

Engineer Your Sound

Partizipative Technikgestaltung am Beispiel Musik.

SchülerInnen entwickeln didaktische Konzepte zur interdisziplinären
Technikbildung

Projektarbeit

betreut durch

Univ.-Prof. Dr. Gerhard Eckel

Institut für Elektronische Musik und Akustik (IEM)

Birgit Gasteiger

Datum: 23.01.2010

1 Kurzfassung

Das Projekt Engineer Your Sound (EYS) ist ein Projekt im Forschungsprogramm 'Sparkling Science' des Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung. Das Programm dient der Förderung von wissenschaftlichem Nachwuchs und ermöglicht eine Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen und Jugendlichen, wobei die Jugendlichen aktiv an der Forschung und Bearbeitung wissenschaftlicher Teilgebiete beteiligt werden. Im Projekt EYS wird im Besonderen das Interesse Jugendlicher an Musik als Motivation zur partizipativen Technikgestaltung genutzt. Ziel des Projektes ist es SchülerInnen eines Musikgymnasiums, durch die Umsetzung eigener Projektideen, technische Kompetenzen zu vermitteln, die in weiter Folge als Basis für die Entwicklung fachdidaktischer Konzepte zur interdisziplinären Technikbildung an Schulen ohne musikalischen Schwerpunkt, dienen sollen.

Im ersten Teil der Arbeit wird die Vermittlung von technischen Grundlagen und die Bereitstellung technischer Hilfsmittel zur Unterstützung der SchülerInnen bei der Umsetzung eigener Projektideen beschrieben. Der Prozess der Herstellung des Technikbezuges, sowie die Ergebnisse aus dem Arbeitsprozess mit den SchülerInnen werden präsentiert.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Entwicklung eines der Projekte der SchülerInnen, des 'Luftinstruments', im Detail beschrieben. Dieses Projekt verdeutlicht die Erforschung des technischen Prinzips eines, für Jugendliche gebräuchlichen, Gegenstandes und dessen Einsatz in musikalischem Kontext. Die Steuerung des Instrumentes erfolgt mittels Bewegung der Finger in der Luft. Das Fingertracking wird durch Verwendung der Infrarotkamera und „Multi Object Tracking“ der Wii-Fernbedienung durchgeführt. Die Positionsdaten der Finger werden in Pure Data (PD) empfangen und steuern die Klangerzeugung des Klavierklangs mittels Wavetable Synthese.

INHALTSVERZEICHNIS	3
--------------------	---

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzfassung	2
2 EYS - Forschungsinteresse	5
3 Projektablauf	7
3.1 Einführung in Musiktechnologie	7
3.2 Technische Realisierung eigener Projektideen	8
3.2.1 Soundexperience	8
3.2.2 Emotions	8
3.2.3 Just Danube	9
3.2.4 Hintergrund im Vordergrund	9
3.2.5 Die Spitzel	9
3.3 Zeitliche Einteilung des EYS-Projekts	9
3.4 Weblog als Kommunikationsplattform	9
3.5 Präsentation der Ergebnisse durch die SchülerInnen	10
4 Vermittlung von Technikkompetenz	11
4.1 Aufnahme im Tonstudio	12
4.1.1 Einführung der SchülerInnen in die Aufnahmetechnik	12
4.1.2 Mikrofonierung der Aufnahmen	12
4.2 Nachbearbeitung der Aufnahmen im Musikgymnasium	13
4.2.1 Einführung der SchülerInnen in Adobe Audition	14
4.2.2 Verwendung von Effekten zur Klangbeeinflussung	14
5 Entwicklung eines Luftinstruments	15
5.1 Beispiel eines Luftinstruments	15
5.1.1 Virtual Air Guitar	15
6 Steuerung der Klangerzeugung mittels Wiimote	16
6.1 Auswahl der Wiimote zur Steuerung des Luftinstruments	17
6.2 Nintendo Wiimote	17
6.3 Datenübertragung mittels Bluetooth	18
7 Klangsynthese des Klavierklangs mittels Wavetable Synthese	18
7.1 Charakteristische Merkmale des Klavierklangs	19
7.2 Aufwand, Expressivität und Genauigkeit einer Synthese Methode	19

7.3	Weitere Methoden zur Synthese des Klavierklangs	20
7.3.1	Spektrale Modellierung - Additive Synthese	20
7.3.2	Physikalische Modellierung	20
7.4	Wavetable Synthese	21
7.4.1	Funktionsweise eines Wavetable Synthesizers	21
7.4.2	Soundfont Spezifikation	22
7.4.3	Soundfont Synthese Modell	22
7.4.4	MIDI	23
8	Implementation des Luftinstruments	24
8.1	Infrarotstrahler	24
8.2	Infrarot Reflektoren	25
8.3	Bluetooth Schnittstelle	25
8.4	Implementierung in PD	25
8.4.1	Wiimote External	26
8.4.2	Zuweisung der Geste zum Klang	27
8.4.3	Soundfont Synthesizer External für PD	28
9	Analyse der synthetisierten Klänge	28
9.1	Ergebnis der Auswertung	29
10	Öffentlichkeitsarbeit im Zuge des EYS Projekts	32
10.1	SciQ, Wissenschaftsmagazin für junge Leute	32
10.2	Be Creative - Festival der Kreativität und Innovation	32
10.3	IAS-STs Conference - Critical Issues in Science and Technology Studies	32
11	Fazit	33
12	Danksagung	33

2 EYS - Forschungsinteresse

Laut dem Bericht der Europäischen Kommission (Eur07) wird ein abnehmendes Interesse Jugendlicher an einer naturwissenschaftlichen und technischen Ausbildung festgestellt. In diesem Zusammenhang werden notwendige Änderungen der Unterrichtsmethoden vorgeschlagen. Da aber ein ansteigender Bedarf an technisch ausgebildeten Arbeitskräften prognostiziert wird (Hub06) führt dies zu einem Mangel an qualifizierten Arbeitskräften in diesem Bereich.

Da für viele Jugendliche Musik eines ihrer hauptsächlichen Interessensgebiete und Aktivitätsfelder ist, wird im Projekt EYS das Potential der Verwendung von Musikinteresse als Mittel zur Förderung von Technikinteresse Jugendlicher erforscht.

Das Projekt wurde von Anita Thaler, Leiterin des Bereiches „Frauen - Technik - Umwelt“ des Interuniversitären Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ) in Graz und Isabel Zorn, die vor allem Didaktik und Medienbildung an der Universität Landau unterrichtet, entwickelt (TZ09a) (TZ09b).

Das Projekt ist eine Zusammenarbeit des IFZ mit Anita Thaler, Christine Wächter und Birgit Hofstätter, des Institut für Elektronische Musik und Akustik (IEM) mit Institutsvorstand Gerhard Eckel und der Autorin, der Universität Landau mit Isabel Zorn, den Lehrkörpern des Musikgymnasium Dreihackengasse, Ulrike Weitlaner (Musiklehrerin) und Hermann Grießer (Physik- und Sportlehrer) und 28 SchülerInnen des 7. Jahrgangs des Musikgymnasium der Dreihackengasse Graz.

Das Forschungsinteresse im Projekt EYS (TZ09b) liegt in der Beantwortung folgender Fragen:

- Wie kann Musiktechnologie als Zugangsmöglichkeit, um Jugendliche an Technik anzunähern, eingesetzt werden?
- Wie empfinden, erfinden und verwenden Mädchen und Jungen musikbezogene Technikentwicklungsaktivitäten?
- Wie kann ein Lernen-durch-Lehren Ansatz erfolgreich in regulären Schulen eingebunden werden?
- Kann Musiktechnologie als geschlechtsneutraler Bezug im Technikunterricht dienen?

Das Forschungsinteresse in dieser Arbeit bezieht sich auf die ersten beiden, oben angeführten Fragestellungen und liegt in der Beantwortung folgender Fragestellung:

- Wie können weniger technikaffine Jugendliche in der Erlangung von Technikkompetenz unterstützt werden?

- In welcher Weise wird das Musikinteresse Jugendlicher angesprochen um sie zur Entwicklung eigener Technikprodukte zu motivieren?
- Welche technischen Grundlagen und Hilfsmittel werden vermittelt und bereitgestellt um bei den Jugendlichen das Interesse an Technik zu wecken und ihnen eine Realisierung eigener technischer Anwendungen zu ermöglichen?

3 Projektablauf

Die Dauer des Projektes von November 2008 bis Juli 2009 wurde in vier Phasen eingeteilt:

- Einführung in den Bereich Musik in Verbindung mit Technologie
- Realisierung der eigenen Projektideen der SchülerInnen
- Entwicklung fachdidaktischer Konzepte
- Präsentation der Ergebnisse

3.1 Einführung in Musiktechnologie

Um den SchülerInnen des Musikgymnasiums einen Einblick in die aktuelle Forschungsarbeit im Bereich Musikproduktion, Akustik und elektronische Musik zu verschaffen wurden zwei Exkursionen vorbereitet.

Ziel der ersten Exkursion zum IEM war es möglichst viele SchülerInnen des Gymnasiums zu einer freiwilligen Teilnahme am EYS Projekt zu motivieren. Auch sollte für die zweite Phase, der Gestaltung eigener Projekte, eine Grundlage für den weiteren Ideenfindungsprozess geschaffen werden.

