Institut für Elektronische Musik und Akustik

Universität für Musik und darstellende Kunst Graz

Masterarbeit

EFFEX Sequencer -
Implementierung und Erweiterungen von zugrundeliegenden Prinzipien

Name des Verfassers: Paul Wolff, BA

Martrikelnummer: 01012924

Studienrichtung: Masterstudium Sound Design

Studienkennzahl: 778

Erstellungsdatum der Arbeit: 19.01.2020

Name des Betreuers: Univ.-Prof. Dr.phil Gerhard Eckel

Wolff, Paul 01012924

Familienname, Vorname Matrikelnummer

Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass mir der *Leitfaden für schriftliche Arbeiten an der KUG* bekannt ist und ich die darin enthaltenen Bestimmungen eingehalten habe. Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, den 19.1.2020

.....

Unterschrift der Verfasserin/des Verfassers

I. Danksagung

In erster Linie möchte ich mich sehr herzlich bei dem Betreuer dieser Arbeit, Gerhard Eckel bedanken, der mir neben anderen Projekten auch bei diesem, über mehrere Semester hinweg (studienübergreifend) zur Seite stand und mich unterstützte! Ohne seine Hilfe wäre eine Umsetzung des EFFEX Sequencers in dieser Form nicht möglich gewesen.

Ein Dank sei auch an die MitarbeiterInnen des Instituts für Elektronische Musik und Akustik gerichtet, die mir in den vergangenen Jahren bei den unterschiedlichsten Vorhaben sowohl künstlerisch als auch technisch geholfen haben. Ein Dankeschön möchte ich an Seppo Gründler, als Studiengangsleiter von Sound Design und allen Beteiligten der Fachhochschule Joanneum richten. Ebenso gilt ein Dank meinen Mitstudierenden, die mich in der gemeinsamen Zeit auf unterschiedlichste Art und Weise inspiriert und motiviert haben.

Abschließend möchte ich meinen guten FreundInnen, meiner Freundin, meiner Familie und im Besonderen meiner Mutter für die große Unterstützung in meinem Tun danken!

II. Abstract Deutsch

Der Wunsch neue Klänge zu entwickeln bzw. bestehende zu erweitern, war ein zentraler kompositorischer Ansatz des 20. Jahrhunderts. Realisiert wurde dies durch erweiterte Spieltechniken, präparierte Instrumente, oder den Einsatz von nichttraditionellen Geräten. Das führte zu ästhetischen Veränderungen, bei denen Geräusche erstmals als vollwertige musikalische Klänge betrachtet wurden.

Derartige Entwicklungen stehen stets in einem direkten Zusammenhang mit technischen Errungenschaften, die neue Denkweisen, Klänge, Genres und Instrumente hervorbringen.

So etwa Sequenzer-Systeme, die einen wesentlichen Bestandteil in diversen Bereichen der Elektronischen Musik einnehmen. Sie verfügen über interne Prinzipien, wie das der Repetition, welches zugleich ein zentrales musikalisches Mittel ganzer Musikkulturen und Genres darstellt.

Im Zuge dieser Arbeit wurden, durch die Entwicklung des EFFEX Sequencers, die üblichen Funktionsweisen und Beschränkungen von Sequencern aufgegriffen und gezielt erweitert. Dies geschah durch diverse Implementierungen, wie Zufallsoperationen oder Flexibilität in Bezug auf rhythmische Gestaltungsmöglichkeiten, wodurch neben interessanten Klängen auch ungewohnte musikalische Strukturen entstehen können.

III. Abstract English

A central approach of the 20th century composition was the creation of new sounds and to expand existing ones. This was achieved by extended playing techniques, prepared instruments and the use of non-traditional equipment. According to this the aesthetic changed. For the first time in history noise was considered as an adequate musical material. Such developments are directly related to technical achievements. They bring along new sounds, ways of thinking, and new genres, as well as new instruments.

One example are sequencers, who play an important role in different fields of electronic music. They use internal principles such as repetition, which also represents an essential element of various musical cultures and genres.

Within the development of the EFFEX sequencer, attempts were made to pick up underlying functions and limitations of sequencer systems, and alter them by various implementations, such as random operations or expanding the flexibility of rhythmical possibilities. As a result, not only interesting sounds should occur, but also unfamiliar musical structures.

IV. Überblick

Im Fokus dieser schriftlichen Arbeit steht der EFFEX Sequencer – ein Echtzeitsystem zur Generierung, Steuerung und Effektierung rhythmischer Patterns.

Zu Beginn der Arbeit wird zunächst der Terminus Sequencer definiert und ein kurzer Abriss über ausgewählte historische Entwicklungen von Sequencer-Systemen gegeben. Im Folgenden sollen für den EFFEX Sequencer relevante musikalische Ansätze, wie die Arbeit mit Zufall und das Prinzip der Wiederholung, behandelt werden. Darüber hinaus wird auf ästhetische Klangvorstellungen und damit verbundene Praktiken eingegangen, die dieses Projekt maßgeblich beeinflusst haben.

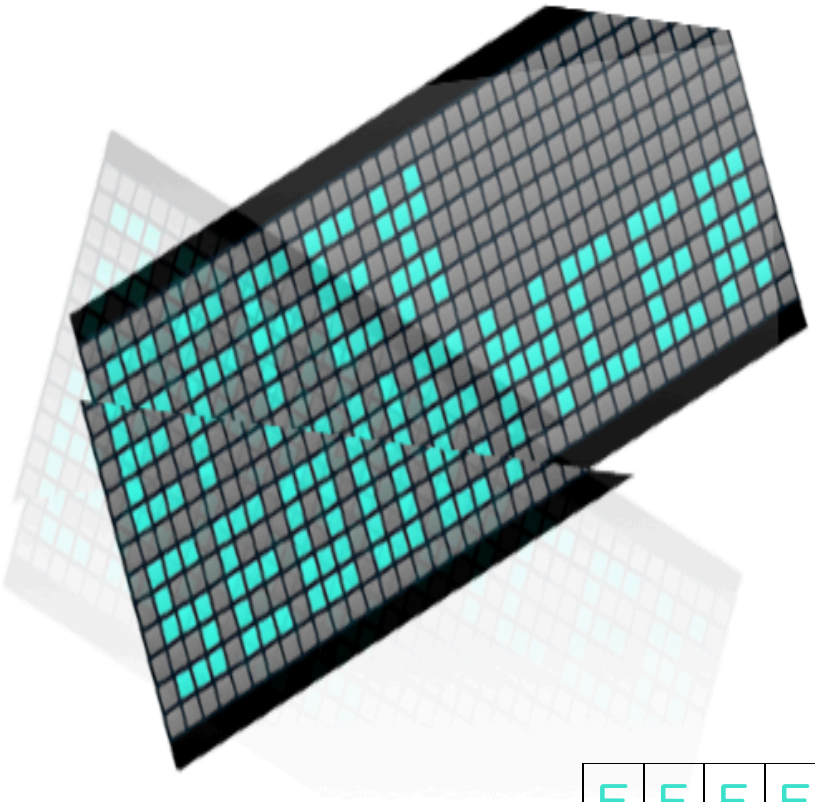
Der anschließende Teil widmet sich der Entwicklung des EFFEX Sequencers. Es werden die persönliche Motivation für dieses Projekt, dessen Aufbau, Funktionsweise, technische Implementierung, klangliche Gestaltungsmöglichkeiten sowie die grafische Benutzeroberfläche des Sequencers behandelt. Abschließend werden etwaige Verbesserungen oder Erweiterungen des Systems und potentielle Anwendungsgebiete diskutiert.

Inhaltsverzeichnis

I. Danksagung
II. Abstract (Deutsch)
III. Abstract (English)
IV. Überblick

1. Sequencer Definition 1
2. Entwicklung von Sequencer-Systemen 1-3
3. Repetition und Minimalismus als musikalische Gestaltungsmittel 4
    3.1 Wiederholung in Musiktraditionen 4-6
    3.2 Wiederholung in der Musik des 20. Jahrhunderts 6-10
4. Random – die Arbeit mit Zufall und Wahrscheinlichkeiten 11
    4.1 Frühe Anwendungen von Zufall 11-12
    4.2 Zufall im 20. Und 21. Jahrhundert 12-16
    4.3 Zufall, Mensch und Maschine 16-18
5. Geräusche, Glitch-Music und die Schönheit der „Fehler“ 19
    5.1 Allgemeines 19
    5.2 Historische Entwicklungen 19-24
    5.3 Das Glitch Genre 25-26
    5.4 Artists der Glitch-Bewegung 26-28

6. Entstehung des EFFEX Sequencers 29-30
7. EFFEX Sequencer 1.0 (Prototype) 31
    7.1. Allgemeines 31
    7.2. Klangsynthese 32-33
    7.3 Zeitliche Strukturierung 34
    7.4 Grafischer Aufbau 35-37
    7.5 Beschreibung der Effekte 38
8. EFFEX Sequencer 2.0 40
    8.1. Änderungen 40-41
    8.2 EFFEX Klassen für SuperCollider 42-48
9. Einsatzmöglichkeiten 49
10. Etwaige Verbesserungen 49
11. Resümee 50
12. Literaturverzeichnis 51-54
13. Onlinequellen 55



EFFEX

Sequencer

1. Sequencer Definition

„Ein Sequencer ist ein elektronisches Gerät das automatisierte, sich wiederholende klangliche Sequenzen erzeugt.“ [1] Sequencer können als Hardware oder in Form von Softwaretools auftreten. Durch ihre zeitliche Strukturierung ist es möglich festzulegen, wann und wie die jeweiligen Tracks bzw. Instrumente gespielt werden. Darüber hinaus können auch formale Eigenschaften wie Tempo oder Taktart eingestellt werden. Die Zeitpunkte von musikalischen Events werden als Befehle gespeichert und dementsprechend ausgeführt. [2]

2. Entwicklung von Sequencer-Systemen

Sequencer stellen ein wichtiges Interface für Komposition und Musikproduktion im Bereich der Elektronischen Musik dar. Ihre Besonderheit ist die schnelle Erzeugung von zeitlich strukturierten, patternbasierten Sequenzen. Bereits im 18. Jahrhundert entstand sequenzierte Musik mit Hilfe von mechanischen Sequenzen. Als das erste überlieferte Beispiel hierfür wird die *Music Box* angeführt. Stahlzähne in Form eines Kammes werden durch einen sich drehenden Stiftzylinder angespielt. Nach einer vollen Umdrehung wiederholte sich das musikalische Muster. Eine weitere frühe Umsetzung eines mechanischen Sequencers ist das *Player Piano* von Napoléon Fourneaux aus dem Jahr 1863, das in den darauffolgenden Jahren von den unterschiedlichsten Personen nachgebaut wurde. Die melodische Sequenz wurde durch Lochkarten, welche die Hämmer des Klavieres betätigten, erzeugt. [3]
Im Jahr 1957 entwickelten Herbert Belar und Harry Olsen den *RCA Mark II Sound Synthesizer* im Electronic Music Center der Columbia-Princeton University. Dieser gilt als der erste analoge Sequencer. [4]

---

[1] Hugh Davies: „Sequencer“, in: The New Grove Dictionary of Music and Musicians, Bd. 23, 2. Auflage, hg. von Stanley Sadie, London 2001, S. 108.

[2] Vgl. Mark J. Butler (2006). *Unlocking the Groove: Rhythm, Meter, and Musical Design in Electronic Dance Music*. Bloomington: Indiana University Press. S. 42-43.

[3] Vgl. Arar Raphael und Ajay Kapur: „A History of Sequencers. Interfaces for organizing pattern-based music“, in: *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference Stockholm* (2013), S. 383.

[4] Vgl. Arar Raphael und Ajay Kapur: „A History of Sequencers“, S. 384.

Die ersten elektronischen Sequencer am Musikmarkt waren Bestandteile in den, von Donald Buchla Mitte der 1960er Jahre entwickelten, analogen Synthesizern. Kurz darauf entstanden auch eigenständige Geräte, die das für Sequencer typische wiederholende Prinzip aufgriffen. Diese frühen Versionen basierten auf spannungsgesteuerten Prozessen bei denen Parameter wie Frequenz, Dauer, Modulation oder Filtereigenschaften mit einem Knob für jeden einzelnen Step festgelegt werden konnten. Auch das globale Tempo des Sequencers konnte mittels eines Knobs verändert werden. Durch die ausgehende Steuerspannung konnten auch weitere Geräte wie Synthesizer angesteuert werden. Die Länge der Sequenz war üblicher Weise auf acht Steps fixiert, konnte jedoch auch verändert werden. [5] Eine der bekanntesten Drum Machines, die *TR-909* der Firma Roland, verfügte beispielsweise über 16 Steps. "The sixteen buttons running along the bottom of the instrument control 'steps' in a sequential pattern." [6]
Die gleichbleibenden, repetitiven Strukturen einer Sequenz werden als Loop bezeichnet. Der Begriff Loop stammt aus dem Englischen und bezeichnete ursprünglich eine analoge Tonbandschleife. Die Funktionalität der Sequencer, wie etwa die Anzahl der Steps, wurden im Laufe der Zeit fortlaufend erweitert. Auch die Entwicklung der Digitalisierung hatte konkrete Auswirkungen auf die Entstehung von Sequencern.

1975 wurde der erste softwarebasierte Sequencer in Verbindung mit dem ABLE Computer von New England Digital entwickelt. [7]
Durch das Aufkommen des MIDI-Standards und diversen Programmen zur Musikproduktion ergaben sich neue Möglichkeiten. Ab Mitte der 1980er Jahre entstanden vermehrt digitale Sequencer. Die Verfügbarkeit von Sequencern, mit ihren monotonen rhythmischen Formen, beeinflussten maßgeblich die unterschiedlichsten Genres der Popularmusik [8] und gelten als eines der essenziellen Arbeitsmittel der elektronischen Popularmusik. [9] Nicht nur die Verfügbarkeit von Sequencern und die Etablierung von MIDI waren für die Entwicklung der Musikproduktion ausschlaggebend. Auch Computer für den Heimgebrauch und Software zur Musikerzeugung wurden in den letzten

[5] Vgl. Hugh Davies: „Sequencer", S. 108.

[6] Mark J. Butler: „Unlocking the Groove", S.46.

[7] Vgl. Arar Raphael und Ajay Kapur: „A History of Sequencers", S. 385.

[8] Vgl. Hugh Davies: „Sequencer", S. 108.

