

**1.Aufgabe:**

**1.1 Interferenzen bei Licht**

In einem ersten Experiment untersucht man Interferenzen von sichtbarem Licht, das einen Doppelspalt durchläuft. Der verwendete Doppelspalt hat einen Spaltabstand von  $d = 0,57\text{mm}$ . Der Schirm, auf dem die Interferenzen beobachtet werden können, kann in verschiedenen Entfernungen  $e$  vom Doppelspalt aufgestellt werden (Abbildung 1). Hierbei ist die verwendete Lichtwellenlänge  $\lambda$  sehr viel kleiner als der Spaltabstand  $d$  und der Spaltabstand  $d$  wiederum sehr viel kleiner als die Entfernung  $e$  (s. Abbildung 1).

Der Doppelspalt wird mit Licht einer Wellenlänge  $\lambda$  beleuchtet. Der Schirm wird in drei verschiedenen Entfernungen aufgestellt und darauf werden die entstehenden Hell- und Dunkelstellen fotografiert. Zur Messung wird ein

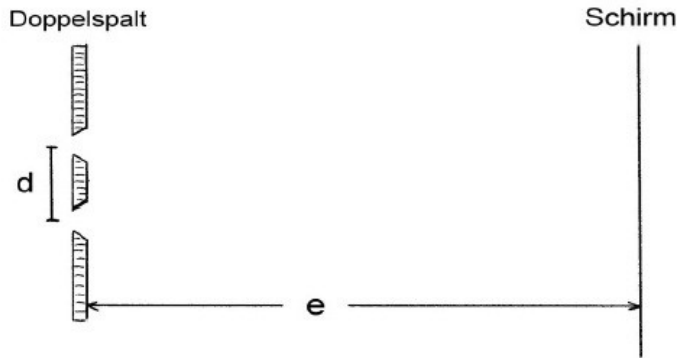


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau des Doppelspaltexperiments (nicht maßstäblich gezeichnet)

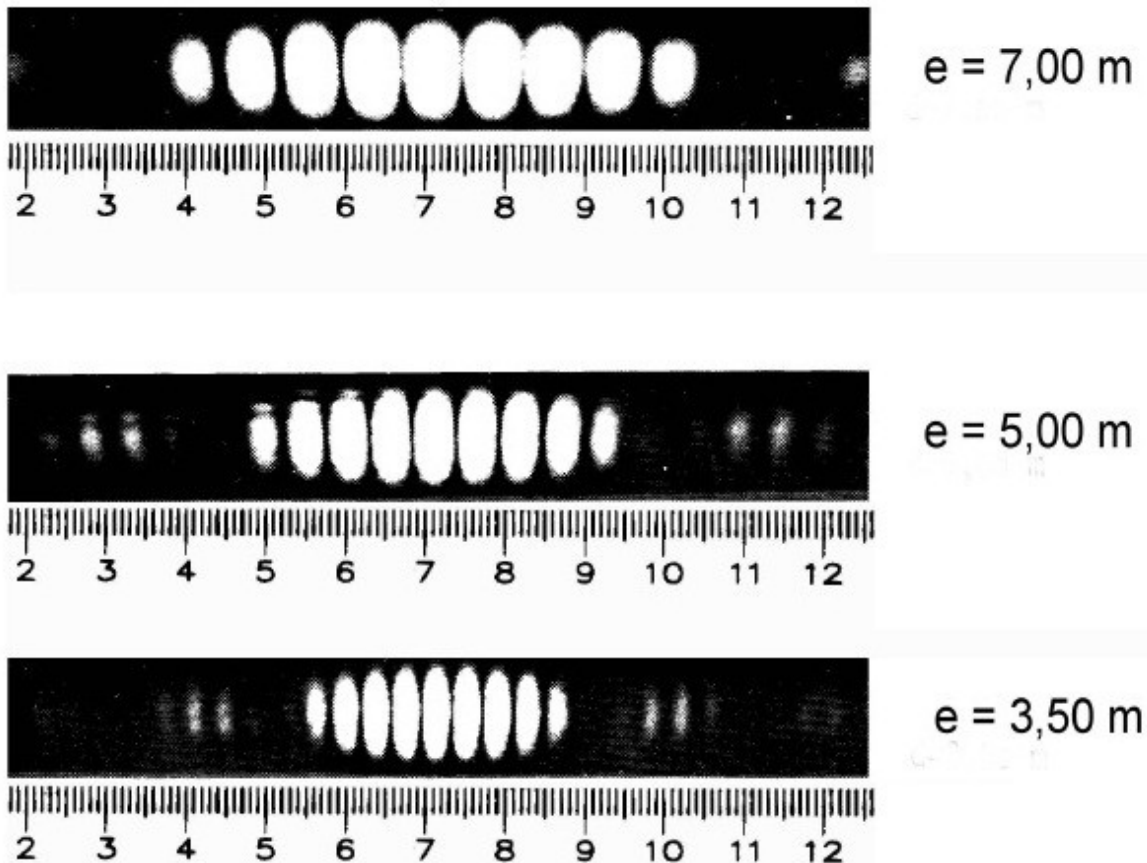


Abbildung 2: Interferenzbilder für drei verschiedene Schirmentfernungen  $e$   
(Quelle: Materialien zum Kursunterricht Physik, Teil 2, Aulis-Verlag, 1980, geändert)

