



# AKUSTIK 1

Vorlesung

Hören Verstehen - für jedes Diplomfachstudium

Dienstag 04.11.2007 13.00 - 14.30

## Lautstärke

Nächste Vorlesung - Dienstag 18.12.2007

Dr. Michael Jäger / Michael.Jaeger@uibk.ac.at / +43 (676) 9675309



# Auflösung

## Schallausbreitung

Sie hören Musik aus zwei Lautsprechern. Ein Lautsprecher befindet sich 6 m und der andere 4,8 m weit entfernt. Nennen Sie verschiedene Wellenlängen für konstruktive und destruktive Interferenz.

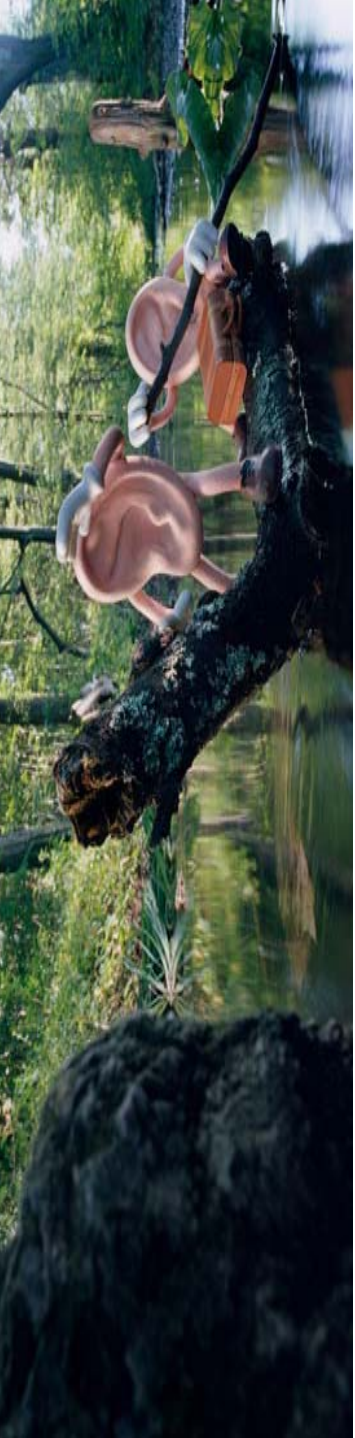
$$n \times \lambda = s_1 - s_2$$

Immer wenn **n** eine ganze Zahl ist oder Null – konstruktive Interferenz.

$$\lambda = 1,2/n \quad v = \lambda \times f \quad 287 \text{ Hz}, 573 \text{ Hz usw.}$$

Immer wenn **n** eine ganze Zahl plus ein zusätzliches 0,5 ist, sind die Wellen phasenverschoben – destruktive Interferenz.

$$\lambda = 1,2/n \quad v = \lambda \times f \quad 430 \text{ Hz}, 143 \text{ Hz usw.}$$



# Lautstärke

Amplitude, Energie und Intensität

Was ist das geeignete physikalische Maß für Lautstärke?

Auslenkungsamplitude

Schnelligkeitsamplitude

Druckamplitude

1

Enthaltene Energie in einer Schallwelle

Schwingungsenergie proportional zur zum  
Quadrat der Amplitude

2

X

Y

Z

Y

Doppelte **Amplitude** wie X

Z

Doppelte **Energie** wie X

**Vierfache** Energie wie X

**Doppelte** Energie wie X

# Lautstärke

Amplitude, Energie und Intensität

Energiefluss pro Punkt

Gesamte Energiemenge  $E$

Zeitspanne  $t$

$$P = E/t$$

Leistung pro Flächeneinheit

$$I = P/S = E/Fxt$$

$I$  steht für Intensität (Watt pro Quadratmeter)

$P = 10 \text{ W}$  gleichmäßig über eine Fläche  $S = 5 \text{ m}^2$

Intensität  $I = 2 \text{ W/m}^2$  die auf diese Fläche wirkt

# Lautstärke

## Schallpegel und Dezibel-Skala

Lautes Klänge und Geräusche überschreiten kaum eine Intensität von  $1 \text{ W/m}^2$ .

Deren Energie kann eine Billion mal größer sein als die der leisesten noch hörbaren Klänge.

## Schallintensitäts-Pegel $L_I$

## Schallpegelskala: Einheit **Dezibel**

Dezibel: ein Zehntel („*dezi-*“) von einem Bel („*-bel*“).

**Bel** ist definiert durch das Verhältnis von **10 zu 1** zwischen zwei Intensitäten.

Ein Bell ist nicht der Betrag des Schalls sondern das *Verhältnis* zwischen zwei Schallereignissen.

Klang Y 10 mal so viel Energie wie Klang X

Pegel von Y ist **1 Bel** oder **10 dB** höher



# Lautstärke

## Schallpegel und Dezibel-Skala

$$I_1/I_2 = 10^n \text{ bzw. } L_{I1} - L_{I2} = 10 \times n \text{ dB}$$

Wenn eine Klang um 10 Millionen ( $10.000.000 = 10^7$ ) mal mehr Intensität hat als ein anderer, so ist der erste Schallpegel um **7 Bel** oder **70 dB** höher als der zweite.

