

Physik und Musik

Vom Gartenschlauch zur Posaune

J. Pretz

RWTH Aachen & FZ Jülich

Jülich, Tag der Neugier, 5. Juni 2016





→ Gebäude 07.3



Frequenz
Hamonische
Resonanz

→ Gebäude 07.3

Töne

Töne = Schwingungen von Luftmolekülen



Töne

Töne = Schwingungen von Luftmolekülen



λ (lambda)	Wellenlänge
--------------------	-------------

T	Periodendauer
-----	---------------

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

Beispiele

	Frequenz f [Hz=1/s]	Wellenlänge λ [m]	Ausbreitungsgeschw. $c = \lambda \cdot f$ [m/s]
Schall	440	0,78	343 (Luft)
Radiowellen (WDR2)	$100,8 \cdot 10^6$	3	300 000 000
Licht (blau)	$6,4 \cdot 10^{14}$	$470 \cdot 10^{-9}$	300 000 000
Wasserwellen	6	3,1	18,6

Zusammenhang: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge & Frequenz

Ausbreitungsgeschwindigkeit = Wellenlänge · Frequenz

$$c = \lambda \cdot f$$

Versuch mit Orgelpfeifen:

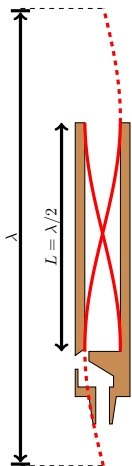
(Wellenlänge λ ist durch Länge der Pfeife gegeben)

$$c = \lambda \cdot f$$

① $\leftrightarrow = \nearrow \cdot \searrow$

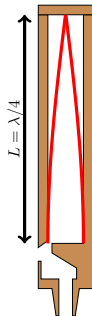
② $\nearrow = \leftrightarrow \cdot \nearrow$

Orgelpfeifen



offene Pfeife
 $\lambda = 2L$

$$\Rightarrow f_{oo} = \frac{c}{2L}$$



gedackte Pfeife
 $\lambda = 4L$

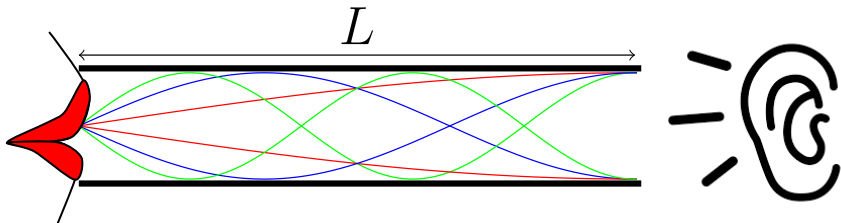
$$\Rightarrow f_{og} = \frac{c}{4L}$$

Gedackte Pfeife klingt eine Oktave (halbe Frequenz) tiefer!

Blechblasinstrumente

= einseitig geschlossenes Rohr

(Lippen des Bläusers bilden den Abschluss und geben Frequenz vor.)

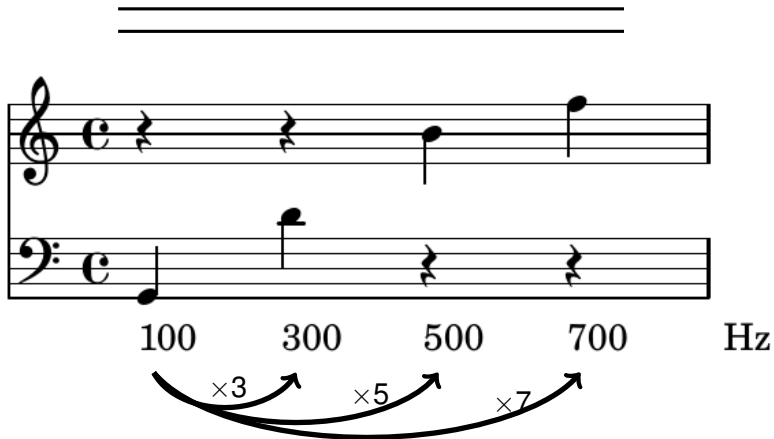


Mögliche Wellenlängen/Frequenzen (**Naturtöne**)

