

Beugung und Interferenz – Simulation von Wellenphänomenen

Mona Hitznauer



Wikimedia Commons [gemein, frei gestellt]

In dieser Unterrichtseinheit lernen Ihre Schülerinnen und Schüler anhand von interaktiven Simulationen das Prinzip von Huygens kennen, identifizieren Beugung und Interferenz als Wellenphänomene und erklären Alltagsbeobachtungen und technische Geräte. Auf spielerische Art und Weise gehen sie unter anderem der Frage nach, warum man „um die Ecke“ hören, aber nicht sehen kann. Um das erlernte Wissen zu überprüfen, haben die Jugendlichen am Ende der Einheit die Möglichkeit, eine Lernerfolgskontrolle durchzuführen.

Beugung und Interferenz – Simulation von Wellenphänomenen

Oberstufe (grundlegend)

Mona Hitznauer

Hinweise	1
M1 Prinzip von Huygens	3
M2 Hilfekarten zu M1, Aufgabe 2	5
M3 Beugung	7
M4 Interferenz nach dem Superpositionsprinzip	9
M5 Konstruktive und destruktive Interferenz	10
M6 Testen Sie Ihr Wissen!	11
Lösungen	12

Die Schüler und Schülerinnen lernen:

das Prinzip von Huygens kennen und können damit Beugung und Interferenz als typische Wellenphänomene beschreiben. Sie erklären alltägliche Beobachtungen zur Interferenz mit dem Superpositionsprinzip. Dabei setzen sie sich insbesondere mit konstruktiver und destruktiver Interferenz auseinander und betrachten Interferenzen zweier Wellen mit verschiedenen Gangunterschieden.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt Ü Übung

SI Simulation HK Hilfekarten LEK Lernerfolgskontrolle

Thema	Material	Methoden
Prinzip von Huygens	M1	AB, SI
Prinzip von Huygens	M2	HK
Beugung	M3	Ü
Interferenz nach dem Superpositionsprinzip	M4	AB
Konstruktive und destruktive Interferenz	M5	AB, SI
Lernerfolgskontrolle	LEK	AB, Ü, LEK

Kompetenzprofil:

Inhalt: Prinzip von Huygens, Beugung, Superpositionsprinzip, Interferenz, Gangunterschied, konstruktive und destruktive Interferenz

Medien: GeoGebra

Kompetenzen: Anwenden bekannte mathematischer Verfahren auf physikalische Sachverhalte (S7), Modellieren physikalischer Phänomene, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge (E4), Recherchieren zu physikalischen Sachverhalten (K1)

© RAABE 2024

Erklärung zu den Symbolen



einfaches Niveau



mittleres Niveau



schwieriges Niveau



Zusatzaufgaben

Prinzip von Huygens



Foto: Wikimedia Commons
[gemeinfrei gestellt]

Ein geknickter Pinsel? Oder doch nur ein optisches Phänomen? Eine Erklärung für solche „Magie“ lieferte schon im 17. Jhd. ein niederländischer Astronom, Mathematiker und Physiker Christiaan Huygens (Aussprache: Hörchens).

Er entwickelte ein Modell, das die Ausbreitung von Wellen – insbesondere auch Licht – beschreibt. Damit konnte er Phänomene wie die Reflexion und Brechung von Licht erklären, die mit den bis dato gängigen Modellen nicht einfach beschreibbar waren.

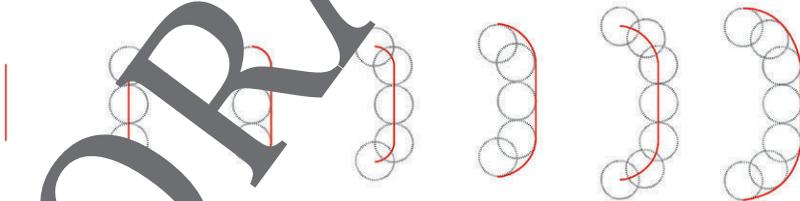
Ihm zu Ehren trägt das Modell heute den Namen **Huygenssches Prinzip**.

Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer elementaren Kreiswelle. Nach einer kurzen Zeitspanne bildet die Einhüllende aller Elementarwellen die neue Wellenfront.

Die elementaren Kreiswellen haben das gleiche Ausbreitungsmedium – die gleiche Wellenlänge und Frequenz wie die Ausgangswellenfront.

Beispiel

In einer Wasserwanne erzeugt man eine Wellenfront, indem man eine gerade Metallstange hineinfallen lässt. Der zeitliche Verlauf einer **Wellenfront** ist hier schematisch dargestellt:



Grafiken: Mona Hitznauer

Die Wellenfront zum Anfangszeitpunkt (Bild ganz links) hat zunächst in etwa die Form der Stange. Auf der Wellenfront wurden dann von drei Punkten die Elementarwellen eingezeichnet (zweites Bild von links). Die Einhüllende der drei elementaren Kreiswellen ergibt die neue Wellenfront (drittes Bild von links). Hier wurden nun fünf Punkte bzw. deren Kreiswellen eingezeichnet, usw.

Hilfekarten zu M1, Aufgabe 2

M2

Hilfekarte 1

Sie kennen aus Aufgabe 1 den zeitlichen Verlauf der Wellenfront. Schematisch ist dies ein Kreis, dessen Radius in Sprüngen zunimmt. Zeichnen Sie also zunächst einen Kreis K mit einem variablen Radius R .

Legen Sie Punkte auf dem Kreis fest, aus denen jeweils die Elementarwellen starten. Etwa Schnittpunkte des Kreises mit den Koordinatenachsen und Winkelhalbierenden.

Animieren Sie die Elementarwellen mit einem Schieberegler r . Schreiben Sie dazu ein Update-Skript bei r , das jeweils den Radius R der Wellenfront (Kreis K) um eins erhöht, wenn die Elementarwellen ihren maximalen Radius erreicht haben.

Zusatz: Stoppen Sie die Animation von r , wenn der Radius R z. B. den Wert 5 erreicht hat, ergänzen Sie einen Start- sowie einen Stopp-Button und blenden Sie die Geraden aus.

Hilfekarte 2

- Erstellen Sie eine Variable (Schieberegler) r für den Radius der Wellenfront.
- Zeichnen Sie einen Kreis K , mit dem Radius R in den Ursprung.
- Zeichnen Sie vier Geraden g_1, g_2, g_3, g_4 durch den Ursprung ein: Entlang der x -Achse, 1. Winkelhalbierende, entlang der y -Achse und 2. Winkelhalbierende.
- Erstellen Sie die acht Schnittpunkte $P_1 - P_8$ der vier Geraden mit dem Kreis K .
- Erstellen Sie einen Schieberegler r von 0 bis 1 mit der Schrittweite 0,1 und Geschwindigkeit 5, der zunimmt. (Einstellungen \rightarrow Schieberegler) für den Radius der elementaren Kreiswellen.
- Zeichnen Sie acht elementare Kreiswellen $e_1 - e_8$ um die Punkte $P_1 - P_8$ mit dem Radius r .
- Gehen Sie zu den Einstellungen des Schiebereglers r und wählen Sie den Reiter „Skripting“. Beim Event „Update“ schreiben Sie ein Skript, das den Radius R der Wellenfront (Kreis K) jeweils um eins erhöht, wenn der Schieberegler r den Wert 1 hat.



Testen Sie Ihr Wissen!

1. Eine Schallwelle der Frequenz 50 kHz, deren Entstehungszentrum weit entfernt ist, bewegt sich auf eine 1,0 km lange Mauer zu. Skizzieren Sie den Verlauf der Schallwelle aus der Vogelperspektive.

Hinweis: Schall breitet sich in der Luft mit etwa $343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ aus.

