



WIAP®

MEMV®



Metall entspannen mit Vibration

Ermittlungsbericht WM896_a_Schall Licht_Info

Erstellt hpw 2018_05_20

Wir haben diesen Ermittlungs Datensammmlung erstellt, um besser heraus zu finden, was wir beim Metall entspannen mit Vibration alles erwirken. Welche Rolle spielt die Longitudinalwelle die Transversalwelle. In welcher Achsrichtung der Anregung haben wir welche Wellenarten. Was spielt die Bauteil Formabhängigkeit. Was spielen die Materialien für eine Rolle im ganzen Prozess. **Was können wir messen mit der G Verschiebung.**

Infos aus dem Internet

<https://www.gutefrage.net/frage/physik-was-ist-der-wichtigste-unterschied-zwischen-licht-und-schall>

Antwort von [Hamburger02](#)

Community-Experte Physik vor 3 Jahren

Antwort von [Hamburger02](#)

Physik vor 3 Jahren

Der wesentliche Unterschied schlechthin ist die Form der Welle, mit der sich beide ausbreiten und aus der sich die weiteren Unterschiede ergeben.

Schall breitet sich mit einer Longitudinalwelle und Licht mit einer Transversalwelle aus.

Nicht hilfreich

Antwort von [habakuk63](#)

vor 3 Jahren

Der größte Unterschied ist, dass das Licht sowohl eine (elektromagnetische) Welle ist, als das es auch Teilcheneigenschaften besitzt.

Nicht hilfreich

Antwort von [Omniscentor](#)

vor 3 Jahren

Schall benötigt ein Medium, in dem er sich ausbreiten kann: Luft, Wasser oder andere Materie.

<http://www.ds.mpg.de/207156/29>

Frage:

Warum ist Licht schneller als Schall?

Antwort:

Licht und Schall haben vieles gemeinsam. Beide können sich über große Strecken ausbreiten. Beide vermitteln unseren Sinnen Eindrücke von der Welt, ein gewaltiges Spektrum aus Formen und Farben, beziehungsweise Tönen und Klängen. Und beide können auch unangenehm werden, wenn es zu viel wird. Das weiß jeder, der einmal an einem Presslufthammer vorbei gehen musste oder versehentlich einen Blick in die Sonne gewagt hat.

Trotzdem ist Licht nicht das Gleiche wie Schall. Unsere Sinne wissen das – wir können Licht nicht hören und Schall nicht sehen. Vor allem aber ist Schall sehr viel langsamer als das Licht. Schall breitet sich in der Luft mit 330 Metern pro Sekunde aus. Das sind rund 1 200 Kilometer in der Stunde. Heutige „Überschallflugzeuge“ können das leicht überbieten. Die Lichtgeschwindigkeit mit über einer Milliarde Kilometer pro Stunde (300 000 000 Meter pro Sekunde) ist dagegen das absolute Tempolimit im Universum. Seit Einstein wissen wir, dass sich nichts schneller ausbreiten kann als das Licht.

Was also macht Licht und Schall so ähnlich und so unterschiedlich? Zuerst die Gemeinsamkeiten: Beides sind Wellen, Schwingungen, die sich ausbreiten – ähnlich wie eine Wasserwelle, nachdem ein Stein ins Wasser gefallen ist. Aber was schwingt da, wenn es kein Wasser gibt, sondern nur Luft oder gar nur den leeren Raum? Damit

sind wir bei den Unterschieden angelangt. Schall benötigt ein Medium, in dem er sich ausbreiten kann: Luft, Wasser oder andere Materie. Wenn zum Beispiel ein Ton aus einem Lautsprecher dringt, setzt er die Luft in der Umgebung unter Druck. Die Luftteilchen direkt vor dem Lautsprecher werden so auf einen kleineren Raum zusammengedrückt. Ist der Ton zu Ende, versucht sich die Luft wieder auszudehnen, und zwar in alle Richtungen. Damit setzt sie aber wiederum die Luftteilchen in ihrer Umgebung unter Druck, presst sie zusammen, und das Spiel beginnt von Neuem. Der Ton breitet sich gleichmäßig im Raum aus. Wie schnell das geht, hängt von dem Medium ab.

Materie ist aber grundsätzlich träge, darum ist die Geschwindigkeit des Schalls so begrenzt. Lichtwellen brauchen das nicht zu kümmern, denn sie entstehen nicht durch Druck, sondern durch das Wechselspiel zwischen elektrischen und magnetischen Feldern. Diese Felder brauchen kein Medium. Ein Magnet zieht ein Stück Eisen an, egal ob im Weltraum oder unter Wasser. Darum kann auch das Licht der Sonne oder der Sterne durch den luftleeren Raum des Weltalls zur Erde vordringen. Lange vermutete man, das Universum sei von einem feinen Gespinnst durchzogen, dem so genannten Äther, der Träger der Lichtwellen sei. Doch diese Vorstellung wurde schon vor Einsteins Theorien experimentell widerlegt. Licht braucht für die Ausbreitung tatsächlich nichts weiter als den Raum.

Allerdings kann das Licht durchaus auch die Trägheit der Materie zu spüren bekommen. In Wasser oder Glas etwa ist das Licht deutlich langsamer als im luftleeren Raum. Darum kann man das Licht damit brechen oder ablenken. So

Diese Technischen Unterlagen WM 896_a_Schall_Licht Info. Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.

sieht man zum Beispiel bei einem Strohhalm im Wasserglas einen Knick, der gar nicht da ist.



Joachim Haß

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen

Joachim Haß (27 Jahre) hat in Göttingen Physik studiert. Seit Dezember 2005 arbeitet er am MPI für Dynamik und Selbstorganisation in der Abteilung für Nichtlineare Dynamik an seiner Doktorarbeit über die neuronale Repräsentation von Zeit und Bewegung.

