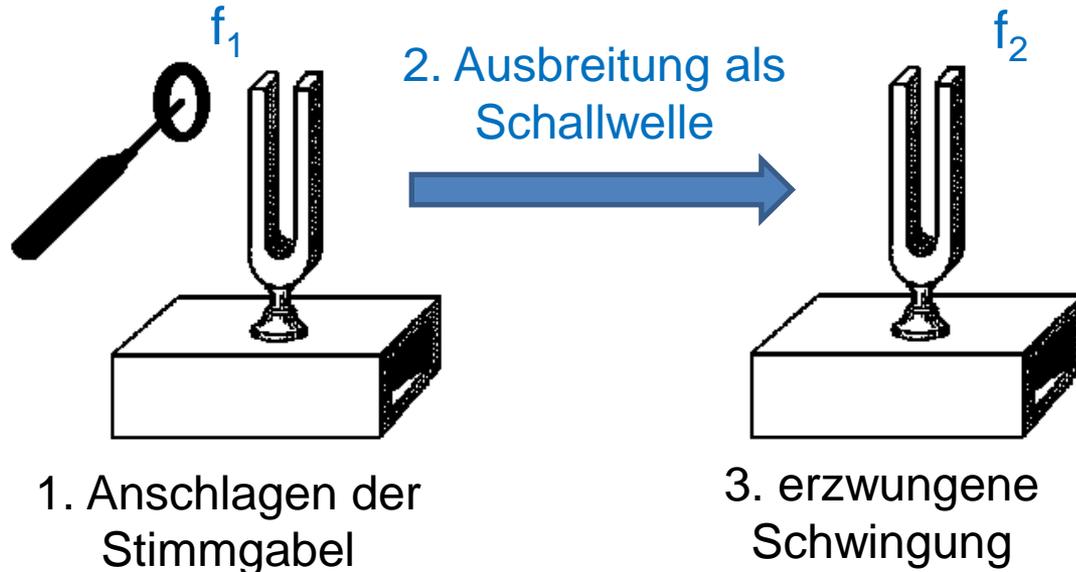


# Weitere Wellen- eigenschaften



# Resonanz durch Wellen:

(1) Schallübertragung zwischen zwei gleichen Stimmgabeln

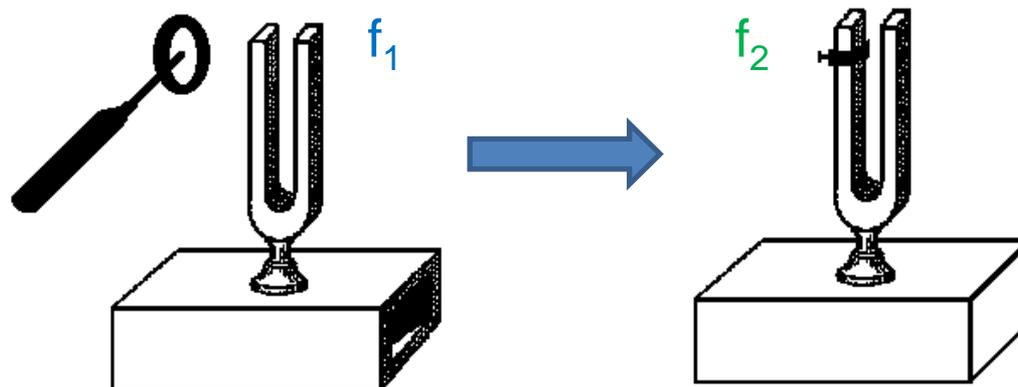


*Nach „Anhalten“ der ersten Stimmgabel schwingt die zweite Stimmgabel (hörbar) weiter.*

*Beide Stimmgabeln besitzen die **gleiche Eigenfrequenz***

► **Resonanz**

(2) Schallübertragung zwischen zwei verschiedenen Stimmgabeln



*Auf die zweite Stimmgabel wird nur ein sehr kleiner Energiebetrag übertragen.*

*Sie schwingt kaum (nicht) hörbar.*

Im Resonanzfall können bei erzwungenen Schwingungen große Amplituden auftreten.

