

Lehrplananbindung: 10.3 Wellenlehre und Einblick in die Quantenphysik – Interferenz

Kompetenzen: Neben den Fachkenntnissen liegt der Schwerpunkt bei

<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<i>Fachmethoden wiedergeben</i>	<b>Fachmethoden nutzen</b>	<i>Fachmethoden problembezogen auswählen u. anwenden</i>
<b>Kommunikation</b>	<b>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</b>	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i>	<b>Darstellungsformen selbstständig auswählen u. nutzen</b>
<b>Bewertung</b>	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i>	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen u. kommentieren</i>	<i>Eigene Bewertungen vornehmen</i>

**Aufgabenbeispiel: Wellenberge und Täler**

In der Skizze sind die Quellen  $Q_1 ( 5 | 0 )$  und  $Q_2 ( 7,5 | 0 )$  zweier harmonischer, gleichphasiger kreisförmiger Wellen mit einer Wellenlänge von  $\lambda = 1,0 \text{ cm}$  gezeichnet. Wellenberge sind durch eine durchgezogene Linie gekennzeichnet, Wellentäler durch eine gestrichelte.

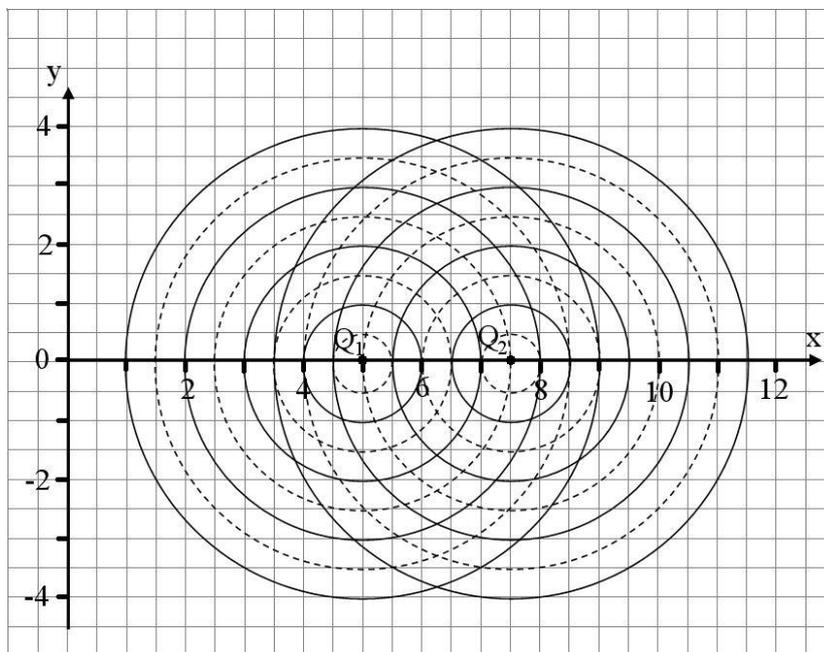


Abb. 1

- a) Markieren Sie in der Zeichnung sämtliche Punkte rot, bei denen jeweils ein Wellental der einen Quelle auf einen Wellenberg der anderen trifft.
- b) Erstellen Sie eine gleichartige Zeichnung mit den Quellen  $Q_1$  und  $Q_2$  sowie den erzeugten Kreiswellen in einem neuen Koordinatensystem, bei der die Kreiswellen um  $\lambda/2$  weitergewandert sind. Begründen Sie kurz, dass dann die durchgezogenen Linien von Abb. 1 durch gestrichelte ersetzt werden müssen und umgekehrt. Markieren Sie auch hier die Punkte, bei denen jeweils ein Wellental der einen Quelle auf einen Wellenberg der anderen trifft.
- c) Welche besondere Eigenschaft bezüglich ihres Ortes haben die markierten Punkte in den beiden Diagrammen? Kennzeichnen Sie zudem in den Diagrammen die Linien, entlang derer offenbar stets ein Wellenberg auf ein Wellental trifft.

Orte, an denen stets Wellenberge auf -täler treffen nennt man *Interferenzminima*, solche wo stets Berg auf Berg und Tal auf Tal treffen *Interferenzmaxima*.