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/schall-und-seine-eigenschaften>

Schall und seine Eigenschaften

Alles, was akustisch mit den Ohren wahrgenommen werden kann, ist Schall. Schall geht von Schallquellen aus. Seinem Wesen nach ist Schall eine longitudinale mechanische Welle, bei der sich zeitlich periodisch der Druck ändert. Schall breitet sich in einem Stoff mit einer bestimmten Geschwindigkeit, der Schallgeschwindigkeit, aus. Er kann reflektiert, gebrochen und absorbiert werden. Da Schall eine mechanische Welle ist, treten bei Schallwellen auch Beugung und Interferenz auf.

Mit unseren Ohren nehmen wir verschiedene Geräusche, Sprache und Musik, aber auch unangenehmen Lärm wahr. Vereinfacht kann man sagen: Alles, was man mit den Ohren wahrnehmen kann, ist Schall. Der Mensch hört Schall aber nur dann, wenn dessen Frequenz zwischen 16 Hz und 20.000 Hz beträgt und die Lautstärke des Schalls über der Hörschwelle und unter der Schmerzschwelle liegt. Schall kann aber auch kleinere Frequenzen als 16 Hz haben. Dann spricht man vom Infraschall. Schall mit Frequenzen über 20.000 Hz wird als Ultraschall bezeichnet. Genauere Informationen dazu findet man unter diesen Stichwörtern.

Schall geht von Schallquellen aus. Solche Schallquellen können z. B. Musikinstrumente (Bild 1), die menschliche Stimme, Automotoren oder Lautsprecher sein.



Schall ist eine mechanische Welle

Schall wird durch mechanische Schwingungen von Körpern hervorgerufen. Schwingen können z. B. eine Stimmgabel, die Saiten einer Gitarre, die Luftsäule in einer Orgelpfeife, die Stimmbänder beim Menschen oder die Membran eines Tamburins.

So wird beispielsweise beim Schlag auf ein Tamburin (Bild 2) die Membran verformt und die umgebende Luft dadurch zusammengedrückt. Die Luft verdichtet sich an dieser Stelle; der Druck wird größer. Da Luft elastisch ist, dehnt sie sich dann wieder aus, was zu einer Verdichtung an einer benachbarten Stelle führt. Es entsteht eine Druckwelle, die sich im Raum ausbreitet. Das kann man auch mit dem Teilchenmodell deuten: Die Luftteilchen werden durch das Anschlagen der Membran zu Schwingungen angeregt. Sie schwingen somit hin und her. Dabei bilden sich Bereiche mit größerer Teilchenanzahl (größerem Druck) und Bereiche mit kleinerer Teilchenanzahl (kleinerem Druck).

Allgemein gilt:

Schallwellen sind die Ausbreitung von Druckschwankungen im Raum. Da die Ausbreitungsrichtung und die Schwingungsrichtung der Teilchen übereinstimmen, handelt es sich bei Schallwellen um Longitudinalwellen (Längswellen).

Das menschliche Ohr ist in der Lage, Druckschwankungen von etwa 0,000.02 Pa (Hörschwelle) bis etwa 20 Pa (Schmerzschwelle) wahrzunehmen.

Arten von Schall

Bei Schall unterscheidet man zwischen Ton, Klang, Geräusch und Knall. Die Unterschiede zwischen diesen Schallarten können in y-t-Diagrammen sichtbar gemacht werden. In der folgenden Übersicht sind diese Unterschiede dargestellt.

Ton	Klang
Die Schwingung ist sinusförmig.	Die Schwingung ist periodisch, aber nicht sinusförmig.
	
	
Eine angeschlagene Stimmgabel erzeugt einen ganz klaren Ton.	Mit Musikinstrumenten kann man verschiedene Klänge erzeugen.
Geräusch	Knall
Die Schwingung ist unregelmäßig.	Die Schwingung hat eine große Amplitude und klingt schnell ab.
	
	
Geräusche entstehen z.B. bei Fahrzeugen und Maschinen.	Beim Explodieren eines Feuerwerkskörpers entsteht ein Knall.

Ausbreitung von Schall

Schall breitet sich in einem Stoff konstanter Temperatur geradlinig aus. Die Geschwindigkeit, mit der sich Schall ausbreitet, wird als Schallgeschwindigkeit bezeichnet. Sie hängt

von dem betreffenden Stoff sowie von der Frequenz und der Wellenlänge ab. Für Schallwellen gilt wie für andere mechanische Wellen:

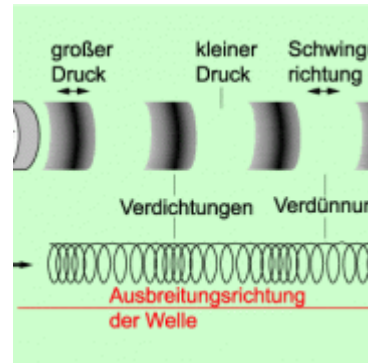
$$v = \lambda \cdot f$$

λ Wellenlänge
 f Frequenz

Schall kann sich in festen Stoffen, Flüssigkeiten und Gasen ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit und damit auch die Wellenlänge und die Frequenz können sehr unterschiedlich sein. Im Allgemeinen ist die Schallgeschwindigkeit in Gasen am kleinsten und in festen Körpern am größten. Das hängt mit den unterschiedlichen Kräften zusammen, die zwischen den Teilchen der Stoffe wirken. Bei Gasen ist die kräftemäßige Kopplung zwischen den Teilchen gering, bei festen Körpern groß. Deshalb breitet sich eine Druckschwankung in festen Körpern schneller aus als in Gasen.

