

Schallschwingungen und Schallwellen

▶ Akustik



Schallschwingungen:



Anschlagen einer Stimmgabel erzeugt schnelle Schwingungen



Stimmbänder im Kehlkopf erzeugen Schwingungen

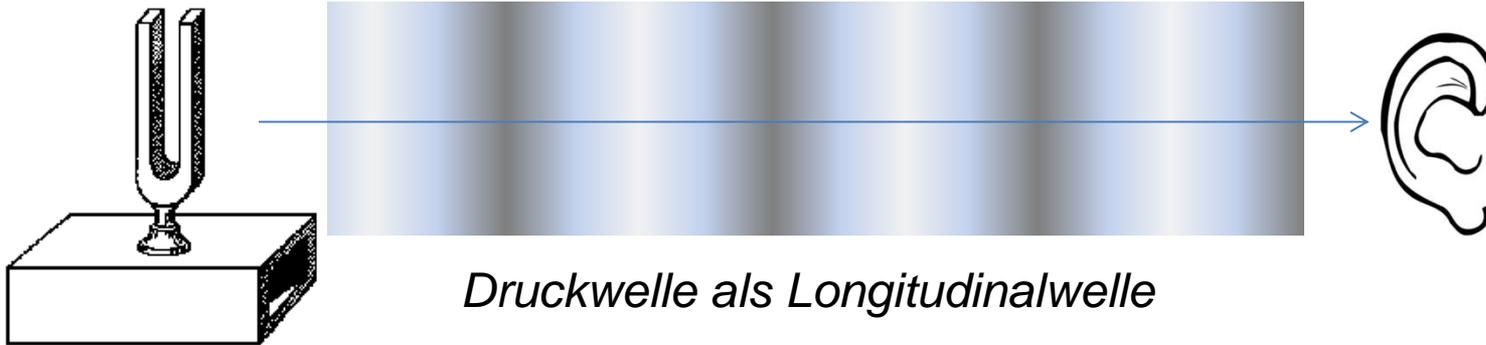


Die Membran eines Lautsprechers führt eine Schwingung aus



Die Saiten einer Gitarre führen Schwingungen aus

Schallwellen:

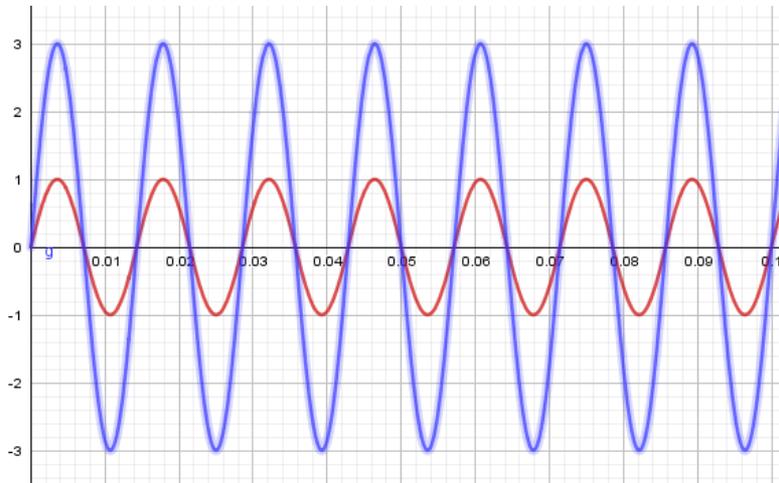


Stimmgabel erzeugt eine Schwingung → Entstehung einer Druckschwankung → Kopplung der Luftmoleküle überträgt die Schwingung → Druckänderung erzeugt eine erzwungene Schwingung im Trommelfell des Ohres

→ *Schallwellen können sich nur in einem stofflichen Träger ausbreiten.*

hörbarer Bereich:

Die Hörbarkeit eines Tones ist von den Lautstärke und der Frequenz abhängig.