- d) Kennzeichnen Sie in unterschiedlichen Farben Interferenzmaxima und -minima, die auf der Geraden  $g: y = 4$  liegen.
- e) Die Punkte A ( 6,25 | 11 ) und B (16,5 | 0) liegen außerhalb des Zeichenbereichs. Entscheiden und begründen Sie, ob sich A bzw. B in einem Interferenzmaximum oder -minimum befinden.
- f) Für einen Punkt C gilt  $\overline{CQ_1} = 12,25 \text{ cm}$  und  $\overline{CQ_2} = 9,75 \text{ cm}$ . Entscheiden und begründen Sie, ob sich im Punkt C ein Interferenzmaximum oder ein -minimum befindet.
- g) Begründen Sie, warum sich auf der x-Achse links von  $Q_1$  und rechts von  $Q_2$  keine Interferenzmaxima befinden.
- h) Welche Eigenschaft bezüglich seiner jeweiligen Entfernung zu  $Q_1$  und  $Q_2$  muss ein Punkt haben, sodass an seinem Ort ein Interferenzmaximum bzw. ein Interferenzminimum herrscht? Stellen Sie hierfür eine allgemeine Regel auf, die mit Worten formuliert sein kann.

*Lösung:*

- a) -
- b) *Wenn Wellenberge um  $\lambda/2$  weitergewandert sind, befinden Sie sich genau 0,5 cm weiter von der jeweiligen Quelle entfernt, also dort, wo sich in Abb. 1 Wellentäler befinden. Analoges gilt für die Wellentäler.*
- c) *Die Orte, an denen jeweils Wellenberge und Wellentäler zusammentreffen sind in beiden Diagrammen gleich. Die Punkte liegen auf Hyperbeln; zudem sind die beiden Halbgeraden links von  $Q_1$  und rechts von  $Q_2$  derartige Zonen.*
- d) *Es gibt 5 Interferenzmaxima und 4 -minima auf der Geraden.*
- e) *A liegt auf der Mittelsenkrechten von  $Q_1$  und  $Q_2$ . Alle Punkte auf der Mittelsenkrechten haben zu  $Q_1$  und  $Q_2$  den gleichen Abstand. Aus diesem Grund befinden sich dort stets Interferenzmaxima.  
B liegt rechts von  $Q_2$  auf der Verbindungsgeraden zwischen  $Q_1$  und  $Q_2$ . B hat zu  $Q_1$  einen 2,5 cm größeren Abstand als von  $Q_2$ , sodass bei B stets Wellenberg und Wellental aufeinander treffen. Demnach befindet sich B in einem Interferenzminimum.*
- f) *C ist von  $Q_1$  um 2,5 cm weiter entfernt als von  $Q_2$ . Wenn sich bei C ein von  $Q_1$  ausgesandter Wellenberg befindet, ist zum gleichen Zeitpunkt ein von  $Q_2$  ausgesandtes Wellental bei C, Wellenberg und Wellental treffen also bei C stets aufeinander. Demnach befindet sich auch C in einem Interferenzminimum.*

- g) *An den angegebenen Stellen ist die Wegdifferenz zu den beiden Quellen stets 2,5 cm, sodass an jedem Punkt auf den angegebenen Halbgeraden stets ein Wellenberg und ein Wellental aufeinander treffen. Demnach sind diese Halbgeraden Zonen destruktiver Interferenz.*
- h) *Ist ein Punkt von  $Q_1$  gleichweit oder 1 cm oder 2 cm weiter entfernt als von  $Q_2$ , trifft dort stets Wellenberg auf -berg und -tal auf -tal. Er befindet sich also in einem Interferenzmaximum. Ist die Wegdifferenz hingegen 0,5 cm oder 1,5 cm oder 2,5 cm, löschen sich die Berge von der einen Quelle mit den Tälern der anderen aus und umgekehrt - der Punkt befindet sich dann in einem Interferenzminimum. Da die Wellenlänge 1 cm ist, herrscht immer dann eine konstruktive Überlagerung, wenn die Wegdifferenz ein Vielfaches der Wellenlänge ist; ist die Wegdifferenz ein ungerades Vielfaches der halben Wellenlänge herrscht destruktive Interferenz.*