Der Besuch des IEM fand 28. Oktober 2008 statt. Während des Besuches wurde in einer Präsentation der Forschungsbereich des IEM im Überblick geschildert. Des weiteren wurde der CUBE, das Produktionsstudio und die weiteren Forschungsaufbauten des IEM vorgestellt.

Der CUBE ist der Veranstaltungsraum des IEM und beinhaltet u. a. ein "Motion Capture System", welches es ermöglicht Position und Bewegung von Körpern im Raum zu erfassen. Die Bewegungsdaten werden in Echtzeit verarbeitet und in Klang umgewandelt. Den SchülerInnen wurde dabei vorgeführt wie Bewegung und Geste, aber auch ein simples Ballspiel, zur Klangsteuerung eingesetzt werden kann. Die SchülerInnen hatten bei der Demonstration die Möglichkeit selber aktiv an der Klanggestaltung teilzunehmen.

Im Produktionsstudio des IEM wurde den SchülerInnen die Surround Aufnahme eines Stückes einer Rockband vorgespielt. Während der Wiedergabe hatten die SchülerInnen die Möglichkeit selber am Mischpult zu sitzen und die einzelnen Spuren des Stückes in der Lautstärke zu verändern. Nach dieser ersten Exkursion haben sich alle 28 SchülerInnen der Klasse für eine Teilnahme am Projekt entschieden.

Die zweite Exkursion, die Präsentation des Tonstudios am Institut für Breitbandkommunikation (IBK) der TU Graz, fand am 5. Februar 2009 statt. Während der Exkursion wurde das Aufnahmeequipment erklärt und vorgeführt und die SchülerInnen hatten die Möglichkeit selber eine Gesangs- oder Sprachaufnahme zu machen und anzuhören.



Abbildung 1: Klangsteuerung mittels 'Handhelds'

Abbildung 2: Klang erzeugendes Ballspiel

3.2 Technische Realisierung eigener Projektideen

Nach der Exkursion zum IEM fand am 31. Oktober 2008 im Gymnasium ein Kick-off Workshop mit allen Projektbeteiligten statt. Über ein mehrstufiges Brainstorming wurden Ideen entwickelt und die ersten Schritte geplant. Während des Workshops kristallisierten sich vier Gruppen heraus und die, im Folgenden beschriebenen Projektideen wurden entwickelt. Die SchülerInnen wählten einen zu ihrem Projekt passenden Gruppennamen aus.

3.2.1 Soundexperience

Das Ziel der Gruppe "Soundexperience" war es mit dem Klang der Stimme zu experimentieren. Dazu haben die SchülerInnen drei Musikstücke in den Genres Funk, Reggae und Rap komponiert und im Tonstudio des IBK mit der Hilfestellung der Autorin aufgenommen. Die Aufnahmen wurden von den SchülerInnen im Computerraum des Musikgymnasiums nachbearbeitet, wobei Vocoder und Flanger Effekte zur Stimmenveränderung verwendet wurden. Bei der Abschlusspräsentation wurde die originale Version mit der, mittels Effekten manipulierten Version verglichen.

3.2.2 Emotions

Die Gruppe "Emotions" wollte erforschen wie sich Filmmusik auf die Stimmung in Filmszenen auswirkt und wie die Empfindungen der ZuschauerIn dadurch beeinflusst werden können. Die SchülerInnen haben zu diesem Zweck drei gestellte Szenen gefilmt, um diese anschließend jeweils mit, als traurig- und fröhlichklingend eingestuften, Musikstücken zu hinterlegen. Die Stücke wurden von den SchülerInnen selbst eingesungen und im Tonstudio des IBK mit Hilfe der Autorin aufgenommen. Die Aufnahmen wurden von den SchülerInnen ebenfalls im Computerraum des Gymnasiums nachbearbeitet und zu den Filmszenen hinzugefügt.

3.2.3 Just Danube

Das Interesse der Gruppe “Just Danube” galt der Entwicklung eines “Luftinstruments”, welches allein durch Gesten und Bewegungen der Finger in der Luft gespielt werden kann. Ziel dieses Projektes war die Aufführung des Donauwalzers am Hauptplatz in Graz. Das in diesem Zuge entwickelte Instrument wird in den Kapiteln 5 bis 8 der Arbeit im Detail beschrieben.

3.2.4 Hintergrund im Vordergrund

Das Vorhaben der Gruppe “Hintergrund im Vordergrund” war es alltägliche Handlungen zu filmen und die Hintergrundgeräusche, die durch die Geräuschkulisse im Vordergrund verdeckt werden zu betonen und somit in den Vordergrund zu rücken. Die SchülerInnen haben zu diesem Zweck Filmaufnahmen vom Geschehen auf öffentlichen Plätzen vorgenommen und zwei kurze Szenen ausgewählt um markante Handlungen mittels geeignetem Sound Design klanglich hervorzuheben. Die Geräusche hierfür wurden aus Klangbibliotheken im Internet entnommen und nachbearbeitet.

3.2.5 Die Spitzel

Die SchülerInnen, die beim Workshop nicht anwesend waren bildeten die Dokumentationsgruppe “Die Spitzel” um die anderen Gruppen in ihrem Arbeitsprozess zu begleiten. Die SchülerInnen haben Interviews geführt und die Projekte mit Film- und Bildmaterial dokumentiert. Das gesammelte Material wurde am Ende des Arbeitsprozesses zu einem Dokumentarfilm, der teilweise dem Charakter eines Musikvideos entspricht, zusammengefügt.

3.3 Zeitliche Einteilung des EYS-Projekts

Der Zeitraum für die Realisierung der eigenen Projekte der SchülerInnen war mit vier Monaten, mit einer Fertigstellung der Projekte am Ende des Wintersemesters 2009, vorgesehen. Die Entwicklung der Didaktikkonzepte erfolgte im Sommersemester mit der abschließenden Präsentation aller Projekte Ende Juni 2009.

3.4 Weblog als Kommunikationsplattform

Um eine Informations- und Kommunikationsplattform für alle am Projekt beteiligten Personen zu schaffen wurde vom IFZ-Team ein Weblog <http://eys.twoday.net/> für das EYS Projekt eingerichtet. Dies ermöglichte eine unkomplizierte Kommunikation mit allen Gruppen gleichzeitig und die SchülerInnen konnten ihre Ideen und Arbeitsfortschritte auch außerhalb der eigenen Gruppe austauschen.

3.5 Präsentation der Ergebnisse durch die SchülerInnen

In der Abschlussveranstaltung im Veranstaltungsraum des Musikgymnasiums Ende Juni 2009 präsentierten die SchülerInnen der einzelnen Gruppen ihre Ergebnisse und bekamen anschließend eine Teilnahmeurkunde überreicht.

4 Vermittlung von Technikkompetenz

Aus Untersuchungen bezüglich der Veränderung von Lernkulturen (SZ05) und der aktiven Technikonstruktion zur Förderung von Technikbildung (Zor07) werden folgende Erkenntnisse während des Arbeitsprozesses mit den Jugendlichen berücksichtigt:

- SchülerInnen arbeiten mit mehr Motivation und Engagement, wenn sie an etwas „Eigenem“ arbeiten können, da sie an der erfolgreichen Umsetzung persönlicher Ideen interessiert sind. Im Gegensatz dazu kann ein Eingreifen in die Prozesse und Gedanken der SchülerInnen durch Lehrende die Motivation SchülerInnen negativ beeinflussen.
- Die Reflexion des eigenen Lernens ist ein wesentlicher Bestandteil des erfolgreichen Lernens. In der Präsentation des Ergebnisses wird zugleich der Lernprozess reflektiert und es erfolgt die Öffnung zur Diskussion.
- Durch aktive Auseinandersetzung mit Technik wird die Selbstwirksamkeit und Eingriffsmöglichkeit in Form von z.B Entwicklung eigener Programme, bewusst gemacht.
- Unterrichtsmaterial, Themenstellung und Haltung der LeiterInnen ist ausschlaggebend für die Erzeugung von Technikinteresse und Herangehensweise in Bezug auf Technik. Das Interesse kann durch diese Faktoren gehemmt oder gefördert werden.

Die daraus folgenden Leitlinien für Vortragende wurden während der Zusammenarbeit mit den SchülerInnen in den Projektstunden beachtet:

- Sich als ExpertIn zurücknehmen und SchülerInnen selber ausprobieren lassen.
- Die SchülerInnen nachdenken lassen, was möglich und was nicht möglich ist.
- SchülerInnen mit “Know How” helfen anderen SchülerInnen wenn diese nicht weiter wissen.
- Auf abwechselndes Bedienen der Geräte durch die SchülerInnen achten.
- Nicht aufgrund von Zeitdruck selbst die Technik bedienen und die SchülerInnen zuschauen lassen.
- Technische Aufgaben bewusst, aber unmerklich, Benachteiligten übertragen.
- Den SchülerInnen Verantwortung übertragen und Geräte selbst aufbauen lassen.
- Beteiligte mit Namen ansprechen, nicht mit Geschlecht z.B. die Mädchengruppe.
- Verwendung von Fachjargon vermeiden und keine Formulierungen wie „ihr kennt das ja bestimmt alle...“ verwenden.

4.1 Aufnahme im Tonstudio

Um den SchülerInnen einen praktischen Einblick in professionelle Aufnahmetechnik zu gewähren wurden die Aufnahmen im Aufnahmestudio des Institut für Breitbandkommunikation (IBK) der Technischen Universität Graz durchgeführt.

