

2 Grundbegriffe der Akustik

→ <https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/grundwissen/groessen-zur-beschreibung-einer-welle>

Wie entsteht Schall?

- a) Eine Schallquelle vibriert: es entstehen Druckwellen in der Luft = Schallwellen
- b).Die Schallwellen übertragen z.B. Musik an unsere Ohren, wo sie wieder vom Trommelfell empfangen wird.
- c) Sinneseindrücke, die wir mit dem Gehör als Töne wahrnehmen, nennen wir Schall.

SimpleClub: Was ist Schall?: <https://www.youtube.com/watch?v=cFrOoD1leSc>

2.1 Frequenz

Frequenz	= Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit.	
Definition:	Frequenz = $\frac{\text{Anzahl Schwingungen}}{\text{Zeitabschnitt}}$	$[f] = 1/s = \text{Hz} = s^{-1}$

Tonhöhe:	Die Tonhöhe nimmt mit der Frequenz zu	
Somit gilt:	hoher Ton \Rightarrow Frequenz hoch tiefer Ton \Rightarrow Frequenz tief	
Der Hörbereich des menschlichen Ohrs	Dieser liegt zwischen 20 Hz und 20 kHz Die Bereiche unter- und oberhalb dieser Frequenzen werden bezeichnet als Infraschall ($f < 20 \text{ Hz}$) und Ultraschall ($f > 20 \text{ kHz}$)	
Bekannte Frequenzen	Kammerton a 440 Hz	Pfeifton z.B. elektr. Gerät 15 kHz

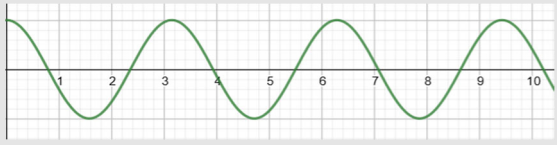
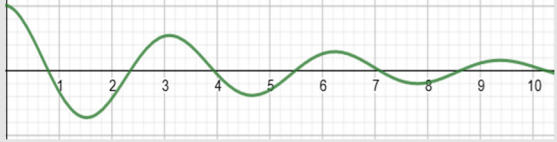
SUVA Hörprobe

4	Sweep 50 - 20'000 Hz, konstante Amplitude	Ohne Übergang geht ein Ton über den ganzen hörbaren Bereich Die Amplitude (die Lautstärke) bleibt stets die gleiche Dass einzelne, vor allem hohe Frequenzen unangenehmer, lauter scheinen hängt mit dem Hörempfinden zusammen
10	Frequenzdifferenzen: 750 / 750...765 Hz	Feststellen, ab welchem Frequenzverhältnis zwei Töne als unterschiedlich hoch empfunden werden. Inhalt: 16 Paare von Sinustönen. Der erste Ton eines Paares hat immer eine Frequenz von 750 Hz. Die Frequenz des zweiten Tones steigt mit jedem Durchgang um ein Hertz. Startfrequenz des zweiten Tones: 750 Hz, Ende: 765 Hz Info: Das frequenzmässige Auflösungsvermögen des Gehörs ist zwar ausserordentlich gut, jedoch nicht unbegrenzt. Reine Töne, deren Frequenzen genug nahe zusammenliegen, werden als ein- und derselbe Ton empfunden.

oder <https://www.szynalski.com/tone-generator/>

2.2 Amplitude

Amplitude	Die grösste Auslenkung einer Schwingung aus der Ruhelage nennt man Amplitude. Sie bestimmt die Lautstärke eines Tones. grosse Amplitude \Rightarrow grosse Lautstärke kleine Amplitude \Rightarrow kleine Lautstärke
------------------	--

Ungedämpfte Schwingung		die Amplitude der Schwingung bleibt gleich; ebbt nicht ab. z.B. Tongenerator
Gedämpfte Schwingung		die Amplitude der Schwingung wird kleiner; Schall ebbt ab. z. B. Saiteninstrument

2.2.1 Schallpegel

Schalldruck	Die Membran schwingt stärker oder schwächer; in der Luft entstehen unterschiedlich starke Druckschwankungen.		
Lautstärke:	Gross \rightarrow Schalldruck höher Klein \rightarrow Schalldruck tiefer		
Definition Schalldruck:	Schalldruck sind Druckschwankungen, die sich dem bestehenden (statischen) Luftdruck überlagern. Er ist wie folgt definiert:		
	$\text{Schalldruck } p = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} = \frac{F}{A}$		$[p] = \text{N/m}^2$ (= Pascal)
	Bezugsschalldruck p_0 („P-Null“)	$2 \cdot 10^{-5} \text{ N / m}^2$	= Hörschwelle menschliches Ohr
	Schmerzgrenze P	$2 \cdot 10 \text{ N / m}^2$	= Schmerzgrenze menschliches Ohr

