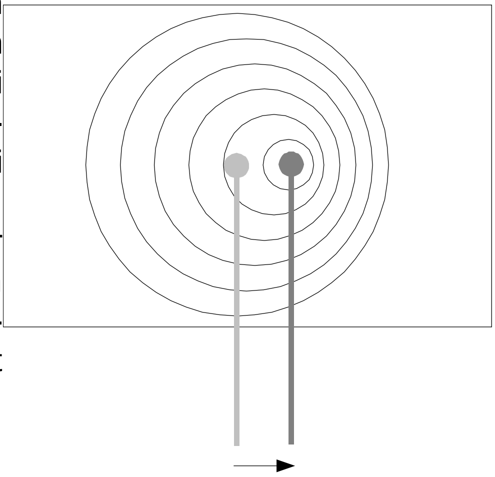
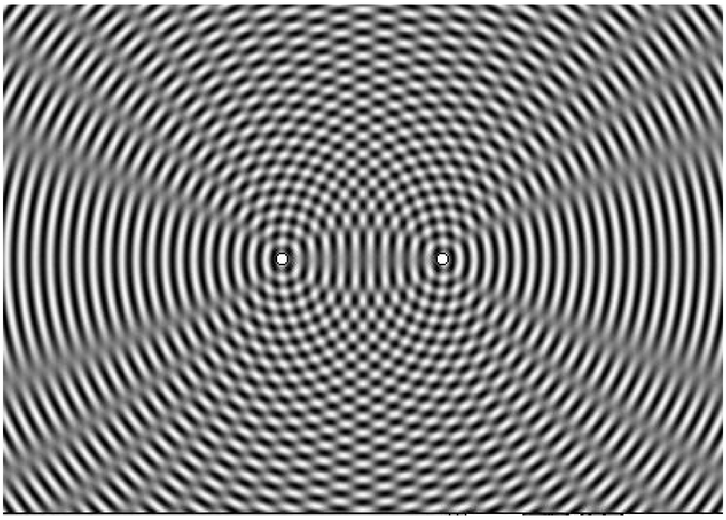
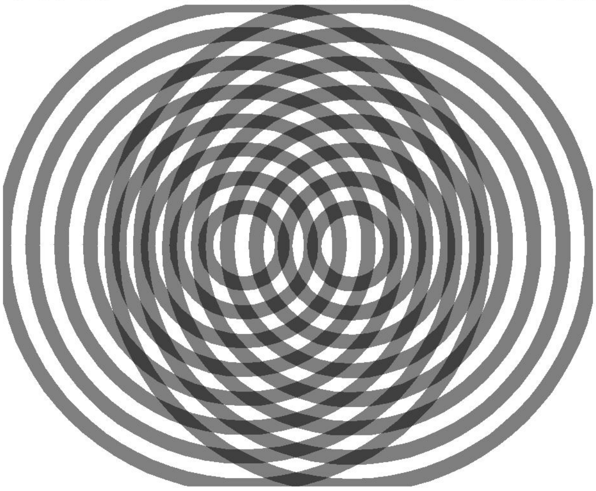
Am Anfang der Stunden wurden zwei weitere Versuche mit der Wellenwanne durchgeführt. Zunächst wurde ein einzelner Tupfer angeschlossen, der allerdings nicht, wie in der vorherigen Stunde, starr befestigt war, sondern von Hand mit möglichst konstanter Geschwindigkeit in Längsrichtung durch das Becken bewegt wurde. Dabei war deutlich zu erkennen, dass die Wellenfronten diesmal keine konzentrischen Kreise ausformten, wie es bei einem unbewegten Erreger der Fall gewesen wäre, sondern dass die Wellenfronten auf der Seite, zu der sich der Tupfer hinbewegte, näher beieinander lagen als die auf der anderen Seite. Dieses Phänomen bezeichnet man als Doppler-Effekt, es wurde jedoch nicht näher behandelt.



