

# Schall nimmt Gestalt an

## Akustische Pinzette

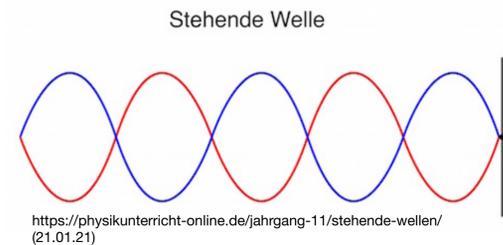
Die einfachste Art der akustischen Pinzette funktioniert folgendermaßen: In ein Gefäß, welches mit Luft oder Wasser gefüllt ist, werden, mithilfe eines Schallsenders, Druckwellen geleitet. Der Schallsender funktioniert wie ein klassischer Lautsprecher, der wesentliche Unterschied ist aber, dass dieser Sender den nicht hörbaren Ultraschall verbreitet. Aufgrund der Tatsache, dass das Gefäß räumlich begrenzt ist, formt sich eine stehende Welle (siehe Foto). Sie ist verantwortlich für die Eigenschaft der akustischen Pinzette: In den Knotenpunkten der stehenden Welle ist es nämlich möglich Mikroteilchen einzufangen.

## Muster kreieren mit Schall

Sobald man zwei Schallsender orthogonal zueinander aufstellt, überlagern sich die stehenden Wellen. Dies verursacht dann die Bildung von Gittern, aus den eingefangenen Mikropartikeln, in den Knotenpunkten. Mehrere Schallsender können auch komplexere Muster an einigen Knotenpunkten erzeugen.

Für das Kreieren von Mustern ist die Phase der einzelnen Ultraschallwellen bedeutend. Diese gibt nämlich an, an welchen Punkten Wellen einer bestimmten Frequenz ihre maximale beziehungsweise minimale Stärke erreichen. Folglich lässt sich, mithilfe der Steuerung des Senders und der damit zusammenhängenden Einstellung der Phase der Ultraschallwellen, kontrollieren, wo sich die Knotenpunkte bilden und somit unterschiedliche Muster herstellen.

Ein wesentliches Problem hierbei ist aber der steigende Aufwand bei zunehmender Anzahl der Schallsender, da alle Phasen individuell eingestellt werden müssen. Abgesehen davon ist die Auflösung des Bildes, welches durch das Muster entsteht, aufgrund der räumlich begrenzten Größe des Schallsenders, eingeschränkt.

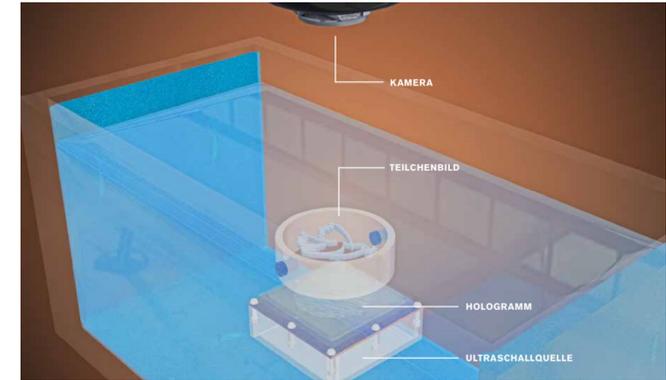


## Akustische Holografie

Bei der akustischen Holografie wurden die unzähligen Schallsender, welche für die Darstellung eines Bildes nötig wären, durch ein Kunststoffrelief ersetzt, welches mit lediglich einem Schallsender beschallt wird. Bei der Kunststoffplatte handelt es sich somit um ein akustisches Hologramm. Um zu erklären, warum man die Schallsender durch eine Kunststoffplatte ersetzen kann, muss man sich erst einmal Hologramme im Bereich der Optik ansehen. Hier werden Hologramme verwendet, um Bilder dreidimensional darzustellen. Dies funktioniert, weil die Holografie nicht nur die Lichtintensität nutzt, sondern ebenfalls die Phase der Lichtwellen. Diese gibt hierbei die Informationen über die räumliche Struktur des Objektes an, da sich bei der Reflexion an einem dreidimensionalen Objekt die Berge und Täler der Lichtwellen verschieben. Genauso läuft dieser Prozess bei einem akustischen Hologramm ab. Hier ist allerdings die Phase der Schallwellen und nicht die der Lichtwellen von Bedeutung. Dies ist der Grund, warum sich ein akustisches Hologramm wie viele kleine Schallsender verhält. Es macht keinen Unterschied, ob man die Informationen, über die Phasen der Schallwellen, mithilfe von Schallsender ermittelt oder mit einem akustischen Hologramm, welches in diesem Fall durch eine Kunststoffplatte dargestellt wird.