Die Schallgeschwindigkeit in einem Stoff ist relativ stark von der Temperatur abhängig. Deshalb ist es erforderlich anzugeben, für welche Temperatur eine Schallgeschwindigkeit gilt. Häufig werden Schallgeschwindigkeiten bei 20 °C angegeben.

Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall			
Feste Stoffe bei 20 °C		Flüssigkeiten bei 20 °C	
Stoff	v in m/s	Stoff	v in m/s
Aluminium	5 100	Benzin	1 170
Beton	3 800	Kochsalzlösung	1 660
Holz (Eiche)	3 380	Wasser bei 0 °C	1 407
Eis (bei -4 °C)	3 250	bei 5 °C	1 400
Mauerwerk	3 500	bei 25 °C	1 457
Gase bei 0 °C und normalem Druck			
Stoff	v in m/s	Stoff	v in m/s
Luft bei -20 °C	320	Ammoniak	415
bei 0 °C	332	Helium	981
bei 20 °C	344	Stickstoff	334
bei 30 °C	350	Wasserstoff	1280



Weitere Eigenschaften von Schall

Da Schall eine mechanische Welle ist, treten bei Schall auch alle Eigenschaften auf, die mechanische Wellen haben:

Schall wird reflektiert, gebrochen oder absorbiert. Schallwellen werden gebeugt und interferieren.

Trifft Schall auf eine Fläche, so wird er reflektiert. Die Reflexion ist umso stärker, je glatter die Oberfläche ist. Für die Reflexion von Schall gilt das Reflexionsgesetz:

Einfallswinkel und Reflexionswinkel sind gleich groß:

$$\alpha = \alpha'$$

Tritt Schall von einem Stoff in einen anderen über, z. B. von Luft in Wasser, so ändert sich im Allgemeinen seine Ausbreitungsrichtung.

Für die Brechung von Schallwellen gilt das Brechungsgesetz:

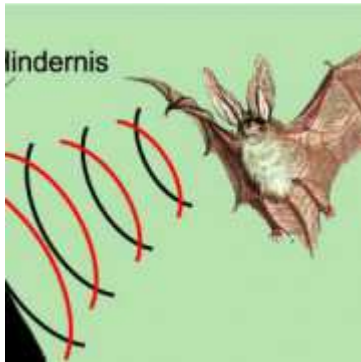
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

α Einfallswinkel

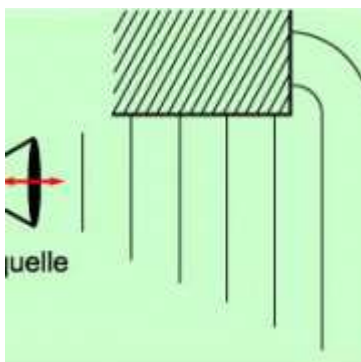
β Brechungswinkel

v_1, v_2 Schallgeschwindigkeiten in den Stoffen 1 und 2

Trifft Schall auf raue und poröse Oberflächen, z. B. auf Schaumstoff, so wird ein geringer Teil des Schalls reflektiert, der größte Teil jedoch absorbiert (aufgenommen). Die Absorption von Schall durch raue, porösen Oberflächen wird zur Schalldämmung und zur Schalldämpfung genutzt.



Daneben treten bei Schall auch die wellentypischen Erscheinungen Beugung und Interferenz auf. Infolge Beugung breitet sich Schall z. B. um Kanten herum aus (Bild 4). Im Alltag kann man das ständig feststellen: Auch wenn man hinter einer Hausecke steht, hört man Schall aus den Bereichen, die man nicht einsehen kann. Sind zwei Schallquellen, z. B. zwei Lautsprecher, vorhanden, so können sich die von ihnen ausgehenden Schallwellen überlagern (interferieren). Dabei können Bereiche der Verstärkung (größere Lautstärke) und der Abschwächung (kleinere Lautstärke) auftreten.

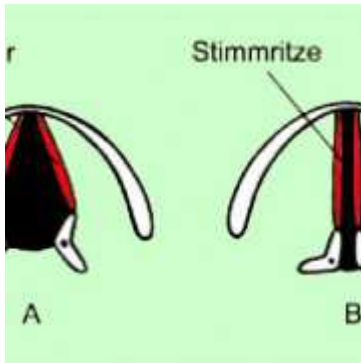


Der Mensch nimmt Schall in einem Frequenzbereich von 16 Hz bis 20.000 Hz mit seinen Ohren wahr. Schallquellen sind alle die Körper, die in diesem Frequenzbereich hinreichend stark schwingen und damit Schall aussenden, der sich dann im Raum ausbreitet. Nachfolgend betrachten wir ausgewählte Beispiele von Schallquellen.



Menschliche und tierische Stimmen

Beim Menschen erfolgt die Erzeugung von Schall mithilfe der Stimmbänder. Das sind zwei elastische Bänder, die sich im Kehlkopf am oberen Ende der Luft-röhre befinden (Bild 2). Zwischen diesen beiden Bändern existiert eine Öffnung, die Stimmritze. Wird von der Lunge her Luft durch die Stimmritze gepresst, so geraten die Stimmbänder in Schwingungen. Es entstehen Töne, Klänge oder Geräusche. Werden die Stimmbänder straffer gespannt, so schwingen sie schneller. Die Töne werden höher. Wird mehr Luft durch die Stimmritze gepresst, so schwingen die Stimmbänder heftiger. Die entstehenden Töne sind lauter. Die menschliche Stimme übertrifft in der Vielfalt der Töne, Klänge und Geräusche jedes Musikinstrument. Die individuellen Unterschiede kommen durch den unterschiedlichen Bau der Stimmbänder und der Resonanzräume zustande.