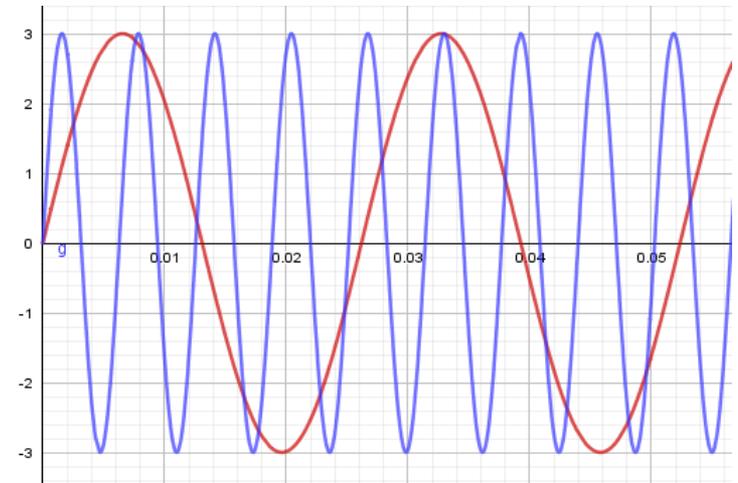


leiser Ton

lauter Ton

Je lauter der Ton, desto größer die Amplitude der Schwingung.

$$y_{\max 1} < y_{\max 2}$$



tiefer Ton

hoher Ton

Je tiefer der Ton, desto kleiner die Frequenz und um so größere Periodendauer

$$f_1 < f_2$$

$$T_1 > T_2$$

Spektrum des hörbaren Bereichs:

Der hörbare Frequenzbereich des Menschen liegt etwa zwischen **20Hz und 20kHz**.

Bei einem (normalen) Gespräch liegen die Frequenzen im Bereich von 200 – 8000Hz.

Für Frequenzen von 1000 – 3500Hz ist das menschliche Ohr am empfindlichsten.

Schallschwingungen im Bereich 20kHz – 1,6GHz bezeichnet man als **Ultraschall**.

→ *Für den Menschen nicht mehr hörbar.*



Hundepfeife



Orientierung von Fledermäusen

→ *Im Alter können höhere Frequenzen schlechter wahrgenommen werden.*



* Die Lautstärke von Schallwellen:

Bei Schallwellen wird durch Druckänderungen in der Luft zwischen Schallquelle und Empfänger (Ohr) Energie übertragen.

► Schalldruck

Er wird als Schallpegel in Dezibel (dB) gemessen und bestimmt das Lautstärkeempfinden.

