

LeapScratch

Ein In-Air-Turntable-Simulator

Maximilian Körner, Samuel Zeitler

Keywords

Leap Motion, Scratching, Gestensteuerung, Audiostreaming, Audio-Resampling, Interpolation

1. Abstract

Leap-Scratch simuliert das Verhalten und die Audioeigenschaften eines Plattenspielers und einer damit abgespielten Schallplatte während der manuellen Interaktion, dem Scratchen. Mit einem Leap Motion Gestensteuerungs-Controller wird eine sich drehende Scheibe im Raum simuliert und relativ dazu die Handpositionen des Nutzers analysiert, um die wiederzugebende Audioinformation so zu manipulieren, als wäre mit einem Plattenspieler interagiert worden. Dem Benutzer stehen somit die Wirkungsweise eines physikalischen Turntables, inklusive Lautstärkeregelung und Crossfade-Funktion, in Form einer digitalen und visuellen Simulation zur Verfügung.

2. Einführung

Die manuelle Interaktion mit einer physikalischen Schallplatte, um die Geschwindigkeit und Richtung der abgespielten Tonspur zu verändern hat vorallem im Bereich der Hip-Hop-Szene große Tradition. Dieses sogenannte Scratchen wird vorzugsweise mit zwei parallel abgespielten Schallplatten realisiert, wobei eine Audiospur als Grundrhythmus herangezogen wird, welcher in Normalgeschwindigkeit abgespielt wird. Die zweite Spur wird durch rhythmisches hin- und

herbewegen in ihrem Abspielverhalten so verändert, dass der charakteristische Scratcheffekt erzeugt wird.

Bisher ist das Scratchen im klassischen Sinne zwangsläufig mit teuren analogen Plattenspielern verbunden, was den Einstieg in dieses Feld, schon aufgrund des Kostenaspekts nicht einfach macht. Über den vergleichsweise günstigen Leap Controller und die Verwendung digitaler Audiodateien wird dieser Faktor minimiert.

Das Ziel ist es eine einfache Alternative zu regulären Turntables zu bieten. Die geringe Latenz des Systems erlaubt einen Live-Einsatz und durch die Robustheit und Portabilität des Leap Controllers kann es auch bei für einen herkömmlichen Plattenspieler ungeeigneten Bedingungen eingesetzt werden.

Mit Leap-Scratch können die gewünschten Effekte ohne teures Equipment erzielt werden, auch weil die Verwendung von sogenannten Timecodeplatten zur Wiedergabe von digitaler Musik über einen analogen Turntable nicht benötigt wird.

3. Verwandte Arbeiten

Es existieren einige Projekte und Veröffentlichungen, an welchen sich dieses Projekt teilweise orientiert. Numark hat mit dem NS6-System[1] eine Möglichkeit geschaffen, Scratchen ohne analogen Plattenspieler lebensecht zu simulieren. Mit diesem System ist ein adäquates Look-And-Feel garantiert, da es sich sehr stark an der originalen Technik orientiert. Es Arbeitet mit einer Variante der bereits erwähnten Timecodeplatten[2].

Ein Ansatz der dem vorgestellten System noch näher kommt, ist touchbasierte Scratch-Software[3][4], welche in mehreren Variationen für viele verschiedene Plattformen, wie iOS oder Android zur Verfügung steht. Hier werden die Schallplatten auf dem Touchscreen simuliert und die Interaktion mit diesem als Manipulationsinput ausgelesen.

Eine virtuelle Schallplatte mit Hilfe von In-Air-Gesten zu steuern, wurde unter anderem mit einigen Systemen realisiert, die sich der Ausgaben einer Microsoft Kinect Kamera bedienen[5].

Auch die Idee, mit dem Leap Motion Controller digitale Audiospuren zu manipulieren wurde bereits mit einigen Projekten verwirklicht. Ein Beispiel hierfür ist ein System von Stagecraft

Software[6], welches es erlaubt, Audiostreams zu manipulieren und zu resampeln, allerdings keine Simulation des klassischen Scratchens zur Verfügung stellt.