Bei Tieren erfolgt die Schallerzeugung sehr unterschiedlich, wobei jede Tierart charakteristische Laute von sich gibt. Bei vielen Säugetieren, z. B. Hunden, Katzen, Kühen oder Bären, wird Luft aus den Lungen gepresst und erzeugt im Rachenraum Schwingungen, die wir als Tierlaute wahrnehmen. Die Lungen der Vögel sind mit kleinen Luftsäcken verbunden, in die Luft gepresst werden kann. Die Luft strömt über eine gespannte Membran aus und bringt diese zum Schwingen. Je nachdem, wie stark diese Membran gespannt ist, entstehen tiefe oder hohe Töne. Grasüpfer erzeugen Geräusche dadurch, dass sie mit den Hinterbeinen über zahlreiche kleine Erhöhungen an den Vorderflügeln streichen.



Musikinstrumente

Mithilfe von Musikinstrumenten lässt sich in unterschiedlicher Art und Weise Schall erzeugen:

- Bei Zupf- und Streichinstrumenten wie Gitarre, Klavier oder Violine werden durch Zupfen, Anschlagen oder Streichen Saiten in Schwingungen versetzt.
- Bei Blasinstrumenten wie Trompete, Saxofon, Flöte oder Orgel schwingen Luftsäulen.
- Bei Schlaginstrumenten wie Pauken oder Trommeln werden Membranen in Schwingungen versetzt.

Nähere Erläuterungen zu einzelnen Instrumenten sind in dem Artikel „Schall und Musik“ gegeben.



Schwingende Teile von Fahrzeugen, Geräten und Anlagen

Schwingen Teile von Fahrzeugen hinreichend schnell hin und her, so erzeugen sie Schall. Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren führt die periodische explosionsartige Verbrennung bei Drehzahlen von 1 000 je Minute bis 5 000 je Minute zu Schall, teilweise auch zu Lärm. Hinzu kommen insbesondere bei älteren Fahrzeugen mitschwingende Fahrzeugteile, die ebenfalls wie Schallquellen wirken. Schnelle Schwingungen von Fahrzeugteilen treten auch auf, wenn diese über

unebene Straßen oder Wege fahren. Bei solchen Geräten und Anlagen wie Staubsauger, Pressluftschlämmer, Bohrer, Lüfter oder Waschmaschinen treten ebenfalls Schwingungen auf, die zu Schall führen.



Hupen, Klingeln, Glocken und Pfeifen

Hupen, Klingeln, Glocken und Pfeifen sind Schallquellen, mit denen Aufmerksamkeit hervorgerufen werden soll. Die Art der Schallerzeugung ist unterschiedlich.

Bei Hupen wird eine Membran durch einen Elektromagneten in intensive Schwingungen versetzt. Genutzt wird das Prinzip, das man auch beim Lautsprecher verwendet. Bei Klingeln, die elektromagnetisch und mechanisch betätigt werden können, wird eine kleine Glocke angeschlagen und gerät dadurch in Schwingungen.

Kirchenglocken oder die Glocken eines Glockenspiels (Bild 6) werden ebenfalls durch Klöppel angeschlagen und dadurch zu Schwingungen angeregt. Der Klang einer Glocke hängt u. a. von der Größe der Glocke, ihrer Form und der Wandstärke ab.

Bei Pfeifen werden durch Schneiden oder durch eine periodische

Unterbrechung der Luftzufuhr Luftsäulen zu Schwingungen angeregt. Genauere Informationen zu weiteren Schallquellen und ihren Eigenschaften findet man auf der CD in den Beiträgen „Schwingende Saiten und Luftsäulen“ und „Schall und Musik“



https://de.wikipedia.org/wiki/Schallgeschwindigkeit#Schallgeschwindigkeit_in_Festk%C3%B6rpern

Schallgeschwindigkeit

Die **Schallgeschwindigkeit** c_s ist die Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in einem Medium fortpflanzen. Ihre SI-Einheit ist Meter pro Sekunde (m/s).

Sie ist nicht zu verwechseln mit der Schallschnelle v , d. h. der Momentangeschwindigkeit, mit der sich die einzelnen Teilchen des Mediums bewegen, um die zu der Schallwelle gehörige Deformation auf- und abzubauen.

Die Schallgeschwindigkeit ist allgemein abhängig vom Medium (insbesondere Elastizität und Dichte) und seiner Temperatur, in Fluiden zusätzlich vom Druck und in Festkörpern maßgeblich vom Wellentyp (Longitudinalwelle, Schubwelle, Rayleigh-Welle, Lamb-Welle

etc.) und von der Frequenz. In anisotropen Medien ist sie zusätzlich noch richtungsabhängig. In Gasen oder Gasgemischen wie Luft bei Bedingungen um 1 bar und 20 °C spielt nur die Temperaturabhängigkeit eine nennenswerte Rolle.

Die Schallgeschwindigkeit in trockener Luft von 20 °C beträgt 343,2 m/s (1236 km/h).^[1]

Für den Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit *c* und Frequenz *f* einer monochromatischen Schallwelle der Wellenlänge λ gilt wie für alle solchen Wellen:

$$c_s = \lambda f$$

Schallgeschwindigkeit ausgewählter Gase bei 20 °C

Gas	longitudinal in m/s ^{[6][7]}
Luft	343
Helium	981
Wasserstoff	1280
Sauerstoff (bei 0 °C)	316
Kohlendioxid	266

Gas	longitudinal in m/s ^{[6][7]}
Argon	319
Krypton	221
Methan	466
Wasserdampf (bei 100 °C)	477
Schwefelhexafluorid (bei 0 °C)	129

Schallgeschwindigkeit ausgewählter Flüssigkeiten bei 20 °C

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}
Wasser	1484
Wasser (bei 0 °C)	1407
Meerwasser	≈1500