2. Rotes Licht mit der Wellenlänge 400 nm leuchtet durch einen Spalt, der 800 nm breit ist. Skizzieren Sie den Verlauf des Lichtstrahls schematisch als Welle durch den Spalt, indem Sie die Wellenberge als Striche zeichnen.
3. Eine Störschallwelle mit der Wellengleichung

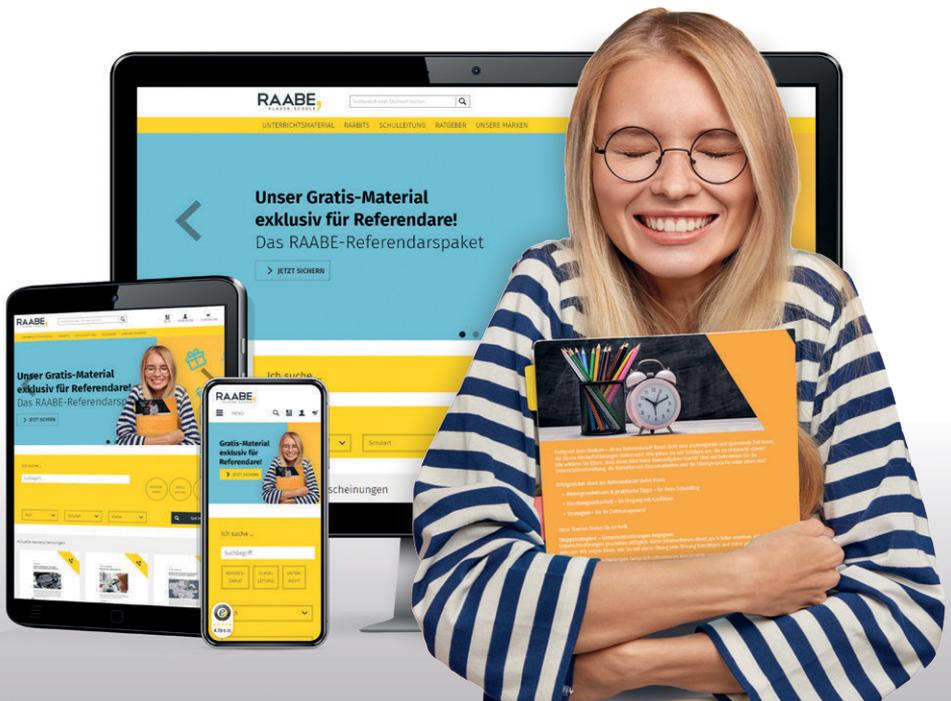
$$w(x, t) = 10 \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{0,001} - \frac{x}{6,86} \right) \right]$$

trifft auf das Mikrofon eines Noise-Cancelling-Kopfhörers.

- a) Geben Sie die Amplitude, Periodendauer und Wellenlänge des Tons an.
 - b) Ermitteln Sie die Frequenz (Tonhöhe) der Schallwelle und geben Sie an, ob der Ton für den Menschen überhaupt hörbar ist.
 - c) Geben Sie die Gleichung der Störschallwelle an, die der Kopfhörer aussenden müsste, um die Störschallwelle auszulöschen.
4. Zwei Schallwellen mit der gleichen Amplitude, Frequenz und Wellenlänge, deren Entstehungszentren einen Meter auseinander liegen, treffen aufeinander.
 - a) Skizzieren Sie den Verlauf der Schalllagerung, indem Sie die Wellenberge als dicke Kreise und die Wellentäler als dünne Kreise zeichnen. Zeichnen Sie bei jeder Schallwelle zwei Wellenberge und zwei Wellentäler.
 - b) Markieren Sie die Punkte der destruktiven und konstruktiven Interferenzen. Verbinden Sie die destruktiven bzw. konstruktiven Punkte mit Linien, um den ungefähren Verlauf dieser Interferenzen zu kennzeichnen.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de