Dieses Feature bietet das Projekt AirScratch[7]. Allerdings wird hier nicht die klassische und intuitive Bewegung auf einer Schallplatte virtualisiert, sondern mit alternativen Gesten gearbeitet. Geco MIDI[8]-[9] stellt eine komplette MIDI Schnittstelle bereit welche über Umwege auch mit einem nachgeschalteten Scratcheffekt versehen werden kann.

Dem hier vorgestellten System am nächsten kommt sicherlich das Swoosh-Projekt[10]. Auch hier wird jedoch über eine vertikal angezeigte Benutzeroberfläche interagiert.

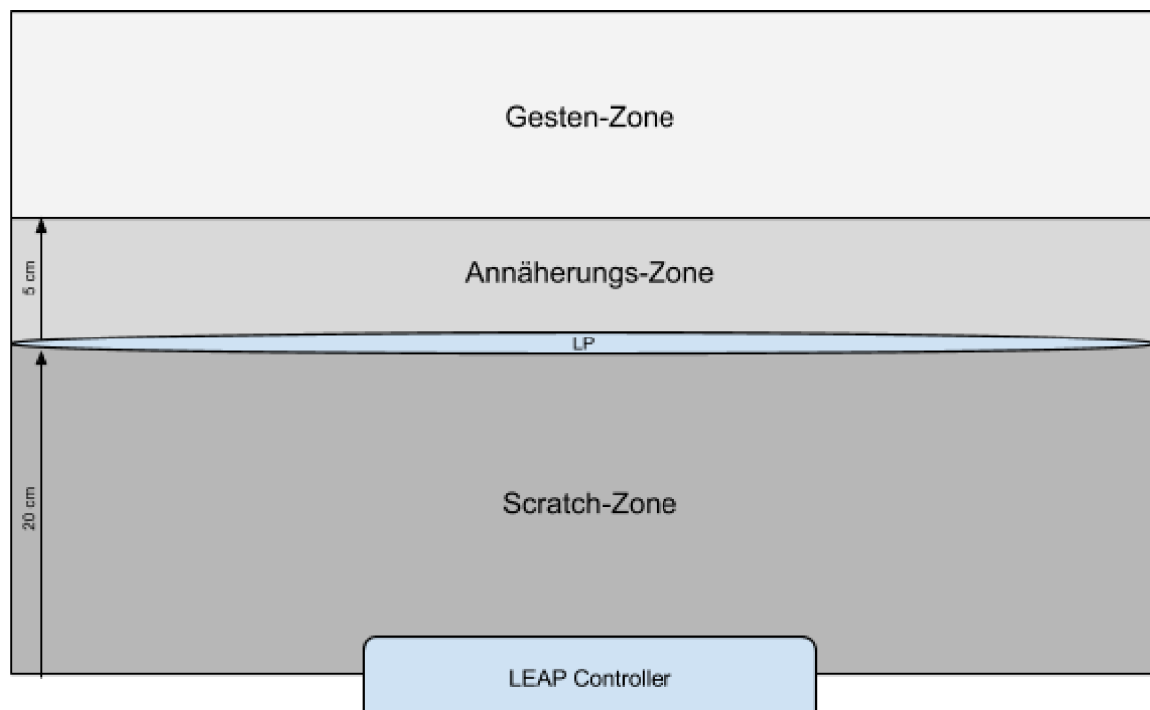
Die Motivation, trotz der bestehenden Software ein weiteres System zu entwerfen, war die realistische und positionsgetreue Simulation einer physikalischen Schallplatte, um das Handling möglichst intuitiv zu halten. Daher wurden Erkenntnisse auch über die Positionierung der verschiedenen Instrumente und Pattern für die Bedienung aus Veröffentlichungen[11] gezogen.