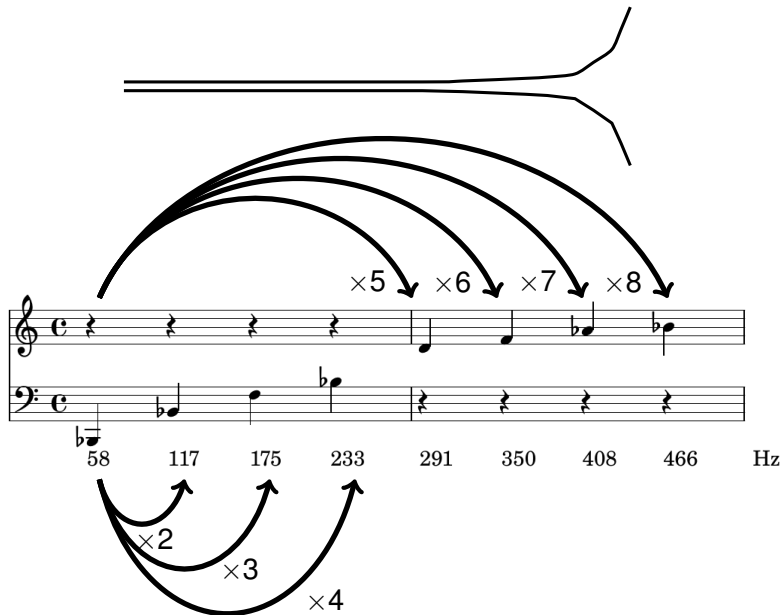
Bedingung: Knoten an einem Ende, Bauch am anderen Ende

Wellenlänge	Frequenz	$L=86 \text{ cm}, c = 343 \text{ m/s}$
$\lambda = 4L$	$f = \frac{c}{4L}$	= 100 Hz
$\lambda = \frac{4}{3} L$	$f = 3 \frac{c}{4L}$	= 300 Hz
$\lambda = \frac{4}{5} L$	$f = 5 \frac{c}{4L}$	= 500 Hz

Naturtöne Gartenschlauch (Zylinder)



Naturtöne Posaune (konisches Rohr)



Naturtöne Blechblasinstrumente

- Naturtöne sind ganzzahlige Vielfache einer Grundfrequenz
- Zwischenräume können durch Rohrlängenänderung erreicht werden

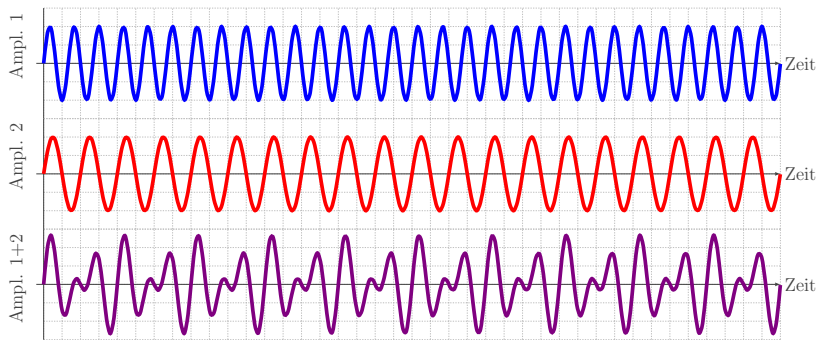


Zusammenklingen mehrerer Töne

Bisher nur ein Ton, jetzt mehrere Töne zusammen:

- Zwei Töne mit ähnlicher Frequenz (**Schwebung**)
- Shepard-Tonleiter (**akustische Täuschung**)

