

## Manual - Entwurf zur internen Verwendung

# Klingelspiel - Simulacra

Einsatz von Simulacra für die Klingelspiele  
für das Werk "Mouvement (-vor der Erstarrung)" von Helmut Lachenmann

Winfried Ritsch

ritsch(\_at\_)iem.at - <http://iem.at/ritsch> - tel: ++43 664 2439369

29. Januar 2012

Institut für elektronische Musik und Akustik, Kunstuniversität Graz



## 1 Einleitung

Für die Aufführung von "Mouvement –*vorderErstarrung*" von Helmut Lachenmann werden drei modifizierte Spielzeug-Klingelspiele alias "Froschklavierw" benötigt. Da diese, wie uns der Verlag mitteilte und wir feststellen konnten, nicht mehr für einen sicheren Einsatz im Konzert tauglich sind gibt es die Möglichkeit diese Stimmen mit speziellen Kratzbogentechniken zu spielen, diese zu reparieren oder einen mindest gleichwertigen funktionalen Ersatz dafür zu finden. Da diese Klingelspiele jedoch klanglich für dieses Werk eine Schlüsselrolle spielen, sind Simulacra als Ersatz dieser die flexiblere Lösung, da die gewünschten Eigenschaften besser isoliert werden kann.

## 1 Einleitung

Dies wurde zum Anlass genommen im Rahmen des Seminars “Instrumentalmusik und Liveelektronik” an der Kunstuniversität Graz, konzerttaugliche Simulacra<sup>1</sup> unter Berücksichtigung der Spiel- und Aufführungs-Situation und Eingliederung in ein Ensemble neuer Musik zu entwickeln und bei der Aufführung zu testen. Diese erfolgte erfolgreich im Rahmen eines Konzerts des Klangforum Wien im Mumuth, dem Ligeti-Konzertsaal mit virtueller Akustik der Kunstuniversität Graz am 28.6.2011.



Abbildung 1: Original Spielzeug-Klingelspiel, Aufnahmesituation davon und Innereien

Folgende Kriterien wurden für diese Entwicklung angedacht:

**Klangtreue** möglichst exakte Simulation der gewünschten Klang-Eigenschaften.

**Spielbarkeit** ähnliches Spielweise und Kontrolle der Parameter

**Konzerttauglichkeit** unkomplizierte Handhabung, Robustheit, Transport in kleiner Kiste.

**Akzeptanz** Die physische akustische Eingliederung in ein Ensemble “neuer Musik” als ortbares Instrument.

**Nachhaltigkeit** gute Reproduzierbarkeit und Wiederverwendbarkeit.

Zusätzliche Vorteile zu den Originalinstrumenten ist ein größerer Spielraum in der Interpretation des Werkes, wobei diese über die Einstellungen von Parametern erfolgt.

Die Dokumentation und Diskussion zu dieser Entwicklung und der Möglichkeiten wird in einen getrennten Artikel erscheinen und weitergehende Dokumentation ist unter <http://iaem.at/projekte/simulacra> zu finden. In diesen Dokument wird die die Implementation der Ergebnisse aus dem Projekt beschrieben und ist eine Anleitung zur Handhabung des Instruments mit einigen Anmerkungen und Erklärungen.

Diese Entwicklung Schritte wurden in Zusammenarbeit mit dem Studierenden Wen Liu, Maria Hollomey, Fabio Kaiser und Marian Weger des Seminars und dem Klangforum Wien, als Lehrende, an der Universität für Musik Graz durch das Institut für Elektronische Musik durchgeführt. Deshalb auch besonderen Dank an das Klangforum Wien, speziell Dimitrios Polisoidis, welches bei der Organisation sehr geholfen hat, dem Verlag der uns unterstützte, Matthias Herrmann der die

<sup>1</sup>Simulacrum im Sinne von Jean Baudrillard, wo die notwendigen Eigenschaften und Funktionen nachgebildet werden, jedoch nicht die Erscheinungsform. Im Sinne der Software wäre es ein Emulator, jedoch werden auch, beziehungsweise vor allem, die physisches Interfaces und das physikalische Verhalten im Kontext eines Ensembles nachgebildet, was mehr dem Begriff Simulacrum entspricht

## 2 Spielzeug-Klingelspiel Simulacrum

Klingelspiele bearbeitete und nicht zuletzt Helmut Lachenmann, der uns telefonisch mit seinen Rat unterstützte.