► Resonanzkatastrophe



*Durch periodisch kreisende Bewegung kann das Glas zum hörbaren Schwingen gebracht werden*

*... geht das auch mit Schallwellen ?*

→ Video

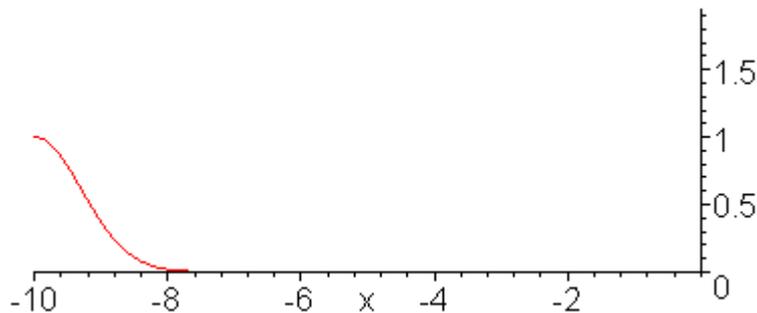


## Resonanz durch Interferenz:

*Treffen (zwei) Wellen gleicher Wellenlänge aufeinander, so tritt Interferenz auf.*

z.B. Aufeinandertreffen nach Reflexion:

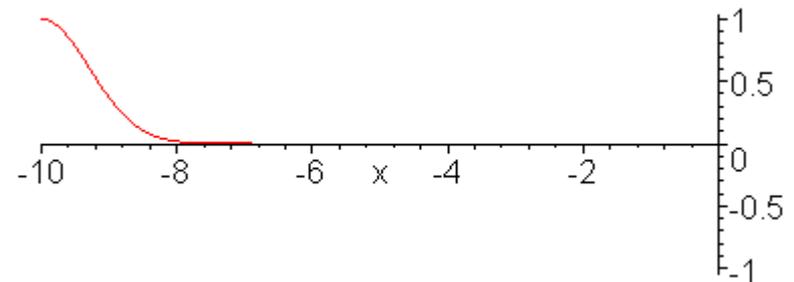
... loses Ende:



*Der Wellenberg kommt als Wellenberg zurück.*

Einfallende und reflektierte Welle sind in Phase.

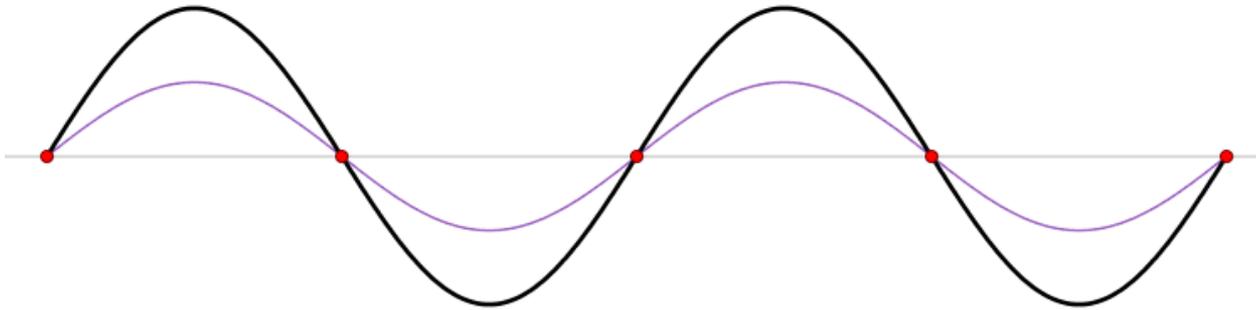
... festes Ende:



*Der Wellenberg kommt als Wellental zurück.*

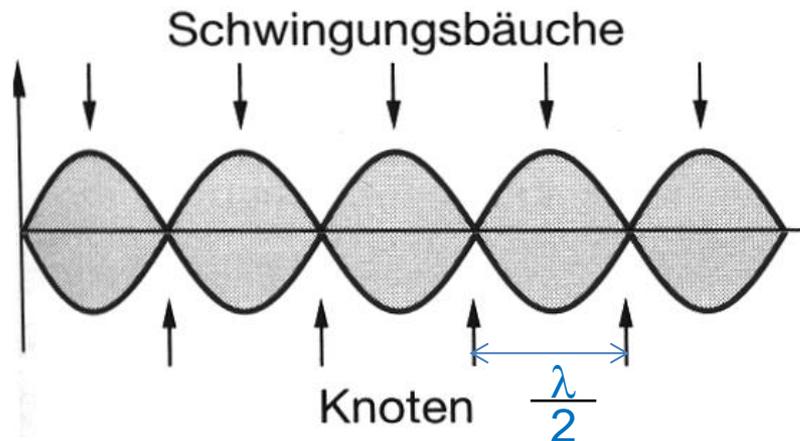
Einfallende und reflektierte Welle sind gegenphasig.

# Überlagerung der einfallenden und reflektierten Welle:



blau: rechtslaufend  
rot: linkslaufend  
schwarz: **Überlagerung** (Interferenz) beider Wellen

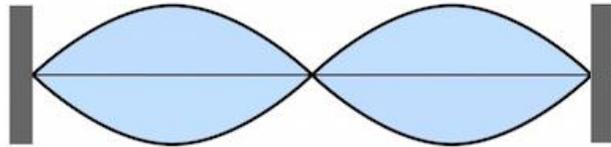
Es gibt Bereiche in denen keine Schwingung stattfindet: **Knoten**  
Es existieren Bereiche mit maximaler Amplitude: **Bäuche**



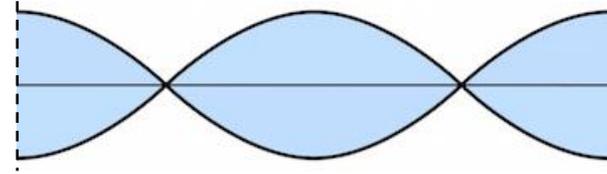
Es bildet sich eine **stehende Welle** aus.

Die Knoten haben ein Abstand von  $\lambda/2$ .

Auf langen Wellenträgern können sich i.R. stets stehende Wellen ausbilden.

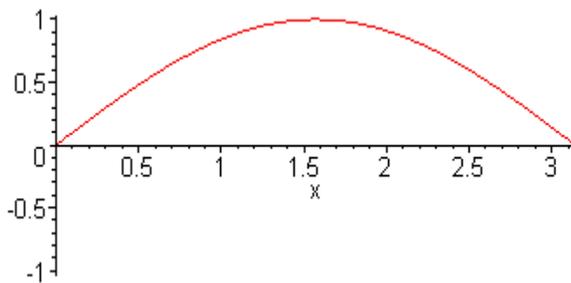


Bei Reflexionen am festen Ende entstehen die Knoten am Ende des Wellenträgers

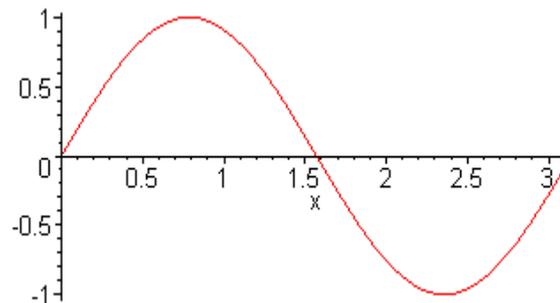


Bei Reflexionen am losen Ende entstehen am Ende die Schwingungsbäuche

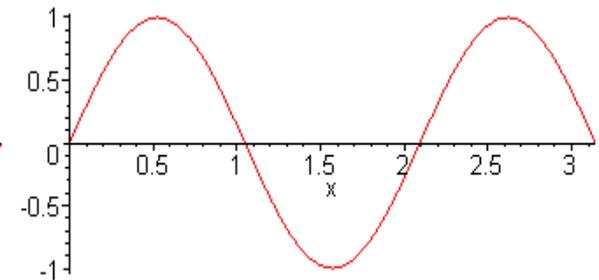
Die Anzahl der Knoten ist abhängig von der Länge des Wellenträgers, der Ausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz der Welle.