Längenmaßstab mit cm-Einteilung unterlegt. Die drei entstandenen Interferenzbilder sind in Abbildung 2 dargestellt.

- a) Erläutern Sie, warum auf dem Schirm Hell- und Dunkelbereiche entstehen. (Gehen Sie dabei davon aus, dass die Spaltbreiten vernachlässigbar klein sind.)  
 b) Erläutern Sie, warum die Abfolge der Hell- und Dunkelstellen symmetrisch zum Maximum der Ordnung Null ist. Erläutern Sie dazu auch das Zustandekommen des Maximums der Ordnung Null.  
 c) Für die Entfernung des Maximums k-ter Ordnung von der Mitte der Interferenzfigur gilt näherungsweise (für kleine Winkel  $\alpha_k$ ):

$$a_k = \frac{k e \lambda}{d}$$

Leiten Sie diese Gleichung anhand einer geeigneten Skizze her und erläutern Sie Ihre Herleitungsschritte.

- d) Ermitteln Sie aus der Abbildung 2 für die drei Interferenzfiguren jeweils die Wellenlänge.  
 e) Ein Experimentator beleuchtet nun den Doppelspalt mit Licht eines Helium-Neon-Lasers mit der Wellenlänge  $\lambda = 633 \text{ nm}$ . Er misst bei dem Abstand  $e = 7,00 \text{ m}$  die Entfernung des Maximums erster Ordnung vom Maximum der Ordnung Null zu  $a_1 = 7,5 \text{ mm}$ . Berechnen Sie den prozentualen Fehler der Ablesung von  $a_1$ .

## 1.2

### Interferenzen beim Schall

In einem zweiten Experiment werden – analog zum Doppelspaltexperiment mit sichtbarem Licht – akustische Phänomene mit Schallwellen untersucht. Dazu erzeugen zwei punktförmig betrachtete Lautsprecher  $L_1$  und  $L_2$  (an den mit  $x$  bezeichneten Stellen) phasengleich Schall derselben Frequenz und derselben Intensität. Die beiden Lautsprecher haben den gegenseitigen Abstand  $d$  voneinander. Es werden die Interferenzphänomene betrachtet, die in einer Ebene stattfinden, in der auch die Lautsprecher liegen. Diese Ebene hier die Zeichenebene.

- a) In der Abbildung 3 ist ein Teil des sich in der Zeichenebene nach rechts ausbreitenden Interferenzfeldes der beiden Schallwellen zu einem festen Zeitpunkt dargestellt. Die dünn gezeichneten durchgezogenen Kreise stellen „Wellenberge“ der Schallwellen dar, die dünn gezeichneten gestrichelten Kreise stellen „Wellentäler“ dar.

*Beschreiben Sie die Interferenzergebnisse entlang der dick gezeichneten durchgezogenen Linien und entlang der dick gezeichneten gestrichelten Linien. Beschreiben Sie damit die örtliche Verteilung der Schallwellenenergie im Interferenzfeld.*

- b) Nun wird das Lautsprechersystem mit konkreten Werten betrachtet: Die Frequenz der ausgesandten Schallwellen beträgt  $f = 1134 \text{ Hz}$ . Der Lautsprecherabstand beträgt  $d = 0,75 \text{ m}$ .

*Berechnen Sie die Wellenlänge  $\lambda$  der Schallwellen. Verwenden Sie als Schallausbreitungsgeschwindigkeit den Wert  $c = 340 \text{ m/s}$ . [Kontrollwert:  $\lambda = 0,300 \text{ m}$ ]*