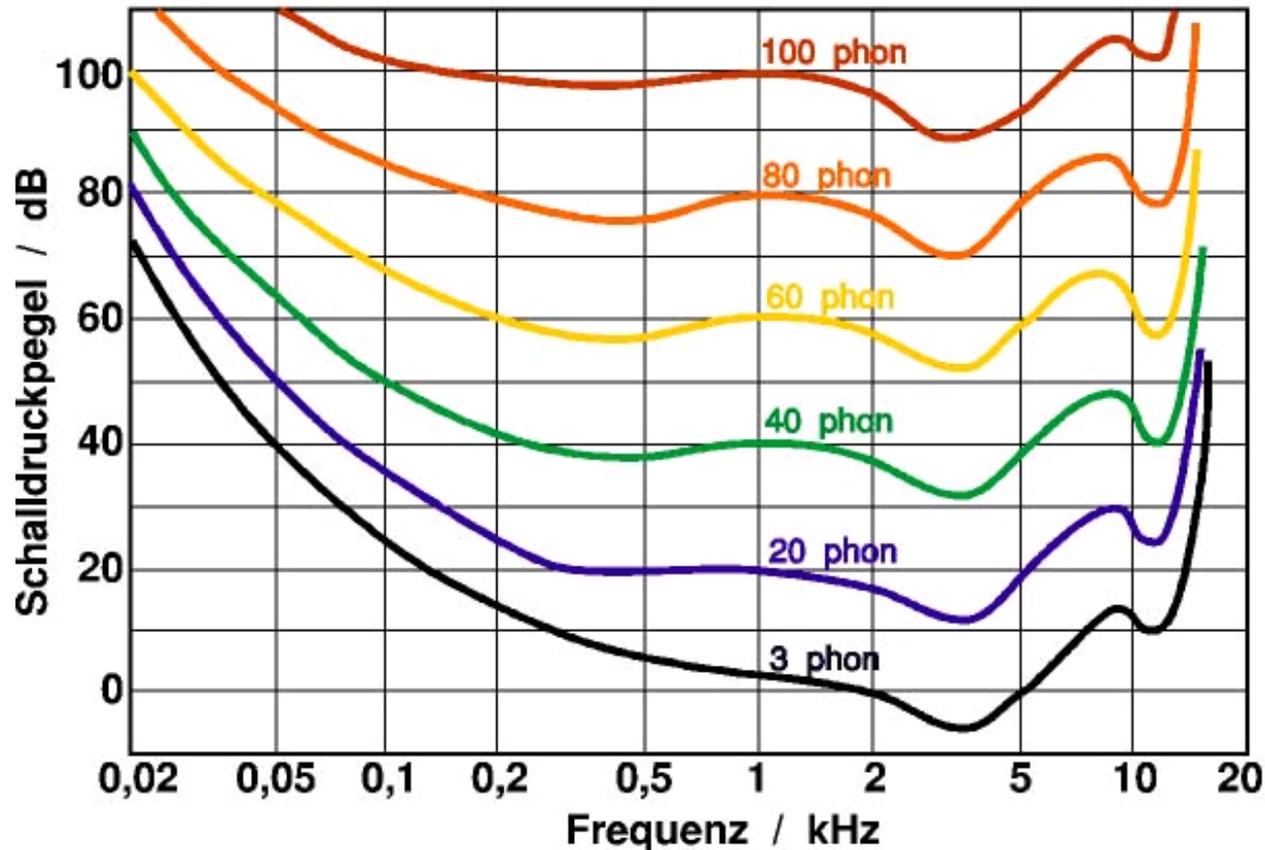
Das Lautstärkeempfinden des Menschen ist nicht linear.

Schallpegel	Wahrnehmung	Bezeichnung
0dB(A)	gerade noch hörbar	Hörschwelle
50 - 90db(A)	Gespräch, TV, Radio	Zimmerlautstärke
120dB(A)	extrem laut	Schmerzgrenze
>160dB(A)		Hörschaden



Kurven gleicher Lautstärkeempfindungen:

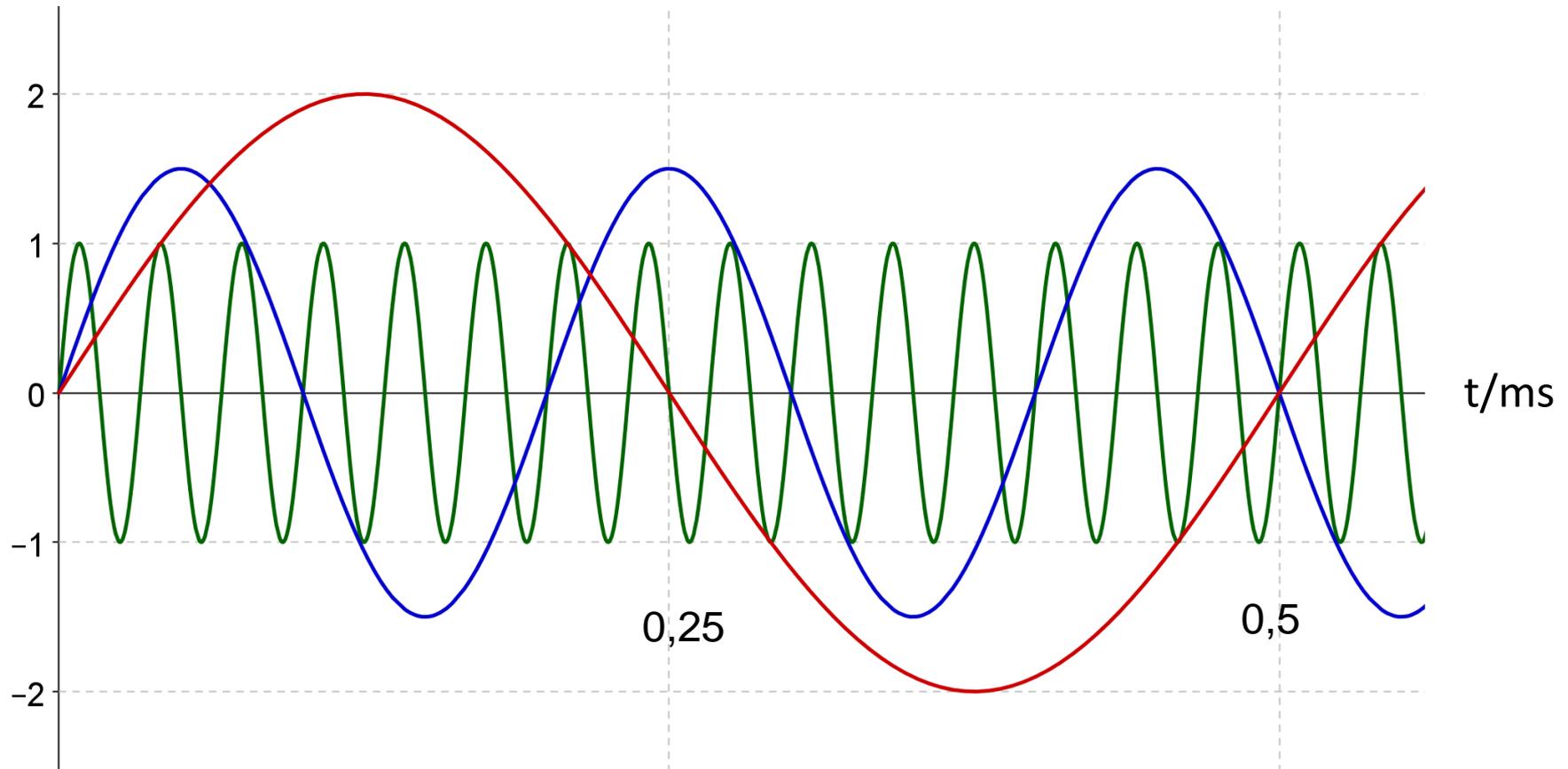
Die Einheit **phon** beschreibt das psychoakustische Lautstärkeempfinden des Menschen in Abhängigkeit vom Schalldruck.



→ Verschiedene Frequenzen werden unterschiedlich laut wahrgenommen.

