

# Technische Umsetzung mechanischer Steuerungen von Musikinstrumenten sowie Musikgenerierung mit Hilfe von Algorithmen

Udo Kotzian, e0726410

## Suchbegriffe

Music ( + Instrument) + Robots, Music ( + Instrument) + Control, Music + Sensors, Collaborative Music, Guitar Sensor, Guitar Robot, Algorithmic Composition, Generative Music

## Informationsquellen

- Ebooks TU Wien
  - ACM
  - IEEE
- Google Scholar (<https://scholar.google.at/>)

## Endzeitpunkt

20.10.2016, 12:00 Uhr

## Vorwort

Im Zuge des Projektes der ProRe-Gruppe "ProRe-Team-Awesome" soll ein Musikinstrument mechanisch angesteuert werden können. Obwohl die Eingabe, Tonverarbeitung sowie die Zielgruppe noch ungewiss sind, so ist zumindest dieser Aspekt beschlossen. Daher soll als erstes die Frage geklärt werden, wie die technische Umsetzung einer maschinellen Steuerung von unterschiedlichen Musikinstrumenten erfolgen kann. Auf der Suche nach geeigneter Literatur hat sich herausgestellt, dass es im Bereich der Robotik viele interessante Projekte gibt um Instrumente nicht einfach nur zu steuern, sondern auch Musik zu kreieren und mit anderen Robotern und Menschen zu interagieren. Diese Dokumentation befasst sich deshalb mit dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf mechanisch gesteuerte Musikinstrumente, Musikroboter und ebenfalls mit der Musikproduktion.

## State-of-the-Art

Ein wichtiger Begriff, welcher in Bezug auf die erwähnten Themen immer wieder zu lesen ist, nennt sich "Algorithmic Composition". Dabei handelt es sich um die Erstellung von Musik mittels Algorithmen. Aufgrund der Rechenleistung aktueller Rechner und Notebooks ist es möglich geworden, in Echtzeit mit Musiksystemen zu interagieren um neue Musik zu gestalten. Bereits 1996 hat Brian Eno den Begriff der "Generative Music" in Umlauf gebracht. Sein Ziel war es Musik mit Hilfe von Technik automatisch zu erstellen (*"to describe any music that is ever-different & changing, created by a system"* [1]).

Xenakis [2] verwendet das Konzept der Musical Composition. Mit Hilfe eines Tangible User Interfaces (TUI) lässt sich die Applikation steuern. Als Eingabe werden Gegenstände auf einem interaktiven Tisch bewegt und somit Rhythmus, Tonhöhe und das Musikinstrument bestimmt. Die Applikation wurde nach dem Komponist Iannis Xenakis benannt, welcher als Erfinder der "Stochastischen Musik" bekannt ist. Mit dieser Methode ist es möglich, Musik aufgrund mathematischer Wahrscheinlichkeitsverteilung zu kreieren. Je nachdem in welchem Abstand die Steine zueinander auf dem Tisch liegen, berechnet sich die Wahrscheinlichkeit, welcher Stein als nächstes die Musik beeinflussen soll. Die Software *Reactact* [3] bedient sich einer ähnlichen, aber fortschrittlicheren Methode. Sie wird für den *ReacTable* verwendet, einem Tisch, der ebenfalls mittels TUI gesteuert wird um Musik in Echtzeit zu generieren. Neben der stochastischen Methode wurden aber ebenfalls "Formal Grammars" und "Hybrid Algorithms and Serialism" implementiert, auf die jedoch aufgrund ihrer Komplexität hier nicht weiter eingegangen wird.

Algorithmen können also verwendet werden, um Musik interaktiv zu generieren. Diese Möglichkeit machen sich auch Musikroboter zu Nutze um interaktiv neue Musik zu gestalten.

Als nächstes klären wir die Frage, warum musikalische Instrumente überhaupt mechanisch gesteuert werden sollen? Heutzutage kann Musik digital mittels Synthesizer erzeugt werden und wieder digital durch Lautsprecher ausgegeben werden. Dabei passiert aber ein Prozess, welcher dem Publikum verborgen bleibt. Diese können nicht erleben, wie der Ton gestaltet wird. Ein weiterer Vorteil liegt in der Geschwindigkeit und Präzision eines Roboters. Die

Klangausgabe spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Ausgabe über Lautsprecher kann den Klang des Klangkörpers nicht immer perfekt wiedergeben.