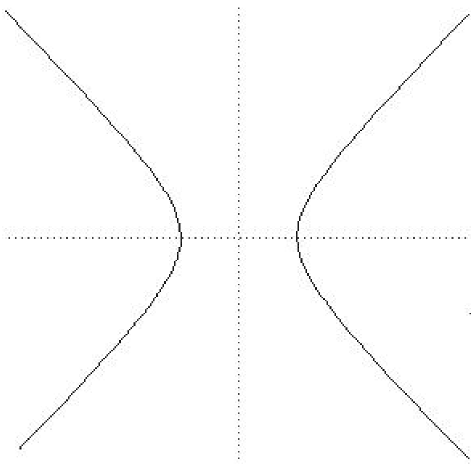
Danach wurde ein System mit 2 Tupfern benutzt, die an derselben Druckzuleitung angeschlossen waren. Daducrh wurden zwei kohärent schwingende Wellen erzeugt. Hierbei bildeten sich deutlich sichtbare Straßen aus, an denen das Wasser offensichtlich keine Schwingungen ausführte und die Oberfläche somit auch nicht deformiert wurde. An diesen Stellen lag destruktive Interferenz der beiden von den Erregern ausgehenden Wellen vor.


Erstellt mit WinFunktion Physik 8.0

Auf einem Overheadprojektor lässt sich dieser Zusammenhang mit Hilfe zweier Folien, auf die konzentrische schwarze Kreise mit dazwischenliegenden transparenten Zwischenräumen aufgedruckt sind, verdeutlichen. Dieses Bild kann als eine Draufsicht auf eine eingefrorene 2-dimensionale Welle interpretiert werden. Jeder Kreis stellt dabei eine Wellenfront dar, an allen Punkte auf den schwarzen Ringen liegt gerade ein Wellenberg vor, in den transparenten Zwischenräumen dagegen ein Wellental. Man kann nun zwei solche Folien auf den Overheadprojektor legen und gegeneinander verschieben. Wenn die Ausgangspunkte der beiden „Wellen“ auf dem selben Punkt liegen, fallen auch alle schwarzen und transparenten Ringe aufeinander, so dass man diese Ansicht nicht von der Ansich einer einzelnen Folie unterscheiden kann. Wenn die Mittelpunkte dagegen zueinander verschoben sind, dann findet man Bereiche, in denen sich transparente und schwarze Bereiche überlappen und die somit in der Projektion ebenfalls schwarz erscheinen. An diesen Stellen überlagern sich Wellentäler und Wellenberge, es kommt zu einer destruktiven Interferenz, so dass sich die beiden Wellen an diesen Stellen auslöschen.



Bereiche dieser Auslöschung liegen nicht zufällig verstreut in dem von den Wellen erfassten Gebiet, sondern bilden „Straßen“ aus. Zwischen diesen Straßen liegen Bereiche, in denen Wellentäler auf Wellentäler treffen (und Wellenberge auf Wellenberge), in denen sich die beiden Wellen also konstruktiv überlagern. Die Breite der Areale von destruktiver und konstruktiver Interferenz wächst an, wenn die beiden Erreger, von denen die Wellen ausgehen, näher zusammenrücken.
Mathematisch betrachtet sind die oben erwähnten Straßen keine Geraden, sondern Hyperbeln. Bei diesen handelt es sich um geometrische Gebilde, bei denen für jeden Punkt auf der Hyperbel die Differenz der Entfernungen zu zwei Fixpunkten konstant ist.



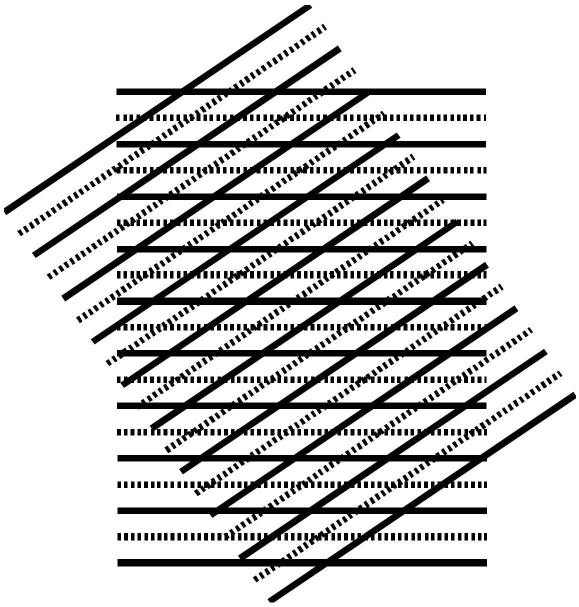
Es besteht also eine Analogie zu anderen Figuren:

Kreise sind Figuren, bei denen die Entfernung aller Punkte auf der Kreislinie zu einem Fixpunkt, dem Mittelpunkt, konstant ist.