## 2 Spielzeug-Klingelspiel Simulacrum

Das Simulacrum des Klingelspiels besteht aus der Software-Simulation, dem Spielinterface und dem Lautsprecher mit Verstärker. Damit wurden alle gewünschten Elemente und Funktionen des Klingelspiels speziell für das Werk "Mouvement (- vor der Erstarrung)" und die dazu verlangte Spielsituation neu geschaffen.

### 2.1 Analyse des Originalinstrument

Das Original-Klingelspiel für die Lachenmann's Werke, wie in den Bilder der Abbildung 1 gezeigt, besteht aus dem modifizierten Instrument und einem externen Stromversorgung mit Spannungs- bzw. Stromregelung über einem Potentiometer, (welcher unserer anscheinend nicht mehr einwandfrei funktionierte). Der Antrieb erwies sich zusätzlich als instabil und schwer regelbar.

Es wurde die Mechanik optisch analysiert, um daraus das physikalische Modell für die Simulation abzuleiten. Zusätzlich wurden Aufnahmen bei verschiedenen Motorgeschwindigkeiten aus verschiedenen Richtungen gemacht, um das Klangspektrum und die Abstrahlung zu analysieren.

Die Frequenzanalyse ist als Sonogramm über 4 Töne und das Spektrum des 1 Tones davon dargestellt.

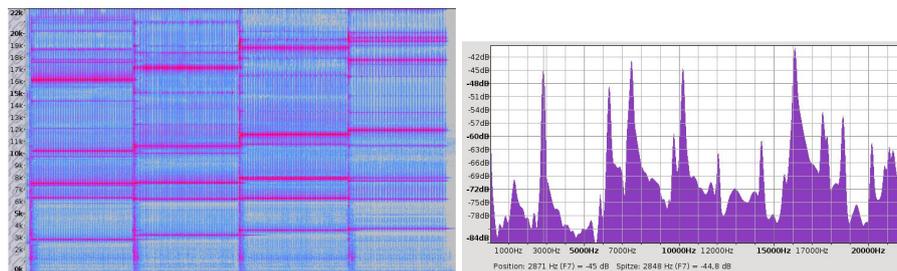


Abbildung 2: Sonogramm von 4 Tönen als Tonleiter und das Spektrum des ersten dieses Tones

Daraus wird ersehen, dass die Teiltöne erst bei hohen Frequenzen beginnen (Tonhöhe) und bis zur Hörgrenze nicht schwächer werden.<sup>2</sup> Dabei gibt es quasi fixe Moden, wahrscheinlich durch die gleichen Breiten aller Platten, die über die Tonleiter in etwa konstant bleiben und welche, die einen Grundton mit dazugehörigen Obertönen bilden. Die Abstrahlung der Einzeltöne zeigte sich in den gemessenen Richtungen als gleich stark, entscheidend für die Abstrahlung ist jedoch auch der Tisch als Reflexions-Fläche.

