

# KLANG

Alexander Gustafson  
Ramon Schilling  
22. Mai 2012

Softwareprojekt 2 - FS 2012  
Projekarbeit im 3. Semester  
ausgeführt an der  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Projektinformationen</b>	<b>2</b>
2.1	Grundidee . . . . .	2
2.2	Aufgabenstellung / Abgrenzung . . . . .	2
2.3	Abgrenzung . . . . .	2
2.4	Mögliche Erweiterungen . . . . .	2
2.5	Motivation . . . . .	3
2.6	Projektverlauf . . . . .	3
2.6.1	Iterationen . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>4</b>
3.1	Stehende Wellen . . . . .	4
3.1.1	Was ist eine stehende Welle? . . . . .	4
3.1.2	Entstehung einer Stehenden Welle . . . . .	4
3.2	Definitionen . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Programmierung</b>	<b>6</b>
4.1	Grundstruktur . . . . .	6
4.2	Programmiersprache . . . . .	6
4.3	Komponenten . . . . .	6
4.4	Klassendiagramm . . . . .	6
4.5	Code Erläuterungen . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>7</b>



# 1 Abstract

Simulation von stehenden Wellen in einer Röhre. Die Implementierung wird mit Java realisiert und die relevanten physikalischen Grundlagen werden umgesetzt. Die Berechnungen werden durch ein numerisches / analytisches Verfahren gemacht.

## 2 Projektinformationen

### 2.1 Grundidee

Bei schwingenden Körpern entstehen musikalische Töne. Diese Körper können schwingende Saiten (Klavier, Gitarre, Violine), Membranen (Pauke, Trommeln), Luftsäulen (Flöte, Orgelpfeife, Panflöte) oder Stäbe aus Holz oder Stahl (Xylophon) sein. Die Idee des Projekts war, eine Simulation zu erstellen um nachzuvollziehen wie Klänge entstehen. Die genaue Aufgabenstellung war am Anfang noch nicht klar und musste zuerst mit dem Auftraggeber Albert Heuberger definiert werden.

### 2.2 Aufgabenstellung / Abgrenzung

Die Ausarbeitung der Aufgabenstellung hat zusammen mit Albert Heuberger stattgefunden. Die Aufgabe dieser Arbeit besteht in der Simulation stehender Wellen, bzw. Schallwellen in Röhren. Die Simulation soll falls möglich sowohl mit einem numerischen Verfahren, als auch analytisch möglich sein. Beispielsweise soll anhand einstellbarer Länge und Durchmesser einer Röhre und dem darauf wirkenden Luftdruck ein Ton erzeugt werden.

### 2.3 Abgrenzung

In unserer Arbeit beschränken wir uns auf die Simulation von Schallwellen die in einem luftgefüllten Rohr entstehen. Sich in einem Rohr ausbreitende Wellen werden an beiden Enden des Rohres reflektiert und die Superposition der beiden entgegengesetzt fortlaufenden Wellen ergeben, sofern die Wellenlänge einer Resonanzfrequenz des Rohres entspricht, eine stehende Welle.

### 2.4 Mögliche Erweiterungen

- Simulation mit gebogenen Röhren
- Erzeugung spezieller Klangcharakteristika (z.B. verschiedener spezifischer Instrumente)

## 2.5 Motivation

## 2.6 Projektverlauf

### 2.6.1 Iterationen

#### Iteration 1

Termin:

*Ziele:*

- Erstellen des *Proof of Concepts*: (Erzeugung von akustischen Signalen mit Java)
  - Definieren des Projektrahmens mit dem Projektauftraggeber Albert Heuberger
- Proof of Concept* Die Möglichkeit mit Java akustische Signale zu erzeugen haben wir getestet mit der jsyn Library (erhältlich unter <http://www.softsynth.com/jsyn/index.php>)■

#### Iteration 2

Termin:

*Ziele:*

- Ausarbeiten der physikalischen Grundlagen
- Verfahren zur Berechnung der Klänge auswählen
- Erste Klassen definieren, Grundlagen des GUI erstellen