## Versuchsaufbau eines akustischen Hologramms

Zunächst muss am Computer eine Phasenkarte des gewünschten Bildes erstellt werden. Anschließend wird kontrolliert, wie das Kunststoffrelief aussehen muss, damit die Ultraschallwellen an den gewünschten Punkten, die benötigte Phase haben. Dies lässt sich durch die Dicke des Materials bestimmen. Je dicker die Kunststoffplatte ist, desto mehr wird die Phase der Ultraschallwelle an diesem Punkt verzögert. Um herauszufinden an welchen Stellen die Phasen mehr oder weniger stark und wie stark sie verzögert werden müssen, nutzt man ein Programm. Dieses berechnet dann für alle 15 000 Bildpunkte des Hologramms die Dicke des Materials. Somit wird gewissermaßen jeder Bildpunkt zu einem kleinen Schallsender. Ein Bildpunkt ist ungefähr 375 Mikrometer groß, dies entspricht der halben Wellenlänge des Ultraschalls im Wasser. Außerdem ist dies die theoretische Auflösungsgrenze der Schallwellen. Sobald die Kunststoffplatte am Computer erstellt wurde, kann man sie mit einem 3D-Drucker ausdrucken. In einem mit Wasser gefüllten Kasten wird an der Unterseite ein Ultraschallsender platziert. Direkt darüber befindet sich das angefertigte Hologramm beziehungsweise die Kunststoffplatte. Diese wurde so geformt, dass in dem darüber befindlichen Container ein Bild von Picasso entsteht. Das Teilchenbild wurde nach Vollendung, mit der darüber befindlichen Kamera, fotografiert.



Artikel vom Max-Planck Institut „Schall nimmt Gestalt an“ (beide Bilder)

## Mögliche Verwendungen von akustischen Hologrammen

Die erste Möglichkeit besteht darin ohne eine VR-Brille, 3D-Bilder betrachten zu können. Diese würden so einfach mitten im Raum schweben. Ebendies könnte z.B. im Design von Maschinenbauteilen wichtig sein. Ist man sich bei einem Entwurf unsicher, kann dieser einfach mithilfe eines Hologramms dreidimensional dargestellt werden und man kann sich versichern, dass dieser tatsächlich in die entsprechende Maschine passt.

Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung von akustischen Hologrammen in der Medizin. Zwar wird Ultraschall bereits verwendet, um krankes Gewebe zu zerstören, allerdings lässt sich mithilfe von Hologrammen ein genaueres Schallprofil erzeugen. Somit wäre es möglich Kollateralschäden des gesunden Gewebes zu vermeiden.

Außerdem wäre es erstmals möglich auch das Gehirn mit Ultraschallwellen zu therapieren. Da die Dicke des Schädelknochens schwankt, war dies vorher nicht möglich. Ein holografisches Kunststoffrelief kann diese Schwankungen allerdings ausgleichen.

## Quellen

- [https://www.deutschlandfunk.de/akustische-hologramme-ultraschallwellen-ermoeglichen.676.de.html?dram:article\\_id=461095](https://www.deutschlandfunk.de/akustische-hologramme-ultraschallwellen-ermoeglichen.676.de.html?dram:article_id=461095) (11.01.2021)
- <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/holographie/6859> (12.01.2021)
- [https://www.pressestelle.tu-berlin.de/menue/tub\\_medien/publikationen/publikationen/medieninformationen/2007/juni\\_nr\\_127\\_155/medieninformation\\_nr\\_1292007/](https://www.pressestelle.tu-berlin.de/menue/tub_medien/publikationen/publikationen/medieninformationen/2007/juni_nr_127_155/medieninformation_nr_1292007/) (12.01.2021)
- <https://www.weltderphysik.de/gebiet/technik/news/2015/schweben-durch-akustische-hologramme/> (13.01.2021)
- Artikel vom Max-Planck Institut „Schall nimmt Gestalt an“