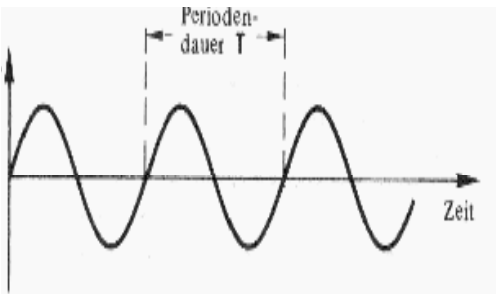


Akustische Massnahmen in Musikräumen

Zur Akustik

Die Welle

Erfolgt die Schwingungsbewegung entlang der Ausbreitungsrichtung der Welle, so bezeichnet man diese als **Längs- oder Longitudinalwelle**. Dies ist bei der Schallwelle der Fall (in den Medien Gas, Flüssigkeit und Festkörper).



Schallwellen sind nicht sichtbar und in Grafiken schwierig zu visualisieren. Aus diesem Grund werden Schallwellen, obwohl es primär Longitudinalwellen sind, häufig als **Transversalwellen** (Schwingungsbewegung senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung) dargestellt. Transversalwellen sind nur in festen Körpern möglich, z.B. Saitenschwingung, Stäbe, Membrane. (Im Bild genau falsch.) Von einer Welle spricht man bei einer Schwingung welche vom Nullpunkt in eine Richtung dann in die anderer und wieder zurück zum Nullpunkt schwingt. (siehe Bild.)

Ausbreitung von Schall

Frequenz	Wellenlänge
16 Hz	21,2m
20 Hz	17m
100 Hz	3,4m
1 kHz	34cm
10 kHz	3,4cm
16 kHz	21,cm
20 kHz	1,7cm

Die Wellenfront benötigt also ca. 3 ms pro Meter. In einem homogenen Medium erfolgt die Ausbreitung entlang einer Geraden. Unter der Annahme einer punktförmigen Schallquelle erfolgt die Schwingungsanregung der Mediumteilchen gleichmäßig nach allen Seiten des materieerfüllten Raumes. Das bedeutet, daß alle Teilchen, die die gleiche Entfernung von der Schallquelle haben, d.h. auf einer Kugeloberfläche liegen, deren Mittelpunkt die Schallquelle ist, sich im gleichen

Erregungszustand (Verdichtung oder Verdünnung) oder in gleicher Phase befinden.

Schallwellen, die sich nach allen Seiten gleichmäßig ausbreiten, bezeichnet man daher als **Kugelwellen**.

Entfernt man sich weit genug von der Quelle und betrachtet dabei einen verhältnismäßig kleinen Ausschnitt der Kugelwelle, so kann man dieses Stück der Kugeloberfläche auch durch eine Ebene annähern. In diesem Fall spricht man von einer **ebenen Welle**.

Stehende Wellen

Bedingung für das Zustandekommen stehender Wellen ist, dass der Wandabstand gleich der halben Wellenlänge oder einem ganzzahligen Vielfachen davon ist.

Bei vollständiger Reflexion ist der Schall in den Druckknoten ausgelöscht, in den Druckbäuchen verdoppelt. Eine stehende Welle kann daher bei einem

bestimmten Wandabstand immer nur für eine Frequenz und deren harmonische Obertöne auftreten. Ferner entsteht eine stehende Welle nur bei einem Dauerton. In der Praxis treten stehende Wellen als Raumresonanzen besonders in kleinen Räumen auf; sie kennzeichnen neben den wenig verzögerten Reflexionen die typische "Wohnzimmerakustik".

Bei impulsartigem Schall entsteht zwischen parallelen Wänden ein Flatterecho, da das Signal dauernd hin und her reflektiert wird. Bei größerem Wandabstand ist dabei die schnelle Abfolge einzelner Echos wahrnehmbar, bei kleinerem Wandabstand ($< 8\text{m}$) wird die Abfolge der Echos so rasch, dass ein sog. "Klangecho" entsteht: der Schallimpuls erhält eine Art Nachhall, der eine bestimmte Tonhöhe hat, die vom Wandabstand um von Standort des Hörers abhängt.