Die SchülerInnen der Gruppe “Emotions” haben am 9. und 10. Feb. 09 sechs Stücke aufgenommen. Die Aufnahmen der Gruppe “Soundexperience” fand am 11.02.09 statt und es wurden zwei, von den SchülerInnen selbst komponierte Stücke aufgenommen.

4.1.1 Einführung der SchülerInnen in die Aufnahmetechnik

Zur Einführung in das Studio Equipment wurden den SchülerInnen die verschiedenen Mikrofon Wandlerprinzipien, deren Einsatzbereich, sowie Vor- und Nachteile erklärt. Um eine ideale Schallaufnahme zu gewährleisten wurde auf die Abstrahlcharakteristiken der aufzunehmenden Instrumente bzw. der Stimme hingewiesen und eine geeignete Mikrofonierungstechnik besprochen.

4.1.2 Mikrofonierung der Aufnahmen

Gruppe Emotions:

- Stimme AKG C414, Nierencharakteristik
- Klavier, AB Stereomikrophonie mit AKG C480, Kugelcharakteristik
- Gitarre, Schallabnahme am Tonabnehmer, über DI Box mit Mischpult verbunden.

Aufgenommene Lieder:

- I can see clearly now
- Body and Soul
- Oh Dindi
- Take me to your heart
- I'm yours
- Almost lover

Gruppe Soundexperience:

- Stimme: AKG C414, Nierencharakteristik
- Klavier: AB Stereomikrophonie mit AKG C480, Kugelcharakteristik

- E-Gitarre, E-Bass: Mikrophon vor Verstärkerbox, Neumann TLM 103, Nierencharakteristik
- Schlagzeug:
 - Overhead: Stereoabnahme, Neuman KM 140, Nierencharakteristik
 - Snare-Drum: Shure SM57, Nierencharakteristik
 - Hi-Hat: AKG C480, Nierencharakteristik
 - Bassdrum: AKG D12, Nierencharakteristik

Es wurden zwei, von den Schülern selbst komponierte Stücke aufgenommen.



Abbildung 3: Schülerinnen bedienen das Mischpult des IBK



Abbildung 4: Aufbau der Mikrophone

Bei der Durchführung der Aufnahmen wurde darauf geachtet, dass die SchülerInnen die Mikrophone, nach vorhergehender Besprechung, selbstständig aufbauten. Die SchülerInnen waren ebenfalls für die Führung eines Aufnahmeprotokolls, Kommunikation mit den InstrumentalistInnen bzw. SängerInnen im Aufnahmerraum, sowie Starten und Beenden der Aufnahmen zuständig.

4.2 Nachbearbeitung der Aufnahmen im Musikgymnasium

Die Nachbearbeitung der Aufnahmen erfolgte in den Computerräumen des Musikgymnasiums Dreihackengasse und es wurde die dort installierte Audiotbearbeitungssoftware Adobe Audition verwendet. Dadurch sollte auch ein eigenständiges Arbeiten außerhalb der Projektstunden ermöglicht werden. Für die Nachbearbeitung stand leider keine ideale Abhörmöglichkeit zur Verfügung und es wurden von den SchülerInnen mitgebrachten Kopfhörer verwendet. Auch wurde der Arbeitsfluss durch veraltete und langsame Computer in den Computerräumen gehemmt was zu einer teilweisen Demotivation der SchülerInnen führte.

4.2.1 Einführung der SchülerInnen in Adobe Audition

Die grundsätzlichen Arbeitsschritte zur Aufnahme und weiteren Bearbeitung der Aufnahme, wie Schneiden einer Aufnahme, Veränderung der Amplitude, Panoramisierung der Phantomschallquellen in der Stereoabbildung, Hinzufügen von künstlichem Raumhall sowie die Verwendung des Equalizers wurden mittels Adobe Audition erklärt. Um die SchülerInnen auch zu Hause zu eigenständigem Arbeiten zu motivieren wurde zudem die frei zugängliche Audibearbeitungssoftware Audacity vorgestellt.

4.2.2 Verwendung von Effekten zur Klangbeeinflussung

Zur nachträglichen Klangbeeinflussung wurde die Verwendung von Effekten besprochen. Die Funktionsweise des Flanger Effekts wurde erklärt. Die Verwendung eines Flanger VST-Plug-In, mit den zugehörigen Einstellungsmöglichkeiten wurde den SchülerInnen praktisch vorgeführt.

5 Entwicklung eines Luftinstruments

Die Idee der Entwicklung eines Luftinstruments stammt von den Schülerinnen der Gruppe Just Danube, von Sonja Deutschmeister, Yi-Ju Chung und Johanna Nather. Die grundsätzliche Intention dabei war es, ein Instrument, das nur mittels Bewegung der Hände bzw. Finger in der Luft gespielt werden kann, zu entwickeln. Laut der Vorstellung der Schülerinnen sollte das Luftinstrument einem Klavier entsprechen. Zu Beginn des Entwicklungsprozesses galt es eine geeignete Steuerungsmöglichkeit und Klangsynthesemethode zu ermitteln. Das Ziel war die Nachbildung einer, der Realität angenäherten, Steuerungsmöglichkeit des Klaviers und die genaue Abbildung des Klavierklangs.

5.1 Beispiel eines Luftinstruments

Um den SchülerInnen eine Vorstellung über einen möglichen Aufbau eines Luftinstruments zu vermitteln, wurde die “Virtual Air Guitar”, eine Entwicklung der Technischen Universität Helsinki (HJK⁺04) (KMpKH06), vorgestellt.

5.1.1 Virtual Air Guitar

Die “Virtual Air Guitar” ist eine Kombination aus Gitarren Synthesizer und Kontrollmöglichkeit durch Bewegung der Hände in der Luft. Die Distanz zwischen linker und rechter Hand wird zur Einstellung der Tonhöhe verwendet, die Bewegungen der rechten Hand entsprechen dem Zupfen der Gitarrensaiten. Das Klangsynthesemodell soll den Klang einer Stratocaster E-Gitarre erzeugen und verwendet ein auf physikalischen Parametern basierendes (engl. Physics-based) Modell zur Erzeugung des Klangs in Echtzeit. Die Handbewegungen werden mittels optischer, auf Farberkennung basierender Bewegungsverfolgung (engl. Tracking) der Hände ermittelt. Um das Tracking mittels Farberkennung zu ermöglichen trägt der/die SpielerIn orangefarbene Handschuhe, deren Farbe anschließend aus den Videodaten einer Webcam extrahiert werden. Die Abbildung 5 zeigt die Funktionsweise des Instruments im Überblick.

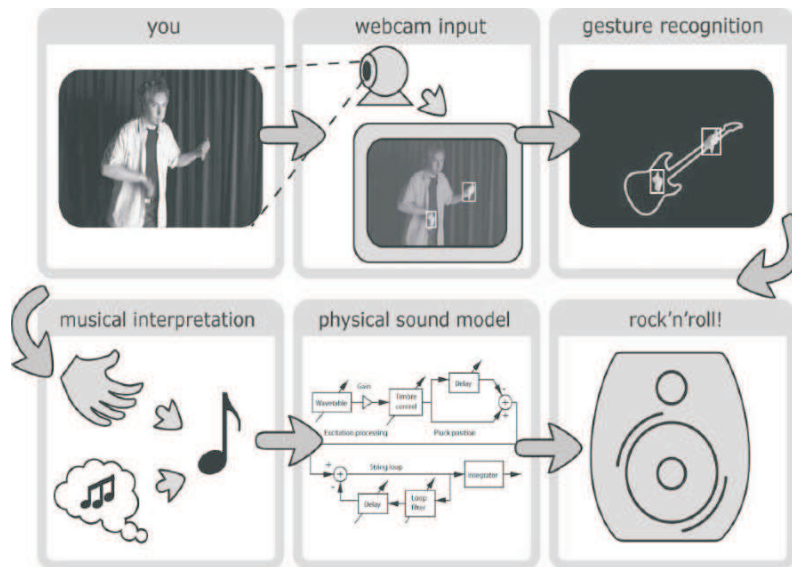


Abbildung 5: Funktionsweise Virtual Air Guitar

Da bei dieser Art der Steuerung die Bewegung der einzelnen Finger nicht erfasst werden kann, wird in der Implementation des Luftinstruments die Wiimote zur Positionsbestimmung einzelner Finger eingesetzt und im Folgenden beschrieben.

6 Steuerung der Klangerzeugung mittels Wiimote

Die Verwendung der Wii Fernbedienung (engl. Wii Remote, kurz Wiimote) zur Positionsbestimmung einzelner Finger wird von Johnny Chung Lee (Lee08b) erstmals 2008 auf der TED (Technology, Entertainment, Design) Konferenz 2008 vorgestellt.

Um die Detektion der Finger zu ermöglichen wird die Wiimote statisch, im Abstand von ca. 1,5 m vor den Fingern positioniert. An der selben Position wird ein Infrarotstrahler aufgestellt, der kontinuierlich Infrarotstrahlung in die Richtung der Finger aussendet. Die Infrarotstrahlung wird von den, mit reflektierendem Material, gekennzeichneten Fingern reflektiert und von der Infrarotkamera aufgenommen. Der Kamera Chip ist mit einer "Multi Object Tracking" Funktion ausgestattet, welche die Erkennung mehrerer Finger als weiße Punkte, sog. "Blobs" ermöglicht. Der Aufbau ist in Abbildung 6 dargestellt.