4. Konzept

Zur Verwendung des Systems wird über dem Leap Controller in festem Abstand im Raum eine Platte simuliert. Dabei wird von den regulären Maßen und der Drehgeschwindigkeit eines klassischen Longplayers[12] ausgegangen. Sobald eine vom System getrackte Hand in den Bereich der Platte eindringt, wird die physische Interaktion mit ihr simuliert. Mit einer Bewegung von oben in die Annäherungszone kann der Benutzer die Platte zunächst sukzessiv abbremsen, bis sich die Hand auf Höhe der virtuellen Platte befindet. Ab diesem Zeitpunkt werden Bewegungen als Interaktion mit der Audiospur interpretiert. Bei Stillstand der Hand auf der Platte wird die Wiedergabe pausiert, was ein Festhalten darstellt. Bei Bewegung wird abhängig von der neuen Position die Audioinformation resampled, um die Wiedergabe mit veränderter Geschwindigkeit und gegebener Richtung darzustellen, welche aus einem manuellen drehen der Platte resultieren würde. Dadurch entsteht der gewünschte Scratch-Effekt.

Zusätzlich zu diesem essenziellen Feature bietet LeapScratch weitere Eigenschaften eines klassischen Turntables an. So wird nicht lediglich ein Audiostream für die Interaktion zur Verfügung gestellt, sondern auch eine weitere Spur geboten, welche beispielsweise für einen

Grundrhythmus genutzt werden kann und von den interaktiven Scratch-Effekten nicht beeinträchtigt wird. Des Weiteren erhält der Benutzer die Möglichkeit, zwischen diesen beiden Audiospuren ein sogenanntes Crossfade anzuwenden, also das Lautstärke-Verhältnis relativ zur jeweils anderen Spur zu verändern. Zusätzlich ist noch ein Master-Volume Regler über eine Zirkelgeste anzusteuern, um die Gesamtlautstärke des Systems und damit beider Audiospuren zu regeln. Sämtliche Steuerung der Zusatzfeatures geschieht in der Gestenzone.



5. Komponenten

5.1 Hardware

Der Leap Motion Controller ist ein Trackingsystem, das im Jahre 2013 von dem Unternehmen Leap Motion, Inc. veröffentlicht wurde. Der Controller wurde unter anderem entwickelt, um es Entwicklern zu ermöglichen preisgünstig und möglichst einfach Desktopanwendungen mit

Gestensteuerung zu realisieren. Über drei kleine Infrarotkameras innerhalb des handlichen Controllers werden die Positionen und Ausrichtungen von Gegenständen über ein Structured-Light Verfahren getrackt. Eingaben werden vorzugsweise mit den Händen und den dazugehörigen Fingern eines Benutzers getätigt, wobei auch Zeigewerkzeuge wie Stifte oder ähnliches verwendbar sind. Es werden zusätzlich einige vordefinierte Gesten out of the Box errechnet und ebenfalls dem Entwickler angeboten. Es können so Swipe-, Circle- und zwei verschiedene Tap-Gesten ausgelesen werden.

Für das hier vorgestellte System wurde die Circle-Geste für die Lautstärkeregelung verwendet und die Koordinaten der X-, Y- und Z-Achsen der zwei getrackten Händen für Positionsberechnungen auf der virtuellen Schallplatte herangezogen.

Durch die Plattformunabhängigkeit kann als Rechenanlage jeglicher Linux- Windows- oder Mac-OSX-Computer mit einer funktionierenden Python-Installation und einem USB-Eingang für den Anschluss des Leap-Controllers eingesetzt werden. Des Weiteren wird naturgemäß ein Audioausgang und Lautsprecherboxen benötigt, welche im 16Bit-Integer Format angesteuert werden, sowie ein Display für die Darstellung der grafische Benutzeroberfläche.