Grundschwingung



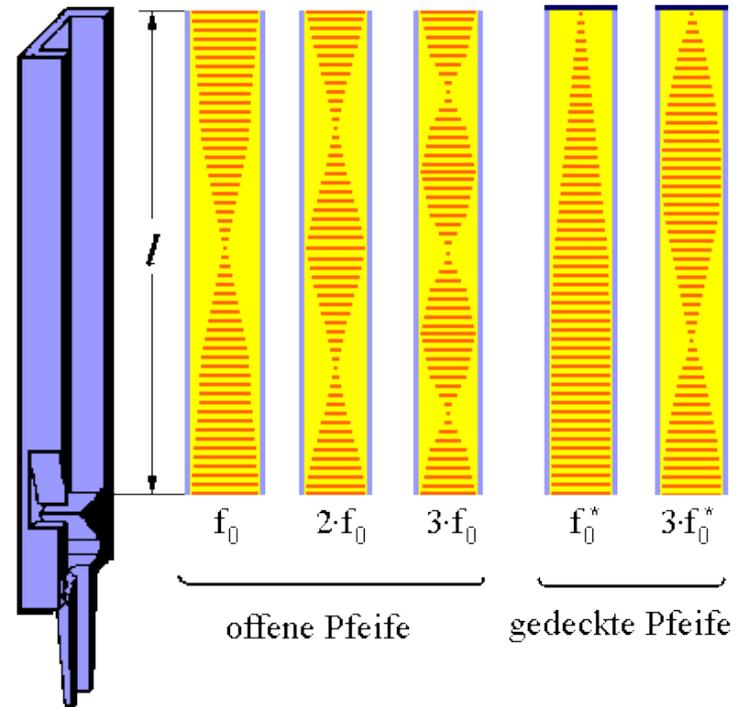
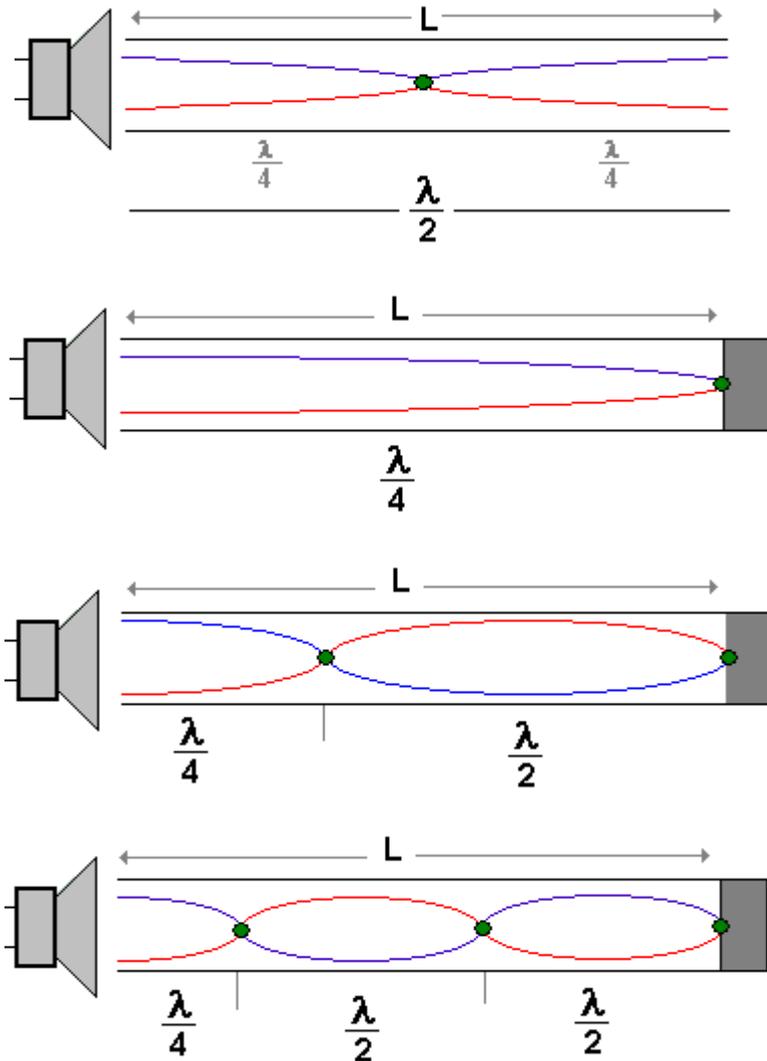
1. Oberschwingung