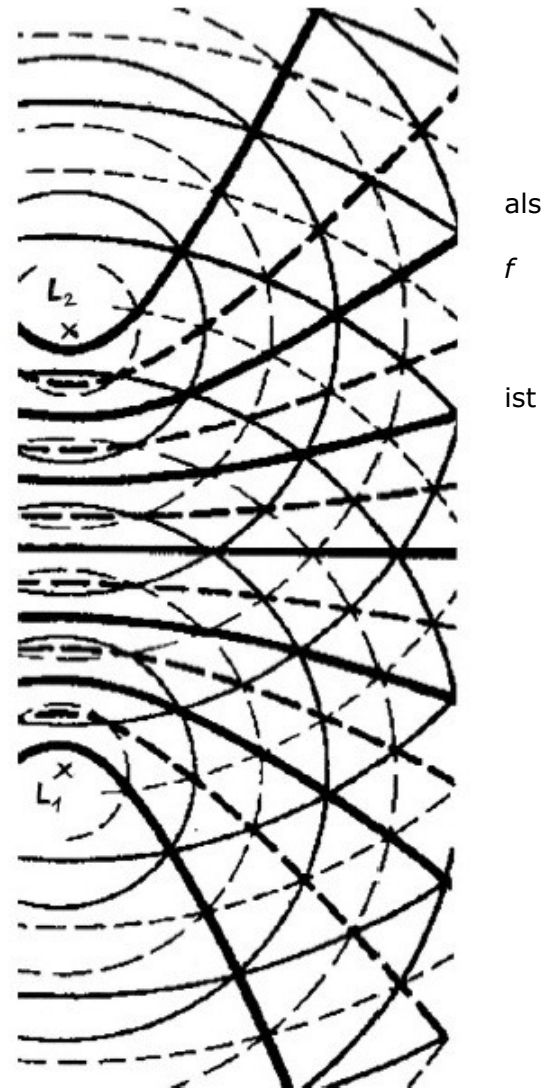


Abbildung 3: Das Interferenzfeld zweier Schallquellen

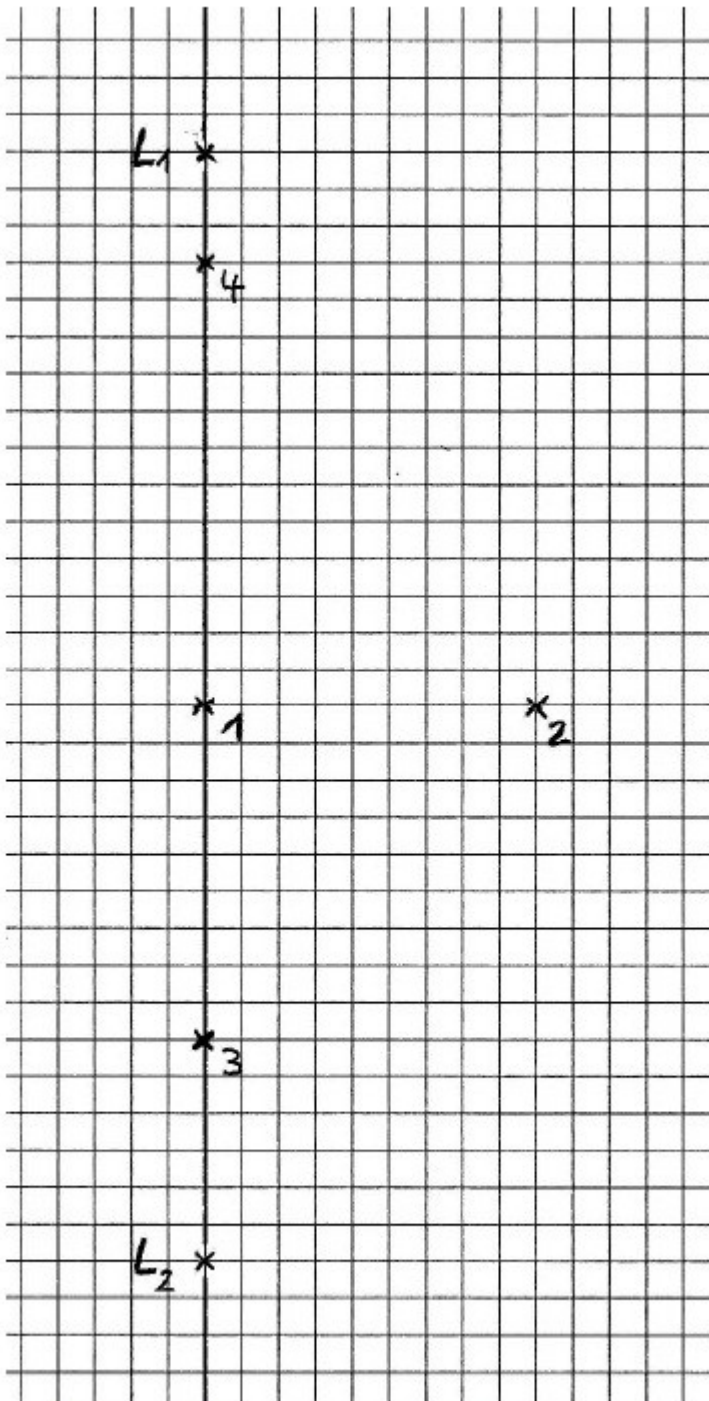


Abbildung 4: Lage der Punkte im Interferenzfeld

dazu ist die medizinische Untersuchung in einem sogenannten Kernspintomographen, bei der der zu untersuchende Patient einem hohen Geräuschpegel ausgesetzt ist. Wie sich dieser Lärm verhindern ließe, daran arbeitet unter anderem ein britisches Forscherteam: „Kernspintomographen [...] machen zudem einen Heidenlärm. [...] Unsere Technik setzt bei der Wahrnehmung an. Der Tomograph ist genauso laut wie vorher. Aber der Patient bekommt von diesem Lärm nicht mehr soviel mit. Und das funktioniert so: Ein Mikrofon nimmt den Lärm auf, und ein Prozessor errechnet aus diesem Signal in Echtzeit eine Art Gegensignal. Dieses Gegensignal geben wir dem Patienten dann auf einen Kopfhörer [...]“<sup>1</sup>

Erläutern Sie, was mit „Gegensignal“ gemeint ist, und beschreiben Sie die physikalische Wirkung dieses Signals.

c) Abbildung 4 zeigt den Bereich zwischen den beiden Lautsprechern mit den Punkten 1, 2, 3 und 4. Die Abbildung ist maßstäblich gezeichnet (die Länge eines Kästchens entspricht 2,5 cm), sodass daraus die Lagen der 4 Punkte entnommen werden können.

**Hinweis:**

Beachten Sie, dass das Interferenzfeld der beiden Schallwellen für diese konkreten Werte anders verläuft als das in Abbildung 3 allgemein dargestellte Interferenzfeld.

Geben Sie für diese vier Punkte an, welches Ergebnis die Interferenz der beiden sich überlagernden Schallwellen dort jeweils hat.

**Hinweis:** Die Skizze ist maßstäblich gezeichnet.

Begründen Sie jeweils Ihre Antwort.

Geben Sie die Lage eines weiteren Punktes auf der Verbindungslinie von L1 zu L2 an, an dem es zu einer Wellenauslöschung kommt.

Ermitteln Sie, wie viele Punkte von maximaler konstruktiver Interferenz es auf der Verbindungslinie insgesamt gibt, und geben Sie deren Lage auf der Verbindungslinie an.