## 2 Spielzeug-Klingelspiel Simulacrum

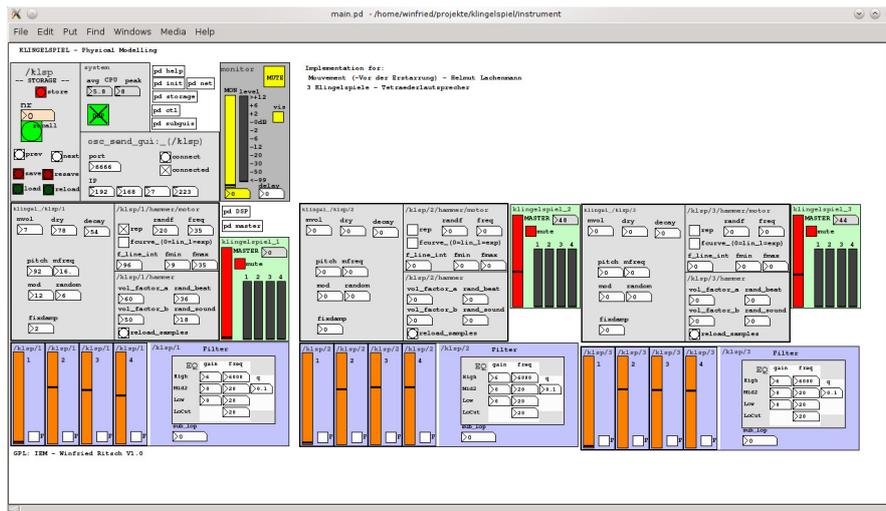


Abbildung 3: 3 Klingelspiele mit einem Computer

### 2.2 Software-Simulation

Als Programmiersprache wurde Pure Data verwendet, welche als “open source” lizenzfrei für die meisten Betriebssysteme zur Verfügung gestellt. Hier wurde es sowohl unter “Mac OS-X”<sup>TM</sup> verwendet als Linux. Hauptsächlich wurde es jedoch für schlanke echtzeitfähige Linux-Systeme mit geringer Latenz entwickelt.<sup>3</sup> Es kann und wurde ein kleiner Notebook (Netbook) mit Debian Linux so aufgesetzt, dass es zur Inbetriebnahme nach der Verkabelung nur ein- bzw. dann wieder ausgeschaltet werden muss und nach zb.: Stromausfall sich innerhalb von 30 Sekunden bis zum Spielen neu starten lässt.

Als Synthese-verfahren wurde die physikalische Modellierung (physical modelling) verwendet, welche auf Analyse-Daten des Original-Instruments aufbaute. Da sich die Teiltöne des Metalsounds hauptsächlich oberhalb von 1kHz befinden und ein Hauptanteil im nicht hörbaren Bereich liegt wurde eine additive Synthese-Methode gewählt, welche von den Anschlaggeräuschen getriggert werden. Die Anschlaggeräusche wurde mittels Entfernung der harmonischen Anteile durch spezielle Algorithmen aus Aufnahmen generiert.

Daraus ergeben sich folgende Spielparameter für das Modell (mit den Voreinstellungen in Klammer):

**generell mvol** Anschlagstärke der Hämmer (7)

**dry** Geräuschanteil [0...100] (75)

**decay** Schärfe des Anschlags in ms, default (50)

**pitch** MIDI Tonhöhe als Kommazahl zur Verstimmung, default: (92)

<sup>2</sup>Wahrscheinlich befindet sich der größerer Teil der Lautstärken des Spektrums im Ultraschallbereich.

<sup>3</sup>Das IEM bevorzugt Debian System, da diese besten Konfigurations-Möglichkeiten besitzt und eine stabile Entwicklung über Jahrzehnte darstellt.

## 2 Spielzeug-Klingelspiel Simulacrum

**mfreq** Modulation der Frequenz der Teilplatten (16)

**mod** Modulationsamplitude (12)

**random** zufällige Abweichung der Frequenzen bei Initialisierung, Verstimmung (6)

**fixdamp** Zusätzliche fixe Dämpfung zum Ausklang der Platten

**Motor rep** Repitition (an)

**randf** zufällige Geschwindigkeitsänderungen, unrunder lauf (20)

**freq** Motorgeschwindigkeit in ms/Anschlag (95), steuerbar über MIDI

**fcurve** Steuerung durch Regler linear, exponentiell (linear)

**fline** maximale Verstellgeschwindigkeit in ms (96)

**fmin, fmax** Steuerbare motorgeschwindigkeit von fmin bis fmax in ms/Anschlag

**Motor vol\_factor\_a** ungerader Anschlag Lautstärke (60)

**vol\_factor\_b** gerader Anschlag Lautstärke (50)

**randbeat** Zufällige Abweichung der Anschlagslautstärke (96)

**randsound** Zufällige Abweichung des Klanges (18)

Die Stimmung der Platten ist einstellbar und wird durch einen Zufallsgenerator für die drei Instanzen modifiziert, damit diese besser unterscheidbar werden. Dabei wurden die Grundtöne der Platten aus dem vorhandenen Instrument ausgemessen und in einer Datei, *stimmung.txt'* gespeichert.<sup>4</sup>

Die Lautstärke wird mit den Master-Reglern am Computer so eingestellt, dass sie sich mit dem Ensemble gut mischt, die Hörbarkeit für die umgebenden Musiker, Dirigenten und Publikum durch die Abstrahl-Parameter angepasst. Die Dynamik wurde nur über die Motorgeschwindigkeit gespielt, sodass der Maschinen-Charakter nicht verloren geht.