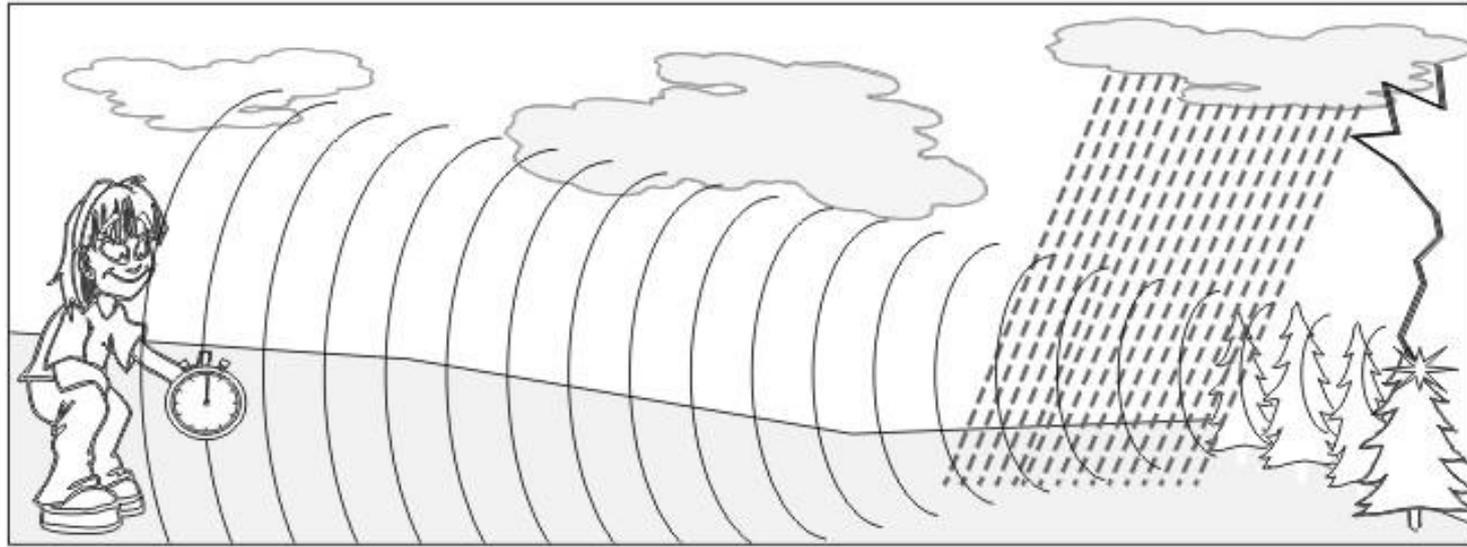
→ Jede Kurve beschreibt die Wahrnehmung mit gleicher Lautstärke.

Die Abbildung zeigt die elektronische Aufzeichnung von Schallschwingungen:



- Vergleichen Sie hinsichtlich Lautstärke und Tonhöhe
- Bestimmen Sie die Frequenzen der Töne.
- Sind alle Töne hörbar?

Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schallwelle:



vereinfachte Regel:

„ ... Man zählt die Sekunden vom Sehen des Blitzes bis zum Hören des Donners. Dividiert man die Zeit durch 3, so erhält man die Entfernung in Kilometer. ... “

z.B.: $t = 6\text{s} \rightarrow s = 2\text{km} = 2000\text{m}$ $v = \frac{s}{t} = \frac{2000\text{m}}{6\text{s}} \approx 333\text{m/s}$

Die mittlere [Schallgeschwindigkeit](#) in Luft beträgt ca. **340m/s**.

Sie ist u.a. von der Temperatur und Dichte der Luft abhängig.

Die Schallgeschwindigkeit ist in Flüssigkeiten und festen Stoffen größer.

Wellenlängen von Schallwellen:

Auch für Schallwellen gilt das Grundgesetz der Wellenausbreitung:

$$c = \lambda \cdot f$$

Die Wellenlänge wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Mediums bestimmt.

Die Wellenlängen von (hörbaren) Schallwellen in Luft liegen im Bereich von etwa 15m bis 1,5cm.

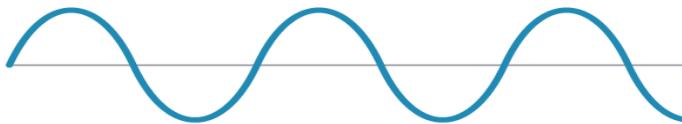
Beim Übergang einer Schallwelle in ein anderes Medium ändert sich die Frequenz nicht.

Die Frequenz wird durch den Wellenerreger bestimmt!

→ *In flüssigen und festen Stoffen besitzen Schallwellen gleicher Frequenz größere Wellenlängen.*

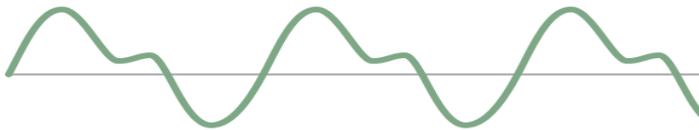
... der Ton macht die Musik

Unterschiedliche Schallquellen (Sprache, Lautsprecher, Instrumente, ...) ergeben verschiedene Schwingungsbilder.