d) Beschreiben Sie, wie sich das Interferenzfeld ändert, wenn die beiden Lautsprecher die Schallwellen gegenphasig aussenden, sich also die Lautsprechermembranen zu jedem Zeitpunkt genau gegenläufig bewegen.

e) In vielen Fällen ist es aus Lärmschutzgründen erwünscht, dass Lärmemission vermindert oder verhindert wird. Ein Beispiel

## 2. Aufgabe:

### 2.1

a) Leiten Sie mit einer übersichtlichen Skizze die Bedingung für Minima an einem Einzelspalt her.

b) Licht einer Wellenlänge von 550 nm geht durch einen 0,15 cm breiten Spalt und fällt auf einen 2,5 m entfernten Schirm. Wie breit ist der Streifen des Maximums 0. Ordnung (vom rechten bis zum linken Minimum 1. Ordnung)?

c) Wie breit muss ein Einzelspalt mindestens sein, damit man das Minimum k-ter Ordnung ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ) beobachten kann? Beschreiben Sie demnach die Vorgänge, die sich abspielen, wenn ein Spalt langsam ganz geschlossen wird.

### 2.2

a) Auf einem Schirm im Abstand  $e = 2,55$  m vom Gitter (250 Linien pro Zentimeter) wird im Licht einer Wellenlänge der Abstand der Maxima 1. Ordnung (links und rechts vom Hauptmaximum 0. Ordnung) zu 8,2 cm, der der 2. Ordnung zu 16,6 cm und der der 3. Ordnung zu 24,8 cm gemessen. Berechnen Sie die Wellenlänge.

b) Die beiden Maxima 1. Ordnung der grünen Hg- Linie  $\lambda = 546,1$  nm haben auf einem  $e = 3,45$  m entfernten Schirm einen Abstand von 18,8 cm. Wie groß ist die Gitterkonstante? Wie viele Gitterspalte kommen auf einen Zentimeter?

c) Ein Gitter besitzt 20 000 Linien auf 4 cm. Berechnen Sie die Winkel, unter denen das sichtbare Spektrum 1. und 2. Ordnung erscheint. Wie groß ist der Winkel zwischen beiden Spektren?

d) Durch ihre feine Rillenstruktur bedingt lässt sich eine CD-ROM als Reflexionsgitter benutzen. Lässt man das rote Licht eines He-Ne-Lasers ( $\lambda = 632,8$  nm) von einer solchen CD reflektieren, dann beobachtet man zwischen dem Hauptmaximum 0. und 1. Ordnung einen Winkel von  $22^\circ$ . Wie groß ist der Abstand der Rillen?

**Viel Erfolg!**