Ein zusätzlicher Remote-Computer könnte über Netzwerk (zB.: W-LAN) auch, dieses Simulation auch aus der Ferne steuern, damit das Instrument an den Saal von der Mitte her angepasst werden kann, ist aber nicht notwendig. Die Computer Hardware bestand aus einen "Netbook" mit Multikanal Audiointerface<sup>5</sup> Geplant ist die Ausrüstung der Lautsprecher mit Digital-Interfaces und integrierten Verstärker.

### 2.3 Spielinterface

Als Spiel-Interface wurde ein MIDI-Controller gewählt, dessen Tasten ähnlich dem des Original-Klingelspiels sind, etwas robuster und welcher eine einfache Regelung der Motor-Drehzahl über einen Fader-Controller ermöglicht. Das Verhalten dieser Steuerung lässt sich mit Parameter einstellen.

Alle drei USB-Interfaces der Keyboards werden über einen aktiven USB-Hub am Computer angeschlossen.

---

<sup>4</sup> In einen späteren Konzert des Klangforums im Dezember 2012 wurde vom Dirigenten Johannes Kalitzke noch stärker verstimmt (um einen mikrotonalen Eindruck zu vermitteln).

<sup>5</sup> in der ersten Aufführung 2 Stück, EMI Gigaport, später RME-Multiface).

## 2 Spielzeug-Klingelspiel Simulacrum

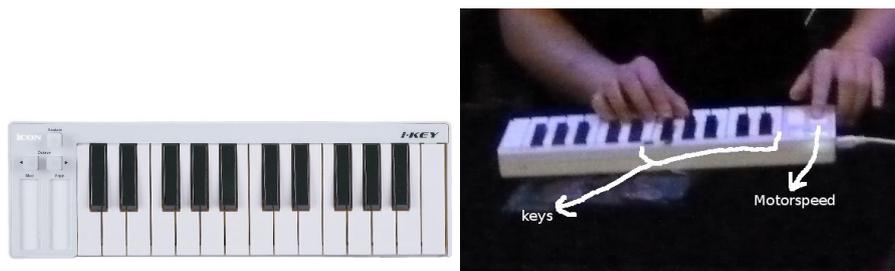


Abbildung 4: MIDI Controller icon ikey und Spiel dieses

### 2.4 Wiedergabesituation - Klangreproduktion mit Tetraederlautsprecher



Abbildung 5: zwei von drei Tetraederlautsprecher und Verteilung im Ensemble

Besonderer Wert wurde auf die Integration des Instrumentes in das Ensemble, speziell für das Stück “Mouvement (-vor der Erstarrung)“, gelegt. Laut Bühnenplan der Partitur sollten die 3 Klingelspiele über die gesamte Breite möglichst weit verteilt sein, damit eine spatiale Wahrnehmung möglich wird. Dafür ist es notwendig, dass diese Punktquellen sind und für auch im Publikum noch zu orten sind. Zusätzlich sollen auch die anderen Musiker die Instrumente möglichst im Originalklang und -lautstärke wahrnehmen können. Ein weiterer Aspekt war eine ähnliche Ausbreitung des Schalls wie die der meisten anderen Instrumente im Ensemble, um eine gleiche Gewichtung der Lautstärke bis in die letzten Ränge zu gewährleisten. Dabei spielt die Raumakustik auch eine entscheidende Rolle, wie sie es auch bei den anderen Instrumenten tut.

Da Experimente mit vorhandenen Lautsprechern aus dem PA oder Studio-bereich nicht zufriedenstellend waren (Verortung, Lautstärken und Hörbarkeit im Publikum) wurden dafür spezielle Lautsprecher entwickelt, welche diesen Erfordernissen angepasst sind (und welche eventuell auch andere Instrumente ersetzen könnten).