[9] [1] Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Music_sequencer

Jahrzehnten weiterentwickelt und für die breite Masse erschwinglich. [10] Zudem war es durch die raschen technischen Entwicklungen möglich immer bessere und genauere elektronische Instrumente zu entwickeln. [11]

Im Jahr 1987 kam die erste Tracker-Software, der Ultimate Soundtracker auf den Markt. Dieser wurde von Karten Obarski für den Commodore Amiga entwickelt. [12] „The software supported only four channels of 8-bit samples and stepped through samples numerically using a vertical orientation. This structure became popular and led to the development of a slew of trackers including the *OctaMED*, *ScreamTracker* and others.“ [13] Neben dem *OctaMED* und *ScreamTracker* zählen der *Fasttracker*, *Renoise* oder der *NoiseTracker* zu den bekanntesten Trackern, die alle auf samplebasierten Sequencern aufbauen. [14]

“In the context of electronic dance music, a ‘sample’ is a recording of any sound captured through this technique, and ‘sampling’ refers more generally to the process of obtaining sounds in this manner. Samples become part of EDM in several different ways. First of all, many of the sounds stored on electronic keyboards and drum machines are not synthesized at all; rather, they are samples of acoustic instruments loaded into the instruments by their manufactures. EDM producers also use externally derived samples as electronic instruments.“ [15] Beim Sampling wird ein analoger Klang in einen digitalen konvertiert. Die Information wird in eine Reihe von binären Zahlen umgewandelt, die als Daten gespeichert und in weiterer Folge manipuliert werden können. [16]
Nahezu alle heute gängigen Digital Audio Work Stations (DAWs) verfügen über interne Sequencer, die das zeitlich-rhythmische Setzen und Arrangieren von Instrumenten ermöglichen. Zu den bekanntesten unter ihnen zählen: Ableton Live, Logic Pro, Reaper, Pro Tools, Steinberg Cubase, Digital Performer oder Propellerheads Reason.

---

[10] Vgl. Mark J. Butler: „Unlocking the Groove“, S.50.

[11] Vgl. Todd Winkler: „Making Motion Musical. Gesture Mapping Strategies for Interactive Computer Music“, Publishes in Proceedings of the International Computer Music Conference, 1995, S. 2.

[12] Vgl. Arar Raphael und Ajay Kapur: „A History of Sequencers“, S. 385.

[13] Arar Raphael und Ajay Kapur: „A History of Sequencers“, S. 385.

[14] [2] Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Tracker_(Musik)

[15] Mark J. Butler: „Unlocking the Groove“, S.41-42.

[16] Vgl. Mark J. Butler: „Unlocking the Groove“, S.41.

3. Repetition und Minimalismus als musikalische Gestaltungsmittel

Wiederholende Strukturen finden sich nicht nur in einem musikalischen Kontext, sondern sind auch im täglichen Leben, in der Natur, in anderen Kunstformen wie Malerei, Tanz oder Literatur und in vielen weiteren Disziplinen fest verankert. [17] So verwendete etwa Andy Warhol in den frühen 1960er Jahren das Prinzip der Wiederholung als Gestaltungsmittel für seine Bilder. [18]

Für Sequencer ist das Prinzip der Wiederholung, das auf deren spezifischen Aufbau und Funktionalität zurückzuführen ist, unentbehrlich. Der gleichbleibende Rhythmus eines Sequencers wird immerfort wiederholt, bis die Stopptaste gedrückt wird. [19]

3.1 Wiederholung in Musiktraditionen

Die gezielte Wiederholung in der Musik ist keineswegs eine Erfindung der EDM. Repetition ist ein musikalisches Gestaltungsmittel, essenzieller Bestandteil und Grundlage von ganzen Musikkulturen und Genres. Darüber hinaus kann Wiederholung unter bestimmten Bedingungen zu speziellen psychoakustischen Wahrnehmungen führen. Als ein Beispiel für Letzteres werde ich auf das, im Jahr 1959 von Gerhard Kubik entdeckte Phänomen der Inherent Patterns der Amadinda-Xylophonmusik von Buganda, eingehen. Bei Inherent Patterns stimmen die tatsächlichen auf den Xylophonen gespielten Phrasen nicht mit der Wahrnehmung der zuhörenden Personen überein. Es entstehen akustische Illusionsgestalten. Kubik beobachtete und beschrieb ähnliche Phänomene auch in anderen ost- und zentralafrikanischen Musiktraditionen. [20]

"For the listener of amadinda music, a breakdown of the perceptual apparatus takes place at the beginning of each perceptual event. This is caused by the two interlocking pulse trains that are formed by the two basic playing parts. The auditory system is prevented from perceiving the resulting pulse train as a coherent melodic shape." [21]

---

[17] Vgl. Shlomith Rimmon-Kenan: „The Paradoxical Status of Repetition", in: *Poetics Today* Vol. 1, Nr. 4 (Sommer 1980), S. 151.

[18] Branden W. Joseph.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep' ", in: *Grey Room* Nr. 19 (Spring 2005), S. 25.

[19] Vgl. Mark J. Butler: „Unlocking the Groove", S. 48.

[20] Vgl. Ulrich Wegner: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda: Inherent Patterns". In: *Ethnomusicology* Vol. 37, Nr. 2 (Frühling-Sommer 1993), S. 202.

[21] Ulrich Wegner: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda", S. 202.

Voraussetzungen für das Auftreten von Inherent Patterns sind:
"(a) a prevailing disjunct melodic progression within the resultant pitch sequence (the two basic parts interlocked);
(b) a fast tempo;
(c) a cyclic repetition of all musical parts;
(d) a prevailing asymmetric, irregular melodic, and an 'additive' rhythmic structure;
(e) a melo-rhythmic organization within a frequency region having Gestalt-like characteristics; and
(f) a metrically unaccented playing." [22]

Die Eigenschaft Inherent Patterns zu hören ist der Funktionsweise der menschlichen Wahrnehmung geschuldet und nicht kulturell bedingt. Es kommt häufig vor, dass sich Amadinda-Stücke in zwei getrennte Inherent Patterns aufteilen – in eine höhere und eine tiefere Melodie. [23] Bei der Entstehung von Inherent Patterns spielen Konzepte der Gestaltwahrnehmung, wie das Gesetz der Ähnlichkeit oder der Nähe, eine wichtige Rolle. Der menschliche Wahrnehmungsapparat führt hierbei unterschiedliche akustische oder visuelle Teile zu einem Ganzen zusammen.
Kubik selbst hält zyklische Wiederholungen für eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Entstehung von Inherent Patterns. [24]

Auch in anderen Musiktraditionen spielt Repetition eine essenzielle Rolle. So basiert etwa die auf Java und Bali beheimatete Gamelanmusik auf sich wiederholenden Tonfolgen, deren Zyklus sich in der Regel aus 16 oder 32 Schlägen zusammensetzt. Durch Änderungen des Tempos und der Dynamik werden innerhalb der Wiederholungen Variationen erzeugt. [25]

---

[22] Ulrich Wegner: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda", S. 204.

[23] Vgl. Ulrich Wegner: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda", S. 204.

[24] Vgl. Ulrich Wegner: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda", S. 206.

[25] Vgl. Ruby Ornstein: „The Five-Tone Gamelan Angklung of North Bali", in: *Ethnomusicology* Vol. 15, Nr. 1 (Jan. 1971), S. 77.

Die aufführenden Personen sind in der Lage gewisse Regeln des Stückes zu ändern und dadurch einen anderen klanglichen Eindruck zu kreieren. [26] Durch den regelmäßigen Ablauf und aufgrund ihrer Struktur sind Gamelan-Stücke auf gewisse Art und Weise vorhersehbar. [27] "Javanese in general have a high tolerance not only for repetition of melodic phrases in the performance of a gamelan piece, but also for the repetition of jokes at a social gathering." [28]

3.2 Wiederholung in der Musik des 20. Jahrhunderts

Die Idee von Wiederholung und einfachen harmonischen Folgen wurde in den vergangenen Jahrhunderten bereits mehrfach auch für Kompositionen im westlichen Kulturkreis herangezogen. Anfangs entstand der Minimalismus aus einer ästhetischen Haltung, die sich in weiterer Folge zu einer eigenen Kunstform etablierte. [29] In den bildenden Künsten war das Ziel der minimalistischen Kunstbewegung die Anforderungen zu senken, die notwendig waren, damit etwas als Kunstwerk anerkannt wurde. [30]

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde Repetition als zentrales Mittel, Technik und Merkmal für viele aus den USA stammenden Kompositionen der Minimalmusic aufgegriffen. Zu einem der bekanntesten Stücke dieses Genres zählt das Stück *In C* von Terry Riley. [31] Johnson beschreibt die Musikrichtung Minimalmusic wie folgt: "The short, repetitive rhythmic patterns are ubiquitous, and their organization, combination, and individual shape provide the primary points of interest in the style." [32]
Middleton unterscheidet zwischen zwei Hauptformen der Wiederholung – *musematic* und *discursive*. *Musematic repetition* beschreibt die Wiederholung von kurzen musikalischen Einheiten, *discursive repetitions* hingegen bezeichnen längere Phrasen, die wiederholt

---

[26] Vgl. R. Anderson Sutton: „Humor, Mischief, and Aesthetics in Javanese Gamelan Music", in: *The Journal of Musicology* Vol. 15, Nr. 3 (Sommer 1997), S. 410.

[27] Vgl. R. Anderson Sutton: „Humor, Mischief, and Aesthetics in Javanese Gamelan Music", S. 403.

[28] R. Anderson Sutton: „Humor, Mischief, and Aesthetics in Javanese Gamelan Music", S. 414.

[29] Vgl. Timothy A. Johnson: „Minimalism. Aesthetic, Style, or Technique?", in: The Musical Quarterly Vol. 78, Nr. 4 (Winter 1994), S. 770.

[30] Vgl. Nemesio Garcia-Carril Puy: „Musical Minimalism and the Metaphysics of Time", in: *Revista Portuguesa de Filosofia* Vol. 74, Nr. 4 (2018), S. 1268.

[31] Vgl. Timothy A. Johnson: „Minimalism. Aesthetic, Style, or Technique?", S. 745.

[32] Timothy A. Johnson: „Minimalism. Aesthetic, Style, or Technique?", S. 748.

werden. Diese beiden Formen unterscheiden sich vor allem durch ihre Größe und die damit verbundene Information, die sie beinhalten. Die Möglichkeiten wie mit Repetition gearbeitet wird sind quasi unendlich. [33]

Ähnlich wie die durch rhythmisches interlocking der Xylophone entstehenden Inherent Patterns der Amadindamusik, spielen in Kompositionen von Györgi Ligeti die Ausreizung und Überforderung der auditiven Wahrnehmung und die daraus resultierenden Effekte eine wichtige Rolle: "Was mich [Ligeti] im Bereich der rhythmisch-metrischen Mehrstimmigkeit am meisten beschäftigt, ist die Erzeugung musikalischer Gestalten und Formvorgänge *zweiter Ordnung*, also von Gestalten und Prozessen, die nicht unmittelbar von den Spielern hervorgebracht werden, sondern erst durch die Zusammenwirkung von Vorgängen verschiedener Konfiguration und Geschwindigkeit auf einer illusionären Ebene entstehen." [34]
"Der Einfluss afrikanischer Musik zeigt sich besonders in der 12. Etüde *Entrelacs* (Geflecht), deren rhythmische Vertacktheit auf permanenten Akzentverschiebungen bei hohem Tempo zurückzuführen ist. Ligeti knüpft an Praktiken zerntralafrikanischer Trommelmusik und deren *inherent patterns* an und konstruiert ein vieldeutiges rhythmisches Fechtmuster, wo bestimmte Dauern mit spezifischen Pulsfrequenzen verbunden sind." [35] Diese illusionäre Ebene erreicht Ligeti auch bei seiner *Poème Symphonique* aus dem Jahr 1962, durch eine Schichtung und Überlagerung von 100 Metronomen. Die Metronome werden gleichzeitig, jedoch mit unterschiedlichen Tempi gestartet und formieren sich zu einem geräuschhaften Klanggebilde, aus dem sich über die Zeit langsam rhythmische Gestalten herauskristallisieren. Das Stück kann als eine Kritik des wohletablierten Konzertformats verstanden werden und richtet sich gegen die ästhetischen Dogmen und Praktiken der Avantgarde. [36]
Bei dem Stück *Automne á Versovie* entsteht die akustische Illusion durch unterschiedliche Akzentuierungen. In der rechten Hand wird jeder fünfte Puls, in der linken jeder dritte

---

[33] Vgl. Richard Middleton: „'Play It Again Sam'. Some Notes on the Productivity of Repetition in Popular Music", in: *Popular Music* Vol. 3 (1983), S. 238.

[34] Dirk Wieschollek: „Illusionsmuster, Präzisionsmechanismen, kaputte Maschinen. Das Prinzip Hochgeschwindigkeit in der Musik von György Ligeti", in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 176, Nr. 3, S. 29.

[35] Dirk Wieschollek: „Illusionsmuster, Präzisionsmechanismen, kaputte Maschinen", S. 30.

[36] Vgl. Dirk Wieschollek: „Illusionsmuster, Präzisionsmechanismen, kaputte Maschinen", S. 27.

Puls lautstärkenmäßig hervorgehoben. Dadurch entsteht der Eindruck von zwei Melodien, die mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeiten parallel erklingen. [37]

Arnold Schönberg sieht alles als eine Wiederholung an. Selbst eine Variation sei eine Wiederholung, bei der sich einiges verändert hat und anderes gleichgeblieben ist. [38]
John Cage hingegen, der sich in seinen Kompositionen unter anderem auch mit Wiederholung und Variation beschäftigte, hinterfragt ob Repetition als solche, wie wir sie kennen und wahrnehmen überhaupt existieren kann: "In other words, repetition really has to do with how we think... If we think things are being repeated, it is generally because we don´t pay attention to all of the details. But if we pay attention as though we were looking through a microscope to all the details, we see that there is no such thing as repetition." [39]

"[...] the score for *Variations 2* pointed Cage toward overcoming the dualism of repetition and variation, redefining repetition as merely the production of *unintentional* differences." [40]

Durch das Prinzip der Wiederholung lassen sich bestimmte musikalische Eigenschaften oder Themen recht schnell etablieren. Minimale Variationen von Lautstärke, Klangfarbe, Tonhöhe, Tempo oder Tondauer gewinnen durch Wiederholungen an Bedeutung. Das gilt etwa für Erik Satie´s Werk *Vexations*, bei dem ein 20 sekündiges Stück für einen Zeitraum von über 18 Stunden wiederholt wird. [41] Ein weiteres Beispiel hierfür sind La Monte Youngs minimalistische und über die Zeit sich nur leicht verändernde Stücke, welche die zuhörenden Personen dazu bewegen sollen sich auf die dezenten Tonhöhenänderungen zu konzentrieren, die nahezu als einzige musikalische Stimuli fungieren. [42] Die soeben genannten Stücke von Erik Satie und La Monte Young funktionieren über Zeit und verweisen zugleich auf den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Zeit und Wiederholung in der Musik.