Schalldruck- pegel:	Die Angabe des Schalldruckes in Zehnerpotenzen ist unhandlich, man verwendet darum die Angabe des Schalldruckpegels L_p .	
Definition des Schalldruck- pegels x: L_p	Schalldruckpegel $L_p = 20 \cdot \log \frac{p_x}{p_0}$	$[L_p] = \text{dB, Dezibel}$
Bezugs- schalldruck (Hörgrenze)	$L_p = 20 \cdot \log \frac{p_0}{p_0}$	
Schmerz- grenze	$L_p = 20 \cdot \log \left[\frac{2 \cdot 10^1 \text{ N/m}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2} \right]$	
<u>Anmerkung:</u>	<p>Von Natur aus ist das menschliche Ohr auf tiefe Töne weniger empfindlich als auf hohe Töne. Bei der Schallmessung wird dies berücksichtigt durch die Verwendung von Filtern (A-, B- oder C - Filter). Ein A-Filter schwächt die tiefen Töne ab um den Schalleindruck an das menschliche Gehör anzupassen → Angabe in dB(A).</p> <p>Masseinheit Dezibel benannt nach Alexander Graham Bell (1847–1922), der Erfinder des Telefons.</p>	

Aufgabe:

Laden Sie eine App auf ihrem SmartPhone womit Sie die Lautstärke messen können in dB.

Suchen Sie in Ihrer Umgebung nach dem leisesten und dem lautesten Ort.

Der Schallintensitätspegel in Dezibel:

Lärm - Schallquellen Beispiele mit Abstand	Schalldruck- pegel L_p in dB	Schalldruck p in $N/m^2 = Pa$ als Schallfeldgrösse	Schallintensität I in W/m^2 als Schallenergiegrösse
Düsenflugzeug in 30 m Entfernung	140	200	100
Schmerzschwelle (am Ohr)	130	63,2	10
<i>Gehörschäden bei kurzfristiger Einwirkung (am Ohr)</i>	120	20	1
Kettensäge in 1 m Entfernung	110	6,3	0,1
Disco, 1 m vom Lautsprecher	100	2	0,01
Dieselmotor, 10 m entfernt	90	0,63	0,001
<i>Gehörschäden bei langfristiger Einwirkung (am Ohr)</i>	85	0,36	0,000 32
Hauptverkehrsstrasse 10 m	80	0,2	0,000 1
Staubsauger in 1 m Entfernung	70	0,063	0,000 01
Normale Sprache in 1 m Abstand	60	0,02	0,000 001
Normale Wohnung, ruhige Ecke	50	0,006 3	0,000 000 1
Ruhige Bücherei, allgemein	40	0,002	0,000 000 01
Ruhiges Schlafzimmer bei Nacht	30	0,000 63	0,000 000 001
Ruhegeräusch im TV-Studio	20	0,000 2	0,000 000 000 1
Blätterrascheln in der Ferne	10	0,000 063	0,000 000 000 01
Hörschwelle	0	0,000 02	0,000 000 000 001

Quelle: <http://www.sengpielaudio.com/TabelleDerSchallpegel.htm> und
<https://de.wikipedia.org/wiki/Schalldruckpegel>