Parabeln sind Linien, bei denen jeder Punkt zu einem vorgegebenen Fixpunkt und einer Fixgeraden den gleichen Abstand hat. Dieser Abstand ist jedoch für jeden Punkt der Parabel unterschiedlich.

Ellipsen sind Figuren, bei denen für alle Punkte die Summe der Entfernungen zu zwei vorgegebenen Fixpunkten konstant ist.

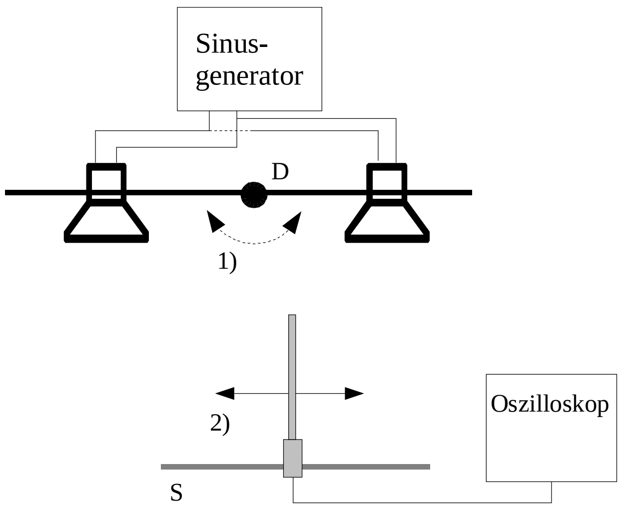
Oben beschriebene Straßen der Auslöschung lassen sich nicht nur mit kreisförmigen Wellenfronten erzeugen, sondern auch mit parallelen Wellenfronten. Auch das lässt sich mit zwei Folien verdeutlichen. Diese sind diesmal mit abwechselnd gestrichelten und durchgezogenen parallelen Geraden mit konstanten Abständen bedruckt. Eine durchgezogene Linie stellt einen Wellenberg dar, eine gestrichelte ein Wellental. Nun werden zwei dieser Folien auf den Overheadprojektor gelegt und etwas gegeneinader gedreht, so dass nicht alle Geraden parallel zueinander verlaufen. Es entstehen dadurch Schnittpunkte von Geraden. Wo sich zwei gleichartige Geraden schneiden (gestrichelt oder durchgezogen), kommt es zu einer Verstärkung, an den Punkten, an denen sich eine gestrichelte und eine durchgezogene Gerade treffen, heben sich ein Wellenberg und ein Wellental gegenseitig auf, hier findet Auslöschung statt.



Die Überlagerung von Wellen und die Entstehung von Straßen sollte in einem Versuch analysiert werden. Dazu wurden zwei Lautsprecher nebeneinander im Abstand von 26,5 cm (der Abstand spielt erst später eine Rolle, er ist an sich unbedeutend und muss nur bekannt sein) auf eine Metallstange montiert. Diese wurde, drehbar um die Vertikale, am Tisch befestigt. Die beiden Lautsprecher wurden an den Ausgang eines Sinusgenerators angeschlossen und mit einer Frequenz von 4,5 kHz versorgt. Wenn man nun langsam vor den Lautsprechern durch den Raum ging, konnte man an ein An- und Abschwellen der Lautstärke des hörbaren Tones wahrnehmen. An manchen Punkten erreichte die

Lautstärke ein Minimum, man befand sich somit auf einer Auslöschungsstraße, an anderen Stellen, insbesondere im Bereich zwischen den beiden Lautsprechern, erreichte die Lautstärke ein Maximum, hier lag folglich konstruktive Interferenz vor.
In einer Abwandlung des Versuches veränderte nicht die Testperson ihre Position, sondern blieb an einer bestimmten Stelle im Raum stehen, während die Stange, auf der die Lautsprecher montiert waren, um die senkrechte Achse gedreht wurde. Das Ergebnis war das gleiche.