2. Oberschwingung

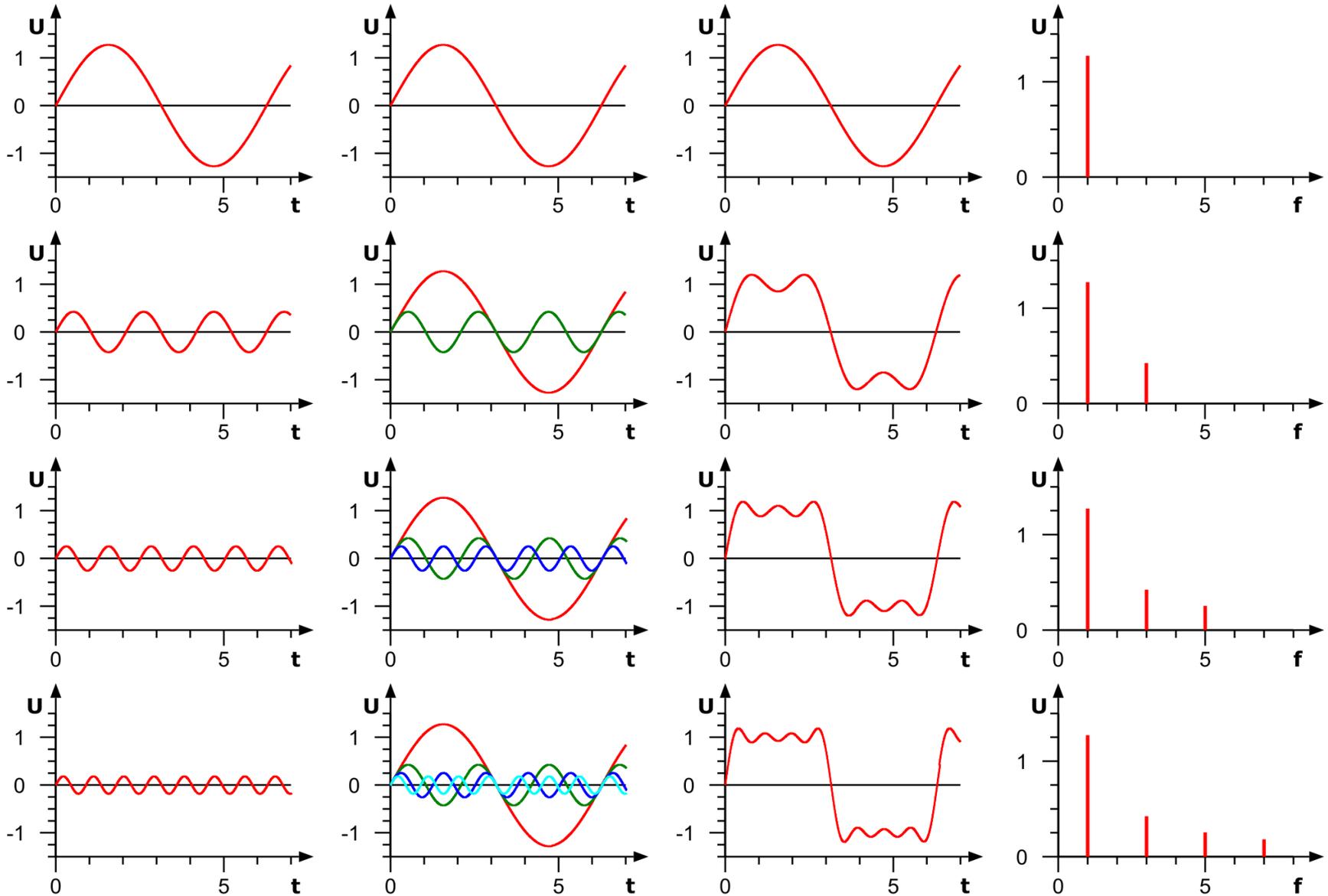
Stehende Wellen entstehen durch Resonanz gegenläufiger Wellen.