---

[37] Vgl. Dirk Wieschollek: „Illusionsmuster, Präzisionsmechanismen, kaputte Maschinen", S. 30.

[38] Vgl. Branden W. Joseph.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep' ", S. 25.

[39] Branden W. Joseph.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep' ", S. 25.

[40] Branden W. Joseph.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep' ", S. 23.

[41] Vgl. Branden W. Joseph.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep' ", S. 26.

[42] Timothy A. Johnson: „Minimalism. Aesthetic, Style, or Technique?", S. 745.

Auch Garcia-Carril Puy beschreibt das enge Verhältnis von Zeit und Minimalmusic:
"[…] there is a complex relation between musical Minimalism and the metaphysics of time. From a cognitive perspective, minimalist musical works are valuable as they allow us to obtain phenomenal knowledge of what it is like to experience time, in the sense conceived by the static view, by experiencing their performances." [43]
Der gegenwärtige Moment, in dem wir zuhören ist ein begreifbarer und gleichzeitig flüchtiger Teil der Realität. Die Gegenwart ist ein unverkennbarer Zeitpunkt, der sich klar von der Zukunft und der Vergangenheit unterscheidet, der jedoch unmittelbar zur Vergangenheit wird, obwohl er sich zeitgleich auf der Zeitachse kontinuierlich nach vorne bewegt. [44]
„From a cognitive point of view, minimalist musical works are valuable because they allow the audience to know what the experience of time is like according to the static view." [45] Das Hören von minimalistischen Stücken, die mit statischen Klängen oder sich wiederholenden Patterns arbeiten, kann durchaus ungewohnt sein oder gar als unangenehm empfunden werden. "Clearly, the effects of repetition have to do with pleasure (or, it may be, with unpleasure: at any rate, with the whole problematic of desire and enjoyment)." [46] Philip Glass beschreibt einen möglichen Zugang zur Minimalmusic mit Hilfe eines neuen Konzeptes des Zuhörens, das eine positive und wertvolle Erfahrung mit sich bringen soll. Bei dieser Art des Hörens soll das Vorwissen, das musikalische Gedächtnis und die Erwartungshaltung der zuhörenden Person nicht über die Qualität des Werkes bestimmen. [47]
Ein Zeitgefährte von Philip Glass und ebenfalls dem Genre der Minimalmusic zuordenbar, war Steve Reich. Zu seinen bekanntesten Werken zählen die Phase-Stücke.

"The 'phase pieces' of Reich entail two instances of a phrase unit played in counterpoint with one another, in the manner of a round. Two versions of a phrase start simultaneously and gradually go 'out of phase,' one instance occurring somewhat faster than the other. Over the course of an entire piece, the temporal duration between the beginnings again

[43] Nemesio Garcia-Carril Puy: „Musical Minimalism and the Metaphysics of Time", S. 1270.
[44] Vgl. Nemesio Garcia-Carril Puy: „Musical Minimalism and the Metaphysics of Time", S. 1273.
[45] Nemesio Garcia-Carril Puy: „Musical Minimalism and the Metaphysics of Time", S. 1299.
[46] Richard Middleton: „'Play It Again Sam' ", S. 262.
[47] Nemesio Garcia-Carril Puy: „Musical Minimalism and the Metaphysics of Time", S. 1272-1273.

coincide. Reich initially realized these ‘phase pieces’ by creating two identical copies of a taped phrase, looping the tape, and playing the two copies against one another on different playback machines. The slightly differing speeds of the tape machines create a kind of microcanon on which the interval of imitation is constantly increasing.“ [48]

[48] Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, in: *American Music* Vol. 19, Nr. 2 (Sommer 2001), S. 222.

4. Random – die Arbeit mit Zufall und Wahrscheinlichkeiten

Die Verwendung von Zufallsoperationen als kompositorisches Mittel, um dadurch musikalische Entscheidungen zu treffen galt lange als umstritten, ist jedoch spätestens seit dem 20. Jahrhundert ein bedeutender Bestandteil vieler Aufführungen und Kompositionen.
Dabei ist die Arbeit mit Zufall keineswegs ungeplant oder willkürlich. Vielmehr liegt ihr eine reflektierte Meinung zugrunde, die bewusst Entscheidungen offenlässt oder durch Verfahren wie Münzwurf, Würfeln oder mathematische Berechnungen zu Ergebnissen kommt. [49]

4.1 Frühe Anwendungen von Zufall

Bei dem von Raimundus Lullus bereits im 13. Jahrhundert entwickelten Regelwerk der *Ars Magna* lassen sich algorithmische Denk- und Funktionsweisen, ähnlich eines heutigen Computers, ableiten. Es ergeben sich viele Kombinationsmöglichkeiten, die durch Einbezug von externen Zufälligkeiten und Regeln noch zusätzlich erweitert werden können. [50]

Schon im 18. Jahrhundert finden sich erste Beispiele für Arbeiten mit Zufall und Kombinationsmöglichkeiten, sowie mit algorithmischen Ansätzen, um dadurch Musik zu gestalten. Zu dieser Zeit wurde ein kompositorisches Spiel berühmt, das eine neue musikalische Unterhaltung darstellte – das *Musikalische Würfelspiel*. Mit Rollen eines Würfels konnten unterschiedliche, vorkomponierte Phrasen ausgewählt und zeitlich aneinandergereiht werden. Bei der Erzeugung dieser Phrasen wurde darauf geachtet, dass sie sowohl zeitlich, rhythmisch als auch harmonisch in allen Kombinationen funktionieren konnten. Dadurch wurde es auch Laien möglich zu komponieren. Von dem ersten dokumentierten Würfelspiel aus dem Jahr 1757 von Johann Philipp Kirnberger,

---

[49] Vgl. Frank W. Hoogerwerf: „Cage Contra Stravinsky, or Delineating the Aleatory Aesthetic“, in: *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* Vol. 7, Nr. 2 (Dez. 1976), S. 235.

[50] Vgl. Gerhard Nierhaus (2009). *Algorithmic Composition: Paradigms of Automated Music Generation*. Wien: Springer, S. 24.

mit dem Titel *Der allezeit fertige Menuetten- und Polonaisencomponist*, bis zum Jahr 1812 wurden mindestens 20 weitere Werke dieser Art entworfen. [51]
Auch Wolfgang Amadeus Mozart wird ein solches Stück zugeschrieben, mit dem aufgrund des einfachen Systems in kürzester Zeit eine Vielzahl an Walzern, Rondos oder Reels erzeugt werden konnten. [52]

Einen wichtigen Terminus im Bereich der Arbeit mit Zufall stellt *Trial and Error* dar, der seinen Ursprung in Teilgebieten der Mathematik hat. Im 19. Jahrhundert haben sich auch andere Disziplinen wie Biologie oder Psychologie damit beschäftigt. Heutzutage beschreibt der Begriff einen willkürlichen Umgang mit einem Medium, bei dem eine Aktion erfolgt, das Ergebnis bzw. der Output jedoch im Vorfeld nicht bekannt ist. Diese Herangehensweise kann zu ungeplanten Resultaten führen, die als Ausgangspunkt für weitere Versuche oder als Material für eine künstlerische Auseinandersetzung herangezogen werden können. Laut Cowles hängen Versuch und Fehler eng zusammen – ein Versuch führt oft zu Fehlern, und einem Fehler folgen weitere Versuche. [53]

4.2 Zufall im 20. und 21. Jahrhundert

Die Musik des 20. Jahrhunderts war geprägt von der Arbeit und Auseinandersetzung mit Ordnung, Unordnung, Wahrscheinlichkeit, Zufall, Freiheit und Unbestimmtheit. [54]„The increasingly complex constructivist procedures used by composers after Webern led to the ‚total serial' concept exemplified by Boulez´s *Structures 1* for two pianos (1951-3) [sic!], in which all parameters of the musical process, including timbre, rhythm, dynamics and articulation, are rigidly and often mathematically controlled." [55]
Pierre Boulez verfasste 1957 einen Artikel mit dem Namen *Alea*, in dem er neue und zugleich unausweichliche Wege des Komponierens unter Einbezug von Zufall und

[51] Vgl. Gerhard Nierhaus (2009). *Algorithmic Composition*, S. 36.

[52] Vgl. James Stiles: „The Decline of Serialism and the New Romanticism. Control and Chance in the New Music", in: *College Music Symposium* Vol. 19, Nr. 1 (Frühling 1979), S. 97.

[53] Vgl. Henry M. Cowles: „Hypothesis Bound. Trial and Error in the Nineteenth Century", in: *Isis* Vol. 106, Nr. 3 (Sep. 2015), S. 635.

[54] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos", S. 216.

[55] Howard Riley: „Aleatoric Procedures in Contemporary Piano Music", in: The Musical Times Vol. 107, Nr. 1478 (Apr. 1966), S. 311.

Wahrscheinlichkeiten beschreibt. Unvorhersehbares kann auch die musikalische Form betreffen. So soll eine Form offen gestalten werden, die Möglichkeit haben sich frei zu entwickeln und mögliche interne Wiederholungen auf das Strengste vermieden werden. [56]

In der Aleatorik beeinflussen Zufallselemente das Ergebnis einer Komposition. Diese Bewegung entstand als Antwort oder als eine Art Gegenhaltung zu den, auf Grund des Totalen Serialismus vorherrschenden musikalischen und ästhetischen Einschränkungen des 20. Jahrhunderts. Bei aleatorischen Stücken wird zumindest mit einem freien Parameter gearbeitet, dessen Ausgang ungewiss ist. So kann wie es Boulez in seinem Artikel beschreibt z. B. bewusst auf ein fertig durchkomponiertes Arrangement verzichtet werden und die Entscheidung über die endgültige Form an die aufführenden Personen abgegeben werden. [57]

Bei aleatorischen Stücken geht es um eine neue Philosophie und eine neue Denkweise der Kunst, welche die gewohnten, etablierten ästhetischen Grundlagen hinterfragt und angreift. Bis dato wurde der Kompositionsprozess als etwas sehr Persönliches und Unantastbares verstanden. Nur durch die kompositorischen Fähigkeiten des Menschen, war es möglich das Klagmaterial nach individuellen Vorstellungen feinsäuberlich zu organisieren und zu einem Gesamtwerk zusammenzufassen, das darüber hinaus naturgemäß auch den persönlichen Ausdruck beinhaltet. [58]

Der kontrollierte Ausdruck und der persönliche Geschmack sollen in den Hintergrund, die Klangobjekte einer Komposition mit ihrer individuellen Charakteristik hingegen in den Vordergrund gebracht werden. Doch die verwendeten Klänge stehen per se in Beziehung zueinander und sind in sich hierarchisch strukturiert. Diese erzeugte Hierarchie stellt jedoch erneut ein Produkt von persönlicher kompositorischer Kontrolle dar. [59]

---

[56] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 220.

[57] Vgl. Howard Riley: „Aleatoric Procedures in Contemporary Piano Music“, S. 311.

[58] Vgl. Frank W. Hoogerwerf: „Cage Contra Stravinsky or Delineating the Aleatory Aesthetic“, S. 237-238.

[59] Vgl. Frank W. Hoogerwerf: „Cage Contra Stravinsky or Delineating the Aleatory Aesthetic“, S. 239-240.

Cornelius Cardew nennt John Cage als einen wichtiger Vertreter und Pionier für den Einsatz von Zufall in Kompositionen: "Many younger composers and artists have been deeply affected by Cage´s work at one stage or another [...] and he has become a father figure to a number of rebellious movements in the arts." [60] Bei seinem Stück *music for piano* werden zwischen 21 und 52 kompositorische Entscheidungen anhand des *I Ching* Orakels getroffen und acht Notenschlüssel durch Münzwürfe festgelegt. [61] Cages Auseinandersetzung und Arbeit mit Teilen der asiatischen Philosophie wie dem *I Ching* wurde durch seinen westlichen Standpunkt und Blick gefiltert und in dieser Form für seine künstlerischen Bedürfnisse adaptiert. [62] "In all of his work which chance, Cage sought a balance between the rational and the irrational by allowing random events to function within the context of a controlled system." [63] Die Mischung aus kompositorischer Kontrolle und Zufall zeigt sich in vielen seiner Werke. In *Music of changes* von 1951 verwendete Cage erstmals Zufallsoperationen, um auf bereits im Vorfeld komponiertes Material zuzugreifen und dieses zu organisieren. Ziel war es durch die entstehende musikalische Kontinuität vorherrschende ästhetische Wertungen und musikalischen Geschmack des Publikums aufzuheben. [64]

Nach Stiles können aleatorische Kompositionen in zwei unterschiedliche Typen eingeteilt werden. Es gibt solche Stücke wie *Music of changes*, bei denen Zufall im Rahmen des Kompositionsprozesses eingesetzt wird, und jene wie Stockhausens *Zyklus*, bei denen Zufallsfaktoren maßgeblich die Aufführung beeinflussen und bestimmen. [65] Die Zufälligkeiten einer Performance können sowohl durch einen menschlichen Ungenauigkeitsfaktor der aufführenden Person als auch durch in der Partitur festgelegte Freiheiten entstehen. In der elektronischen Musik werden diese Möglichkeiten des Zufalls oft durch den Einsatz von Instrumenten mit randomisierten Verhalten erweitert. [66]

---

[60] Cornelius Cardew: „John Cage. Ghost or Monster ? ", in: *Leonardo Music Journal* Vol. 8 (1998), S. 3.

[61] Vgl. Howard Riley: „Aleatoric Procedures in Contemporary Piano Music", S. 312.

[62] Vgl. Marc G. Jensen: „John Cage, Chance Operations, and the Chaos Game. Cage and the 'I Ching' ", in: *The Musical Times* Vol. 150, Nr. 1907 (Sommer 2009), S. 97.

[63] Marc G. Jensen: „John Cage, Chance Operations, and the Chaos Game", S. 97.

[64] Vgl. Marc G. Jensen: „John Cage, Chanceö Operations, and the Chaos Game", S. 97-98.

[65] Vgl. James Stiles: „The Decline of Serialism and the New Romanticism", S. 97.

[66] Vgl. James Stiles: „The Decline of Serialism and the New Romanticism", S. 98.