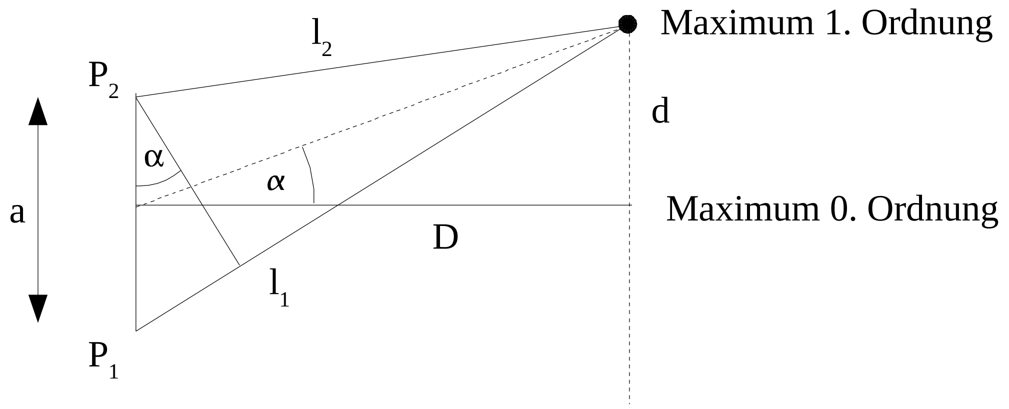
Als nächstes wurde ein Mikrofon an einem Tisch in dem von den Lautsprechern direkt beschallten Bereich montiert und über einen Verstärker an ein Oszilloskop angeschlossen. Die Frequenz wurde am Sinusgenerator auf 12 kHz erhöht. Wenn man nun die Lautsprecher drehte, veränderte sich die Amplitude der auf dem Bildschirm angezeigten Sinuskurve, daran war zu erkennen, an welchen Stellen konstruktive und destruktive Interferenzen vorlagen. Auf diese Weise sollte die Schallgeschwindigkeit in der Luft ermittel werden.



In Versuch 1) wurde das Lautsprecher-Gestell gedreht, in Versuch 2) dagegen bewegte sich das Mikrofon.

Wenn der Abstand des Mikrofons zu beiden Lautsprechern gleich groß ist, dann beträgt der Gangunterschied der beiden Wellen am Mikrofon 0, es kommt also zu einer konstruktiven Interferenz, die Amplitude der auf dem Oszilloskop angezeigten Kurve ist also maximal. Durch Drehen der beiden Lautsprecher verändern sich ihre Abstände zum Mikrofon, der eine verkürzt sich etwas, der andere wird verlängert. Dadurch kommen die beiden Wellen mit einem bestimmten Gangunterschied bei Mikrofon an, so dass die Amplitude der Schwingung des auf dessen Membran befindlichen Luftteilchens zurückgeht. Wenn der Gangunterschied auf $\frac{\lambda}{2}$ angewachsen ist, wird die Schwingungsamplitude dieses Teilchens aufgrund der nun stattfindenden Auslöschung minimal, somit erreicht auch die Amplitude der Kurve auf dem Oszilloskop ein Minimum. Die theoretisch zu erwartende absolute Auslöschung tritt jedoch aufgrund von Reflexionen an Wänden und Gegenständen nicht ein. Wenn das Lautsprecher-Gestell weiter gedreht wird, wächst die Amplitude auf dem Oszilloskop wieder an, wenn der Gangunterschied der beiden Wellen an diesem Punkt auf λ angestiegen ist, erreicht sie wieder ein Maximum, das jedoch nicht ganz so groß ist wie das erste. Wenn man nun den Drehwinkel zwischen den beiden Maxima ausmisst, kann man mit Hilfe einiger geometrischer Zusammenhänge die Wellenlänge und darüber auch die Schallgeschwindigkeit ausrechnen. Die Bestimmung des Winkels konnte jedoch überraschenderweise nicht so exakt erfolgen, wie es für eine einigermaßen realitätsnahe Berechnung erforderlich gewesen wäre, so dass ein Alternativplan für die Ermittlung der Schallgeschwindigkeit herangezogen werden musste.