*gleichmäßiger
sinusförmiger
Verlauf*

(reiner) **Ton**



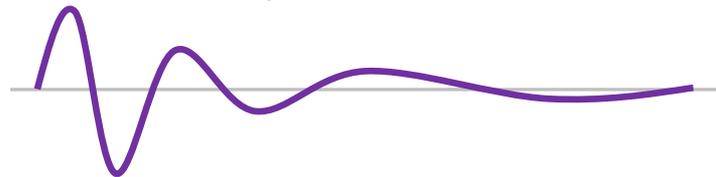
*gleichmäßiger
nichtsinusförmiger
Verlauf*

Klang



*unregelmäßige
Schwingungen*

Geräusch
(Sprache, Musik, ...)



*kurze
unregelmäßige
Schwingungen*

Knall

Die nichtharmonischen und unregelmäßigen Schwingungsbilder entstehen durch Überlagerung (mehrerer) verschiedener Schwingungen bzw. Töne. Sie ergeben den typischen **Klang**.

Der Klang der Instrumente:

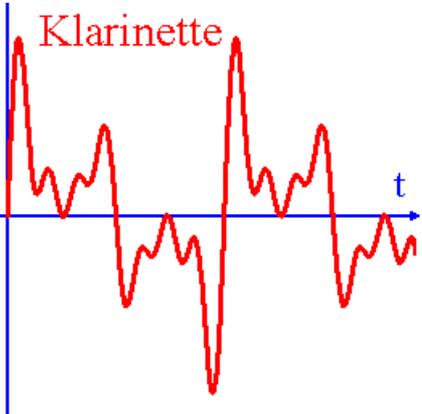
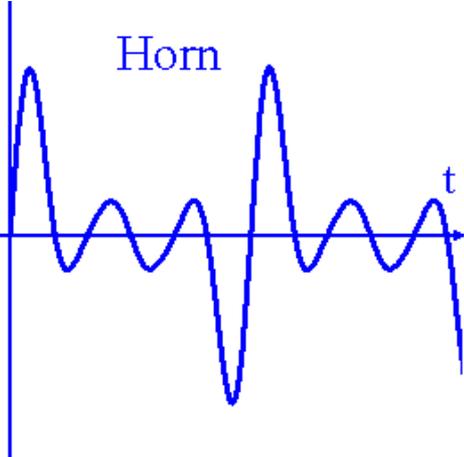
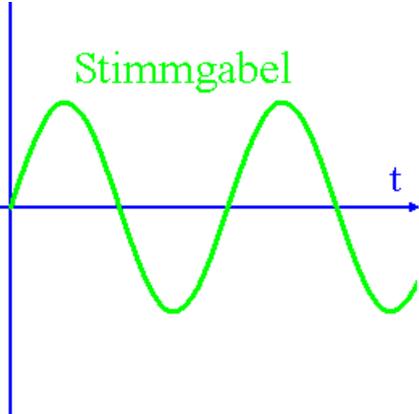
Stimmgabel



Horn



Klarinette



Schallgeschwindigkeiten:

... in Luft

T in °C	c in m/s	Zeit pro 1 m (ms/m)
35	352,17	2,840
30	349,29	2,864
25	346,39	2,888
20	343,46	2,912
15	340,51	2,937
10	337,54	2,963
5	334,53	2,990
±0	331,5	3,017
-5	328,44	3,044
-10	325,35	3,073
-15	322,23	3,103
-20	319,09	3,134
-25	315,91	3,165

... in verschiedenen Stoffen

Luft	340 m/s = ca. 1200 km/h (bei 20° C)
Wasser	ca. 1400 m/s
Eis	ca. 3200 m/s
Glas	ca. 5300 m/s
Eisen	ca. 5000 m/s
Blei	1200 m/s
Zinn	2490 m/s
PVC (weich)	80 m/s
PVC (hart)	1700 m/s
Beton	ca. 3100 m/s
Buchenholz	ca. 3300 m/s

Je stärker die Kopplungskräfte zwischen den schwingenden Teilchen, desto größer die Ausbreitungsgeschwindigkeit.

[zurück](#)