Cage hatte großen Einfluss auf die musikalische Praxis der 1950er und 1960er Jahre. In seinen Werken hat er unterschiedliche Aspekte von Chaos in der Musik erforscht, die in einem engen Zusammenhang mit der asiatischen Philosophie und religiösen Vorstellungen stehen. Sein Interesse hierfür entstand in den 1940er Jahren durch die Beschäftigung mit Zen Buddhismus und Unterricht bei Diasetz Teitaro Suzuki. [67] Die Arbeit mit Chaos bezeichnete er als eine kreative Kraft. Cage verfolgte eine Ästhetik der Freiheit, die sich nicht nur in seiner Musik wiederspiegelte, sondern zugleich Teil der amerikanischen Kultur der 1960er Jahre war. [68]
Steve Reich, der wie viele seiner Zeit eine gewisse Gegenhaltung gegenüber dem Serialismus hatte, arbeitete sehr wohl mit den, laut Pierre Boulez, zu vermeidenden Wiederholungen. In seinen frühen Werken finden sich auch deterministische Arbeitsweisen, um unvorhersehbare Ergebnisse zu produzieren. Sein erstes Stück dieser Art aus dem Jahr 1965 trägt den Titel *It´s Gonna Rain*. [69]

Zufall wird darüber hinaus auch verwendet, um musikalische Intuition zu simulieren. Eine der einfachsten Methoden, um einen unvorhersehbaren Ausgang zu erreichen, ist die Einbeziehung von zufällig generierten Zahlen. Jedoch bringt ein totaler Zufall meist wenig zufriedenstellende Ergebnisse hervor. Hingegen kann in komplexen dynamischen Systemen Zufall dafür eingesetzt werden alle möglichen Grade der Freiheit des Systems auszuloten. Die Arbeit mit Zufall kann dabei helfen neue Ideen zu generieren, auch wenn das von einigen Kunstschaffenden angezweifelt wird. [70]

Im Laufe der Zeit stieg die Anzahl von Werken, die die unterschiedlichsten Arten des Zufalls als fixen Bestandteil von Kompositionen etablierten. “In the 1980s and 1990s, György Ligeti composed music that made explicit some connections between his music and the cultural paradigm of chaotics. An earlier instance of Ligeti´s own verbal articulation of the affiliations between his music and the larger conceptual context relating to chaos theory occurs in 1976.“ [71] Neben der Chaostheorie wurden auch andere

---

[67] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 229-230.

[68] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 234.

[69] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 229-230.

[70] Vgl. Peter Beyls: „Chaos and Creativity. The Dynamic Systems Approach to Musical Composition“, in: *Leonardo Music Journal* Vol.1, Nr. 1 (1991), S. 33-35.

[71] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 2

wissenschaftliche Theorien wie etwa Mandelbrots *fraktale Geometrie* seit den 1980er Jahren von Musikschaffenden herangezogen, um dadurch musikalische Entwicklungen oder Strukturen zu beeinflussen. [72]

4.3 Zufall, Mensch und Maschine

Obwohl die Anwendung digitaler Algorithmen zumindest bis in die 1940er Jahre zurück reicht, erleben Algorithmen in der Gegenwart eine Art Renaissance. Schon in den 1930er Jahren wurden mit sogenannten *Automatischen Computern* mathematische Funktionen berechnet. Als ein Musterbeispiel hierfür gilt die *Turingmaschine* von Alan Turing. [73]

Durch die Verwendung von Algorithmen können experimentelle Systeme erzeugt werden, die zwischen bestimmten Eigenschaften von Algorithmen und die durch ihre Arbeit entstehenden Störungen und Abweichungen oszillieren. Die algorithmischen Auswirkungen reichen über die menschliche Kontrolle hinaus. [74] Früher wurde eine Implementierung von Algorithmen lediglich als Resultat des menschlichen Gedankenprozesses gesehen mit dem Ziel Prozesse exakt reproduzieren zu können, nicht jedoch diese weiter zu entwickeln. [75]

Erweiterungen komplexer dynamischer Systeme haben die kompositorischen Möglichkeiten abermals verändert. Der Kompositionsprozess wird zu einem Experiment mit einer Maschine, bei dem gezielt mit den internen Strukturen und Aktivitäten eines Systems gearbeitet wird. Hierfür wird auf Methoden und computerbasierte Strategien aus dem Feld der künstlichen Intelligenz (KI) zurückgegriffen. [76] Schon seit den Anfängen der Computermusik gab es Versuche musikalische Intelligenz durch Imitation menschlichen Verhaltens in ein Programm zu implementieren. [77] „However, tools for exploring musical decision making were now available because expert systems allow for automatic tracing of the computational process. More importantly, composers could learn

---

[72] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 211.

[73] Vgl. Hans Holger Rutz (2018). Algorithms under Reconfiguration. M. Schwab (Hg.), *Transpositions* (S. 149-176). Leuven: Leuven University Press, S. 150.

[74] Vgl. Hans Holger Rutz (2018). Algorithms under Reconfiguration, S. 166.

[75] Vgl. Hans Holger Rutz (2018). Algorithms under Reconfiguration, S. 150.

[76] Vgl. Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 31.

[77] Vgl. Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 32.

about their own musical objectives from the circular process of rule specification and an understanding of the consequences of the rules.“ [78]

Das Ergebnis einer Interaktion zwischen Mensch und Maschine, zwischen PerformerIn und Computerprogramm kann unvorhersehbar sein. [79] “Randomness/determinism and chance/necessity seem at the heart of creativity and happen to be central to the music of our time. Emergent properties from initial random configurations can be viewed as a subtle alternative for both constraint-based reductionist handling of randomness as well as rule-based composition by way of some generative grammar. Complex dynamics can be viewed as a creative, generative principle and a channel for higher levels of human-machine interaction.“ [80] Bei dieser Art der Interaktion ist es wichtig zu wissen, dass die Interaktion in Echtzeit passiert. „The performer/composer provides feedback to a generative process of his or her own design; the emergence of musical shapes in this abstract, conversational process may be taken literally in the light of emergent properties in complex dynamic systems.“ [81]

Die Unbestimmtheit ist ein fixer Bestandteil von interaktiven Systemen. Durch die entstehenden Überraschungen werden die nächsten Interaktionen beeinflusst, welche wiederum das System selbst beeinflussen. Es kommt zu einer gegenseitigen Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine. [82]
“Interaction means mutual influence. In environmental terms, it means that we influence changes in the environment and react to environmental events. In musical terms, it means that we influence the instrument that we play and that we are influenced by the sounds that it produces. It means that an instrument has a mind of its own, so to speak, such that it produces musical information that contains surprises.“ [83]
Von KomponistInnen wird erwartet, dass sie die Kontrolle über ihre Komposition, ihr Instrument und ihr System haben. “On the other hand, if a composer views a composition

---

[78] Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 32.

[79] Vgl. Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 33.

[80] Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 32.

[81] Peter Beyls: „Chaos and Creativity“, S. 33.

[82] Vgl. Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 6 (1996), S. 43.

[83] Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms“, S. 44.

as an interactive process that can take many forms in performance depending upon who is performing it, that composer will need to accept some level of indeterminacy in leaving certain aspects of the composition open for the performer to compose. The surprises of indeterminacy are often rewarding. Of a performance of his *Untiteld*, David Tudor once recalled: 'It was so unpredictable, it was just wonderful'." [84]

Die Weiterentwicklung von Technologien beeinflusst unsere Wahrnehmung und unser Verhalten. Daraus ergeben sich neue Denkmuster die zu neuen Tools führen und neue Tools führen wiederum zu neuen Denkansätzen. [85] Ähnliche Innovationen im Denken treten in den unterschiedlichen Bereichen mehr oder weniger zur gleichen Zeit auf. WissenschaftlerInnen formulieren Denkansätze in Theorien, diese werden in der bildenden Kunst durch Bilder und in der Musik in Form von Kompositionen verarbeitet. Große Änderungen der Zeit stehen in einem direkten Zusammenhang mit Änderungen in der Welt. [86]

[84] Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms", S. 43.

[85] Vgl. Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms", S. 43.

[86] Vgl. Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms", S. 41.

5. Geräusche, Glitch-Music und die Schönheit der „Fehler“

Die klanglichen Eigenschaften des EFFEX-Sequencers orientieren sich an der Ästhetik der Glitch-Music. Aus diesem Grund soll im folgenden Kapitel näher auf die geschichtlichen Entwicklungen, Hintergründe und damit verbundenen Arbeitsweisen dieses Genres eingegangen werden.

5.1 Allgemeines

Der englische Begriff *Glitch* bezeichnet einen in digitalen Medien vorkommenden Fehler. Dieser ist nicht auf den Audiobereich beschränkt, sondern kann ebenso in visueller Form bei Videos oder Bildern auftreten.

“Angesichts der Gefahr einer genormten, von industriellen Vorgaben dominierten Klangwelt haben viele Musiker subversive, oft gegen die Maschinen gerichtete Strategien entwickelt, in denen das angespannte Verhältnis zwischen dem Künstler und seinem Instrument seinen Ausdruck findet. Es wurden Platinen geknackt, Abstürze provoziert und Schaltkreise umgelötet. Der provozierte Fehler und das exponierte Störgeräusch, die mutwillige Zweckentfremdung und die Idee des *Circuit bending* sind heute selbstverständlich zu musikalischen Gestaltungsgrößen avanciert und man hat in den 1990er Jahren ein ganzes Genre nach dem Knacklaut eines Rechenfehlers, den *glitch*, benannt.“ [87] Charakteristisch für *Glitch* sind geräuschhafte, hochfrequente oder rhytmisch-impulsartige Klänge.

5.2 Historische Entwicklungen

Die Weichen, damit ein solches Genre das primär auf Geräuschen und Fehlern aufbaut entstehen konnte, wurden bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts gelegt. In dem aus dem Jahr 1913 stammenden Artikel *The Art of Noises* stellte der Futurist Luigi Rossolo die Unterscheidung von Geräusch und Musik in Frage. [88]

Auch Kim Cascone schreibt der italienischen Bewegung des Futurismus eine wichtige Rolle für die Entstehung von *Glitch* bzw. kontemporärer post-digitaler Musik zu. Luigi Russolo war von den zu dieser Zeit neu entstandenen Geräuschen von Automotoren,

---

[87] Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine. Wie der Computer die neue Musik und die neue Musik den Computer verändert haben“, in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 172, Nr.1 (1991), S. 22.

[88] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 215.

Maschinen und Telefonen beeindruckt und bezeichnete deren unterschiedliche akustische Formen als unendlich. Er war der Meinung, auch wenn in Zukunft neue Maschinen neue Geräusche erzeugen werden, wird es möglich sein diese durch ihre Eigenschaften zu erkennen und voneinander zu unterscheiden. Zum ersten Mal in der Geschichte richtete sich der Fokus von Musikschaffenden nicht auf die im Vordergrund stehenden Noten, sondern auf die dahinterliegenden Klänge und Geräusche. [89]
Dieser Ansatz entwickelte sich weiter und wurde zu einem Hauptaugenmerk der Musik in den folgenden Jahrzehnten. "A key approach in music creation in the 20th century was that of sound expansion, as the historical avant-garde sought to make new and unique sounds beyond those created within the traditional framework of Western [sic!] art music. A number of techniques were utilized to this end, including extended techniques, prepared instruments and the use of non-traditional sound-production devices. Part of the trajectory of sound expansion was the use of modified, cracked or broken technologies originally intended for the mediation of sound." [90]

Eine wichtige Errungenschaft war die Möglichkeit der Aufzeichnung und Reproduktion von Klang in Form von Schallplatten. Das hat dazu geführt, dass Klang nicht mehr zwingend an Instrumente, den menschlichen Ausdruck oder körperliche Aktivität gebunden war. Klangobjekte oder *object sonores*, wie sie Pierre Schaeffer bezeichnete waren frei für Experimente und Erweiterungen. [91] Ein früher Ansatz für Klangerweiterung ist eine Idee von László Moholy-Nagy aus dem Jahr 1922. In seinem Vorschlag (der vermutlich nie in die Praxis umgesetzt wurde) könnten neue, noch nicht existierende Klänge und Tonverhältnisse entstehen, in dem künstliche Rillen und Kurven in eine Schallplatte geritzt werden. [92]

Ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden vermehrt Kompositionen realisiert, die mit Geräuschen arbeiteten. "Individual composers like George Antheil, John Cage,

---

[89] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure. 'Post-Digital' Tendencies in Contemporary Computer Music", in: *Computer Music Journal* Vol. 24, Nr. 4 (Winter 2000), S.14.

[90] Caleb Stuart: „Damaged Sound. Glitching and Skipping Compact Discs in the Audio of Yasunao Tone, Nicolas Collins and Oval", in: *Leonardo Music Journal* Vol. 13, (2003), S. 47.

[91] Vgl. Joel Chadabe: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms", S. 42.

[92] Vgl. Volker Straebel: „From Reproduction to Performance. Media-Specific Music for Compact Disc", in: *Leonardo Music Journal* Vol. 19 (2009), S. 23.

Pierre Henry, Pierre Schaeffer, Edgard Varèse, and Iannis Xenakis as well as movements like Futurism, musique concrète, and experimentalism, absorbed sound and noise into the overall fabric of music. […] No longer to be avoided or disregarded, noise was now an object of both attention and intention.“ [93]

4‘33“ von John Cage gilt als eines der bedeutendsten Stücke, bei denen Geräusche als zentrale kompositorische Mittel eingesetzt wurden. Cage erkannte, dass es keine tatsächliche Stille gibt – auch nicht in Form von musikalischen Pausen. Wenn keine Musik erklingt treten Umgebungsgeräusche in den Vordergrund und werden selbst zur Musik. [94] Er sagte, wo auch immer wir sind, wir hören hauptsächlich Noise. Wenn wir versuchen es zu ignorieren stört es uns, wenn wir dem Geräusch jedoch zuhören finden wir es faszinierend. [95]

Um neue Geräusche zu erzeugen wurden Gegenstände und Instrumente modifiziert bzw. zweckentfremdet und absichtlich gegen ihren eigentlichen Gebrauch eingesetzt. [96]

Für *Cartridge Music* aus dem Jahr 1960 hat John Cage einen Plattenspieler bearbeitet, indem er die Tonabnehmernadel durch Objekte wie Pfeifenreiniger, Draht, Federn, Streichhölzer oder Zahnbürsten ersetzte. Das Stück bewegte einige MusikerInnen des Fluxus dazu sich in den Bereich der destruktiven Klangerforschung und Klagerzeugung vorzuwagen. Neben traditionellen Instrumenten und Schallplattenspielern wurden auch Schallplatten manipuliert und verändert. Ein nennenswertes Beispiel ist *Destroyed Music* (1963-1979) von Milan Knizak. Für *Destroyed Music* zerschnitt er unterschiedliche Schallplatten in einzelne Teile und klebte sie neu zusammen. So entstanden beim Abspielen Soundkollagen, die auf Grund der geklebten Stellen von Geräuschen geprägt waren. [97]

---

[93] Stan Link: „The Work of Reproduction in the Mechanical Aging of an Art. Listening to Noise“, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 1 (Frühling 2001), S. 41.

[94] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.14.

[95] Vgl. Judy Lochhead: „Hearing Chaos“, S. 215.