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}
2,5 mol Natriumchlorid-Lösung (bei 25 °C) ^[8]	1540
Öl (SAE 20/30) ^[9]	1340
Benzol	1326
Ethylalkohol	1168
Quecksilber	1450

Schallgeschwindigkeit ausgewählter Festkörper bei 20 °C

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}	transversal in m/s ^{[6][7]} ↓
Eis (bei -4 °C)	3250	1990 ^[10]
Gummi	1500	150
Silikonkautschu	≈ 1000 ^[11]	

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}	transversal in m/s ^{[6][7]} ↓
k (RTV)		
Plexiglas	2670 ^[10]	1120 ^[10]
PVC-P (weich)	80	
PVC-U (hart)	2250	1060
POM	2470	1200
Beton (C20/25)	3655	2240
Beton (C30/37)	3845	2355
Buchenholz	3300	
Marmor	6150	
Aluminium	6250– 6350 ^[10]	3100 ^[10]
Beryllium	12.800, ^[10] 1 2.900	8710, ^[10] 8880

Diese Technischen Unterlagen WM 896_a_Schall_Licht Info. Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}	transversal in m/s ^{[6][7]} ↓
Blei	2160 ^[10]	700 ^[10]
Gold	3240 ^[10]	1200 ^[10]
Kupfer	4660 ^[10]	2260 ^[10]
Magnesium	5790 ^[10]	3100 ^[10]
Magnesium/Zk 60	4400	810
Nickel	4900	
Zink	4170 ^[10]	2410 ^[10]
Stahl	5850 ^[10] , 5920	3230 ^[10]
Titan	6100 ^[10]	3120 ^[10]
Messing	3500	
Wolfram	5180	2870

Medium	longitudinal in m/s ^{[6][7]}	transversal in m/s ^{[6][7]} ↓
Eisen	5170	
Silber	3600 ^[10]	1590 ^[10]
Bor	16.200	
Diamant	18.000	
Graphen	20.000 ^[12]	

Temperaturabhängigkeit

Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Lufttemperatur		
Temperatur in °C	Schallgeschwindigkeit in m/s ^[13]	Schallgeschwindigkeit in km/h
+50	360,57	1298

Diese Technischen Unterlagen WM 896_a_Schall_Licht Info. Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.

+40	354,94	1277,8
+30	349,29	1257,2
+20	343,46	1236,5
+10	337,54	1215,1
0	331,50	1193,4
-10	325,35	1171,3
-20	319,09	1148,7
-30	312,77	1126
-40	306,27	1102,6
-50	299,63	1078,7

Frequenzabhängigkeit

In einem dispersiven Medium ist die Schallgeschwindigkeit von der Frequenz abhängig. Die räumliche und zeitliche Verteilung einer Fortpflanzungsstörung ändert sich ständig. Jede Frequenzkomponente pflanzt sich jeweils mit ihrer eigenen Phasengeschwindigkeit fort, während die Energie der Störung sich mit der Gruppengeschwindigkeit fortpflanzt. Gummi ist ein Beispiel für ein dispersives Medium: Bei höherer

Frequenz ist es steifer, hat also eine höhere Schallgeschwindigkeit.

In einem nicht-dispersiven Medium ist die Schallgeschwindigkeit unabhängig von der Frequenz. Daher sind die Geschwindigkeiten des Energie-transportes und der Schallausbreitung dieselben. Wasser und trockene Luft sind im für Menschen hörbaren Frequenzbereich nicht-dispersive Medien. Bei hoher Luftfeuchte und im nahen Ultraschallbereich (100 kHz) ist Luft dispersiv.^[14]

Sonstiges

In der Luftfahrt wird die Geschwindigkeit eines Flugzeugs auch relativ zur Schallgeschwindigkeit gemessen. Dabei wird die Einheit Mach (benannt nach Ernst Mach) verwendet, wobei Mach 1 gleich der jeweiligen Schallgeschwindigkeit ist. Abweichend von anderen Maßeinheiten wird bei der Messung der Geschwindigkeit in Mach die Einheit vor die Zahl gesetzt.

Die Entfernung eines Blitzes und damit eines Gewitters lässt sich durch Zählen der Sekunden zwischen dem Aufleuchten des Blitzes und dem Donnern abschätzen. Der Schall legt in der Luft einen Kilometer in etwa drei Sekunden zurück, der Lichtblitz dagegen ist vernachlässigbar kurze 3 Mikrosekunden. Teilt man die Anzahl der gezählten Sekunden durch drei, ergibt sich daher in etwa die Entfernung des Blitzes in Kilometern.

https://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php/Brechung_Schallwellen

Brechung Schallwellen

Inhaltsverzeichnis

- [1 Brechung von Schallwellen – Brechungsgesetz](#)
- [2 Formen von Schallwellen](#)
- [3 Das verallgemeinerte Brechungsgesetz](#)
- [4 Das Reflexionsgesetz für Schallwellen](#)

Brechung von Schallwellen – Brechungsgesetz

Als Brechung bezeichnet man grundsätzlich die nicht stetige Richtungsänderung des Energietransports an der Grenzfläche zweier Medien in das jeweils angrenzende Medium. Der Energietransport kann dabei in Form von elektromagnetischen (z. B. Licht, Wärme) Wellen und von Schallwellen auftreten. Im unbegrenzten oder halbseitig begrenzten Medium können diese Wellen je nach Quellmechanismus als ebene oder Kugelwelle vorkommen (**Bild 1**), wobei beide Wellenarten Volumenwellen sind, deren Wellenlänge klein im Vergleich zum Ausbreitungsmedium ist.