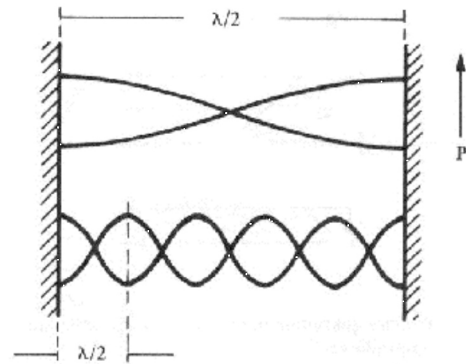


Abb. 1/7. Druckverteilung in stehenden Wellen zwischen zwei parallelen Wänden

Hörschutz

Wie viel Musik darf ich hören?

Die Schädigung des Gehörs tritt meistens nicht in Zusammenhang eines Einzelnen Hörereignisses auf. Es kann zwar sein, dass Betroffene nach einer Explosion einen Hörsturz erleiden, aber das Gehör kann sich danach meistens wieder erholen. Was aber immer massiv unterschätzt wird ist die Schädigung des Gehörs durch zulange lautes Hören. Lautstärke und Zeit spielen zusammen eine wichtige Rolle. Diese Tabelle gibt Aufschluss darüber wie laut und lange man sein Gehör pro Tag belasten darf, ohne es zu Ruinieren.

Stunden am Tag	Sound Level (dBA)	Zum vergleich:
8	90	Stereoanlage normal aufgedreht
4	95	Disco (nach SUVA)
2	100	Konzert (nach SUVA)
1	105	Disco (wie sie so sind)
1/2	110	Konzert (wie man sie antrifft)
1/4 oder weniger	115	Düsenjet (mit Abstand)

Schallabsorption (Schalldämpfung)

Wandmattenelemente

Trifft eine Schallwelle auf einen weichen, verformbaren oder porösen Körper, so wird sie ganz oder teilweise absorbiert, es erfolgt eine Umwandlung von Schallenergie in Wärme. Stoffe, die schallabsorbierende Eigenschaften besitzen, nennt man Schluckstoffe. Der Absorptionsgrad ist frequenzabhängig und gibt an, welcher Anteil des Schalls von der Oberfläche absorbiert wird. Auch hier spielt - wie bei der Schallbeugung - die Größe des Objektes eine wesentliche Rolle: ein kleiner Absorber ist nicht in der Lage tiefe Frequenzen zu absorbieren.

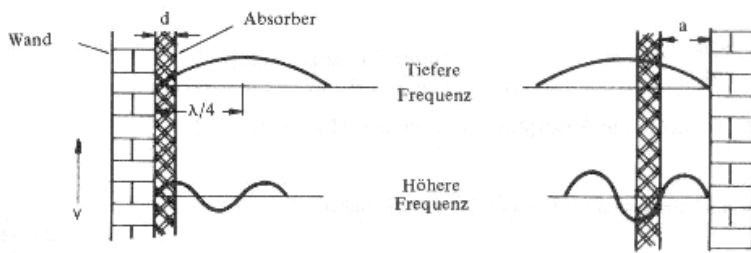


Abb. 1/13. Einfluß der Wellenlänge λ , der Absorptionsdicke d und des Abstandes Absorber-Wand a auf die Absorption.

Die Umwandlung von Schallenergie in Wärme erfolgt bei homogenen Schallschluckstoffen durch innere Reibung (Deformation des Materials) und bei porösen Stoffen durch äußere Reibung (Reibung zwischen den schwingenden Partikeln des Schallausbreitungsmediums und den Skelettelementen des porösen Materials). Bestimmend für die Auswahl des

Schallschluckenden Mediums ist u.a. die Art des schallführenden Mediums. Soll z.B. eine einfallende Schallwelle möglichst reflexionsfrei vom Schallschluckstoff absorbiert werden, so darf dessen Schallkennimpedanz sich nicht wesentlich von der Schallkennimpedanz des schallzuführenden Mediums unterscheiden. So verwendet man für die Absorption von Luftschall in der Praxis vorwiegend poröse Schallschluckstoffe mit durchgehenden Poren.

Links im Internet:

<http://www.tmr-audio.de/faq.htm>

<http://kunstbank.waidhofen.at/mitglied/junker/publikationen/skripten/raumakustik.htm>

<http://f11.parsimony.net/forum16949/>

<http://www.krachwerk.de/warum.html>