Bei den Tetraeder Lautsprechern wurde durch die Verwendung von weichen aufgehängten Membranen, im Unterschied zu PA-Lautsprechern, ein besseres Verhalten im Nahfeld und nicht zuletzt durch die Form eine gleichmäßigere Abstrahlung in alle Richtungen erreicht. Ein Tetraeder stellt die einfachste Form einer Kugel dar und deckt mit den 120-Grad-Abstrahlcharakteristik der einzelnen Flächen, als Gesamtes einen Kugelstrahler dar. Zusätzlich lässt sich die Abstrahlung in alle Richtungen verändern. Dazu gibt es in der Software eine eigene Ausgangsstufe für diese

### 3 Anmerkungen

Lautsprecher wo diese Abstrahlung und der Frequenzgang in die verschiedenen Richtungen an das gewünschte Instrumentenverhalten und den Raum angepasst werden kann.

Die Grundidee ist in Abbildung 6 zu erkennen. Dabei sollten zwei Membrane nach vorne schauen, welche die Musiker davor und daneben, den Dirigenten und beschallen und in das Publikum strahlen. Die obere Membranfläche kann in Räumen mit guter Decken- und oberen Seitenreflexionen verwendet werden, damit der Klang weiter nach hinten trägt, die hintere Membran um Musiker hinter dem Instrument zu beschallen und eventuell Reflexionen der Rückwand auszunutzen, wenn diese vorhanden sind. Damit dürfte sich das Instrument ähnlich (oder besser) Verhalten als das Original-Instrument.

Die Spieler können aufgrund der langen Lautsprecherkabel an einen (zentralen) Platz nebeneinander sitzen und den Computer bedienen, obwohl die Verortung der Klingelspiele über die Bühne verteilt ist.<sup>6</sup>

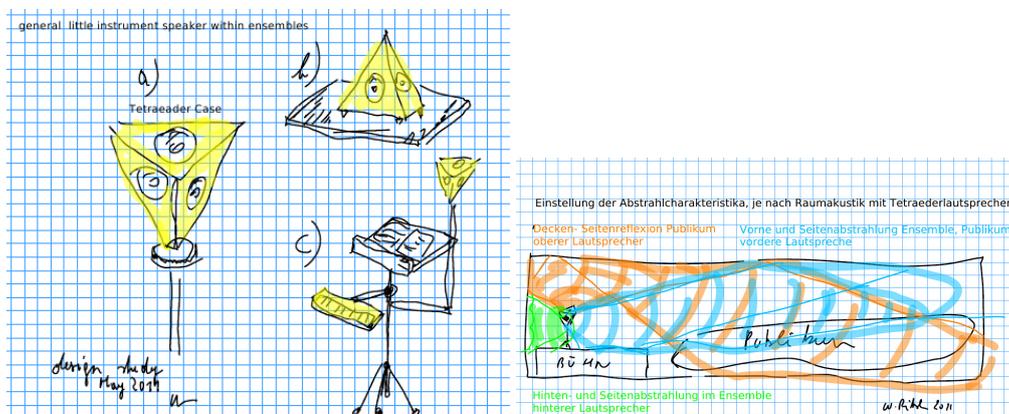


Abbildung 6: Tetraederlautsprecher als Instrument im Ensemble

### 3 Anmerkungen

Anmerkungen zu den Entscheidungen und besseren Verständnis für den Einsatz der Simulacra.

#### 3.1 Physikalische Modellierung

Als physikalische Modellierung wurde das Modell der Additiven Synthese den Waveguides (nach erfolgten Experimenten) vorgezogen, da Waveguides für hohe Frequenzen durch das benötigte "oversampling" viel Rechenleistung benötigen und das Ergebnis dann größtenteils außerhalb der Hörfrequenzen liegt.

Zusätzlich wurde das störende Motorgeräusch, welches für das Stück unerwünscht ist, nicht implementiert.