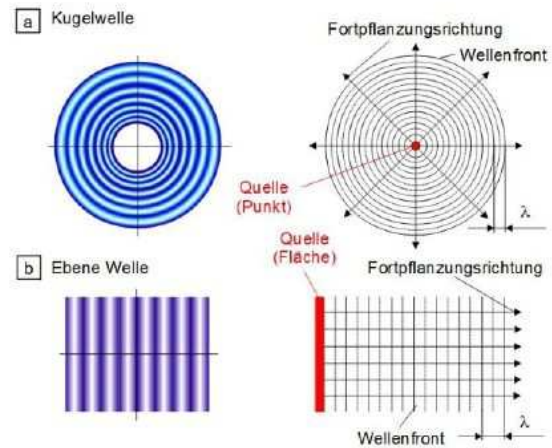


Bild 1 Wellenarten im unbegrenzten Medium a) Kugelwellen und b) Ebene Wellen

Formen von Schallwellen

Die Schallwellen können im Volumen (Volumenwellen) in zwei Formen vorkommen: als Längswellen (longitudinale Wellen = Druckwellen) und als Querwellen (transversale Wellen = Schub- oder Scherwellen), bei denen die Volumenelemente in bzw. quer zur Ausbreitungsrichtung der Welle schwingen. Aufgrund dessen besitzen beide Wellenarten eine unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit (**Bild 2**). Die Longitudinalwellen treten in festen, flüssigen und gasförmigen Medien auf, während die Transversalwellen nur in festen Materialien auftreten, die Schubkräfte übertragen können. Im Gegensatz zu den elektromagnetischen oder Wasserwellen (Oberflächenwellen bzw. Rayleigh-wellen) werden an medialen Grenzflächen die Längswellen teilweise in Querwellen umgewandelt und umgekehrt (**Bild 3**). Dabei hängt es von den Schalleigenschaften der beiden Medien und vom Einschallwinkel α ab, wie stark die eingeschallte Welle gebrochen wird. Die angeführten

Diese Technischen Unterlagen WM 896_a_Schall_Licht Info. Ist eine Datensammlung für die Ermittlung und bessere Erkenntnisse für unserer MEMV Verfahren. Der Quell Link liegt bei.

Wellenarten unterscheiden sich in ihrer Auslenkungsrichtung und ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit c_L bzw. c_T .

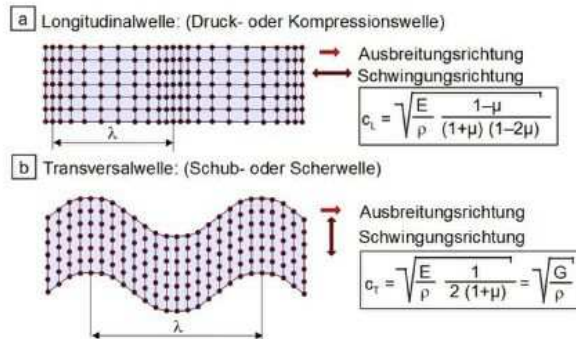


Bild 2: Volumenwellen und deren Ausbreitungsgeschwindigkeit
 a) Longitudinalwelle
 b) Transversalwelle

Das verallgemeinerte Brechungsgesetz

Aufgrund des Wellenausbreitungsverhaltens von Schallwellen gilt für alle Wellen ein verallgemeinertes Brechungsgesetz (Gl. 1), welches schematisch in **Bild 3** dargestellt ist:

$$\frac{\sin \alpha_i}{c_i} = \frac{\sin \alpha_k}{c_k}$$

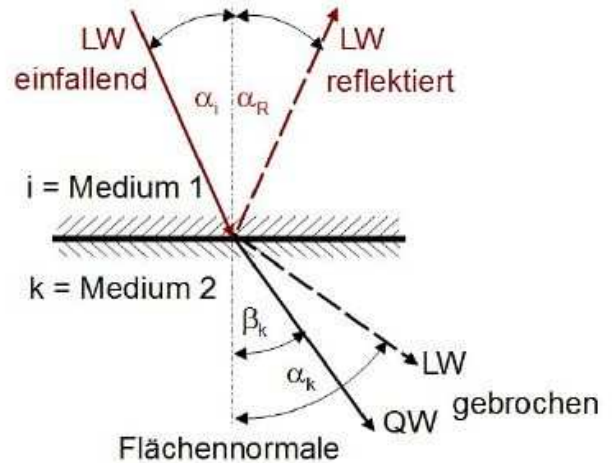


Bild 3: Schematische Darstellung des verallgemeinerten Brechungsgesetzes

Die Indizes i und k bezeichnen die Schallstrahlen (Einfallstrahl und gebrochener Strahl) an den Grenzflächen der Medien, aber auch die Längs- (LW) und Querwellen (QW) des jeweiligen Mediums.

Das Reflexionsgesetz für Schallwellen

Aus der Gleichung (1) lässt sich auch das Reflexionsgesetz ableiten und der Grenzwinkel der Totalreflexion bestimmen (siehe: Reflexion Schallwellen). Bei schrägem Auffall von Schallwellen auf ebene Grenzflächen zwischen zwei festen Medien tritt eine Wellenumwandlung infolge Reflexion, Brechung und Aufspaltung der Welle auf, wobei die konkrete Ausprägung vom Reflexions- (R) bzw. Transmissionsfaktor (T) zwischen den Medien bestimmt wird (**Bild 4**) (siehe: Transmission Schallwellen). Ist das Medium 1 ein schubspannungsfreies Material, wie Wasser oder Luft, dann tritt keine Abspaltung von Transversal-

wellen (TW) auf. In diesem Fall tritt eine Reflexion (Gl. 2) und eine Brechung (Gl. 3) der Longitudinalwelle (LW) im Medium 1 bzw. Medium 2 auf.