#### Iteration 3

Termin:

*Ziele:*

- physikalische Grundlagen detailliert verstehen
- Grundgerüst der Dokumentation erstellen
- Formeln im Programm einbinden

#### Iteration 4

Termin:

*Ziele:*

- Dokumentation vervollständigen
- Programm fertig stellen, erweitern

## 3 Physikalische Grundlagen

### 3.1 Stehende Wellen

Wenn im Inneren einer Röhre eine stehende Welle erzeugt wird, entsteht ein Ton. Die Form und Länge des Innenraums des Instruments beeinflusst die akustischen Wellen und somit Tonhöhe und Klangfarbe.

#### 3.1.1 Was ist eine stehende Welle?

Eine stehende Welle entsteht, wenn sich zwei gegenläufige, fortschreitende Wellen überlagern. Die Wellen müssen die selbe Frequenz und Amplitude haben. In einer Röhre entstehen diese Wellen dadurch, dass ein Impuls von Aussen eine Welle generiert welche dann an beiden Enden des Rohrs reflektiert wird. Wie die Welle reflektiert wird hängt dabei davon ab, ob das Rohrende offen oder geschlossen ist. An einem offenen Rohrende befindet sich ein Schwingungsbauch (tatsächlich ist der Schwingungsbauch etwas ausserhalb des Rohrs, worauf wir aber hier nicht eingehen), an einem geschlossenen Rohrende befindet sich ein Knoten.

#### Stehende Welle in einem an beiden Enden offenen Rohr

Die stehende Welle, die in Abbildung 1 gezeigt wird, ist die einfachste stehende Welle in einem an beiden Enden offenen Rohr. Eine solche stehende Welle wird als *Grundmode*, *erste Schwingungsmode* oder *1. Harmonische* bezeichnet. Damit die *1. Harmonische* entsteht muss für die Wellenlänge  $\lambda$  und die Länge  $L$  gelten:  $\lambda = 2L$  bzw.  $L = \lambda/2$ . Damit sich die *zweite Schwingungsmode* ausbildet muss entsprechend die Schallwelle die Wellenlänge  $\lambda = L$  betragen. Für die *3. Harmonische* muss die Wellenlänge  $\lambda = 2L/3$  sein usw.

Allgemein gilt für ein an beiden Enden offenes Rohr der Länge  $L$ :  
 $\lambda = \frac{2L}{n}$ , für  $n = 1, 2, 3, \dots$  wobei  $n$  als *Modenzahl* bezeichnet wird.

#### Stehende Welle in einem an einem Ende offenen Rohr

#### 3.1.2 Entstehung einer Stehenden Welle

Wird eine Sinuswelle reflektiert (am Ende der Röhre) ist die Überlagerung der ursprünglichen und der reflektierten Sinuswelle die Stehende Welle.

Die stehende Welle ist also: Sinus Welle (nach rechts) + reflektierte Sinus-Welle (nach links)



$$\begin{aligned}y &= A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t) \\&= A \sin(kx) \cos(\omega t) - A \cos(kx) \sin(\omega t) \\&\quad + A \sin(kx) \cos(\omega t) + A \cos(kx) \sin(\omega t) \\&= 2A \sin(kx) \cos(\omega t)\end{aligned}$$

## 3.2 Definitionen

## 4 Programmierung

### 4.1 Grundstruktur

Da das Generieren des Audiofiles sehr rechenintensiv ist, wird die Audiodatei jeweils gespeichert und nicht direkt ausgegeben. Das Audiofile kann nachdem es generiert wurde abgespielt werden.

### 4.2 Programmiersprache

Bei der Wahl der Programmiersprache hatten die Vorgabe zu beachten, dass wir die Simulation mit einer Objektorientierten Programmiersprache realisieren. Da wir in der bisherigen Ausbildung hauptsächlich mit Java gearbeitet haben, haben wir uns auch bei diesem Projekt für Java entschieden.

### 4.3 Komponenten

benutzte Frameworks, Libraries

### 4.4 Klassendiagramm

### 4.5 Code Erläuterungen

## 5 Bibliographie