[96] Vgl. Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr. Low-Tech-Konzepte und die Kunst der Verkehrung“, in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 168, Nr.1 (1991), S. 17.

[97] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound“, S. 47-48.

Neben John Cage waren es Komponisten wie, David Tudor, Alvin Lucier, Robert Ashley oder David Behrman, die auf der Suche nach neuen Klängen begonnen haben bearbeitete elektronische Geräte, selbst gebaute Tongeneratoren und Tonbandschleifen in ihre Kompositionen einzubeziehen. [98]

"Mit seiner Konzeption der *homemade electronics* schuf Behrman eine im wahrsten Sinne tragbare Elektronik und reagierte damit nicht zuletzt auf die ökonomischen Zwänge der Produktion und Reproduktion elektronischer Musik der sechziger Jahre." [99]

Neben diesen meist analogen Techniken wurden auch vermehrt Computer für kompositorische Prozesse und für die Erzeugung neuer Klänge und Geräusche verwendet. "Lejaren Hiller gehörte in den 1950er Jahren zu den ersten Komponisten, die mit Computern arbeiteten, indem er Programme schrieb, die nach einfachen Regelsätzen Partituren errechneten. Seine *Iliac Suite* aus dem Jahr 1957, ein Streichquartett in vier Sätzen, ist das erste mithilfe eines Computers entstandene Stück." [100] Auch Gottfried Michael Koenig zählt zu den Komponisten der frühen Computerstunde. Er schrieb in den 1960er Jahren Programme zur Berechnung von seriellen Prinzipien. [101]

Auch John Cage arbeitete für seine in den Jahren 1967-1969 entstandenen Komposition *HPSCHD* mit einem Computer, der Zufallsoperationen für ihn treffen sollte. Damals war die Leistung und Einsatzmöglichkeiten der Computer noch sehr begrenzt, deshalb nahm die Entstehung des Stückes mehrere Monate in Anspruch. Auch der Titel des Stückes *HPSCHD* ist ein Spiegel der damaligen computerbedingten Einschränkungen. Eigentlich hätte das Stück den Titel *Harpsichord* tragen sollen, der Computer ließ jedoch nur Programmnamen mit maximal sechs Buchstaben zu. [102]

Mit der Zeit wurde der Computer zum Hauptwerkzeug für Produktion und Aufführung elektronischer Musik. [103] "Aber man muss sich, wenn man über die Auswirkungen, die der Computer auf die musikalische Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte genommen hat, darüber im Klaren sein, dass dies nicht nur ein langer, zäher Prozess gewesen ist,

---

[98] Vgl. Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr", S. 16.

[99] Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr", S. 16.

[100] Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine", S. 21.

[101] Vgl. Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine", S. 22.

[102] Vgl. Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine", S. 21.

[103] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.16.

sondern dass diesem Prozess auch der Wunsch vorausging, der Maschine habhaft zu werden;“ [104]

Der gegenwärtige Prozess der elektronischen Musikproduktion/Komposition entsteht meist zur Gänze am Computer: Synthese – Bearbeitung – Arrangement – Verräumlichung – Wiedergabe. [105]

Nach Gottstein kann trotz aller Möglichkeiten und Erleichterungen, die Verwendung eines Computers auch Nachteile mit sich bringen: “Die schnelle Verfügbarkeit des Materials und die designten Oberflächen üben eine enorme Suggestion auf Künstler aus.“ [106] Gleichzeitig ermöglichen Computerprogramme Musikschaffenden auch einen unkonventionellen oder gar dekonstruktiven Umgang, der bei der Entwicklung der Software nicht geplant war. So können etwa Bilddateien in ausgewählten Audioprogrammen geöffnet und bearbeitet werden oder umgekehrt. Durch solche und ähnliche Operationen ist es möglich die Rohdaten von unterschiedlichsten Fileformaten als Ausgangsmaterial für musikalische Experimente zu verwenden. [107] “Künstler wie Ludger Brümmer oder Laetitia Sonami lassen […] Textdateien in Audiofiles umrechnen und nutzen die Maschinensprache als Übersetzungscode, um erratische Klangbilder zu generieren.” [108] Dieser gezielte Manipulationsvorgang mit digitalen Daten wird als *Databending* bezeichnet. [109]

“The technique of exploring the minutiae of DSP errors and artefacts for their own sonic value has helped further blur the boundaries of what is to be considered music, but it has also forced us to examine our preconceptions of failure and detritus more carefully.“ [110]

Die Fehler von digitaler Technologie sind Glitches, Bugs, Errors, Systemcrashes, Clipping, Aliasing, Distortion, Quantisierungsrauschen oder das Brummen von Soundkarten. Sie alle sind potentielle Ausgangsmaterialien für Kompositionen. Die technologischen Fehler von Geräten sind meist bekannt und werden bewusst unterdrückt und vor dem User versteckt. Cascone bezeichnet die absolute menschliche Kontrolle über

---

[104] Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine“, S. 21.

[105] Vgl. Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine“, S. 21.

[106] Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine“, S. 22.

[107] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.17.

[108] Björn Gottstein: „Die musikalische Maschine“, S. 22.

[109] [3] Vgl. https://en.wikipedia.org/wiki/Databending

[110] Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.17.

die Technologie als eine Illusion. Digitale Geräte seien nur so perfekt, präzise und effizient, wie die Menschen, die sie entwickelt und gebaut haben.
Ähnlich wie Motoren- und Maschinengeräusche zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Futuristen beeinflusst haben, so haben gegen Ende des Jahrhunderts abermals technologisch bedingte Geräusche wie Computerlüfter, Lasercutter oder sich drehende Festplatten und die mit der Technik einhergehenden Möglichkeiten zur Entwicklung einer spezifischen klanglichen Ästhetik beigetragen. Zu diesen Technologien zählen auch CDs (Compact Discs) und das Internet, welches maßgeblich dazu beigetragen hat neue Genres zu kreieren und zu verbreiten. [111]
Das Medium der CD und die damit verbundene Technologie nimmt für die Entstehung von *Glitch* eine durchaus wichtige Rolle ein. Die CD wurde von Philips und Sony gemeinsam entwickelt und in den Jahren 1982 und 1983 auf den Markt gebracht. [112] "[...] Right after its introduction […] artists began to create work specific to the new medium. Yasunao Tone began experimenting with prepared CDs in 1984 and premiered his *Music for Two CD Players* in 1986". [113] Die von CDs typischen *Clicks* und *Pops* einer kaputten CD gehen auf die inkorrekte Leseweise von binären Werten zurück. Wenn die Anzahl der Fehler zu hoch für das eingebaute Fehler-Korrektur-Programm ist, erzeugt das digitale System von sich aus falsche Klänge. [114]

„The Internet was originally created to accelerate the exchange of ideas and development of research between academic centers, so it is perhaps no surprise that it is responsible for helping give birth to new trends in computer music outside the confines of academic think tanks. A non-academic composer can search the Internet for tutorials and papers on any given aspect of computer music to obtain a good, basic understanding of it. University computer music centres breed developers whose tools are shuttled around the Internet and used to develop new music outside the university." [115] Das Internet wurde zu einem neuen Medium der globalen Distribution, bei dem der kreative Output zum ersten Mal in der Geschichte untrennbar mit der Verbreitung verwoben war. [116]

---

[111] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.12-13.

[112] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound", S. 48.

[113] Volker Straebel: „From Reproduction to Performance", S. 23-24.

[114] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound", S. 48.

[115] Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.12.

[116] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.16.

5.3 Das Glitch Genre

In den frühen 1990er-Jahren haben einige Techno DJs und Producer begonnen sich mit der Geschichte der elektroakustischen Musik auseinanderzusetzen. Dadurch wurden sie mit Komponisten wie Karlheinz Stockhausen, Morton Subotnick oder John Cage, sowie deren Ansätzen und Arbeitsweisen vertraut. [117]

Diese Tatsache war ein guter Nährboden für die Entwicklung von experimentellen Ausformungen der elektronischen Tanzmusik wie *Glitch* oder *Clicks & Cuts*. [118] In den folgenden Jahren wuchs die Anzahl der Musikschaffenden in diesem Bereich, welche die neuen Errungenschaften der Technik und die damit verbunden Möglichkeiten nutzten. Es wurden Timestretching-Methoden oder Effekte wie Bitcrusher eingesetzt, um vorherrschende Klangfarben durch die hervorgebrachten Artefakte zu erweitern. [119]

Darüber hinaus wurden technische Geräte entgegen ihrem eigentlichen Gebrauch verwendet und modifiziert, was zu unkalkulierbaren Reaktionen der Gerätschaften führte. [120] "Auf den Platinen der geöffneten Geräte werden mit Hilfe von Krokodilklemmen und Kabeln zufällige Verbindungen hergestellt, so dass die vormals stabilen Schaltkreise kollabieren und in einen chaotischen Zustand übergehen. Durch diese Methode […] lassen sich die vorprogrammierten Samples, Sounds und Patterns in Geräuschkasskaden und chaotische Klangmuster überführen." [121]

Nicht nur im Hardwarebereich hat sich der Umgang mit klangerzeugenden Tools verändert, sondern auch bei Musikprogrammen. Es war nicht mehr zwingend notwendig, ein Programm für digitales Signalprocessing zu beherrschen – viel mehr wurde eine freie und spontane Handhabung nach dem Prinzip von *Trial and Error* propagiert. Das bedeutet, es wurde so lange ausprobiert bis ein zufriedenstellendes klangliches Resultat entstand. Das Nichtwissen über mögliche Operationen, Funktionen oder den Aufbau können dennoch interessante Ergebnisse liefern. [122]

Ab der Mitte der 1990er-Jahre hatte die Glitch-Bewegung bereits die unterschiedlichsten Sparten der elektronischen Tanzmusik beeinflusst. Zu ihnen zählen House, Techno,

---

[117] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.15.

[118] Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr", S. 18.

[119] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.15-16.

[120] Vgl. Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr", S. 16.

[121] Hermann-Christoph Müller: „Weniger ist mehr", S. 17.

[122] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.16.

Electro, Drum'n'Bass, Ambient und IDM. [123] "IDM, which stands for 'intelligent dance music,' is not so much a genre term as a label for avant-garde electronic (dance) music; as such, this category seems to be based more on the presence of individualistic experimentation than on a particular set of musical characteristics." [124]

Das Konzept von Glitch wurde immer populärer, wobei sich die künstlerischen Herangehensweisen laut Tunali voneinander unterschieden. "Some artists work with pure glitches by forcing the tools to generate them, while others work with glitch-alikes mainly by synthesizing them. […] They are the calculated, designed, formed, synthesized, faked and interpreted forms of malfunctions that are generated by the system accidentally." [125]

5.4 Artists der Glitch-Bewegung

Zu wichtigen Vertretern der Glitch-Musik zählen Yasunao Tone, Nicolas Collins, Ryoji Ikeda und die Bands Pan Sonic und Oval.

Der Musiker Yasunao Tone präparierte die Unterseite seiner *Wounded Compact Discs* mit Klebeband, um dadurch Glitches zu erzeugen. Sein Interesse gilt dem Zufall und unvorhersehbaren Ereignissen. [126] Bei seinen bearbeiteten CDs konnte er als Performer in einer Livesituation nicht genau vorhersagen was passiert, denn die entstandenen klanglichen Ergebnisse waren niemals ident. [127]

Im Gegensatz zu Yasunao Tone arbeitete Nicolas Collins in den 1990er Jahren mit Modifikationen von CD-Spielern und nicht von CDs. Hierfür hantierte er mit veränderten Schaltkreisen und manipulierte die elektronischen Bauteile des Geräts. [128] "Without any real knowledge of the workings of the technology, Collins assumed correctly that the CD player´s laser never left the disc´s surface, reading not only audio information but 'hidden' information such as error-detection and information-coverage data, as well as data defining track locations, lengths and so on. Locating the player´s control chip, Collins came across a 'mute' pin, which he removed, resulting in a constantly chattering

[123] Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure", S.15.

[124] Mark J. Butler: „Unlocking the Groove", S.90.

[125] Funda Senova Tunali: „Glint. Audiovisual Glitches", in: *Leonardo* Vol. 45, Nr. 3 (2012), S. 296.

[126] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound", S. 47.

[127] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound" S. 48.

[128] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound", S. 47-49.

playback.“ [129] Beide Komponisten, sowohl Tone als auch Collins trugen mit ihren Techniken maßgeblich zum Entstehen einer aus heutiger Sicht nicht wegzudenkenden Ästhetik von *glitchigen* Klängen in der elektronischen Musik bei. [130] Darüber hinaus verbindet die beiden eine gemeinsame Arbeitsweise, bei der chaotische Zustände und Unbestimmtheit Teil des Konzepts sind. [131]

Das aus Deutschland stammende Musikprojekt Oval, bestehend aus Frank Metzger, Sebastian Oschatz und Markus Popp, experimentierte ebenfalls mit CD-skipping Techniken um so gezielt Fehler zu erzeugen. [132]
Bei ihren Klagerzeugungsprozessen wurden weder CDs noch CD-Spieler zerstört. Die für die Entstehung der Glitches notwendigen Markierungen auf den CDs konnten nachdem die Klänge aufgenommen wurden zur Gänze entfernt werden. Ihr Sound ist das Ergebnis einer strukturierten Arbeit mit aufgenommenen, gesampleten und in weiterer Folge sequenzierten Glitches. Ihr Klangmaterial erhielten sie in dem sie *schöne* Stellen der Aufnahmen selektierten, loopten und mit anderen skipping CD-Sounds kombinierten. Diese Tatsache verweist mehr auf gängige Arbeitsweisen der Musikproduktion von Popularmusik, als auf die der Komposition im 20. Jahrhundert. Weil Oval ihre Klänge in eine popähnliche Struktur brachten, wurde die Glitch-Ästhetik einer breiten Masse zugänglich gemacht. [133]
“Going beyond Oval´s work, a number of laptop musicians – such as Farmers Manual, Fennesz and Hecker from the Austrian label Mego – have, in addition to using sample-and-sequence techniques, taken to pushing things further, opening their applications and code to invasion from disparate data to produce unknown and unforeseen audio. Tone´s, Collin´s and Oval´s use of the relatively new CD technology has been and continues to be an important influence on producers working in the area of expanded techniques and experimental sound and music.“ [134]

---

[129] Caleb Stuart: „Damaged Sound“, S. 49.

[130] Vgl. Volker Straebel: „From Reproduction to Performance“, S. 24.

[131] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound“, S. 51.

[132] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.13-15.

[133] Vgl. Caleb Stuart: „Damaged Sound“, S. 50-51.

[134] Caleb Stuart: „Damaged Sound“, S. 51.