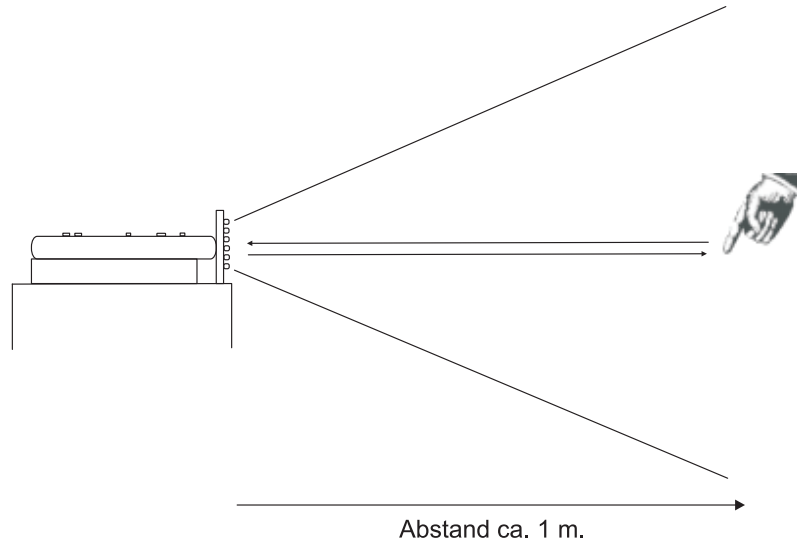


Abbildung 6: Finger Tracking mittels Wiimote

6.1 Auswahl der Wiimote zur Steuerung des Luftinstruments

- Die Bewegungsverfolgung mittels Wiimote ermöglicht eine präzise Steuerung des Instruments mittels einzelner Finger, ohne Einschränkung der Bewegungsfreiheit durch Sensoren und Kabel.
- Das Interesse der SchülerInnen an der technischen Funktionsweise alltäglicher bzw. speziell für Jugendliche gebräuchlicher Gegenstände, wie z.B. Handy, MP3-Player, Game-Controller usw. sollte geweckt werden.
- Die technische Realisierung sollte einfach, mit öffentlich zugänglichen und kostengünstigen Mitteln erfolgen.

6.2 Nintendo Wiimote

Die Wiimote wurde von der Firma Nintendo entwickelt und dient als Game-Controller und Eingabegerät für die Spielkonsole Wii. Die genauen technischen Spezifikationen der Wiimote wurden von Nintendo nicht veröffentlicht. Durch sog. “Reverse-Engineering” wurden jedoch zahlreiche Informationen über den inneren Aufbau und die Funktionsweise der Wiimote gewonnen (Lee08a).

Die Fernbedienung verfügt über einen Beschleunigungssensor ADXL330, einen Lautsprecher, einen Vibrationsmotor und eine Infrarotkamera. In dieser Anwendung wird aufgrund der statischen Positionierung lediglich der Infrarotsensor verwendet.

Die Infrarotkamera ist mit einem Infrarotsensor der Firma PixArt Imaging ausgestattet. Das integrierte „Multi Object Tracking“ ermöglicht eine maximale Detektion von vier Infrarotquellen

gleichzeitig. Die Positionsdaten werden mit Auflösung von 1024x768 Pixel dargestellt, bei einer Bildwiederholungsrate von 100 Hz. Der horizontale Öffnungswinkel der Kamera beträgt 45 Grad. IR Kameras in vergleichbarer Preislage haben eine Auflösung von 640x480 Pixel bei 30 Hz Bildwiederholungsrate. Zudem wird die CPU Leistung nicht durch die Durchführung des Fingertracking in Echtzeit belastet.



Abbildung 7: Wiimote

6.3 Datenübertragung mittels Bluetooth

Die Datenübertragung zwischen Wiimote und Computer erfolgt kabellos unter Verwendung des Bluetooth Standards. Das Peripheriegerät kommuniziert mit dem Computer über den Bluetooth Stack und Bluetooth Protokoll.

Der Bluetooth Standard wurde in den 90-er Jahren entwickelt um Kabelverbindungen durch eine Funkverbindung im Kurzstreckenbereich zwischen 0,2 bis 50 m zu ersetzen. Die Daten werden im lizenzfreien ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) zwischen 2,402 und 2,480 GHz gesendet. Bei Verbindungsaufbau identifizieren sich die Bluetoothgeräte über eine individuelle 48 Bit lange Seriennummer. Die Reichweite der Geräte wird mittels Kategorien eingeteilt, wobei die Klasse 1 einer Reichweite von ca. 100 m entspricht. Die Geschwindigkeit mit der die Daten übertragen werden beträgt bei der aktuell verfügbaren Version 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate), durch eine verbesserte Übertragungsrate, ca. 2 Mbps.

7 Klangsynthese des Klavierklanges mittels Wavetable Synthese

Bei der Erörterung einer geeigneten Synthese Methode zur Implementierung des Instruments wurden folgende Faktoren einbezogen:

- Steuerung der Synthese in Echtzeit

- Hohe Genauigkeit in der Abbildung des Klavierklangs
- Realisierung der Methode in absehbarer Zeit
- Verwendung einer, für die SchülerInnen verständliche und erlernbare Synthese Methode

Wie in den folgenden Betrachtungen beschrieben wird, entspricht die Wavetable Synthese diesen Anforderungen und wurde daher in der Implementation des Instrumentes verwendet. Im Folgenden werden zuerst die Merkmale des Klavierklangs und Bewertungskriterien zur Auswahl einer geeigneten Synthese Methode beschrieben. Die Additive Synthese und Physikalische Modellierung eines Instrumentes werden als alternative Synthesemethoden im Hinblick auf diese Bewertungskriterien diskutiert. Im Anschluss erfolgt die Beschreibung der Wavetable Synthese im Detail.

7.1 Charakteristische Merkmale des Klavierklangs

Eines der Merkmale des Klavierklangs ist die Änderung der Klangfarbe in Abhängigkeit von der Anschlagdynamik. Bei sehr geringer Anschlagdynamik ist ein starker Abfall der Teiltöne zu beobachten. Ein weiteres charakteristisches Merkmal des Klavierklangs ist das Ausschwingverhalten, welches ein rascheres Absinken nach dem Anschlag und ein langsames Abklingen in der Endphase zeigt. Hohe Teiltöne werden zusätzlich stärker gedämpft als tiefe Teiltöne. Ein Phänomen welches bei schwingenden Saiten auftritt ist die Inharmonizität der Teiltöne. Die Obertöne einer Saite schwingen schneller und klingen somit höher als aufgrund der physikalischen Beschreibung einer Schwingenden Saite zu erwarten ist. Dies wird bei der Stimmung des Klaviers durch Spreizung ausgeglichen.

7.2 Aufwand, Expressivität und Genauigkeit einer Synthese Methode

Klangsynthesetechniken können durch objektive und subjektive Kriterien, sowie aufgrund der benötigten Rechenleistung beurteilt werden. Genauigkeit und Expressivität stellen zwei wichtige Bewertungskriterien im Vergleich verschiedener Synthesemethoden dar.

Die **Expressivität** wird durch die Variation im zeitlichen und spektralen Verlauf des Signales definiert. Die Variation besteht aus einer deterministischen Komponente und einer zufälligen Komponente. Die deterministischen Elemente der Expressivität, wie die Änderung des Spektrums und des zeitlichen Verlaufes, wird während der Anwendung durch den Benutzer bestimmt. Die zufälligen Elemente betreffen die Variationen von Ton zu Ton, die nicht vom Benutzer beeinflusst werden können, da es nicht möglich ist eine exakte Wiederholung der selben Note zu erzeugen.

Die **Genauigkeit** betrifft die Klangtreue die mit einer Synthesemethode erreicht werden kann. Auf neuartige Instrumentklänge, die nicht auf eine originalgetreue Abbildung des Klangs eines akustischen Musikinstruments abzielen, kann dieses Maß der Genauigkeit nicht angewendet werden.

Der **Aufwand** der in der Implementation einer Klangsynthesemethode entsteht kann eingeteilt werden in Hardwareaufwand und Arbeitsaufwand. Bei der Schätzung des Hardwareaufwands ist neben dem Rechenaufwand auch die Steuerung der Synthese zu berücksichtigen. Der Schwierigkeitsgrad der Entwicklung und Programmierung des Algorithmus zur Berechnung der Synthese trägt zur Einschätzung des Arbeitsaufwands bei, wobei auch der Aufwand des Erlernens der Klangsynthese im Hinblick auf die musikalische Aufführung zu berücksichtigen ist.

7.3 Weitere Methoden zur Synthese des Klavierklangs

Bei den, im Folgenden beschriebenen Synthesemethoden basiert die Klangerzeugung auf einer parametrischen Beschreibung des Klangs und ermöglicht dadurch eine hohe Expressivität in der Klangerzeugung. Im Gegensatz dazu ist die Expressivität der Wavetable Synthese eingeschränkt, ermöglicht jedoch eine sehr hohe Genauigkeit in der Abbildung des Klangs.