5.2 Software

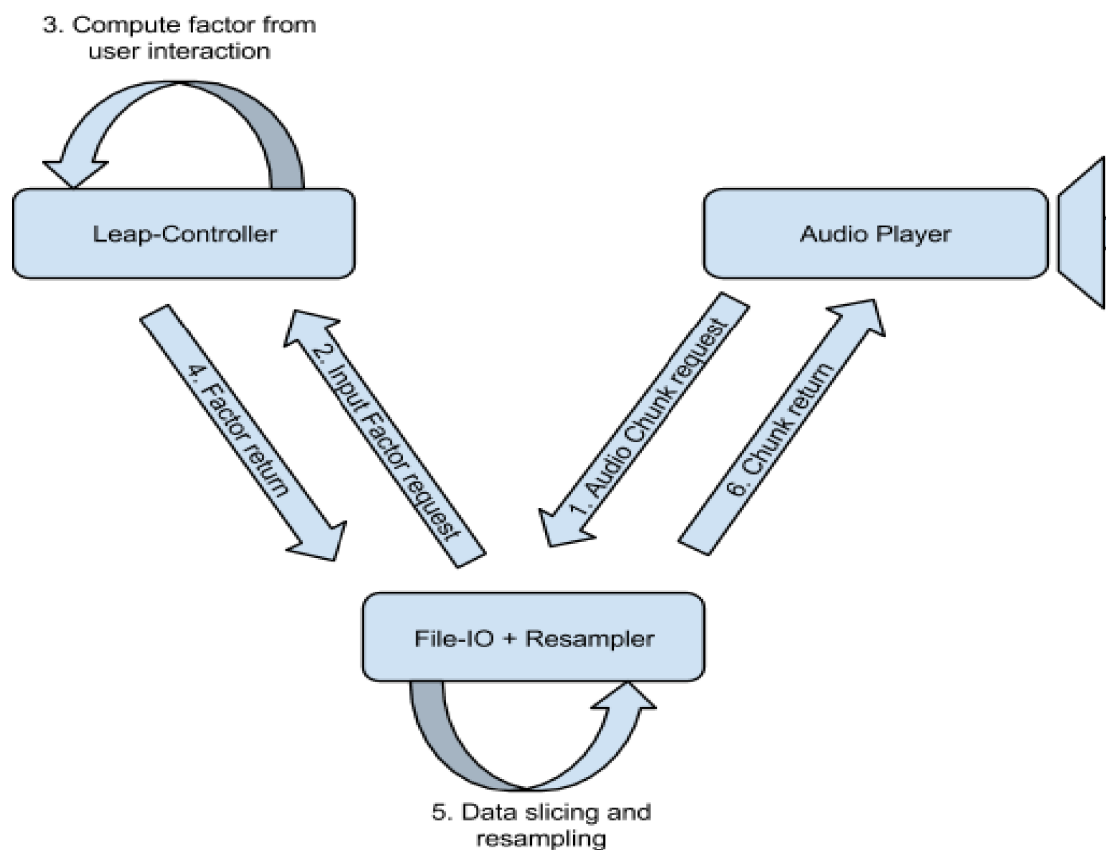
Die API der Leap Motion wird in vielen verschiedenen Programmiersprachen angeboten. Da die Plattformunabhängigkeit ein wichtiger Aspekt der Entwicklung dieses Prototyps darstellte und die Audioverarbeitung mit der dynamischen, interpretierten Sprache Python effektiv und effizient realisieren lässt, wurde LeapScratch mit dieser Programmiersprache in der Version 2.7 umgesetzt. Zusätzlich kamen diverse Bibliotheken zum Einsatz:

Pyaudio wurde verwendet um eine einheitliche Audioschnittstelle zu erreichen, über welche die Soundinformationen direkt manipuliert werden können. Der Vorteil hierbei war eine einfache Verwendung durch die hohe Abstraktion, ohne Einschränkungen bei der Verwendung. Gewöhnungsbedürftig war allerdings die Datenhaltung, welche wenig intuitiv in Strings geschieht, unabhängig des darunter verwendeten Datentyps, in unserem Fall 16bit signed Integer. Aus diesem Format müssen die verwendbaren Daten extrahiert, und nach der

Manipulation auch wieder entsprechend verpackt werden, was einen eventuell damit erzielten Performancegewinn zunichte macht.

5.2.1 Systemarchitektur

Das folgende Bild beschreibt die verschiedenen softwaretechnisch umgesetzten Komponenten des Systems und deren Beziehungen zueinander, sowie die Kommunikationswege und den chronologischen Ablauf der untereinander auszutauschenden.