Ebenfalls im Bereich der Popularmusik ist die finnische Band Pan Sonic anzusiedeln. Sie arbeiteten mit handgefertigten Sinusoscillatoren und einer Reihe von billigen Effektgeräten und Synthesizern um einen dreckigen, rauen und zugleich synthetischen, glitchigen Sound zu erzeugen. [135]

Der japanische Musiker und Multimediakünstler Ryoji Ikeda arbeitete bereits in seinen frühen Werken mit computergenerierten Glitches, deren hohe Frequenzen an einen Tinnitus erinnerten und deren impulsartige Klänge für das Publikum durchaus ungewohnt waren. [136]

[135] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.15.

[136] Vgl. Kim Cascone: „The Aesthetics of Failure“, S.16.

6. Entstehung des EFFEX Sequencers

Ausgangspunkt, um dieses Projekt zu realisieren war ein stetiges Interesse an der Entwicklung und Generierung von Rhythmen, die häufig auf unkonventionellen Strukturen oder metrischen Überlagerungen basieren. In Bezug auf ihre klangliche Charakteristik orientieren sich diese Rhythmen, die oft Teil meiner Kompositionen sind, an einer Glitch- und IDM-Ästhetik, die aus einer Kombination von Synthese und Effekten entsteht. Um entsprechende musikalische Ergebnisse bei diversen Musikproduktionen zu erzielen, habe ich in den vergangenen Jahren auf eine Vielzahl bereits existierender Plugins zurückgegriffen. Erwähnen möchte ich an dieser Stelle die VST-Plugins Glitch [137], Effectrix [138] und LiveCut. [139] Das VST-Plugin LiveCut basiert auf dem von Nick Collins entwickelten BBCut Quark, einer Library für SuperCollider mit der ich ebenfalls in der Vergangenheit experimentiert habe. Die Abkürzung BBCut steht für BreakBeat Cutting. [140] „The BBCut Library began out of work on an algorithm to simulate the automatic cutting of breakbeats in the style of early jungle or drum and bass.“ [141]

Die hier angeführten VST-Plugins fungieren als reine Effektgeräte und sind lediglich in der Lage ein existierendes Inputsignal nach ihren jeweiligen Möglichkeiten zu verarbeiten. Durch ihre Beschaffenheit verfügt keines dieser Plugins über eine (für meine Anwendungen) ausreichende Flexibilität in Hinblick auf etwaige rhythmische Gestaltungsmöglichkeiten.

Aus diesem Grund habe ich in den vergangenen Jahren begonnen, kleinere Patches/Programme zu schreiben, die diese Anforderungen erfüllen.

Letzten Endes habe mich dazu entschlossen, ein digitales Instrument zu entwickeln, das sowohl die rhythmische, als auch die Effektierungsseite gleichermaßen abdeckt. Dabei sollte die zugrundeliegende Klangerzeugung möglichst simpel, aber zugleich vielschichtig sein.

---

[137] [4] Vgl. http://illformed.com/glitch/

[138] [5] Vgl. https://sugar-bytes.de/effectrix

[139] [6] Vgl. http://mdsp.smartelectronix.com/livecut/

[140] Vgl. Nick Collins: “The BBCut Library“, in: *Proceedings of the International Computer Music Conference* (2002), S. 1.

[141] Nick Collins: “The BBCut Library“, S. 1.

Bei der Umsetzung des EFFEX Sequencers habe ich mich sowohl aus praktischen als auch aus ideologischen Gründen für eine Open-Source-Lösung entschieden. Für die Realisierung des EFFEX Sequencers war es naheliegend auf die Programmierumgebung von SuperCollider zurückzugreifen, da die meisten meiner bisherigen Tools dort entwickelt wurden. Darüber hinaus handelt es sich bei SuperCollider um ein Freewareprogramm, das für alle gängigen Betriebssysteme erhältlich ist, wodurch ein plattformunabhängiger und freier Zugang gewährleistet wird. Das EFFEX Projekt wird auf der Plattform GitHub zur allgemeinen und freien Nutzung laut GNU, General Public License zur Verfügung gestellt.

Ein kurzes Demo-Video des EFFEX Sequencers steht unter folgendem Link zur Verfügung:

https://www.youtube.com/watch?v=LyuAvrkwkHA

7. EFFEX Sequencer 1.0 (Prototype)

Im Juli 2018 hat die Prototypen-Entwicklung des Sequencers begonnen, die mit Jänner 2019 abgeschlossen war.

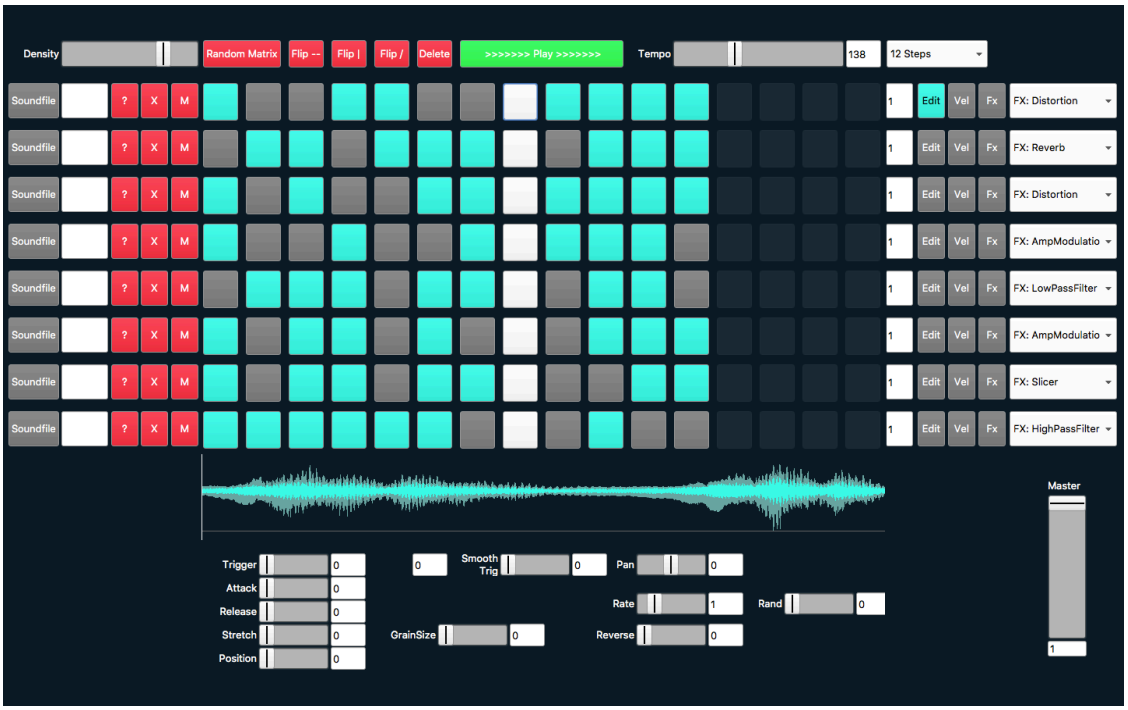


Abb. 1: Ansicht EFFEX Sequencer 1.0 mit aktivierter *Edit-View*.

7.1 Allgemeines

Bei dem EFFEX Sequencer 1.0 handelt es sich um einen samplebasierten Sequencer. Es werden bereits existierende Audioaufnahmen (Samples) in einen Buffer geladen, ausgelesen und von dort aus abgespielt. Der EFFEX Sequencer 1.0 hat eine variable Steplänge von 4 bis 16 Steps und besteht aus acht Spuren (Tracks). Daraus ergibt sich ein Grid bestehend aus 128 einzelnen Steps. In der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) lässt sich der Sequenzer in Kopfzeile, Tracks & Grid, sowie in die Edit-View, Velocity-View und FX-View unterteilen.

Im Unterschied zu anderen Sequenzer-Systemen verfügt der EFFEX Sequencer 1.0 zusätzlich über eine Bandbreite von eingebauten Effekten, die unabhängig voneinander gesteuert werden können. Eine weitere Besonderheit, die nicht standardmäßig in derartigen Systemen implementiert ist, ist das zufällige Aktivieren von Steps im Grid, das Flippen des gesamten Grids in zwei Richtungen, sowie dass der Sequencer sowohl Effektgerät als auch Drummachine ist.

7.2 Klangsynthese

Das Kernstück des Sequencers bildet ein SynthDef, der für die Klangerzeugung zuständig ist.

Bei einem SynthDef handelt es sich um eine Repräsentation einer Synthdefinition auf der SuperCollider Client-Seite. Beim Evaluieren des SynthDefs wird dieser an den Server geschickt und mit den jeweiligen Argumenten abgespeichert. Auf die übergebenen Argumente kann in späterer Folge zugegriffen werden, wodurch diese auch verändert werden können.

Die Server-Seite von SuperCollider verwendet Synthdefinitionen als Vorlage um Synth-Nodes zu erzeugen. Die SynthDef-Klasse von SuperCollider wird wie folgt beschrieben: "The SynthDef class encapsulates the client-side representation of a given def, and provides methods for creating new defs, writing them to disk, and streaming them to a server."

Der für den Sequencer gestaltete SynthDef setzt sich aus diversen Bestandteilen zusammen, wobei der *PlayBuf* Ugen das Zentrum der Klangerzeugung bildet. Bei einem PlayBuf handelt es sich um einen Sampleplayer, dem die Argumente numChannels, bufnum, rate, trigger, startPos, loop und eine doneAction übergeben werden. Der Impulsgenerator *Impulse.kr* triggert das Soundfile im Sampleplayer.

Mit Hilfe eines Hüllkurvengenerators wird die ASR-Hüllkurve des Signals erzeugt. Sie besteht aus einer Attack-, Sustain- und Release-Zeit und verfügt über ein Gate. Die Hüllkurve wird so lange offengehalten, bis das Gate den Wert 0 erreicht. Sobald das der Fall ist, wird der spielende Synth durch eine doneAction:2 gelöscht.

Des Weiteren wurde ein *PitchShift* Ugen eingebaut, mit dem das Signal transponiert und zusätzlich in seiner Klanglichkeit variiert werden kann.

Pan2.ar macht das Signal zu einem Stereosignal, das mit dem Argument *pan* im Panorama nach links oder rechts bewegt werden kann. Bei einigen Argumenten wurde *TRand* eingebaut, um zufällige Abweichungen zu erreichen. Hierfür wird ein zufälliger Wert zwischen einem gesetzten Minimum und Maximum generiert, sobald das Triggersignal von einem nichtpositiven zu einem positiven Wert wechselt.

Nachdem das Signal die vorgegebene Signalkette durlaufen hat, wird es via *Out.ar* an den Audio-Output bzw. an den jeweiligen Effekt geschickt.

```
SynthDef(\sample, {
    arg out = 0, rate = 1, trigger = 0, pos = 0, amp = 0.8, bufnum = 0,
    atk = 0.01, randatk = 0, sus = 1, rel = 0.01, randrel = 0, gate = 1, envlevel = 1,
    pan = 0, stereo = 0, randpitch = 0, randtrigger = 0, loop = 0,
    grainSize = 0.01, pitchRatio = 1, pitchDispersion = 0, timeDispersion = 0, reverse = 1,
    freq = 20000, res = 0.1;

    var trig, env, sig, panning, pitchShift;
    trig = Impulse.kr(trigger);
    env = EnvGen.kr(Env.asr(atk, sus, rel), gate, envlevel, doneAction: 2);
    sig = PlayBuf.ar(1, bufnum,
        (rate * 2.pow(TRand.kr(-2, 2, trig) * randpitch)) * reverse,
        trig + (TRand.kr(-1,1,trigger) * randtrigger),
        pos, loop);
    pitchShift = PitchShift.ar(sig, grainSize, pitchRatio, pitchDispersion, timeDispersion);
    panning = Pan2.ar(pitchShift, pan + (TRand.kr(-1,1,trig) * stereo));

    Out.ar(out, panning * env * amp)
}).add;
```

Abb. 2 SynthDef der Klangerzeugung

7.3 Zeitliche Strukturierung

Die zeitliche Strukturierung der Tracks erfolgt mittels einzelner Tasks. Für jeden der acht Tracks wird ein Task angelegt, der einen Synth erzeugt sobald er gestartet wird. Mit environmental Variablen wird auf die Argument-Parameter des SynthDefs und damit auf die Eigenschaften des Klangs zugegriffen. Auf die gleiche Weise können auch Tempo oder die Anzahl der Steps verändert werden.

```
//Row2 Task
b = Task{
    var vel = 0!~numCells;
    var step = 0;
    inf.do{arg i;
        {vel = velocitySlider2.value.collect{ arg a;
            if(a == 0) {-inf} {a.linlin(0, 1, -60, 12)}}.dbamp
        }.defer;

        ~tempSynthB =
Synth(\sample, [
            \out, ~fxBus2,
            \bufnum, ~buffer2,
            \pos, ~pos2,
            \pan, ~pan2,
            \stereo, ~stereo2,
            \grainSize, ~grainsize2,
            \rate, ~rate2,
            \randpitch, ~randpitch2,
            \pitchRatio, ~pitchratio2,
            \timeDispersion, ~timedispersion2,
            \pitchDispersion, ~pitchdispersion2,
            \trigger, ~trigger2 + rrand(~randtriglow2, ~randtrighi2),
            \randtrigger, ~randtrigger2,
            \reverse, ~reverse2,
            \atk, ~atk2,
            \rel, ~rel2,
            \amp, (~cells[1][i%~cells[1].size]) * vel[step] * ~amp2 * ~amp2mute * ~ampmaster
        ]);

        {
            step = (step + 1)% ~numCells;
        }.defer(~quant);
        (1/~tempo).wait;
        ~tempSynthB.set(\gate, 0);
    };
};
```

Abb. 3 Task von Track 2

7.4 Grafischer Aufbau

Ganz links oben in der Kopfleiste (siehe Abb. 4) kann mit dem *Density-Slider* eingestellt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass verfügbare Steps im Grid aktiviert werden oder nicht. Um diese Funktion für das gesamte Grid anzuwenden muss der *Random Matrix – Button* daneben betätigt werden. Mit den Buttons rechts davon kann das aus aktiven und inaktiven Steps bestehende Grid auf einer horizontalen, vertikalen oder diagonalen Achse gespiegelt werden. Dadurch wird eine Änderung der Abspielrichtung des Grids imitiert. Daneben befindet sich der *Play-Button*, mit dem alle Tracks gestartet und pausiert werden können. Mit dem nächsten Slider auf der rechten Seite, dem *Tempo-Slider* kann das globale Tempo der acht Tracks gleichzeitig verändert werden. Als letztes Element in der Kopfzeile befindet sich ein *Steps-Menu* mit dem die Anzahl der Steps für alle Tracks festgelegt werden kann (4-16 Steps).