<sup>6</sup>Bei der Aufführung in Graz wäre eine noch breitere Aufstellung möglich gewesen, konnte jedoch nicht mehr getestet werden

### 3 Anmerkungen

Da die Glocken-Platten des Instruments eine fixe Breite haben und deren Stimmung mittels Punktierung in der Längsseite erfolgte ergeben sich pro Klangplatte Fix-Frequenzanteile die etwa dieselbe Tonhöhe haben und veränderbare Grundtöne die eine assoziative (gefühlte) Tonhöhen-Wahrnehmung ermöglicht. Diese sind meist verstimmt, was wiederum durch die Parameter der einzelnen Glockenplatten möglich ist und für jede Implementation eines Klingelspiel individualisiert werden kann, damit die Instrumente unterscheidbar werden.

Der Anschlag ist entscheidend, da die Dämpfung der Klangplatten aufgrund der Fertigung der Lager sehr groß ist. Durch die Anordnung mittels zweier rotierender Hammerscheiben, ergeben sich abwechselnd jeweils zwei unterschiedliche Anschläge in Serie, welche den typischen Charakter mitbestimmt. Der Anteil zwischen Geräusch und Klangplattenklang kann individuell für jedes Instrument eingestellt werden. Diese Parameter sind als Interpretationsfreiheiten vom Spieler bzw. Dirigenten zu bestimmen.

#### 3.2 Software

Um eine Reproduzierbarkeit über längere eine Zeitspanne zu gewährleisten wurde eine Open-Source Lösung gewählt, damit die Software immer an die technische Entwicklung angepasst und modifiziert werden kann und Betriebssystem unabhängig ist. Zusätzlich sind nie auszuschließende Fehler korrigierbar und unkompliziert Modifikationen für spezielle Gegebenheiten möglich.

Als Programmiersprache wurde daher die grafische Computermusik-Programmiersprache “Pure Data” [PD] gewählt die “open source” und frei zur Verfügung steht und an den meisten Computermusik-Ausbildungsstätten gelehrt wird.



Abbildung 7: Tetraeder Lautsprecher im Ensemble

Bei Modifikationen sollte diese in den Quellcode zurückfließen, um damit eine kollektive Wartung zu gewährleisten.

Die Software ist vom IEM downloadbar oder wird vom Vertrieb zur Verfügung gestellt. Es ist geplant dass auch ein fertig aufgesetztes (vorbereitetes) Netbook zur Verfügung gestellt werden kann, welches automatisch die Software startet und wo dann die Aufführungs-spezifischen Parameter aus Voreinstellungen aufrufbar macht und diese dann individuell gespeichert werden können. Dies gilt auch für die speziellen Lautsprecher dafür.

#### 3.3 Tetraeder Lautsprecher

Lautsprecher in einem Ensemble integriert, sollten die Klang-Charakteristika von Instrumenten aufweisen. Die gängigen, vor allem im PA-Bereich, eingesetzten Lautsprecher sind meist für das Hören in einen gewissen Abstand in eine spezielle Richtung ausgelegt und für Zuspiegelung von Aufnahmen ausgelegt. Daher integrieren sich unter anderem aufgrund der hohen Schalldrücke im Nahfeld meist schlecht und sind nicht als Instrument ausgelegt, sondern als Zuspiegelung für das Publikum. Dies lässt die Instrumente oft unnatürlich erklingen. Daher wird empfohlen kleine spezielle Lautsprecher zu verwenden, welche sowohl für die angrenzenden Musiker, dem Dirigenten als auch für die Ausbreitung des Schalls im Raum einen (Klein)-Instrument entsprechen.

Der Einsatz ist oben beschrieben. Dabei zeigte sich, dass für das Klingelspiel auch noch kleinere Lautsprecher (Seitenlänge 10cm) mit integrierten Verstärker möglich wären, da der Energiebedarf im hohen Bereich viel geringer als bei tiefen Instrumenten ist. Diese sind in Vorbereitung.<sup>7</sup>



Abbildung 8: Ende - nach dem Konzert

---

<sup>7</sup>Aus Hörtests: Der große Tetraeder-Lautsprecher, wie verwendet würde reichen um Äquivalenz zu zB.: einen Cello vom Klangvolumen zu simulieren, der rote ein kleinerer für Geigen und Viola.