5.2.2 Audiostreaming

Um nun die wiederzugebende Soundinformation so anzupassen, dass sie die Scratch-Interaktion über den Leap Controller widerspiegelt, muss sie dementsprechend manipuliert werden. Dafür wird als Parameter der Faktor benötigt, wieviel die Abspielgeschwindigkeit von

der herkömmlichen abweicht, positiv wie negativ. Dieser wird über den Leap Controller und die von diesem getrackten Eingaben errechnet und an den Audioplayer delegiert. Nun werden aus dem Soundfile die entsprechenden Teile ausgelesen, gegebenenfalls für negative Faktoren gespiegelt, und auf die geforderte Länge interpoliert. Werden beispielsweise vom Audioplayer 1024 Frames zur Wiedergabe gefordert und es liegt ein Faktor von 0.5 vor werden 512 Frames ausgelesen, auf 1024 erweitert und abgespielt.

5.2.3 Resampling

Um den simulierten Scratch-Effekt möglichst realitätsgetreu an den einer echten Vinylplatte erinnern zu lassen, muss deren analoges Verhalten nachempfunden werden. Da hier aber mit digitalen Daten in einer bestimmten Samplerate gearbeitet wird und nicht mit theoretisch unendlich granular definiertem Analogmaterial, muss ein Umweg gefunden werden, die unter- oder überdefinierten Abschnitte anzupassen. Geht man beispielsweise von der oben genannten Abspielgeschwindigkeit von 0.5 aus muss ein Array mit Audioinformation der Länge 512 auf 1024 erweitert werden. Da die Zwischeninformation aber nicht vorhanden ist, muss interpoliert werden. Erste Tests mit einem linearen Interpolationsverfahren, der SciPy-Bibliothek, zeigten schnell, dass es dabei nicht zum gewünschten Effekt kommt. Olli Niemitalo behandelt in seinem 2001 veröffentlichten Paper [13] mehrere Verfahren, welche speziell auf Audiodaten abzielen. Zum Einsatz kam letztendlich die darin beschriebene “6-point, 5th-order optimal” Methode, welche eine sehr gute Annäherung an das analoge Verhalten einer Platte erzielt.

Da schon bei einigen zuvor getesteten Varianten Performanceprobleme auftraten und somit die Interpolation nicht so schnell abgeschlossen werden konnte, wie das zu bearbeitende Audiostück zeitlich abdeckt, kam es immer wieder zu akustisch nicht sauber wahrzunehmendem Sound. Um dies zu verhindern, wurden diverse Optimierungsmaßnahmen vorgenommen, inklusive des kompletten Einlesens der Audiodatei in den Arbeitsspeicher, da sich eine ad-hoc-Anfrage des gewünschten Samples und die damit zusammenhängenden IO-Operationen als zu langsam herausstellten.

5.2.3 Benutzeroberfläche

Um die Benutzung von LeapScratch noch intuitiver gestalten zu können, wurde eine grafische Benutzeroberfläche erstellt. Hier wird der Plattenspieler, mit dem interagiert werden soll dargestellt und die Aktionen des Benutzers in Echtzeit grafisch umgesetzt. Dadurch werden die Positionierung der Hände und deren Bewegungen dem Benutzer per Anzeige vor Augen geführt und eine genauere Interaktion ermöglicht. Es bestehen weiterhin Regler um die Lautstärkeanzeige und den Crossfade zwischen den beiden Audiospuren abzubilden. Die Oberfläche besteht aus verschiedenen Grafiken, welche in Schichten übereinander positioniert sind und je nach Benutzeraktion dargestellt, versteckt, transformiert, oder rotiert werden. Die Rotation der Schallplatte wird durch einen Simulator exakt der klassischen Drehung nachempfunden und an die GUI gesendet. Für die Erstellung der Bilddateien wurde Adobe Photoshop CS6 verwendet. Als GUI-Framework wurde Pyglet ausgewählt, um die Plattformunabhängigkeit zu gewährleisten.



6. Einschränkungen

Die ursprüngliche Idee, einen physikalischen Plattenteller möglichst authentisch zu simulieren, indem die Z-Achse der Leap in die Berechnungen der Winkelgeschwindigkeit einbezogen wird, um diese auf die Drehung der Schallplatte abzubilden, scheiterte an Limitierungen des Leap Motion Controllers. Leider können aufgrund der Bauweise die Koordinaten Z- bzw. X-Achse nicht gleichwertig genau ausgelesen werden, wodurch fehlerhafte, unzuverlässige und inakurate Positions- und Winkelberechnungen zustande kamen. Daher wurde bei Realisierung dieses Systems lediglich die Koordinate der sehr genau auszulesenden X-Achse verwendet, um die Vektoren für die Berechnungen der Geschwindigkeit und Richtung zu erstellen.