7.3.1 Spektrale Modellierung - Additive Synthese

Die additive Synthese ist eine Form der spektralen Klangsynthese. Eine periodisch verlaufende Schwingung kann durch Überlagerung von sinusförmigen Schwingungen mit unterschiedlicher Frequenz und Amplitude erzeugt werden. Der mathematische Hintergrund ist durch die Fourier Transformation beschrieben. Die additive Synthese ist zur Synthese von quasi-periodischen Signalen gut geeignet. Die Synthese von transienten Signalen hingegen ist schwer zu realisieren, zudem setzt die Nachbildung einer komplexen Obertonstruktur eine große Anzahl an Steuerparameter und eine sehr präzisen Einstellung dieser Parameter voraus.

7.3.2 Physikalische Modellierung

Bei dieser Art der Klangsynthese werden die physikalischen Eigenschaften eines Musikinstrumentes anhand mathematischer Modelle beschrieben und als Basis zur Klangerzeugung verwendet. Ein Steuerparameter in der Synthese repräsentiert dabei eine physikalische Eigenschaft des Instrumentes. Z.B wird die Auslenkung einer Saite, einer Membran oder die Bewegung der Luft in einem Rohr mittels partieller Differentialgleichungen, mit Anfangsbedingungen und Randbedingungen, beschrieben. Die Steuerparameter entsprechen dabei den Materialeigenschaften, Instrumentgeometrie, Eingangskraft usw. Die Physikalische Modellierung von Instrumentenklängen erzielt eine hohe Genauigkeit und Expressivität. Die Nachbildung der komplexen Instrumentstruktur bedeutet jedoch einen sehr hohen Rechenaufwand. Auch der zeitliche Aufwand für die Ermittlung adäquater Steuerparameter und deren Anwendung in der Aufführung sind zu berücksichtigen.

7.4 Wavetable Synthese

Als Wavetable Synthese wird die Wiedergabe der digitalisierten Wellenform des Instrumentenklangs bezeichnet. Wird aufgrund des hohen Speicherplatzbedarfs nicht der gesamte Tonumfang eines Instrumentes aufgenommen, kann mittels Tonhöhenänderung (engl. Pitch Shifting) die Tonhöhe der aufgenommenen Referenzsignale verändert werden. Dabei wird zwischen synchronem und asynchronem Pitch Shifting unterschieden. Bei asynchronem Pitch Shifting entsteht die Tonhöhenänderung durch eine Änderung der Taktfrequenz des Digital-Analog-Konverters. Bei synchronem Pitch Shifting basiert die Tonhöhenänderung auf einer Samplerratenkonversion, daher stammt auch die Bezeichnung der Wavetable Synthese als “Sampling” Synthese. Um eine höhere Expressivität in der Synthese zu erzielen, wird mittels “Looping” des stationären Teils der Wellenform, durch Veränderung der Amplituden Hüllkurve und durch die Filterung der Wellenform, auf die spektrale und zeitliche Struktur der Wellenform Einfluss genommen.

7.4.1 Funktionsweise eines Wavetable Synthesizers

Die Funktionsweise eines Wavetable Synthesizer wird von Dana C. Massie (KB98) als eine Kombination nachfolgender Funktionen beschrieben:

- Wiedergabe der digitalisierten Wellenformen eines Instrumentes.
- Wiedergabe einer gesamten Note, nicht nur einer einzelnen Periode des Signals.
- Pitch Shifting um die Tonhöhe einer Wellenform zu verändern.
- “Looping” um die Wiederholung des stationären Signalanteils zu verlängern.
- “Multi-Sampling” um die Steuerung mehrerer Instrumentenklänge mit einem Eingabegerät, z.B. einer Keyboardtastatur zu unterstützen.
- “Layering” um eine Mehrfachbelegung einer Taste zu ermöglichen.
- Steuerung der Amplituden Hüllkurve des Signals.
- Filterung um die Klangfarbe der Wellenform zu verändern.
- Variation der Amplitude der Wellenform als Funktion der Geschwindigkeit, gesteuert durch den Benutzer.
- Abmischung oder Summierung von mehreren Kanälen um das gleichzeitige Abspielen mehrerer Noten zu ermöglichen.
- Mehrkanalige Wavetables unterstützen mehrfachen Zugriff auf den Speicherbereich einer Wellenform innerhalb einer Samplingperiode.

7.4.2 Soundfont Spezifikation

SoundFont ist ein von der Firma E-MU Systems/Ensoniq entwickeltes Fileformat, welches die synthetische Klangerzeugung mittels Wavetable Synthese unterstützt. Das Soundfontformat basiert auf der Dateistruktur des „Resource Interchange File Format“ (RIFF) das von der Firma Microsoft entwickelt wurde. Die genaue Spezifikation des Soundfontformats ist in (Em06) ersichtlich. Der Inhalt einer Soundfontdatei besteht zum größten Teil aus den digitalisierten Audiodaten, wobei eine lineare Kodierung mit 16 Bit durchgeführt wird um eine entsprechende Klangqualität in der Synthese zu gewährleisten. Zusätzlich sind Steuerdaten, mittels derer die Artikulation in der Klangsynthese durchgeführt wird, enthalten. Die Klangerzeugung wird mittels MIDI Befehlen, deren Aufbau in 7.4.4 beschrieben wird, gesteuert. Der „Note on“ Befehl mit den zusätzlichen Parametern, Notenummer und Geschwindigkeit erzeugen einen Klang mit der angegebenen Tonhöhe und Amplitude. Die Wiedergabe kann mittels geeigneter Software Synthesizer oder mit einer Soundkarte erfolgen. Fluidsynth ist ein Beispiel eines frei erhältlichen (engl. Open Source) Software Synthesizers.

7.4.3 Soundfont Synthese Modell

Das Synthesemodell besteht aus dem Wavetable Oszillator, dynamischer Tiefpassfilterung, Verstärkerstufe, Hall- und Chorus Effekt und programmierbarer Panning Funktion. Der Wavetable Oszillator ermöglicht eine Wiedergabe der Wellenform mit beliebiger Samplingrate. Die daraus resultierende Tonhöhenänderung ist jedoch mit maximal zwei Oktaven beschränkt. Generell erfolgt die Modulation in Oktaven, Halbtönen und Cents ($1 \text{ Cent} = 1/100 \text{ Halbton}$).

Die Hüllkurve des synthetisierten Klangs wird mit dem Hüllkurvengenerator erzeugt und ist in sechs Phasen eingeteilt:

Nach Eintreten des „Note on“ Befehles beginnt, nach einer „**Delay Phase**“ in der die Hüllkurve des Signales auf den Wert null gesetzt wird, die „**Attack Phase**“, in der der Wert von null auf eins gesetzt wird. Nachdem der Wert eins erreicht wurde geht das Signal über in die „**Hold Phase**“. Nach deren Ende beginnt die „**Decay Phase**“ in der der Wert, linear bis auf einen gewissen Wert, den „Sustain Wert“, absinkt. Nach dem Erreichen dieses Wertes tritt die „**Sustain Phase**“ ein, die solange andauert bis der „Note off“ Befehl gegeben wird. Dieser leitet die „**Release Phase**“ ein in der der aktuelle Wert, mit einer linearen Rampe auf null gesetzt wird.

7.4.4 MIDI

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ist eine digitale Schnittstelle, die zur Übermittlung von musikalischen Steuerdaten zwischen elektronischen Instrumenten, wie Keyboard, Synthesizer, Computer, usw. dient.

MIDI Daten werden in Paketen zu jeweils 8 Bit = 1 Byte übertragen. MIDI Befehle besitzen 1 Status Byte und keine oder mehrere Daten Bytes. Vier Bit des Statusbyte bezeichnen die Kanal Nummer, wobei sich mit $2^4 = 16$ Kanäle ansteuern lassen. Jedem der Kanäle ist ein Instrument zugeordnet. In folgender Tabelle ist der Aufbau der Befehle um das Spielen eines Tones zu starten “Note on” und zu beenden “Note off” aufgezeigt:

Status Byte	Data Byte	Beschreibung
1000nnnn	0kkkkkkk	Note off
	0vvvvvvv	vvvvvvv: note off velocity
1001nnnn	0kkkkkkk	Note on
	0vvvvvvv	vvvvvvv $\neq$ 0: velocity
	0vvvvvvv	vvvvvvv = 0: note off

Die Geschwindigkeit (engl. Velocity) des Anschlages ist in 127 Schritte eingeteilt. Der Wert 127 entspricht dabei einer sehr hohen und eins einer niedrigen Anschlagdynamik. Der Wert null ist als “Note Off” Befehl definiert.

8 Implementation des Luftinstruments

Die Implementation der Positionsbestimmung der Finger, wie in 6 beschrieben, erfordert eine Wiimote, Infrarotscheinwerfer, Kennzeichnung der Finger mit Infrarotlicht reflektierendem Material und einer Bluetooth-Schnittstelle zur Übertragung der Daten der Wiimote zum Computer. Die Bewegungsdaten werden mittels der grafischen Programmierung Pure Data (PD) empfangen und zur Steuerung der Wavetable Synthese, die in 7.4 beschrieben ist, verwendet.

8.1 Infrarotstrahler

Der Infrarotscheinwerfers besteht aus 32 Infrarotleuchtdioden (LED), die in einer Parallel Schaltung von 8 Zweigen, mit jeweils vier LEDs in Serie, auf eine Platine aufgelötet sind. In der Mitte der Platine befindet sich eine Öffnung um ein Durchdringen der Infrarot Reflexionen zum Sensor der Wiimote zu ermöglichen.