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha_D} = \frac{c_{L1}}{c_{L1}} = 1$$

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha_D} = \frac{c_{L1}}{c_{L2}}$$

Im Medium 2 (Gl. 4) und Medium 1 (Gl. 5) tritt jeweils eine Abspaltung einer Transversalwelle (TW) auf, die eine andere Ausbreitungsgeschwindigkeit als die Longitudinalwelle (LW) aufweisen (Frequenzdispersion). Die Brechung als auch die Reflexion hängen vom Einfallswinkel des Ultraschalls und der Brechzahlen (Brechungsindex) sowie der Schallkennimpedanz W der Medien ab

$$\frac{\sin \alpha_D}{\sin \beta_D} = \frac{c_{L2}}{c_{T2}}$$

$$\frac{\sin \alpha_R}{\sin \beta_R} = \frac{c_{L1}}{c_{T1}}$$

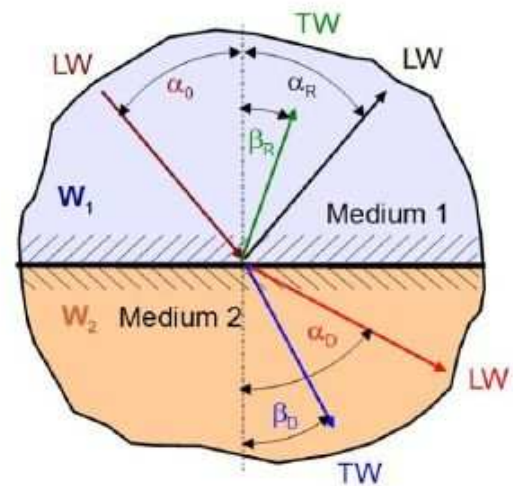


Bild Reflexion und Brechung des 4: Ultraschalls an einer ebenen Grenzfläche

In der Ultraschallprüftechnik wird das Brechungsgesetz technisch vor allem bei der Verwendung von Winkelprüfköpfen zur Schweißnahtprüfung mit dem Impuls-Echo-Verfahren oder auch mit dem Laufzeitbeugungsverfahren (Time Of Flight Defraction = TOFD) praktisch zur Defektoskopie angewandt.

Literaturhinweise

- Matthies, K. u. a.: Dickenmessung mit Ultraschall. DVS Media Verlag, Berlin (1998) 2. Auflage (ISBN 3-87155-940-7; siehe AMK-Büchersammlung unter M 44)
- Šutilov, V. A.: Physik des Ultraschalls. Springer Verlag, Berlin (2013) (ISBN 978-3-70918-750-0) S. 155 ff.
- Deutsch, M., Platte, V., Vogt, M.: Ultraschallprüfung. Grundlagen und industrielle Anwendungen.

Springer Verlag, Berlin (1997)
(ISBN 3-540-62072-9; siehe
AMK-Büchersammlung unter M
45)

- Steeb, S. (Hrsg.): Zerstörungsfreie
Werkstück- und
Werkstoffprüfung. Expert Verlag,
Ehningen (1993), 2. Auflage
(ISBN: 3-8169-0964-7) S. 253

Abgerufen von
„http://wiki.polymerservice-merseburg.de/index.php?title=Brechung_Schallwellen&oldid=6840“

Kategorie:

- Akustische Prüfverfahren
Ultraschall

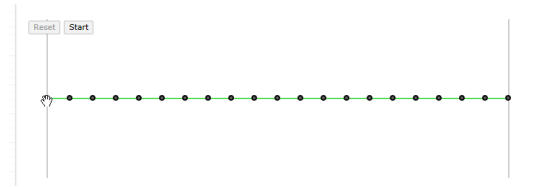
<http://www.abi-physik.de/buch/schwingungen/>

Allgemeine Definition von Welle

Eine Welle ist in der Physik ein räumlich und zeitlich veränderliches Feld, das Energie, jedoch keine Materie, durch den Raum transportiert. [...]

Veranschaulichung: Gummiseil

Ein Gummiseil mit Gewichten ist elastisch aufgehängt. Wird dem linken Ende Energie zugeführt beginnt es zu schwingen. Durch die elastische Verbindung der einzelnen Gewichte, überträgt sich die Energie auf das benachbarte Gewicht. Eine *Welle* (rot) breitet sich aus.



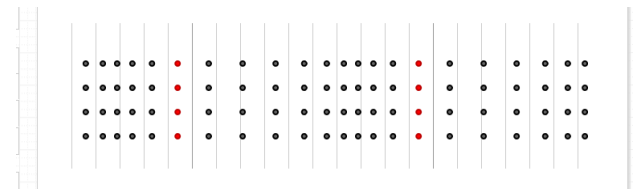
ResetStart

Bei dem obigen Versuch findet keinen Materietransport statt. Die einzelnen Gewichte führen nur "lokale" Bewegungen während der Schwingung aus. Haben aber insgesamt eine feste position.

Wellenarten

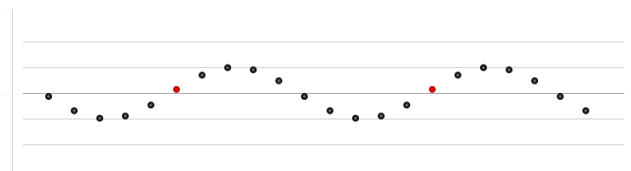
Die klassischen Wellenarten sind *Longitudinal-* und *Transversalwellen*.

Longitudinalwellen schwingen *parallel* zur Ausbreitungsrichtung. Bei **Kleinteilen** erzeugen wir nur das



Transversalwellen schwingen *senkrecht* zur Ausbreitungsrichtung.