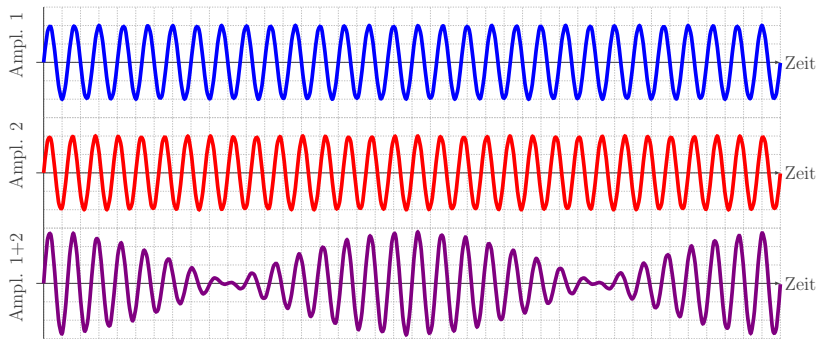
Zusammenklingen von zwei Tönen (Schwebung)



Frequenzverhältnis $\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{2}$ (Quint)

Play

Zusammenklingen von zwei Tönen (Schwebung)

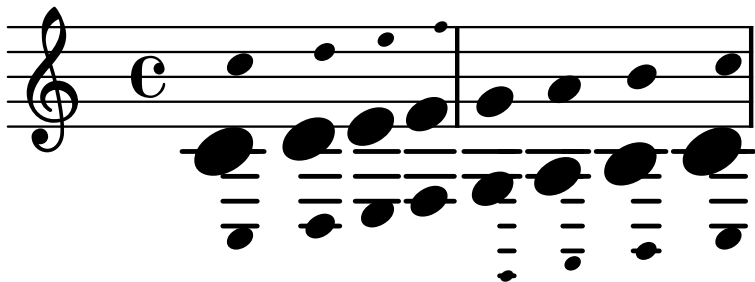


Frequenzverhältnis $\frac{f_1}{f_2} = \frac{16}{15}$ (Halbton)

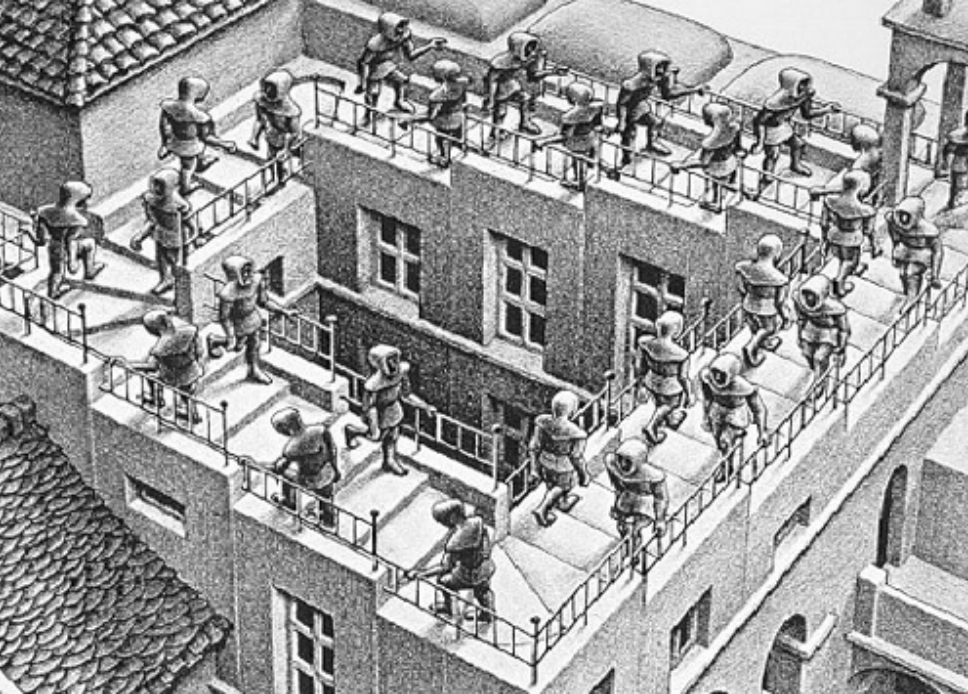
Play

Play Mathematica

Shepard-Tonleiter



Play



<https://www.youtube.com/watch?v=u9VMfdG873E>



007 / 10036