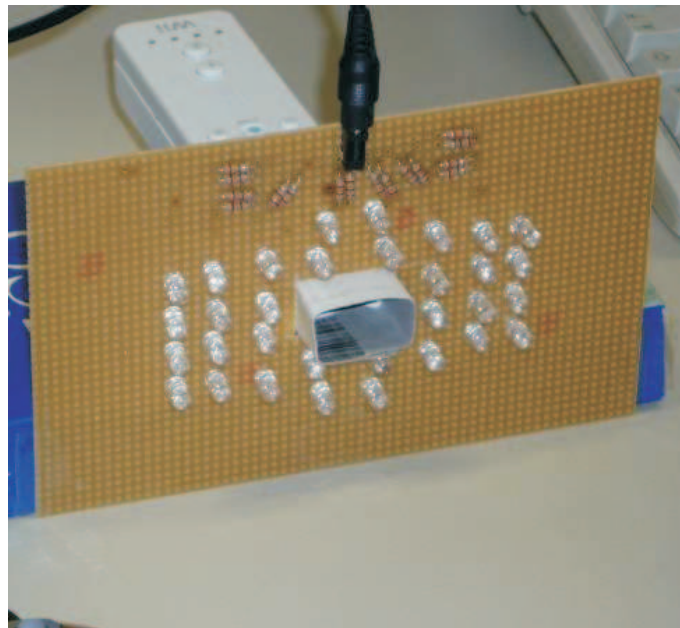


Abbildung 8: Infrarotstrahler vor Wiimote

Die LEDs werden über einen Vorwiderstand zur Strombegrenzung mit $U_S = 12\text{ V}$ Gleichspannung betrieben. Als Spannungsquelle dient ein Netzteil mit 12 V Gleichspannung und einer maximalen Stromleistung von ca. 800 mA.

Dimensionierung des Vorwiderstandes R_V wird wie folgt berechnet:

$$R_V = \frac{U_S - U_F}{I_F} \quad (1)$$

Die Stromaufnahme I_F (engl. Forward Current) der Diode wird als Funktion des Spannungsabfalles U_F an der Diode dem Datenblatt entnommen. Bei einem typischen Spannungsabfall von 1.5 V ca. beträgt $I_F = 50$ mA. Bei vier Leuchtdioden in Serie je Zweig beträgt der Widerstand R_V zur Strombegrenzung:

$$R_V = \frac{12 - 6}{0.05} = 120\Omega. \quad (2)$$

Die Stromaufnahme der gesamten Schaltung beträgt 400 mA. Um die Wärmebelastung des Vorwiderstandes zu verringern werden zwei Widerstände mit jeweils $240\ \Omega$ parallel geschaltet. Der Wert errechnet sich aus folgender Formel:

$$R_{ges} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Die Lichtfrequenz einer Diode befindet sich im Bereich von ca. 870 bis 950 nm und die Reichweite des Infrarotstrahlers beträgt ca. 5 m.

8.2 Infrarot Reflektoren

Um die Position und Bewegung der Finger in der Luft zu bestimmen werden die Finger mit Klebefolie, die Infrarotstrahlung reflektiert, versehen. Die verwendete Klebefolie wird von der Firma 3M mit der Bezeichnung 3M 3000 LSE, hergestellt.

8.3 Bluetooth Schnittstelle

In der Anwendung wird der USB Bluetooth Adapter EP-2102 der Firma Shurecom verwendet um die Bluetooth Schnittstelle zum Computer herzustellen.

Bluetooth Spezifikation EP-2102:

- Standard Bluetooth Version 2.0, kompatibel mit Version 1.1/1.2
- Datenrate 2 - 3 Mbps
- USB 2 Standard
- Klasse 1 Reichweite 80 m, Transmissionsleistung 4 dBm

8.4 Implementierung in PD

PD ist eine grafische Programmierungsumgebung zur Verarbeitung von Audio- und Videodaten und zur Graphik Programmierung in Echtzeit. Sie gehört, wie Max/MSP, Max/FTS, ISPW Max, jMax,

usw. zur Kategorie der “Patch” Programmiersprachen (engl. Patcher Programming Languages) und wurde von Miller Puckette entwickelt. PD ist eine Open Source Software und wird von einer Vielzahl von Software Programmierern weiter entwickelt.

Um die Daten der Wiimote in Pure Data zu empfangen wird auf den Bluetooth Stack des Bluetoothadapters zugegriffen. Da bei den Betriebssystemen Windows, Linux und Mac OS Unterschiede in der Anbindung eines Bluetooth Gerätes bestehen erfolgt die Akquisition der Positionsdaten auf verschiedene Arten. Der Zugriff geschieht entweder über eine eigene Library, oder durch eine Datenübertragung mittels “Open Sound Control” (OSC) Protokoll. In der Implementation wird das Betriebssystem Linux verwendet. Unter Linux kann das External Wiimote von Mike Wozniowski (Woz10) zur Datenakquisition verwendet werden. Das External basiert auf der “cWiid Library” von L. Donnie Smith. Die Implementation des Bluetooth Protokollstapel (engl. Stack) unter Linux heißt “BlueZ”.

8.4.1 Wiimote External

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anwendung des Wiimote External.

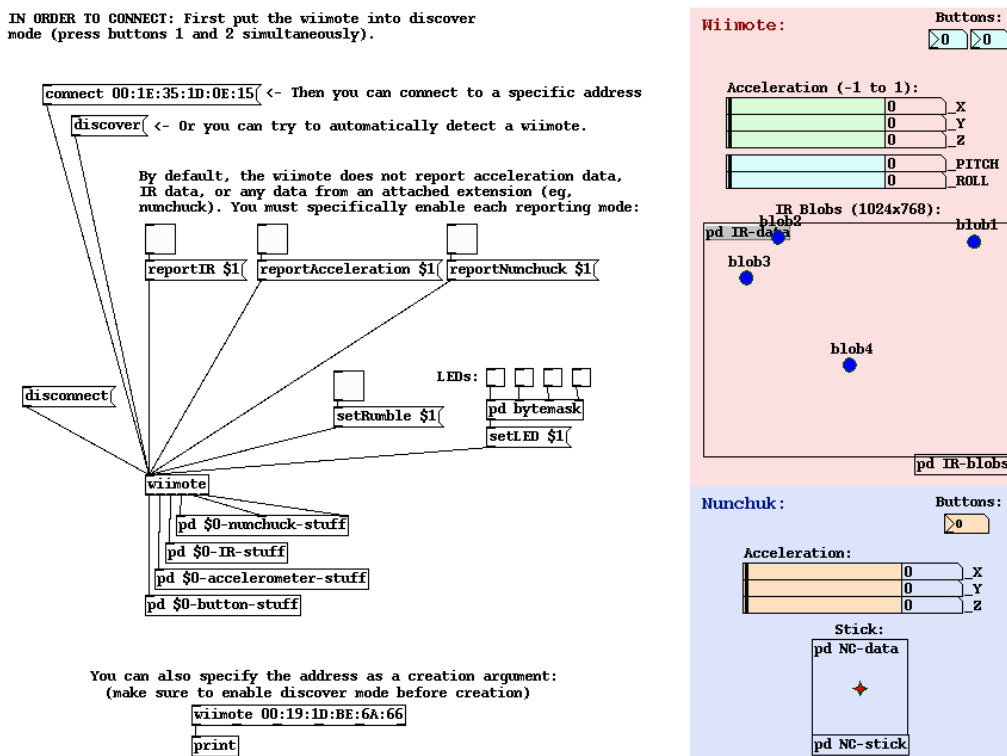


Abbildung 9: Funktionalität des Wiimote External

In der Anwendung werden nur die Infrarot Daten der Wiimote genutzt. Wie in Abschnitt 6

können bis zu vier Finger gleichzeitig detektiert werden, wobei die Finger Identität und Koordinaten auf der x-Achse und y-Achse ausgegeben werden.

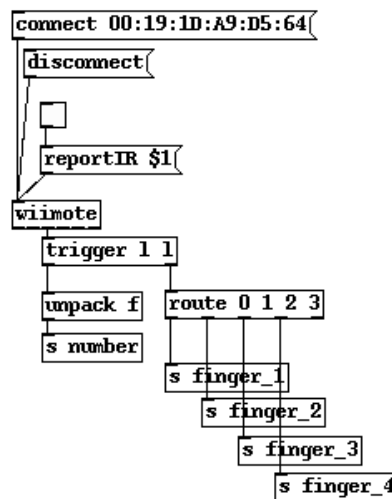


Abbildung 10: Datenakquisition mittels Wiimote External

8.4.2 Zuweisung der Geste zum Klang

Der Kamerabereich der Infrarotkamera der Wiimote wird in der x-Achse in acht Bereiche, einer Oktave entsprechend, unterteilt. Den acht Bereichen wird jeweils eine Tonhöhe zugewiesen. Wird der Finger in einem Bereich detektiert wird ein Klavierton mit entsprechender Höhe ausgelöst. Wird der Finger bzw. das Infrarot reflektierende Material aus dem Kamerabereich entfernt, z.B. mittels Abdeckung oder Beugung des Fingers, entspricht dies dem Loslassen einer Klaviertaste bei einem realen Klaviere. Der Ton kann anschließend, durch erneutes Einbringen des Fingers in den Kamerabereich wiederholt werden.