Bei **grösseren Teilen** das **oder unförmigen** erzeugen wir auch das



Eigenschaften

Eine Welle hat folgende Eigenschaften:

- **Amplitude**

Die Amplitude y_0 beschreibt die maximale Auslenkung der Schwingungen der Welle, also dort wo der Wellenberg am höchsten ist. Bei Lichtwellen ist die Amplitude nicht immer direkt messbar; von ihr abhängig ist jedoch die Intensität (Helligkeit), welche gemessen werden kann. Mit der G Messung in der Querachse messen wir die Stärke der Amplitude, das wäre eine Erklärung, d.h. Amplitude ist die Auslenkung

- **Wellenlänge**

Als Wellenlänge λ (Lambda) versteht man den Abstand zweier Punkte mit gleicher Phase. Also zum Beispiel der Abstand zwischen zwei benachbarten Wellenbergen oder Wellentälern. Hier werden wir bei tiefen Drehzahlen lange Täler haben und bei hohen kurze Täler. Darum gut denkbar, dass wir alle Zonen im Minuten Bereich anregen müssen, um mehrere Zonen erreichen zu können.

- **Ausbreitungsgeschwindigkeit**

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit v einer Welle ist die Geschwindigkeit, mit der sich eine bestimmte Phase, z. B. ein Wellenberg oder ein Wellental fortbewegt.

Auch klar hohen Drehzahl Anreger, hohe Geschwindigkeit, wenig = wenig

Außerdem wird eine Welle durch die von ihr erzeugten Schwingungen charakterisiert:

- **Periodendauer (Schwingungsdauer)**

Die Periodendauer ist die Zeit, die verstreicht, während ein schwingungsfähiges System genau eine Schwingungsperiode durchläuft, d.h. nach der es sich wieder im selben Schwingungszustand befindet. Der Kehrwert der Periodendauer T ist die Frequenz f , also:

$$f = \frac{1}{T}$$

Was das ist, müssen wir überlegen

- **Frequenz**

Die Frequenz f gibt die Anzahl der vollen Schwingungen pro Zeiteinheit an und wird nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz in Hertz

$$(Hz = \frac{1}{s})$$

gemessen.

Wenn wir mit 6000 RPM Min drehen, wären das 100 Herz. Da müssen wir einmal weiter daran arbeiten. lg hp

Zwischen der Wellenlänge der Welle und der Frequenz der Schwingungen besteht ein direkter physikalischer Zusammenhang:

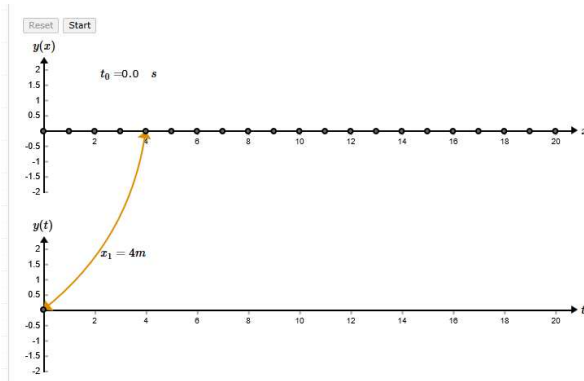
$$\lambda \cdot f = v$$

Damit ergibt sich auch eine Beziehung zwischen der Wellenlänge und der Periodendauer:

$$\begin{aligned} \lambda \cdot f &= v \\ \lambda \cdot \frac{1}{T} &= v \\ \lambda &= v \cdot T \end{aligned}$$

Darstellung

Man kann eine Welle durch zwei Diagramme charakterisieren. Das erste Diagramm $y(x)$ zeigt die Ausbreitung der Welle und die Auslenkung der Teilchen zu einem **bestimmten Zeitpunkt** t_1 .



ResetStart

Das zweite Diagramm $y(t)$ zeigt die Auslenkung an einem **bestimmten Ort** x_1 der Welle. Es ist praktisch das Schwingungsdiagramm eines Teilchens.

Die Schwingung beginnt erst wenn die Welle das Teilchen erreicht:

$$t_{\text{Beginn}} = \frac{x_1}{v} = \frac{4m}{0,5 \frac{m}{s}} = 8s$$

Wellengleichung

Die Ausbreitung einer Transversalwelle lässt sich durch folgende Gleichungen beschreiben ($t=0$ bei positiven Null-

durchgang des Erregers). Schwingung des Erregers:

$$y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) = y_0 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t\right)$$

Da die Welle sich mit der Geschwindigkeit v ausbreitet, ist die Schwingung eines Teilchens in der Entfernung x vom Erreger um die Zeit

$$t = \frac{x}{v}$$

verzögert:

$$\begin{aligned} y(t, x) &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x}{v}\right)\right] \\ y(t, x) &= y_0 \cdot \sin\left[2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{v \cdot T}\right)\right] \\ y(t, x) &= y_0 \cdot \sin\left[2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right] \end{aligned}$$

Ist die Entfernung konstant ($x=x_0$), so gilt:

$$\begin{aligned} \frac{x_0}{v} &= t_0 \\ y &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x}{v}\right)\right] \\ y &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot (t - t_0)\right] \end{aligned}$$

Ist der Zeitpunkt konstant ($t=t_1$), so gilt:

$$\begin{aligned} y &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \left(t_1 - \frac{x}{v}\right)\right] \\ y &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{T \cdot v} \cdot (t_1 \cdot v - x)\right] \\ T \cdot v &= \lambda \quad \text{und} \quad t_1 \cdot v = x_1 \\ y &= y_0 \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot (x_1 - x)\right] \end{aligned}$$

Hierbei ist x_1 die Entfernung, welche die Welle in der Zeit t_1 zurückgelegt hat.

Quellen

- Wikipedia: [Artikel über "Welle \(Physik\)"](#)
- Website der Universität Wien: ["Lichtmikroskopie online", Grundlagen der Wellenoptik](#)

Ende Ermittlungsbericht Bericht WIAP
MEMV WM_896_a Schall_Licht Info