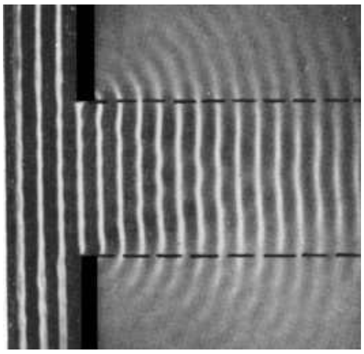
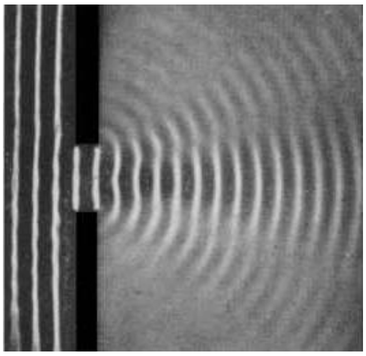
Physik * Jahrgangsstufe 10 * Wichtige Eigenschaften von Wellen

Beugung und Streuung

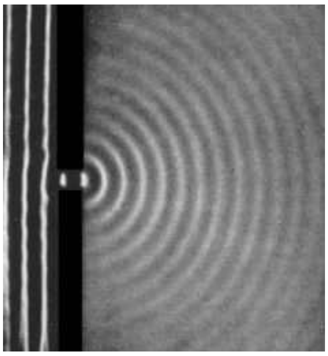
Wellen dringen in den geometrischen „Schattenraum“ hinter einem Hindernis oder einer Öffnung ein. Im Bild treffen parallele Wellen auf eine Öffnung (einen Spalt) der Breite d. Ist diese Breite d in der Größenordnung der Wellenlänge λ, so ist die **Beugung** besonders stark ausgeprägt. Ist d kleiner als λ, so spricht man auch von **Streuung** der Welle.



schwache Beugung für $d > \lambda$

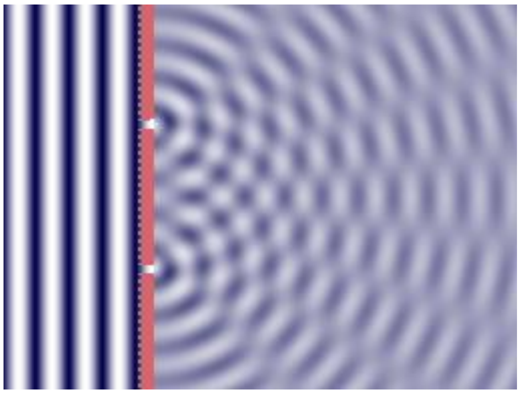


starke Beugung für $d \approx \lambda$



Streuung für $d < \lambda$
hinter dem Spalt entsteht eine kreisförmige „Elementarwelle“

Interferenz (Überlagerung) von Wellen

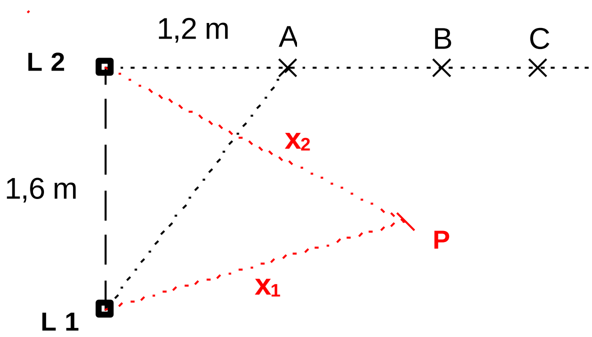


Im Bild erzeugt ein Doppelspalt zwei Elementarwellen, die mit gleicher Frequenz im Gleichtakt (man sagt gleichphasig) schwingen und sich überlagern.
Dabei gibt es Bereiche, in denen sich die beiden Elementarwellen gegenseitig „auslöschen“, weil auf einen Wellenberg der einen Elementarwelle stets ein Wellental der anderen Elementarwelle trifft.
An anderen Stellen dagegen überlagern sich die beiden Elementarwellen nicht destruktiv sondern konstruktiv, d.h. von beiden Elementarwellen treffen hier gleichzeitig Wellenberge bzw. Wellentäler zusammen und führen zu einer starken Schwingung.