# Anwendung stehender Wellen: (Blasinstrumente)

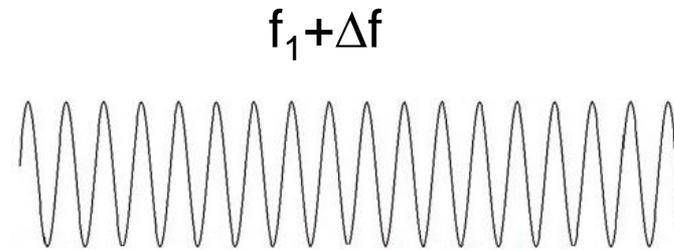
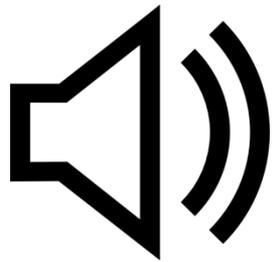
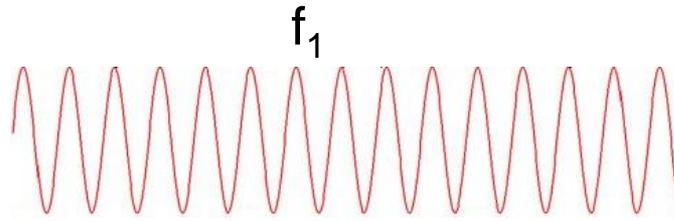
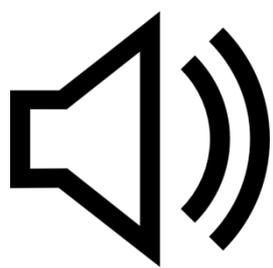


→ Die Länge der Orgelpfeife bestimmt deren Frequenz

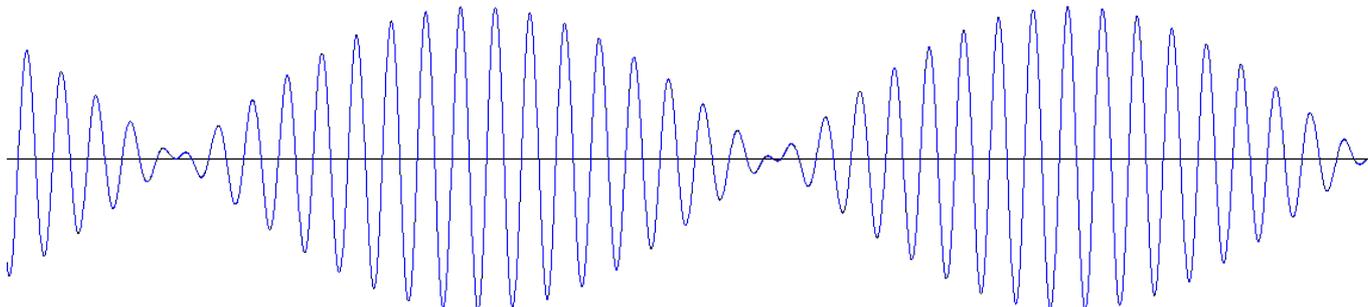
# Klangerzeugung durch Überlagerung:



# Überlagerung von Wellen unterschiedlicher Frequenzen:



Ist der Frequenzunterschied  $\Delta f$  sehr klein, nimmt der Beobachter einen Ton mit periodisch ändernder Lautstärke wahr.



► Es entsteht eine **Schwebung**.

## bewegte Wellenerreger:



Bewegung der Ente



Strömung des Wassers

Wird der Wellenerreger gegenüber dem Beobachter bewegt oder bewegt sich der Beobachter gegenüber dem Wellenerreger, so verändert sich die Wellenlänge.

Die zeitliche Stauchung bzw. Dehnung eines Signals bei Veränderungen des Abstands zwischen Sender und Empfänger während der Dauer des Signals nennt man **Doppler-Effekt.**



## Doppler-Effekt bei Schallwellen:

© 2009 Christian Wolff



Die Schallwellen in Bewegungsrichtung werden „gestaucht“, sie werden kürzer.

Der Beobachter nimmt einen höheren Ton wahr.



Die Schallwellen entgegen der Bewegungsrichtung werden „gedehnt“, sie werden länger.

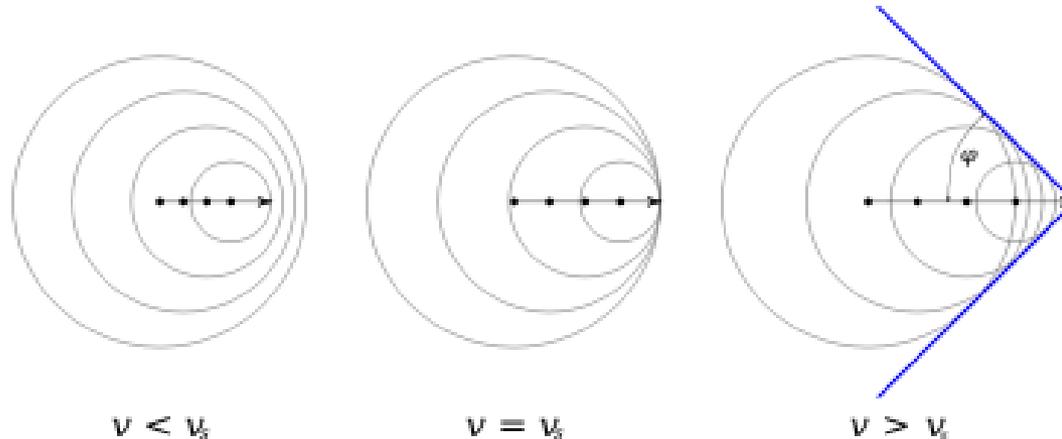
Der Beobachter nimmt einen tieferen Ton wahr.

# Überschallgeschwindigkeit:

Die relative Geschwindigkeit eines Objektes zur Schallgeschwindigkeit in Luft wird als **Mach-Zahl** bezeichnet.

Objekte, die sich schneller bewegen als die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls bewegen ( $v > 340 \text{ m/s}$ ), besitzen Überschallgeschwindigkeit.

z.B.  
Flugzeuge:



Bei  $v \geq 340 \text{ m/s}$  bildet sich ein Bereich mit sehr hohem Druck aus, der als Stoßwelle (Knall) zum Beobachter gelangt.

Der Bereich des hohen Druckes wird durch den **Machschen Kegel** beschrieben

*Der Beobachter im bewegten Objekt (Flugzeug) nimmt diesen nicht wahr.*