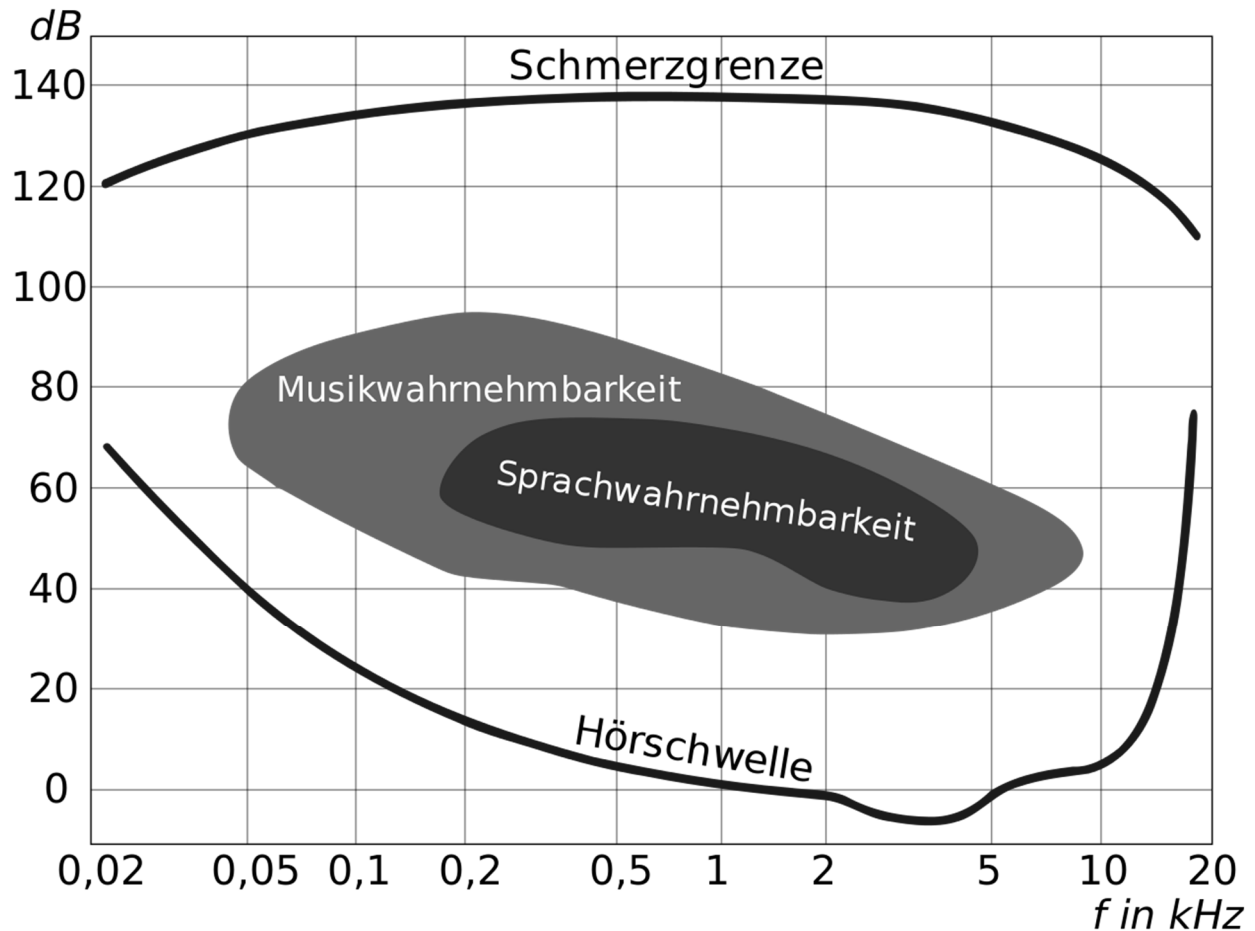
Die Skala für den Schallintensitätspegel in Dezibel ist logarithmisch:

→ 20 Dezibel mehr bedeuten 10 Mal mehr Schalldruck

→ 6 Dezibel mehr = Verdoppelung des Schalldrucks

Aufgabe: Berechnen Sie beide Dezibel Werte aus der Änderung in Schalldruck.

Aufgabe: Berechnen Sie die Unterschied in dB wenn die Schalldruck 4 mal so gross ist.


 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Auditive_Wahrnehmung

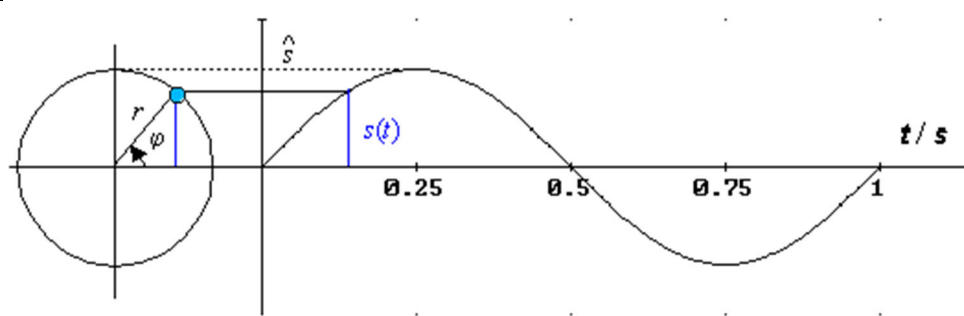
 Interessantes: https://en.wikipedia.org/wiki/Havana_syndrome