Abbildung 11: Experimente mit Luftinstrument

8.4.3 Soundfont Synthesizer External für PD

Um die Funktion des Soundfont Synthesizers Fluidsynth in Pure Data und Max/Msp einzubinden wurde von Frank Barknecht das External `fluid` entwickelt. Die Erzeugung eines Klaviertones wird in folgender Abbildung dargestellt:

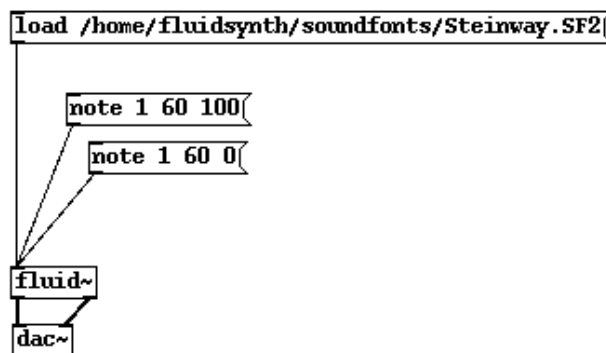


Abbildung 12: Ansteuerung des Fluid External

Im ersten Schritt wird der Soundfont geladen, anschließend wir über Message Befehle der MIDI Note On Befehl, mit Angabe der zugehörigen Tonhöhe und Dynamik an den Synthesizer übergeben. Der Klang wird aus dem SoundFont ausgelesen und mittels dem PD Objekt `dac .pd` zu Lautsprechern Signalen konvertiert. In der Anwendung wurde der frei erhältliche (Tra10) Grand Piano Soundfont verwendet. Dieser enthält Aufnahmen von 88 Tonhöhen mit unterschiedlichen Anschlagdynamiken, in Stereo mit 44100 Hz Samplingrate und 16 Bit Auflösung. Das Klavier entsprach dem Modell-C von Steinway aus dem Jahr 1897. Der benötigte Speicherbedarf der Aufnahmen entspricht 25MB.

9 Analyse der synthetisierten Klänge

Um Aussagen über die Genauigkeit der Wavetable Synthese in Abhängigkeit von der verwendeten Soundfontdatei zu treffen, wird das Amplitudenspektrum einer synthetisierten Note bei verschiedenen Anschlagdynamiken untersucht. Die spektrale Hüllkurve einzelner, synthetisierter Klänge wird mittels Linear Predictive Coding (LPC) untersucht und mit der Struktur von entsprechenden, aufgenommenen Wellenformen des Klavierklangs verglichen.

Linear Predictive Coding (LPC) (Zöl02) bezeichnet die Rückgewinnung der spektralen Hüllkurve eines bestimmten Signals zu einer bestimmten Zeit. Der Ansatz basiert auf der Schätzung eines Synthesefilters, der ausschließlich Polstellen zur Modellierung der Resonanzen des Signals

enthält. Diese Filterart wird als Polynomfilter (engl. All-Pole-Filter) bezeichnet und stellt in diesem Fall die spektrale Hüllkurve des Signales dar. Dieses Modell wird üblicherweise zur Analyse bzw. Modellierung des menschlichen Sprachtrakts verwendet.

9.1 Ergebnis der Auswertung

Abbildung 13 zeigt das normierte Amplitudenspektrum der Note c1, deren Frequenz ca. 260 Hz entspricht. Die Note wurde mittels des in 8.4.3 beschriebenen Soundfont Synthesizer synthetisiert. Die Anschlagdynamik, die wie in 7.4.4 beschrieben, mit einem Geschwindigkeitswert zwischen 0 und 127 definiert werden kann, wurde dabei mit dem Wert 10 festgelegt. Abbildung 14 zeigt das Ergebnis der Erhöhung der Anschlagdynamik auf den Wert 100. Hierbei ist eine höhere Anregung der oberen Teiltöne bei hoher Anschlagdynamik ersichtlich.

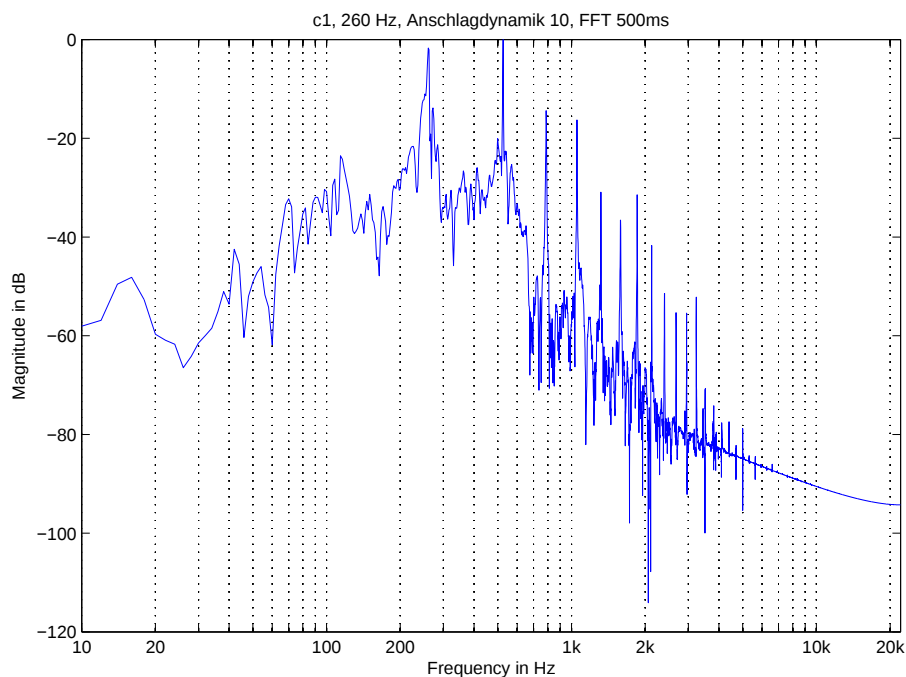


Abbildung 13: Amplitudenspektrum der Note c1 mit einer Anschlagdynamik von 10

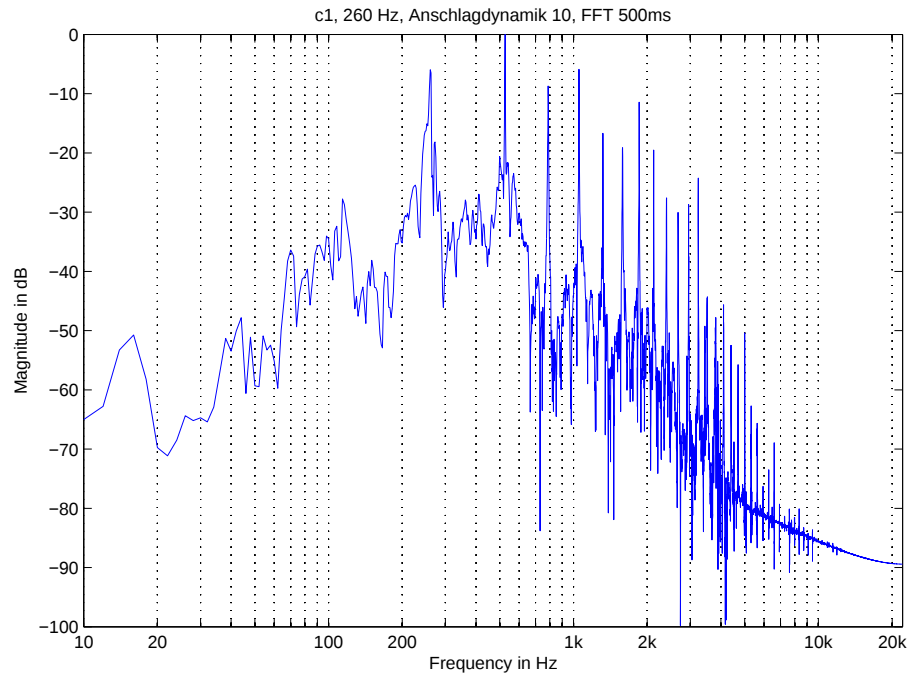


Abbildung 14: Amplitudenspektrum der Note c1 mit einer Anschlagdynamik von 10

In Abbildung 15 ist das Ergebnis der LPC Analyse der mittels Soundfont synthetisierten Note c, die in etwa 130 Hz entspricht, der Analyse eines aufgenommenen Klaviertons der selben Tonhöhe und Anschlagdynamik gegenübergestellt. Aus den spektralen Hüllkurven beider Signale ist die Teiltonstruktur der Note c zu erkennen und eine deutliche Übereinstimmung in der Verteilung der Teiltöne ist ebenfalls ersichtlich.