Beinahe ungeachtet mehrerer Optimierungsversuche, benötigen die Berechnungen für das Resampling (De-Interleaving, Interpolaton, Interleaving) unverhältnismaßig viel Rechenleistung, was bei kleinen Sample-Größen zu unreinen und disharmonischen Audioeffekten führt. Auch die graphische Benutzeroberfläche nimmt aufgrund hochauflösender Grafiken, sowie der schnellen Frame-Rate einen nicht zu vernachlässigendes Kontingent an Speicher- und Rechenaufwand in Anspruch, was der Performance des Systems im Gesamten nicht zuträglich ist.

Durch die Tatsache, dass dieses Projekt die Realisierung eines Prototypen zum Ziel hatte, sind weiterhin Limitierungen im Usability- und Design-Bereich vorhanden. Beispielsweise existieren keine, oder lediglich eingeschränkte visuelle Feedbacks für Benutzer-Aktionen. Des Weiteren können die Musikdateien nicht im Front-End ausgewählt werden, sondern werden direkt im Code definiert. Bei einer Weiterentwicklung von LeapScratch können solche Erweiterungen jedoch ohne große Manipulationen an die bestehende Implementation angeschlossen werden.

7. Ausblick

Die grafische Benutzeroberfläche wurde für den Prototyp erstellt und stellt lediglich die grundlegendsten Funktionen zur Verfügung. Es wäre vorstellbar diese zu erweitern. Beispielsweise könnten die visuellen Feedbacks auf Benutzereingaben erweitert werden, um

die Bedienung noch intuitiver zu gestalten. Denkbar wären in diesem Zusammenhang in etwa Regler der Lautstärke und des Crossfade, welche visuell, z. B. durch farbiges aufblinken, auf veränderte Werte durch Gesteneingabe reagieren.

Des Weiteren sollten die Audiodateien dynamisch auswählbar sein. Man könnte ebenso darüber nachdenken, die Standardgeschwindigkeit für beide Audiospuren separat einstellen zu können, um zwei verschiedene Musikstücke in den gleichen Takt zu bringen. Im Bezug auf die zweite Audiospur wäre es zusätzlich denkbar, auf diese ebenfalls mit Gesten einen Effekt legen zu können. Konkret könnte dadurch beispielsweise ein zweiter Turntable zum Scratchen realisiert werden.

In Aussicht steht außerdem die Möglichkeit das System mit einer erweiterten, generischen Schnittstelle zur Steuerung digitaler Audioeffekte zu versehen, um den Einsatzbereich auszuweiten.

8. Evaluation

Da versucht wird, möglichst nah an das Verhalten eines echten Plattenspielers zu kommen, wäre eine Evaluation mit Personen, welche die Verwendung kennen und einschätzen können am vielversprechendsten. Um den Live Einsatz zu testen wäre eine Einschätzung durch z.B. mehrere DJs wünschenswert, auch um Meinungen über mögliche nützliche Erweiterungen des Systems zu erhalten. Um die generelle Verwendbarkeit und intuitive Bedienung zu testen, wurden sieben Testpersonen nach einer kurzen Einführung mit dem auf einem MacBook laufenden LeapScratch-System konfrontiert. Durchweg positiv wurden neben dem akustischen Effekt auch die Genauigkeit des Positionstrackings, die geringe Latenz der Audiospur zu den Nutzereingaben und Gestensteuerung angemerkt. Es war erkennbar, dass das System auch ohne Praxiserfahrung gut zu benutzen ist, und den Testpersonen sichtlich Freude bereitete. Einige Probanden waren außerdem sehr davon beeindruckt, wie sie lediglich mit der Bewegung ihrer Hände eine Audiospur manipulieren können. Diese Faszination hebt das System womöglich noch etwas von physikalischen Turntables ab, da ein sehr großer Wow-Effekt erzeugt wird und damit das Interesse an der Technik geweckt wird.