Die Stange, auf der die Lautsprecher angebracht waren, wurde in ihre Ausgangsposition zurückgedreht und dort fixiert. Das Mikrofon wurde auf einer parallel zur Stange ausgerichteten Schiene etwa 2 Meter von den Lautsprechern entfernt beweglich montiert. Durch Verschieben des Mikrofons nach rechts oder links wurde nun die Stelle des Maximums 0. Ordnung (an dem der Abstand zu beiden Lautsprechern gleich groß ist) gesucht. Auf der an der Schiene angebrachten Längenskala konnte nun die relative Position dieser Stelle abgelesen werden. Nun wurde das Mikrofon nach rechts verschoben, bis zu der Stelle des nächsten Maximums, danach über die Ausgangslage hinaus nach links, bis auch hier das erste Maximum erreicht war. Beide Positionen wurden auf der Skala abgelesen und notiert. Dieses Vorgehen ist vergleichbar mit dem ersten durchgeführten Versuch, in dem die Lautsprecher ebenfalls fest montiert waren während sich eine Versuchsperson durch den Raum bewegte und dabei Stellen hoher und Stellen geringerer Lautstärke registrierte.
Nachdem man nun durch Differenzbildung die Abstände der Maxima auf der Schiene zueinander bestimmt hat, lässt sich nach folgendem Schema die Schallgeschwindigkeit ermitteln:



P_1 und P_2 bezeichnen dabei die beiden Lautsprecher, der Punkt markiert das Mikrofon.

Wenn am Mikrofon ein Schwingungsmaximum vorliegt, gelten folgende Zusammenhänge:

$$l_1 - l_2 = \lambda$$

$$l_2^2 = D^2 + \left(d - \frac{a}{2}\right)^2$$

$$l_1^2 = D^2 + \left(d + \frac{a}{2}\right)^2$$

$$l_1^2 - l_2^2 = \left(d + \frac{a}{2}\right)^2 - \left(d - \frac{a}{2}\right)^2$$

Nach Auflösen der binomischen Formeln erhält man

$$(l_1+l_2)\cdot(l_1-l_2)=2\cdot d\cdot a$$

Wenn der Abstand zwischen den Lautsprechern und Mikrofon groß genug ist, kann man schreiben

$$l_1+l_2\approx 2\cdot D$$

$$l_1-l_2=\frac{2\cdot d\cdot a}{2\cdot D}$$
$$l_1-l_2=\frac{d\cdot a}{D}$$
$$\lambda=\frac{d\cdot a}{D}$$

Alternativ dazu kann man die Wellenlänge auch mit Hilfe des Winkels α bestimmen:

$$\tan\alpha=\frac{d}{D}$$
$$\sin\alpha=\frac{\lambda}{a}$$

Bei großem Abstand zwischen Lautsprechern und Mikrofon wird α sehr klein, dann kann man schreiben

$$\tan\alpha=\sin\alpha'$$
$$\frac{d}{D}=\frac{\lambda}{a}$$
$$\lambda=\frac{a\cdot d}{D}$$

Beide Herleitungen führen also zum gleichen Ergebnis. In unserem Versuch lagen folgende Werte vor:
a = 26,5 cm
d = 11,8 cm (Mittelwert aus 2 verschiedenen Messungen)
D = 275 cm
Die Rechnung verläuft dann folgendermaßen:

$$\lambda = \frac{16{,}5\,cm \cdot 11{,}8\,cm}{275\,cm}$$
$$\lambda = 1{,}14\,cm$$

$$c = \lambda \cdot f$$
$$f = 12\,000\,Hz$$
$$c = 1{,}14 \cdot 10^{-2}\,m \cdot 12 \cdot 10^{3}\frac{1}{s}$$
$$c = 136{,}45\frac{m}{s}$$

Daraus ergibt sich eine Schallgeschwindigkeit von 136,46 m/s, der theoretische Wert beträgt 340 m/s. Offenbar hatte sich ein Fehler in den Mess- oder Rechenvorgang eingeschlichen, dieser konnte jedoch nicht gefunden werden.