Unterschiedliche Musikinstrumente müssen jedoch auch unterschiedlich gesteuert werden. Ein Saiteninstrument hat andere Anforderungen an die Eingabe und den Musiker als ein Blasinstrument und wieder andere als ein Schlaginstrument. LEMUR [4] (League of Electronic Musical Urban Robots) ist eine Gruppe von technischen Musikern, die unterschiedliche Musikinstallationen umgesetzt haben, auf die im folgenden näher eingegangen wird:

### 1. GuitarBot

Bei dem selbstgebauten Musikinstrument handelt es sich im Prinzip um eine Gitarre, die mittels Motoren gesteuert wird. Vier Saiten wurden auf vier Aluminiumplatten gespannt. Jede Platte verfügt über einen separaten Servomotor, welcher einen Aluminiumblock entlang der Saite schieben kann um den Ton zu verändern. Der Block kann innerhalb  $\frac{1}{4}$  Sekunde von Anfang bis Ende bewegt werden. Die Plektren wurden jeweils auf einem Rotationsmotor montiert um die Saiten anzustoßen.

### 2. TibetBot

Drei tibetanische Klangschalen werden von jeweils zwei Roboterarmen gespielt, wobei immer ein Arm für den hohen Ton und der andere Arm durch Isolierung mittels Gummi für den tieferen Ton zuständig ist. Hubmagneten sorgen für die Bewegung der Arme, welche ebenfalls wieder aus Aluminium hergestellt wurden.

Die Gruppe hat weitere Instrumente wie den !bot, ForestBot oder den ModBot kreiert um das Musikspektrum zu erweitern. Die Instrumente werden entweder vorprogrammiert oder können über das MIDI-Protokoll beeinflusst werden.

LEMUR beschäftigen sich hauptsächlich mit der Umsetzung interaktiver, mechanischer Musikinstrumente. Gil Weinberg und Scott Driscoll befinden sich dagegen mit Ihrem Drummer "Haile" [5] im Bereich der humanoiden Robotik. Der anthropomorphe Roboter kann auf andere Spieler reagieren um mit diesen gemeinsam zu spielen. Haile wandelt digitale Instruktionen in analoge Musik und nimmt dabei Rücksicht auf die anderen Musiker. Der Roboter verfügt über zwei Arme, welche sich horizontal und vertikal bewegen können. Die Konstruktion besteht vorherrschend aus Holz und Metallschrauben. Die Wahrnehmung der gespielten Musik findet über Mikrofone in der Trommel statt. Die Auswertung der Signale erfolgt nach mehreren Aspekten: *Note Onset Detection* (Bestimmung des Beginns eines Tons), *Pitch Detection* und *Amplitude Detection*. Es wurden insgesamt sechs Algorithmen implementiert um die Interaktion zu steuern. Durch "Imitation" kann der Benutzer einen Rhythmus vorgeben und speichern, welche dann von Haile wiederholt werden. Mittels "Beat Detection" wird die Geschwindigkeit und der Rhythmus für 5-10 Sekunden analysiert und danach fängt er an mitzuspielen. Die Schläge werden ebenfalls wie bei *TibetBot* mit Hubmagneten verursacht. Unterschiedliche Tonhöhen werden durch die Veränderung der

Position des Schläges erzeugt, die Lautstärke wird durch die Geschwindigkeit des Schläges bestimmt.

Ajay Kupur et.al. [6] haben ebenfalls einen Drummer als Roboter namens *MahDeviBot*. umgesetzt. Der Unterschied liegt jedoch in der Übertragung der gespielten Musik. Der Autor selbst spielt ein indisches Instrument namens Sitar, welches er zu einem *Hyperinstrument* erweitert hat. Darunter versteht man das Hinzufügen von von Technologie um dem Musiker mehr Möglichkeiten zu bieten. Ein Mikrocontroller wurde hinzugefügt, welche über das MIDI-Protocoll Daten an den Drummer sendet. Sensoren auf dem Instrument messen den Druck des Daumens, die Richtung des Plektrums sowie den Rhythmus. Beschleunigungssensoren messen außerdem noch die Bewegung des Instrumentes. Der MahaDeviBot besteht aus vier Armen und kann damit unterschiedliche Schlaginstrumente spielen.

Jorge Solis [7] hat sich der Aufgabe gestellt einen humanoiden Roboter zu entwerfen, welcher im Stande ist ein Blasinstrument zu bedienen. Die Schwierigkeit liegt unter anderem in der Umsetzung der Lippen. Bei der Erstellung des *Waseda Saxophonist Robot No. 2 (WAS-2)* wurde darauf geachtet, Lippen, Lunge und Hände ähnlich eines Menschen aufzubauen. Die Unter- und Oberlippe lassen sich separat steuern um damit die Tonhöhe genau zu bestimmen. Die Finger lassen sich einzeln ansprechen um das Instrument im vollen Umfang zu bedienen. Die Steuerung funktioniert wieder über das MIDI-Protokoll.