Intensitätsverhältnisse werden multipliziert.

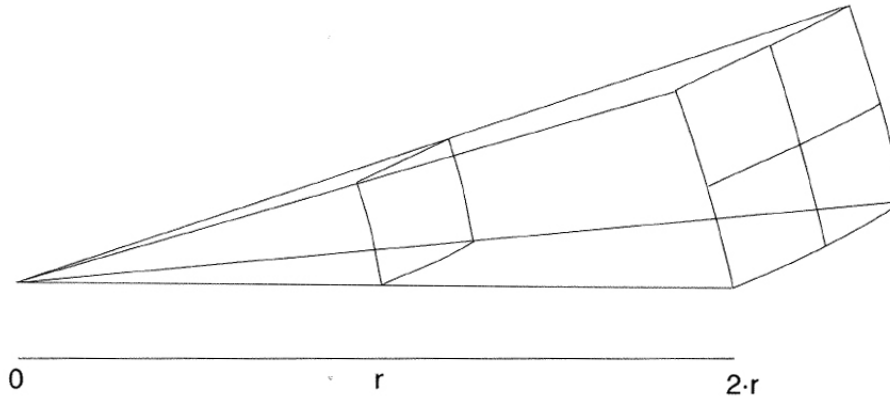
Schallpegelwerte werden addiert.

$$I_0 = 0,000.000.000.001 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Intensitätsverhältnis	Pegelunterschied in dB	Schallquelle	Schallpegel (dB)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	Reaktion
$I_1/I_2 = 1,0$	0 dB = $L_{I1} - L_{I2}$	Düsentriebwerk in 10 m	150	$10^3$	Unerträglich
1,3	1 dB		140		
1,6	2 dB		130		
2,0	3 dB	Start eines Jets in 500 m	120	1	Schmerzhaft
2,5	4 dB	Rockmusik-Konzert	110		
3,2	5 dB	Maschinenhalle	100		
4,0	6 dB	U-Bahn	90	$10^{-3}$	} musikalisch nutzbar
5,0	7 dB	Fabrik	80		
6,3	8 dB	Stadtverkehr	70		
7,9	9 dB	Leise Unterhaltung	60	$10^{-6}$	
10,0	10 dB	Leises Auto-Innere	50		
100,0	20 dB	Bibliothek	40		
1.000,0	30 dB	Leerer Konzertsaal	30	$10^{-9}$	
...	...	Flüstern in 1m Entfernung	20		
$10^n$	$10 \cdot n$ dB	Fall einer Stecknadel	10		
			0	$10^{-12}$	Unhörbar

# Lautstärke

## Das Abstands- oder Entfernungsgesetz



Das Abstandsgesetz, geometrisch dargestellt. Bei Verdoppelung der Entfernung ( $2r$ ) von der Schallquelle ( $0$ ) durchquert die gleiche Schallenergie die vierfache Fläche, hat also pro Flächeneinheit nur ein Viertel der Energie wie beim Abstand  $r$ .

1m<sup>2</sup> an der inneren Halbkugel

4m<sup>2</sup> an der äußeren Halbkugel

$\frac{1}{4}$  der Intensität: Schallpegel hat um 6 dB abgenommen

# Lautstärke

## Umweltgeräusche und Lärmbelästigung

Einwirkungsort	Maximale Immissionswerte in dB (A)	
	tags	nachts
Rein gewerbliche Anlagen (Industriegebiet)	70	70
Vorwiegend gewerbliche Anlagen (Gewerbegebiet)	65	50
Weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen (Mischgebiet)	60	45
Vorwiegend Wohnungen (Allgemeines Wohngebiet)	55	40
Ausschließlich Wohnungen (Reines Wohngebiet)	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser	45	35



# Lautstärke

## Zusammengesetzte Schallpegel

Flötenton  $g''$

$$L_{I\text{Flöte}} = 60 \text{ dB}$$

$$I_{\text{Flöte}} = 10^n \times I_0 = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

Klarinetton  $b'$

$$L_{I\text{Klar}} = 63 \text{ dB}$$

$$I_{\text{Klar}} = 2 \times 10^n \times I_0 = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$3 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$65 \text{ dB}$$

## Symbole, Begriffe, Beziehungen

$A$  Amplitude  
des Schalldrucks

$E$  Energie

$F$  Kraft

$S$  Fläche  
(kleines  $s$  := Strecke)

$t$  Zeit

$$F = E/t$$

$$I = F/S$$

$$I_1/I_2 = (A_1/A_2)^2$$

$I$  Intensität

$L$  Schallpegel

$L_I$  Schallintensitätspegel

$L_p$  Schalldruckpegel,

$L_M$  Mittelungspegel

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$P$  Leistung

$I$ -Verhältnis:  $I$ -Unterschiedsbetrag,  
siehe Tabelle 5.1

Dezibel (dB)

Abstandsgesetz

Chorus-Effekt

Wie groß ist der Schallpegel  $L_1$  in dB wenn die Intensität

a)  $I = 10^{-10} \text{ W/m}^2$

b)  $I = 4 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$

beträgt?