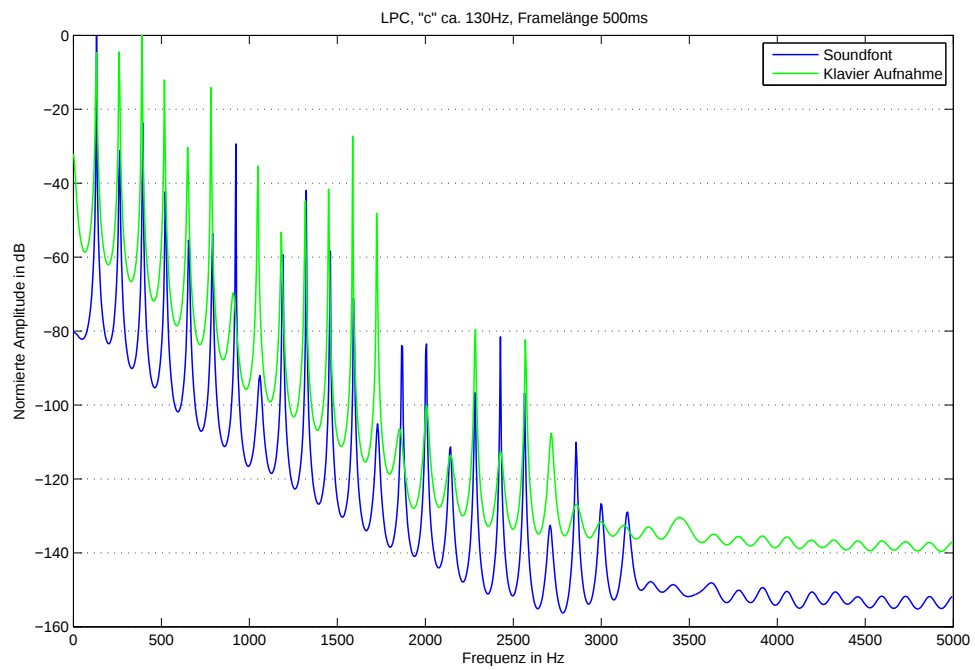


Abbildung 15: Amplitudenspektrum der Note c1 mit einer Anschlagdynamik von 10

10 Öffentlichkeitsarbeit im Zuge des EYS Projekts

Da durch das Projekt das Interesse Jugendlicher an Technik gefördert werden soll, wurden Jugendliche, durch Öffentlichkeitsarbeit und Medienberichte auf das Projekt aufmerksam gemacht.

10.1 SciQ, Wissenschaftsmagazin für junge Leute

Die Schülerinnen der Gruppe „Just Danube“ wurden von sciQ einem Magazin über Wissenschaft und Forschung, für Jugendliche, bezüglich der Entwicklung des Luftinstruments interviewt. Die Schülerinnen schildern darin den Aufbau und ihre Motivation zur Entwicklung eines Luftinstruments. Der Artikel „Donauwalzer am Luftinstrument: Projekt 'Engineer Your Sound! (EYS!)' “ ist nachzulesen unter: 1/2009, Donauwalzer am Luftinstrument

10.2 Be Creative - Festival der Kreativität und Innovation

Des Weiteren wurde das Luftinstrument bei BE CREATIVE - Festival der Kreativität und Innovation am 10.10.2009 im Museumsquartier in Wien von Birgit Hofstätter, IFZ und der Autorin vorgeführt. Hier hatten Jugendliche die Möglichkeit das Instrument zu spielen und das zugrundeliegende, technische Prinzip zu erforschen.

10.3 IAS-STS Conference - Critical Issues in Science and Technology Studies

Bei der Session „Participatory technology design: SET (scienceengineering-technology) and youth“ im Rahmen der „8th IAS-STS Annual Conference - Critical Issues in Science and Technology Studies“, 4.-5. 5. 2009, Graz (Organisation: Anita Thaler und Birgit Hofstätter), haben Birgit Hofstätter (IFZ) und die Autorin unter dem Namen „From beat to bit - Working with secondary-school students in the Sparkling Science project“ „Engineer Your Sound!“ vorgestellt. Im Anschluss daran präsentierten die SchülerInnen der Gruppen „Emotions“ und „Soundexperience“ dem internationalen Publikum Teilergebnisse aus ihren Projekten.

Des weiteren haben die KooperationspartnerInnen im Frühjahr 2009 gemeinsamen den Artikel „'Engineer Your Sound' - Partizipative Technikgestaltung im Klassenzimmer“ in der Institutszeitschrift „Soziale Technik“ Nr. 1/2009 veröffentlicht,.

11 Fazit

Es ist während der Projektarbeit gelungen das Interesse der SchülerInnen an Technik zu wecken und sie bei der eigenen Entwicklung eigener Projekte zu motivieren und zu unterstützen. Die Aufnahmen im Tonstudio haben das Musikinteresse der Jugendlichen besonders angesprochen. Die Entwicklung des Luftinstruments hat die Erfahrung der Selbstwirksamkeit der SchülerInnen in Bezug auf Technik wesentlich unterstützt. Für folgende Projekte ist es zu empfehlen die technische Ausrüstung und Arbeitsumgebung in der Schule im Vorfeld abzuklären und wenn notwendig und möglich zu verbessern.

Die SchülerInnen haben in einer abschließenden Befragung durch das IFZ das EYS Projekt wie folgt reflektiert:

Die SchülerInnen der 9MO (Musikgymnasium Dreihackengasse): „Noch einmal ein kleiner Rückblick auf unser Projekt in der achten Klasse. Es war spannend und für die meisten von uns das erste Mal, dass wir an so einem großen und interessanten Projekt mitmachen konnten. Wir sind der Meinung, dass wir das alles gut gemacht haben und sind alle stolz auf unsere Leistungen, schließlich gab es auch einige Momente in denen unser Durchhaltevermögen gefragt war. Wie schon so oft gesagt, waren die mit Abstand großartigsten Details unseres Projekts die Aufenthalte in den Musikstudios. Das Manko schlechthin, bei dem wir manchmal schon verzweifelt dachten, dass unser ganzes Projekt daran scheitern würde, waren die extrem schlechten Computer und elektronischen Geräte die uns in der Schule zur Verfügung gestellt wurden. Das Projekt hat unserer Klasse auf jeden Fall gut getan. Unsere Klassengemeinschaft wurde gestärkt indem wir gemeinsam etwas erreichten und bis zum Schluss durch gehalten haben. Prinzipiell ist es gut den Unterricht abwechslungsreich zu gestalten, da man spielerisch sich die Dinge um vieles leichter merkt.“

12 Danksagung

Besonders bedanke ich mich bei Herrn Eckel für die Möglichkeit der Mitarbeit an diesem sehr interessanten Projekt und für seine Unterstützung während Arbeit mit den SchülerInnen. Weiters bedanke ich mich für die erfolgreiche Zusammenarbeit mit allen am Projekt beteiligten Personen, Anita Thaler, Birgit Hofstätter, Christine Wächter (IFZ Graz), Isabel Zorn, Hermann Grießer, Ulrike Weitlaner und den 28 SchülerInnen des Musikgymnasiums der Dreihackengasse Graz.

Literatur

- [Em06] E-MU, Systems: *SoundFont Technical Specification*, 2006
- [Eur07] EUROPEAN, Comission: Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe. 2007. – Forschungsbericht
- [HJK⁺04] HUOVILAINEN, Antti ; JANIS, Pekka ; KANERVA, Aki ; KARJALAINEN, Matti ; MÄKI-PATOLA, Teemu: Virtual Air Guitar. In: *AES Convention 117* (2004), October
- [Hub06] HUBER, Peter: Mittelfristige Beschäftigungsprognose für Österreich bis 2010. / AMS info 82. Arbeitsmarktservice Österreich, Wien. 2006. – Forschungsbericht
- [KB98] KAHRS, Mark ; BRANDENBURG, Karlheinz: *Applications of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics*. POX 322, 330 AH Dordrecht, The Neatherlands : Kluwer Academic Publishers Group, 1998
- [KMpKH06] KARJALAINEN, Matti ; MÄKI-PATOLA, Teemu ; KANERVA, Aki ; HUOVILAINEN, Antti: Virtual Air Guitar. In: *JAES* 54 (2006), October, S. 964–980
- [Lee08a] LEE, Johnny C.: Hacking the Nintendo Wii Remote. In: *IEEE, Pervasive Computing* (2008), July-September
- [Lee08b] LEE, Johnny C.: *Tracking Your Fingers with the Wiimote*. Version: 2008. <http://johnnylee.net/projects/wii/>, Abruf: 03.01.2010
- [SZ05] SCHELHOWE, Heidi ; ZORN, Isabel: ZIM @ School, Offene und interdisziplinäre Lernkultur mit Digitalen Medien in Schule und Universität / AG DiMeB (Digitale Medien in der Bildung), Universität Bremen, Fachbereich Mathematik/Infomatik. 2005. – Forschungsbericht
- [Tra10] TRACHTMAN, Warren: *Free Piano Soundfont Page - From Steinway-C Grand Piano*, Januar 2010. – <http://www.pianosounds.com/freesoundfont.htm>
- [TZ09a] THALER, Anita ; ZORN, Isabel: Attracting teenagers to engineering by participatory music technology design. In: *Proceedings of 37th Annual Conference of SEFI, Rotterdam* (1st-4th July 2009), S. 7
- [TZ09b] THALER, Anita ; ZORN, Isabel: Music as a vehicle to encourage girls' and boys' interest in technology. In: *Proceedings of the 5th European Symposium on Gender and ICT. Digital Cultures: Participation - Empowerment - Diversity, University of Bremen* (5th-7th March 2009), S. 6

- [Woz10] WOZNIEWSKI, Mike: *www.mikewoz.com*, Januar 2010. – <http://mikewoz.com/blog/>
- [Zöl02] ZÖLZER, Udo: *DAFX - Digital Audio Effects*. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, PO 19 1UD, England : John Wiley and Sons, Ltd, 2002
- [Zor07] ZORN, Isabel: Technologiekonstruktion als Mittel zur Technikbildung für Mädchen und Buben. In: *Schulheft Ausgabe: Technik weiblich!* 31(4): 47-62 (2007)