In "Toward Developing a Violin Playing Robot" [8] stellen sich die Autoren einer ähnlich schwierigen Aufgabe: der mechanischen Steuerung eines Bogens um eine Violine zu spielen. Die Herausforderung besteht darin, einerseits druckvolle Töne zu erzeugen, andererseits das Instrument auch weich zu behandeln. Der Klang einer Violine wird von drei Faktoren wesentlich beeinflusst: Bogenstärke (Druck des Bogens auf die Saite), Geschwindigkeit des Bogens und der Klangpunkt (Sounding Point), also die Stelle an der der Bogen die Saite streift. Es wurde ein Roboterarm entwickelt, der vor allem die Drehbewegungen eines Ellbogens und des Handgelenkes imitieren kann, da der Winkel des Bogens eine entscheidende Rolle spielt. Der Roboterarm war im Stande durch Imitation der Armbewegung eine Tonfolge wiederzugeben.

Ajay Kapur präsentiert in seiner Arbeit "A History of robotic musical instruments" [9] vor allem die Vorreiter der genannten Roboter und ebenso deren Schöpfer. Er interviewte unter anderem Gerhard Trimpin, einem der ersten Forscher auf dem Gebiet mechanisch-musikalischer Instrumente. Seine Motivation entstand bereits als kleiner Junge, als er aufgrund einer Allergie der Lippen gegenüber Blasinstrumente seiner Leidenschaft nicht nachgehen konnte. So war die Idee geboren, automatische Instrumente zu entwickeln um seine musikalischen Ideen dennoch Ausdruck zu verleihen. Unter "Percussion Robots" werden unterschiedliche Umsetzungen von Schlagzeugrobotern aufgelistet. Forscher der Harvard Universität haben die Bewegung der Sticks mit Pneumatikantrieb (Luftdruck) umgesetzt, während das MIT ihrem Roboter Ellbogen und Handgelenke integriert um eine freiere Bewegung zu ermöglichen. Nick A. Baginsky [10] ist einer der ersten Vorreiter bei der Erstellung von "String Robots". Mit *Aglyphoeme* hat er zwischen 1992-2000 einen

automatische Gitarre entwickelt, die ähnlich wie der GuitarBot mit Hubmagneten und Motoren funktioniert.

### Ergebnis

Es gibts mittlerweile sehr viele Beispiele für die Umsetzung einer mechanischen Apparatur um musikalische Instrumente zu steuern. Für unterschiedliche Instrumente gibt es unterschiedliche Ansätze, wobei die Schwierigkeit der Umsetzung variiert. Schlaginstrumente und Saiteninstrumente sind einfacher zu bedienen als Blasinstrumente. Besonders Magneten, Motoren und Sensoren kommen als Hilfsmittel zur Verwendung. Interaktion um Musik zu kreieren ist bereits seit langem ein Forschungsgebiet, in dem auch große Fortschritte erzielt wurden. Mittels mathematischer Formeln lässt sich Musik beeinflussen und formen. "Algorithmic Composition" bietet viele Möglichkeiten um Musik interessanter und interaktiver zu gestalten. Besonders erfreulich ist, dass die Rechenleistung heutzutage ausreicht, um störende Delays zu verhindern.

## Literaturverzeichnis

1. Brian Eno. Generativ Music.  
<https://intermorphic.com/sseyo/koan/generativemusic1/>.
2. Markus Bischof, Bettina Conradi, Peter Lachenmaier, Kai Linde, Max Meier, Philipp Pötzl und Elisabeth André. XENAKIS – Combining tangible interaction with probability-based musical composition. In *Proceeding TEI '08 Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*. 2008. Pages 121-124
3. Cárthach Ó Nuanáin und Liam O' Sullivan. Real-time Algorithmic Composition with a Tabletop Musical Interface - A First Prototype and Performance. In *AM '14: Proceedings of the 9th Audio Mostly: A Conference on Interaction With Sound*. 2014
4. Eric Singer und Jeff Federsen. LEMUR: Robotic Musical Instruments. In *MULTIMEDIA '04 Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*. 2004. Pages 184-185
5. Gil Weinberg und Scott Driscoll. Robot-human interaction with an anthropomorphic percussionist. In *Proceeding CHI '06 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Pages 1229-1232
6. Ajay Kapur et.al. Integrating hyperinstruments, musical robots & machine musicianship for North Indian classical music. In *Proceeding NIME '07 Proceedings of the 7th international conference on New interfaces for musical expression*. Pages 238-241
7. Jorge Solis. Toward understanding the nature of musical performance and interaction with wind instrument-playing humanoids. In *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*, 2010 IEEE.
8. Koji Shibuya, Shoji Matsuda und Akira Takahara. Toward Developing a Violin Playing Robot - Bowing by Anthropomorphic Robot Arm and Sound Analysis. In *RO-MAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*.
9. Ajay Kapur. A History of Robotic Musical Instruments. In: International Computer Music Conference, Barcelona, Spain (2005) 8.
10. Nick A. Baginsky. The Three Sirens: A Self Learning Robotic Rock Band.  
<http://www.the-three-sirens.info/>