; 1; 2; 3; \dots$) bzw. für den Winkel α_k gilt, dass

$$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}; \quad (k = 0; 1; 2; 3; \dots) \text{ ist.}$$

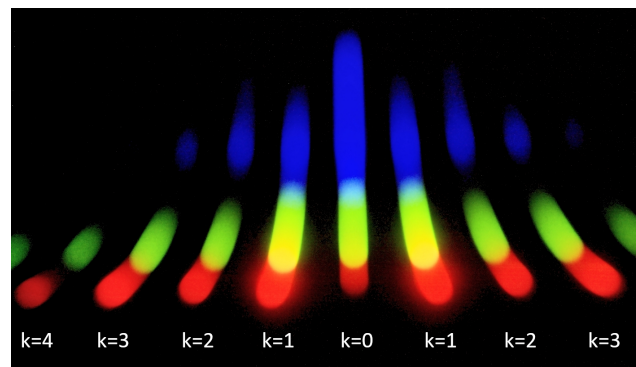
Für $k=0$ erhält man das Zentralmaximum für alle Wellenlängen die im weißen Licht enthalten sind. Dieses Maximum ist daher ebenfalls weiß.

Ab $k=1$ ist die Lage der Maxima aber abhängig von der Wellenlänge. Je größer λ ist, desto größer ist auch der Winkel α_k , unter dem das Maximum k -ter Ordnung auftritt.

Ausgehend vom Zentralmaximum folgen nach außen hin die 1. Maxima für violett, blau, grün, gelb, orange, rot. Danach kommen die Maxima 2. Ordnung in der gleichen Reihenfolge.

Das Bild zeigt die Aufnahme eines Gitterspektrums. Zusätzlich wurde in den Strahlengang ein Prisma eingebracht, das das weiße Licht in die verschiedenen Spektralfarben in senkrechter Richtung zerlegt hat. Hinter dem Prisma befand sich das optische Gitter, das die einzelnen Spektralfarben unterschiedlich stark gebeugt hat.

Das Maximum für $k=0$ in der Mitte ist gerade, die anderen Maxima liegen auf gekrümmten Kurven.



Physik Q11		
Licht als Welle	Teil 3	6.-10. Juli

Geht man vom Maximum 2. Ordnung für rotes Licht senkrecht nach oben, dann stößt man bereits auf das Maximum 3. Ordnung für blaues Licht. Die Maxima für verschiedene Farben überlappen sich also.

Aufgabe

Bei einem Beugungsversuch an einem Gitter mit 200 Strichen pro Millimeter wird Licht mit Wellenlängen zwischen 400 nm und 650 nm verwendet. Ab welcher Ordnung überlagern sich die Maxima?

Lösung

200 Striche pro Millimeter bedeutet, dass zwei benachbarte Spalte des Gitters einen Abstand $b = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{200} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 5 \mu\text{m}$ haben.

Die erste Überlagerung tritt im Interferenzbild auf, wenn der Winkel, unter dem das k -te Maximum für die größte Wellenlänge λ_1 auftritt, größer oder gleich dem Winkel für das $(k+1)$ -te Maximum der kleinsten Wellenlänge λ_2 ist (siehe dazu das Foto auf Seite 1), also wenn $\sin \alpha_{k;\lambda_1} \geq \sin \alpha_{k+1;\lambda_2}$ gilt.

Mit der Beziehung $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ erhält man:

$$\begin{aligned} \sin \alpha_{k;\lambda_1} &\geq \sin \alpha_{k+1;\lambda_2} \\ \frac{k \cdot \lambda_1}{b} &\geq \frac{(k+1) \cdot \lambda_2}{b} \\ \Rightarrow k \cdot \lambda_1 &\geq k \cdot \lambda_2 + \lambda_2 \\ k \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) &\geq \lambda_2 \\ k &\geq \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \\ k &\geq \frac{400 \text{ nm}}{650 \text{ nm} - 400 \text{ nm}} \\ k &\geq 1,6 \end{aligned}$$

Das 2. Maximum für λ_1 tritt also bereits unter einem größeren Winkel auf als das 3. Maximum für λ_2 . Der Spaltabstand des verwendeten Gitters spielt dabei überhaupt keine Rolle.

Interferenzbilder mit weißem Licht kann z.B. an CDs oder DVDs sehen, wenn man diese im Licht dreht. An den sehr feinen Strukturen der CD- bzw. DVD-Spuren wird das Licht reflektiert und dabei gebeugt. Man spricht in diesem Fall von einem *Reflexionsgitter*.

Andere optische Phänomene, die auf Interferenzen beruhen, werden im Teil 4 besprochen.

Bsp: Reflexion an CD oder DVD (Reflexionsgitter; sehr dünne Spuren)