Bemängelt wurde dagegen die ursprünglich angedachte strikte Trennung des Interaktionsraumes in zwei Hälften, was oft unerwünschte Effekte nach sich zog, wenn die Hand des Nutzers von rechts nach links aus der Scratchzone in den Gestenteil überging. Konkret kann es beispielsweise passieren, dass das Scratchen ungewollt abrupt unterbrochen wird und ein nicht beabsichtigter Crossfade folgt. Bemängelt wurde des Weiteren, dass die Bewegung der scratchenden Hand nicht der intuitive Richtung von hinten nach vorne entspricht. Außerdem wurde ein visuelles Feedback gewünscht, welches die noch verbleibende Distanz zwischen Finger und simulierter Platte indiziert. Da keine der Testpersonen DJ-Erfahrung hatte, konnten bedauerlicherweise keine Aussagen zur möglichen Eignung zum Liveeinsatz erhalten werden. Andererseits konnten dennoch wertvolle Erkenntnisse aus der Evaluation gezogen werden und noch Anpassungen, beispielsweise in Form der Zonenaufteilung vorgenommen werden.

9. Fazit

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es möglich ist, eine Alternative zu physikalischen Turntables über reine Gestensteuerung zu entwickeln. LeapScratch kann als innovativer Prototyp angesehen werden, welcher aber in seiner Funktionalität sicherlich noch erweiterbar ist. Die Limitationen seitens des Leap Controllers, sowie unvorhersehbare Performance und Kompatibilitätsprobleme haben bedauerlicherweise dazu geführt, dass das System nicht in Gänze so umgesetzt werden konnte, wie ursprünglich geplant. Allerdings ist das Ergebnis dennoch ein funktionales Proof-Of-Concept. Daher kann insgesamt ein positives Fazit aus dem Projekt gezogen werden.

10. Referenzen

- [1] Numark NS6 Turntable, <http://www.numark.com/product/ns6>, zuletzt aufgerufen: 23.01.2014, 14:15
- [2] Digital Vinyl System, http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Vinyl_System, zuletzt aufgerufen: 25.01.2014, 15:43
- [3] Tab DJ, <http://tap.dj/>, zuletzt aufgerufen: 25.01.2014, 15:43
- [4] edjing gratis DJ-MIX-Turntable, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edjing.edjingdjturntable&hl=de>, zuletzt aufgerufen: 25.01.2014, 13:52
- [5] Air Scratching mit Kinect: wie man Vinyl ohne Vinyl scratcht, 2011, <http://zockworkorange.com/air-scratching-mit-kinect/>, zuletzt aufgerufen: 25.01.2014, 11:30
- [6] Video: Leap Motion - control audio effects, <http://www.youtube.com/watch?v=vARyzz1QxjA>, zuletzt aufgerufen: 22.01.2014, 09:42
- [7] Video: AirScratch - Scratching air with LeapMotion, http://www.youtube.com/watch?v=cLtj_uhMsVQ, zuletzt aufgerufen: 23.01.2014, 11:51
- [8] Geco MIDI - Multi-Dimensional MIDI/OSC/CopperLan Expression Through Hand Gestures, <https://airspace.leapmotion.com/apps/geco-midi/>, zuletzt aufgerufen: 21.01.2014, 15:23
- [9] Video: Leap Motion: Air Scratch practice @ home, <http://www.youtube.com/watch?v=maxZfhFviLg>, zuletzt aufgerufen: 23.01.2014, 14:54
- [10] Swoosh for Leap Motion, <http://justaddmusicmedia.com/portfolio/swoosh>, zuletzt aufgerufen: 21.01.2014, 13:11
- [11] Mapping strategies in DJ scratching, 2006, http://www.speech.kth.se/~kjetil/files/thesis/HansenBresin06_NIME.pdf, zuletzt aufgerufen: 25.01.2014, 15:41
- [12] LP-record, http://en.wikipedia.org/wiki/LP_record, zuletzt aufgerufen: 23.01.2014, 20:04
- [13] Polynomial Interpolators for High-Quality Resampling of Oversampled Audio, 2001, <http://www.student.oulu.fi/~oniemita/dsp/deip.pdf>, zuletzt aufgerufen: 21.01.2014, 20:00