Kopfzeile

Abb. 4 Kopfzeile

Tracks und Grid

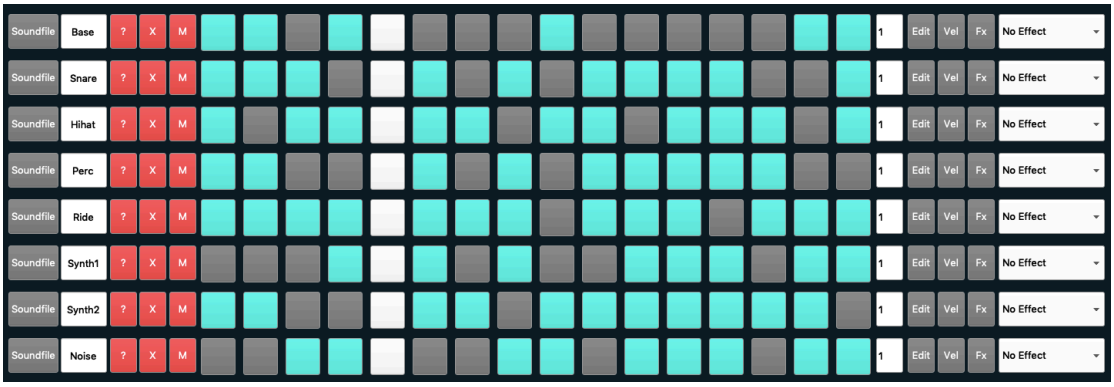


Abb. 5 Tracks & Grid

Die aktuelle Position im Sequencer wird mit einem sich bewegenden Lauflicht (siehe Abb. 5, vertikale weiße Anordnung) dargestellt. Das Lauflicht ist somit eine visuelle Repräsentation der Position des Loops im Grid.

Jeder der acht Tracks ist wie folgt aufgebaut und kann unabhängig bearbeitet werden:

- *LoadFile-Button*: ein Soundfile kann in einen Buffer geladen werden und dient als Ausgangsmaterial für die klanglichen Gestaltungsmöglichkeiten.
- *Textfeld*: Um die Übersicht der einzelnen Tracks zu behalten können hier Track-Namen eingegeben werden.
- *RandomSteps*: Zufällige Aktivierung bzw. Deaktivierung von Steps.
- *Delete activated Steps*: Alle aktivierten Steps werden deaktiviert.
- *Mute Track*: Der Track wird leise geschalten.
- *Track Amplitude*: Die Lautstärke des Tracks kann geregelt werden.
- *Edit Mode*: Wird der *Edit-Button* gedrückt, erscheinen die Parameter der Klangsynthese und können mit Hilfe von Reglern verändert werden.
- *Velocity Mode*: Hier kann die Lautstärke der einzelnen Steps eingestellt werden.
- *Effect Mode*: Die Effektparameter der ausgewählten Effektierung werden angezeigt und können gesetzt werden.
- *Effect* Popup-*Menu*: Menü zur Auswahl eines Effekts, der automatisch auch in der Effect-View gesetzt wird.

Edit-View

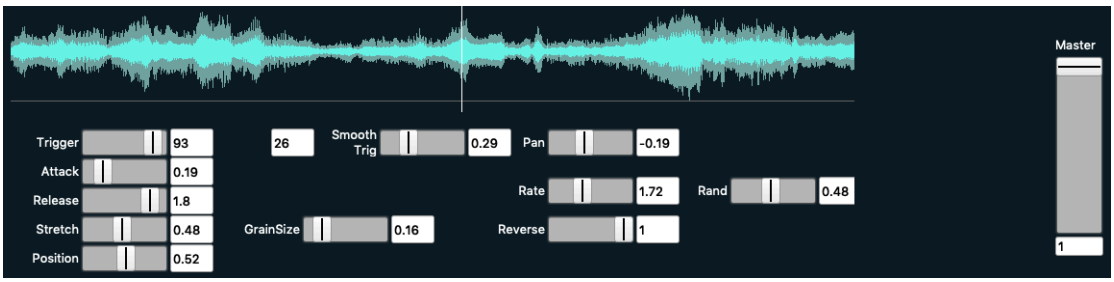


Abb. 6 aktivierte Edit-View

Mit dem *Edit-Button* kann für jeden Track die Edit-View ein- bzw. ausgeblendet werden. Sobald ein Track im Editmode ist, kann auf verschiedene Parameter der Klangsynthese zugegriffen, und diese adaptiert werden (siehe Abb. 6).

Der Klang der einzelnen Tracks kann durch folgende steuerbare Parameter verändert werden: Attack, Release, Trigger, SmoothTrigger, RandomTrigger, Stretch, , GrainSize, Panning, Rate, RandomRate, Reverse und Fileposition. Über den Slidern befindet sich eine Darstellung der Wellenform, welche mit einem Marker die momentane Position im Audiofile anzeigt. Am rechten Rand befindet sich ein Regler für die Master-Volume. Mit ihm wird die Gesamtlautstärke aller Tracks gesteuert.

Velocity-View

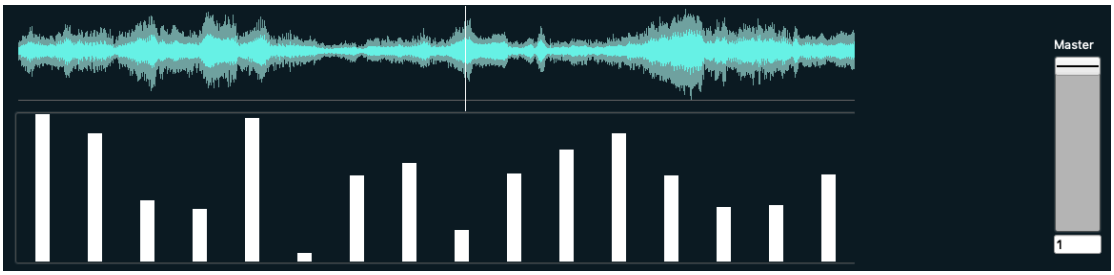


Abb. 7 Velocity-View

Neben dem *Edit-Button* befindet sich der *Velocity-Button* mit dem die Anschlagdynamik des Tracks angezeigt wird. Jedem Step ist ein Slider zugewiesen mit dem die Lautstärke von -60 dB bis +12 dB eingestellt werden kann. Auch in dieser View werden Wellenform und Master-Regler angezeigt.

Effect-View

Abb. 8 Effect-View

Durch Betätigung des *FX-Buttons* gelangt man in die Effect-View. Hier kann einer der acht verfügbaren Effekte ausgewählt werden. Als Effekt einer Spur können Reverb, BitCrusher, CombFilter, Distortion, Amplitudenmodulation, Lowpassfilter, Highpassfilter oder Slicer ausgewählt werden.

Ist ein Effekt aktiviert, erscheinen die veränderbaren Parameter, mit denen der Effekt adaptiert und gesteuert werden kann. Zusätzlich zu den jeweiligen effektspezifischen Parametern verfügt jeder Effekt über einen Dry/Wet-Regler mit dem die Stärke des effektierten Signals gesetzt werden kann. Das interne Routingsystem besteht aus, im Vorfeld definierten und fixierten, Stereobussen. Die Signale werden von den Effekten zum Bus 0/1 geleitet, summiert und über diesen Out-Bus ausgegeben.

7.5 Beschreibung der Effekte

Alle Effekte verfügen über eine zeitlich fixierte Hüllkurve, einen Stereo-Eingang für das Input-Signal, welches mit dem In.ar Ugen gelesen wird, und einen Stereo-Output (Out.ar) der das effektierte Signal auf den Bus 0/1 schickt. Darüber hinaus kann bei jedem Effekt die Intensität des effektierten Signals mittels eines Mix-Parameters und die Lautstärke der Signalsumme geregelt werden. Für die Erzeugung der Effekte wurden verschiedene in SuperCollider zur Verfügung stehende Ugens verwendet. In der folgenden Liste sind die Ugens in Klammern, und dahinter die jeweiligen Parameter, angeführt.

- **Reverb** (FreeVerb2.ar): room, damp
- **BitCrusher** (Latch.ar): bits, resampleRate
- **CombDelay** (CombL.ar): delayTime, decayTime
- **Distortion** (Clip.ar): preAmp
- **AmplitudenModulation** (Modulation mit SinOsc.ar): ringMod
- **Resonant-Lowpassfilter** (RLPF.ar): freq, res
- **Resonant-Highpassfilter** (RHPF.ar): freq, res
- **Slicer** (Modulation mit LFPulse.ar): stutter

Bus 0/1	→	Kein Effekt und AudioOutput
Bus 2/3	→	Reverb
Bus 4/5	→	Bitcrusher
Bus 6/7	→	Combfilter
Bus 8/9	→	Distortion
Bus 10/11	→	Amplitudenmodulation
Bus 12/13	→	Resonant-Lowpassfilter
Bus 14/15	→	Resonant-Highpassfilter
Bus 16/17	→	Slicer

Wird ein Effekt mehrmals für unterschiedliche Tracks verwendet, so werden bei Effektänderungen alle Tracks, die diesen Effekt ausgewählt hatten, verändert. Durch diese Limitierung ist es leider nicht möglich etwa unterschiedliche Reverb-Einstellungen bei mehreren Tracks zu setzen. Darum empfiehlt es sich jedem Track einen spezifischen Effekt zuzuweisen.

Durch stätige Erweiterungen wurde der Code mit der Zeit unübersichtlich und ineffizient was dazu führte, dass der Sequencer überarbeitet und in verbesserter Form neu aufgebaut werden musste.

8. EFFEX Sequencer 2.0

Im Zuge dieser Masterarbeit wurde schließlich der EFFEX Sequencer 2.0 realisiert. Hierfür wurde die Programmierung von Grund auf neu gedacht und gestaltet.

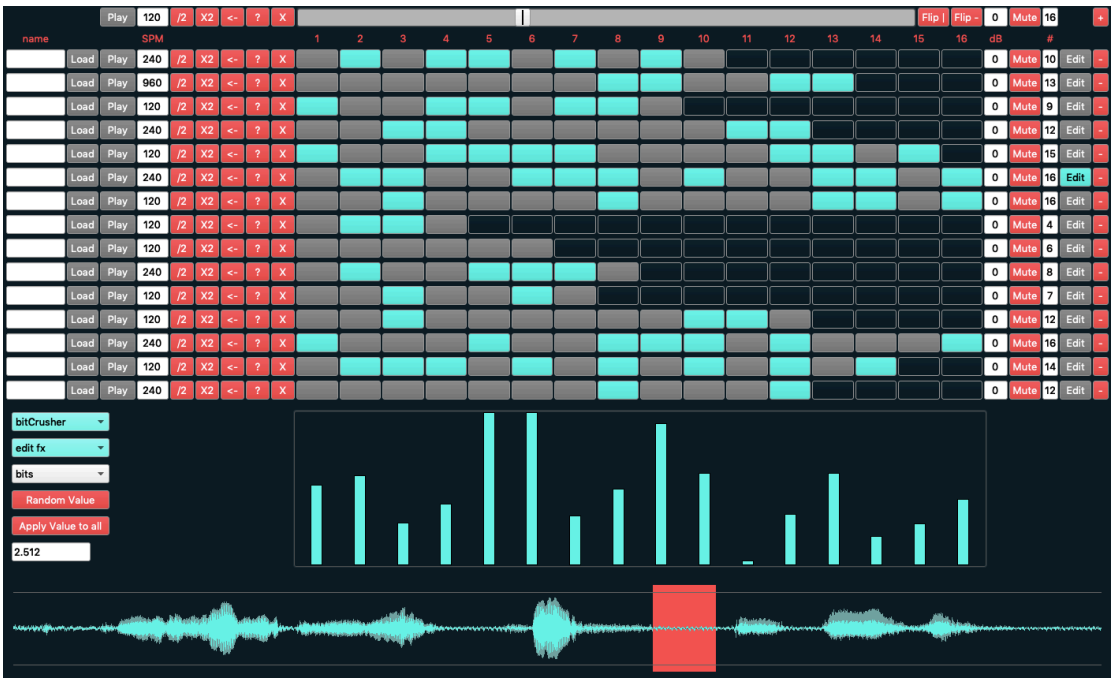


Abb. 9 EFFEX Sequencer 2.0 mit aktivierter Edit-View

8.1 Änderungen

Gewisse Funktionalitäten wurden vom Prototyp übernommen und um wichtige Features erweitert, andere wurden von Grund auf neu entwickelt. Das grafische User-Interface orientiert sich stilistisch im Wesentlichen an dem Vorgängermodell (siehe Abb. 9). Die SynthDefs für Klangerzeugung und Effektierung wurden vom Prototypen 1.0 übernommen, jedoch um einige zusätzliche Parameter ergänzt. Die durchgeführten Änderungen betreffen in erster Linie die Einteilung der Programmierung in eine Reihe von SuperCollider-Klassen, die den Code des EFFEX Sequencers 2.0 übersichtlich gliedern. Neben dem Routing der Effekte, der Ausweitung der musikalischen Flexibilität des Sequencers und der resizeable Benutzeroberfläche wurde der EFFEX Sequencer 2.0 auch übersichtlicher und intuitiver gestaltet. Darüber hinaus ist es mit dem EFFEX Sequencer 2.0 nun möglich alle Klangsynthese- und Effekt-Parameter pro Track individuell zu automatisieren. Auf Grund der variablen Eigenschaft der Tracks

in Bezug auf deren Steplänge und Tempo, können sowohl polymetrische als auch polyrhythmische Strukturen erzeugt werden.

Eine Auflistung der wichtigsten Änderungen bzw. Erweiterungen gegenüber dem Vorgängermodell:

- Resizeable Window
- 1-16 Steps, die für jeden Track individuell gewählt werden können
- Individuelles Tempo für jeden Track
- Tempoverdoppelung bzw. Tempohalbierung (global und pro Track)
- Play / Pause / Reset aller, und jedes einzelnen Tracks
- Erweiterung von Klangsynthese-Parametern
- Automation aller Klangsynthese-Parametern und der acht Effekte
- Hinzufügen und Löschen von Tracks
- Flexibles Routing bei dem jeder Effekt jedem Track zugewiesen werden kann

8.2 EFFEX Klassen für SuperCollider

Wie bereits erwähnt gliedert sich der Code des EFFEX Sequencers 2.0 in eine Reihe von Klassen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

EFFEXSequencer.sc

Das File EFFEXSequencer.sc bildet die Hauptklasse. Hier befinden sich alle benötigten SynthDefs wie Step-, NoEffect-, Master- und Effekt-Synths). Diese werden in der compileSynthDefs Methode erzeugt. Die Synths werden anschließend in stepsGroup und effectsGroup zusammengefasst.