Ob an einem Punkt P konstruktive oder destruktive Interferenz auftritt, hängt beim Doppelspalt nur vom Abstand dieses Punktes von den beiden Spalten ab.

Aufgabe:

Zwei Lautsprecher L_1 und L_2 senden gleichphasig eine Schallwelle der Wellenlänge $\lambda = 0{,}40\text{m}$ aus.
Die Lautsprecher sind $b = 1{,}60\text{m}$ voneinander entfernt.



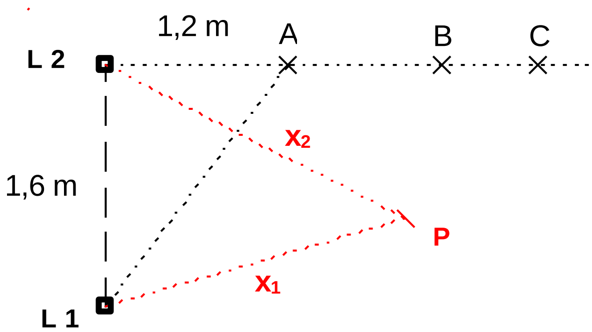
a) Berechnen Sie die Frequenz der Schallwellen.

b) Zeigen Sie, dass am Punkt A konstruktive Überlagerung stattfindet, d.h., dass man am Punkt A den Ton sehr laut wahrnimmt.

c) Gibt es Punkte B und C so, dass man bei B den Ton nur sehr leise, bei C dagegen den Ton wieder sehr laut wahrnimmt.
Berechnen Sie gegebenenfalls die Abstände dieser Punkte von L_2.

d) Begründen Sie, dass für einen Punkt P nur der so genannten Gangunterschied $\Delta s = x_2 - x_1$ entscheidet, ob man den Ton laut oder leise hört.

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Wichtige Eigenschaften von Wellen



Lösung der Aufgabe

a) $c = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340\,\frac{m}{s}}{0{,}40\,m} = 850\,Hz$

b) $\overline{AL_2} = 1{,}2\,m$ und $\overline{AL_1} = \sqrt{1{,}2^2 + 1{,}6^2}\;m = 2{,}0\,m$

Gangunterschied: $\Delta s = \overline{AL_1} - \overline{AL_2} = 2{,}0\,m - 1{,}2\,m = 0{,}80\,m = 2{,}0 \cdot \lambda$

Im Punkt A kommen die beiden Schallwellen gleichphasig an, d.h. sie überlagern sich konstruktiv. Der Ton wird daher im Punkt A laut wahrgenommen:

c) Beim Punkt B sollte der Gangunterschied $1{,}5 \cdot \lambda$ betragen, bei C dagegen genau $1{,}0 \cdot \lambda$.

Bei B: Mit $x = \overline{L_2B}$ gilt dann $x^2 + (1{,}6m)^2 = (x + 1{,}5\lambda)^2 \quad \Leftrightarrow$

$x^2 + 2{,}56\,m^2 = x^2 + 3 \cdot \lambda \cdot x + 2{,}25\lambda^2 \quad \Leftrightarrow \quad 2{,}56\,m^2 = 1{,}2m \cdot x + 0{,}36\,m^2 \quad \Leftrightarrow$

$2{,}20\,m^2 = 1{,}2m \cdot x \quad \Leftrightarrow \quad x = 1{,}8m$

Bei C: Mit $y = \overline{L_2C}$ gilt dann $y^2 + (1{,}6m)^2 = (x + \lambda)^2 \quad \Leftrightarrow$

$y^2 + 2{,}56\,m^2 = y^2 + 2 \cdot \lambda \cdot x + \lambda^2 \quad \Leftrightarrow \quad 2{,}56\,m^2 = 0{,}80\,m \cdot y + 0{,}16\,m^2 \quad \Leftrightarrow$

$2{,}40\,m^2 = 0{,}80\,m \cdot y \quad \Leftrightarrow \quad y = 3{,}0\,m$

d) Der Gangunterschied gibt an, mit welchem Phasenunterschied die beiden Wellen ankommen.

Konstruktive Interferenz (maximale Überlagerung): $\Delta s = k \cdot \lambda$ mit $k \in N_o$

Destruktive Interferenz (Auslöschung): $\Delta s = \frac{(2k+1)}{2} \cdot \lambda$ mit $k \in N_o$