SUVA Hörproben:

14	Pegeldifferenzen: 0/+1; 0/+3; 0/+6; 0/+10 Db	Wiederholter elektrischer Orgelklang mit Differenz zum 1. Ton: 0 dB / +1 dB / 0 / +3 / 0 / +6 / 0 / +10 / 0 dB – mit Pausen . Unser Gehör passt sich schnell an, hört Unterschiede nur wenn nahe
15	Pegeldifferenzen: Mittelteil des Sinustones abgesenkt um 0-0.5-1-2-3-6-10-20- 40-60 dB	Sie lernen Lautstärkenunterschiede zu erkennen Sinustöne 750 Hz, dazwischen Abschwächung der Amplitude zum 1. Ton: -0,5 dB / -1 dB / -2 / -3 / -6 / -10 / -20 dB / +40 / -60 dB Unser Gehör kann je nach Frequenz Differenzen von 0,25 bis 0,4 dB unterscheiden
20	Vom Flüstern zum Schreien	Sie lernen Referenz-Lautstärken kennen Flüstern = 35 dB, Sprechen 60-65 dB, laut sprechen 80 dB, schreien, brüllen = 100 dB oder mehr

2.3 Phase

Welle als
Projektion
einer
Sinuskurve



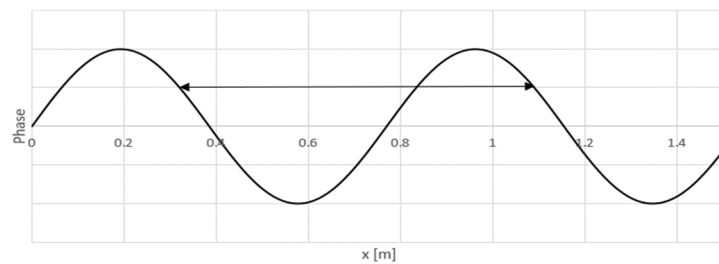
→ Überträgt (projiziert) man eine kreisförmige Bewegung ins Zeit (x-Achse) / Ausschlag (=y-Achse)- Diagramm, so entsteht eine Sinuskurve. In der Akustik spricht man von einem Oszillogramm.

φ = Phase = Schwingungszustand einer Welle an einer bestimmten Stelle und zu einem bestimmten Zeitpunkt

2.4 Wellenlänge

Definition:

Der Abstand zweier gleicher Phasen



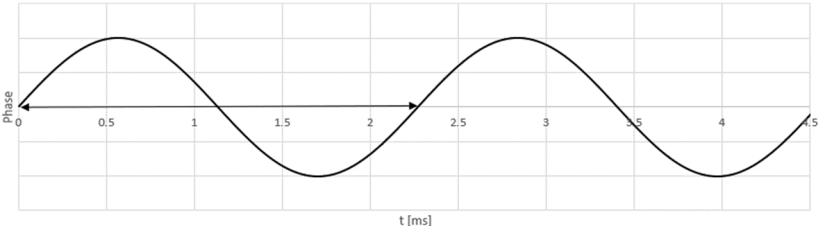
Zusammenhang:

$$\text{Wellenlänge} = \frac{\text{Schallgeschwindigkeit}}{\text{Frequenz}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [\lambda] =$$

Aufgabe: Bestimmen Sie die Wellenlänge in Luft ($c = 340 \text{ m/s}$) für $f=440\text{Hz}$

2.5 Schwingungsdauer

Schwingungsdauer	Zeit für eine vollständige Schwingungsbewegung.	
Definition der Schwingungsdauer (Wie lange dauert eine Schwingung?)		
Die Schwingungsdauer entspricht dem Kehrwert der Frequenz	$T = \frac{1}{f}$	$[T] =$

Aufgabe: Wie gross ist die Schwingungsdauer T des Kammertones 440 Hz?

2.6 Ausbreitungsgeschwindigkeit

In Kapitel 4.2 werden wir tiefer eingehen auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit.

SimpleClub: Grundbegriffe Welle: <https://www.youtube.com/watch?v=MRpeRDoOFCw>