Die EFFEXSequencer-Klasse sorgt auch dafür, dass einzelne Tracks hinzugefügt und gelöscht werden können. Dies geschieht in der EFFEXTrackView. Die maximale Anzahl von Tracks und Steps wird auf 16 begrenzt.

Das Objekt EFFEXSequencer erzeugt einen Sequencer mit einer gewissen Anzahl an Tracks. Mit dem Argument numTracks kann beim Aufrufen die Anzahl der Tracks übergeben werden. z. B. x = EFFEXSeqeuncer.new(8);

Sobald die Zeile ausgeführt wird, wird ein Sequencer mit einer grafischen Benutzeroberfläche erzeugt. In dem oben angeführten Beispiel hat der Sequencer acht Tracks. Das Fenster gliedert sich in headerView, editView und SoundFileView, die in dieser Reihenfolge untereinander platziert werden. In der updateLayout Methode werden alle übrigen Layouts der anderen Klassen mit einem VLayout zusammengesetzt. Durch die variable Fenstergröße kann der EFFEX Sequencer 2.0 für unterschiedlichste Bildschirmgrößen verwendet werden.

EFFEXParam.sc

Wie in dem nachfolgenden Musterbeispiel veranschaulicht, besteht der EFFEXParam aus einem Namen, Parameterwerten, einem Default-Wert, Anzahl der Steps, einem Spec und Mapfunktionen. Bsp: EFFEXParam(synthArgName, paramValues, defaultValue, enforcedNumSteps, spec, mapFunc, unmapFunc). Mit einem EFFEXParam können Argumente eines SynthDefs übergeben, und folglich gesteuert werden.

Es wird ein PatternProxy erzeugt, der als Source einen infiniten Pseq mit gesetzten Werten und einem Offset hat. Ein PatternProxy verweist auf einen Eventstream der während er spielt durch die setValues Methode verändert werden kann.

Wird die Länge der Steps durch enforceNSteps vergrößert, werden Default-Werte in das Array eingefügt.

EFFEXModules.sc

Die Klasse gliedert sich in drei Teile: EFFEXModule
EFFEXStepModule
EFFEXEffectModule

Dem EFFEXModule wird ein Instrumenten-Name und ein Array von EFFEXParams übergeben. Es kann gestartet, pausiert und resetet werden. Darüber hinaus verfügt das EFFEXModule über einen eventStreamPlayer und erzeugt die Parameter für ein Instrument. Die benötigten Busse werden via busParams in ein Dictionary geschrieben. Sie werden gebraucht, um die einzelnen Module mit dem Track zu verbinden. Der EventStreamPlayer wird von den Subklassen aus über die makePlayer Methode gesteuert. Die Subklassen sind die beiden Module EFFEXStep und EFFEXEffect. Sie verfügen beide über einen Pbind als EnventStreamPlayer. Ihnen wird jeweils ein Name und die unterschiedlichen Parameter der SynthDefs in Form von EFFEXParams in einem Array übergeben.
Der Pbind des EFFEXStepModuls startet jeden Step einen eigenen Synth, der sich nach dem Step selbst löscht.
Dem EFFEXEffectModule werden alle Effektsynths mit ihren jeweiligen Argumenten und ihrem ControlSpec übermittelt. In der makePlayer Methode wird ein Pbind erzeugt, der für jeden Step einen Synth startet und ihn auch hier löscht, sobald der Step vorbei ist.

EFFEXTrack.sc

Die Klasse besteht aus verschiedenen Methoden, die festlegen wie sich ein Track zusammensetzt und welche Funktionsweisen er hat.
In der init-Methode werden die Busse trackBus bzw. masterBus definiert und der masterSynth erzeugt.
Einem Track wird die Anzahl der Steps, der Buffer und das Tempo übergeben. In setTempo wird hierfür eine TempoClock erzeugt, die für die zeitliche Exaktheit und Synchronisation verantwortlich ist. Das Tempo wird in mit SPM (Steps Per Minute)

angegeben, um keine übliche Unterteilung in Achtel- oder Sechzehntelnoten vorzugeben. Es können bis zu 1920 Steps pro Minute abgespielt werden.
Ein Track kann gestartet, pausiert, resetet und gemutet werden. Darüber hinaus kann auch die Lautstärke geregelt werden.
In makeStepModules können Parameter mittels EFFEXParams hinzugefügt und mit Hilfe eines ControlSpecs mit Minimalwert und Maximalwert skaliert, und mit einem Defaultwert initialisiert werden. Die Kurve der einzelnen Parameter kann als linear oder exponentiell festgelegt werden.
Ebenfalls werden in der EFFEXTrack-Klasse die EffektModule erzeugt und gesetzt. Alle Effekt-Synths werden in der initEffectDefs-Methode erstellt und in ein Dictionary gelegt.

EFFEXTrackView.sc

In dieser Klasse werden die grafischen Elemente der Tracks erzeugt.
Die einzelnen Bestandteile wie Buttons, Regler oder NumberBoxes werden mit einem HLayout nebeneinander positioniert. Auch das Lauflicht der einzelnen Tracks, welches die momentane Position im Track anzeigt, wird in dieser Klasse generiert.

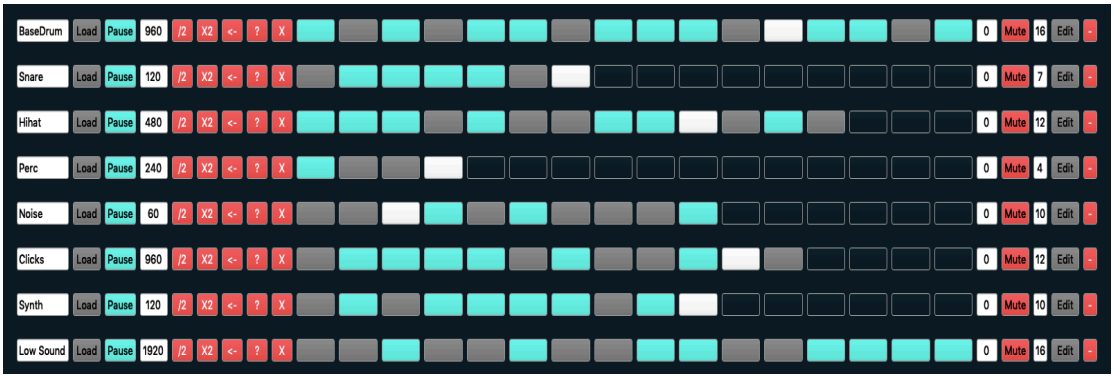


Abb. 10 Tracks in der TrackView

Tracks sind wie folgt aufgebaut (von links nach rechts):

Textfield - Load Soundfile - Play/Pause – Tempo - Tempo/2 - TempoX2 -
Reset to start – Activate random Steps - Delete active Steps – Step Buttons – TrackVolume – Mute/Unmute - Number of Steps - Edit Mode - Add/Remove Track.

EFFEXHeaderView.sc

Der HeaderView-Klasse stellt einen Master-Track dar und unterscheidet sich in Aufbau und Funktionalität von den übrigen Tracks. Mit dem Master-Track können globale, für alle Tracks geltende Einstellungen getroffen werden. Dazu gehören Play/Pause, Tempo, Anzahl der Steps, Reset, Aktivierung von zufälligen Steps im Grid und Einstellung über deren Wahrscheinlichkeit, Spiegelung der Sequencer-Matrix über zwei Achsen (horizontal und vertikal), sowie das Hinzufügen bzw. Löschen von Tracks.

Der Master-Track besteht ausfolgenden Elementen (von links nach rechts):

Play- Tempo - Tempo/2 - TempoX2 - Reset to start - Random Steps - Delete active Steps – RandomAmountSlider – FlipVertical – FlipHorizontal – GlobalVolume - Mute/Unmute - Number of Steps – Add Track.

Der Play-Button kann mit der Leertaste der Tastatur betätigt werden. So können alle Tracks bequem gestartet und pausiert werden.

Auch hier werden die einzelnen grafischen Elemente wie Buttons, Slider oder NumberBoxes werden mit einem HLayout nebeneinander positioniert.

EFFEXLabelsView.sc

Unterhalb der HeaderView befindet sich die EFFEXLabelsView. Für eine bessere Übersicht werden hier jene Buttons und Felder benannt, die nicht bereits durch ikonische Symbole bezeichnet werden. So auch die einzelnen Steps.

In Bezug auf ihre Position verhalten sich die Beschriftungen der EFFEXLabelsView gleich wie die Buttons. Dadurch wird auch bei Veränderung der Fenstergröße eine Übereinstimmung gewährleistet.

EFFEXEditView.sc

Im Gegensatz zu HeaderView, TrackView und SoundFileView kann die EFFEXEditView durch Betätigung des EditButtons in einem Track ein- bzw. ausgeblendet werden. Das Zentrum der EditView bildet ein MultSlider. Dieser hat die gleiche Anzahl an Slidern, wie der Track Steps hat.

Links davon befinden sich PopupMenus, Buttons und eine Numberbox. Wird hier eine Einstellung getroffen, wird der MultiSlider upgedated und stellt die jeweiligen Werte dar.

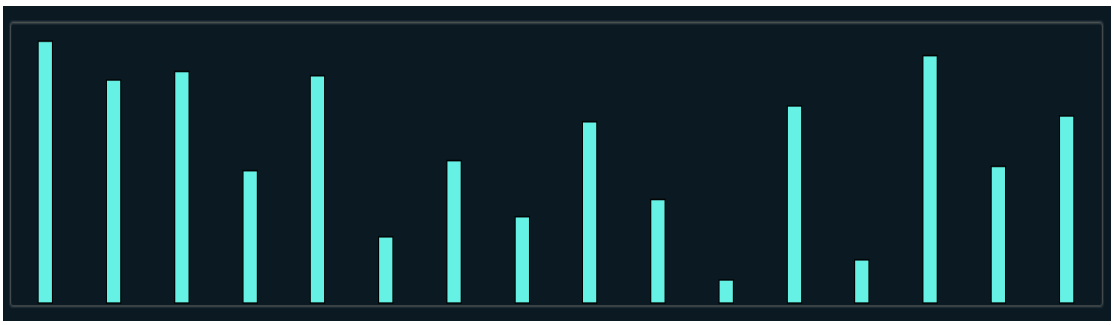


Abb. 11 MultiSlider

Im obersten PopupMenu kann pro Track ein Effekt gewählt werden. Die Effekte werden aus der EFFEXTrack-Klasse entnommen, in ein Array gepackt, alphabetisch sortiert und dem PopupMenu übergeben.

Abb. 12 kein Effekt

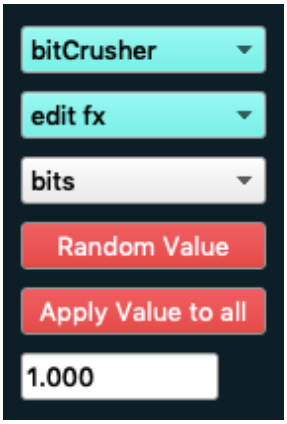


Abb. 13 Effekt bitCrusher

Wir ein Effekt ausgewählt, wechselt das darunterliegende PopupMenu von *edit step* auf *edit effect*. Im Feld darunter können die zur Verfügung stehenden Parameter des Effekts ausgewählt und im MultiSlider automatisiert werden.
Wird das PopupMenu auf *edit step* gesetzt, kann im unteren Menu auf die 19 Parameter der Klangsysnthese zugegriffen werden. Im MultiSlider können diese anschließend geändert werden. Wird die Amplitude als Parameter selektiert und auf null gesetzt, so wird der jeweilige StepButton deaktiviert. Ist ein Wert größer als null, wird der Step aktiviert.

Neben der Amplitude (Velocity) können folgende Parameter des SynthDefs ausgewählt und editiert werden:

- **Hüllkurve** (ASR):
  Attack – Sustain – Release – RandomAttack - RandomRelease

- **SoundFile**:
  Panning – RandomPanning - FilePosition – RandomFilePosition – Rate – RandomPitch - Reverse – Trigger – RandomTrigger

- **Pitchshifter**:
  PitchDispersion – PitchRatio – TimeDispersion – GrainSize.

Wird im PopupMenu *edit effect* selektiert (siehe Abb. 13) kann entweder keiner oder einer der acht folgenden Effekte mit den jeweiligen Parametern ausgewählt werden:

- **AmplitudenModulation**: Amplitude – Mix - ModulationsFreq
- **BitCrusher**: Amplitude – Bits – Mix – ResampleRate
- **CombFilter**: Amplitude – DecayTime – DelayTime – MaxdelayTime – Mix
- **Distortion**: Amplitude – Mix – PreAmp
- **ResonantHighPassFilter**: Amplitude – CutoffFreq – Mix – Resonance
- **ResonantLowPassFilter**: Amplitude - CutoffFreq – Mix – Resonance
- **Reverb**: Amplitude – Damp – Mix – RoomSize
- **Stutter**: Amplitude – Mix – StutterFreq

Jeder Track verfügt über einen Trackbus, der über einen Effectbus an den Masterbus geschickt wird.
Ist kein Effekt gewählt, so wird das Signal des Tracks über einen Synth mit dem Namen *noEffect* an den Master-Synth geschickt. Der noEffect-Synth verhält sich wie ein Effekt, durch den das Signal geleitet wird. Im Unterschied zu den restlichen Effekten führt er jedoch zu keiner klanglichen Veränderung.

Wird eine Effektwahl aus den oben genannten acht Effekten getroffen, wird ein Effect-Synth mit dem Namen des gewählten Effekts erzeugt, und ab dem nächsten Step hörbar gemacht. Jeder Effektbus spielt auf einen Masterbus, der vom Master-Synth gelesen wird. Mit dem Master-Synth kann die Lautstärke des Tracks geregelt werden. Wird ein Effekt gewechselt, so wird ein neuer Effekt-Synth erzeugt und der alte Effekt-Synth gelöscht.

Mit dem *randomValueButton* (siehe Abb. 13) können den Parametern der Effekte, und den Klangsynthese-Parametern zufällige Werte (innerhalb der jeweiligen Spektren) übergeben werden. Der zuletzt geänderte Wert des MultiSliders wird in einer NumberBox angezeigt (siehe Abb. 13). Mit dem *applyValueToAllButton* kann dieser Wert für alle Steps gesetzt werden.

EFFEXSoundFileView.sc

In der SoundFileView Klasse wird die Wellenform des geladenen Samples eines Tracks grafisch dargestellt. Die Wahl der Farben für die Darstellung der Wellenform entspricht dem verwendeten Farbschema. Es können sowohl Mono-, als auch Stereofiles angezeigt werden. Die aktuelle Position und Step-Dauer des Samples wird für jeden Step in Form eines roten Balkens in Echtzeit angezeigt.

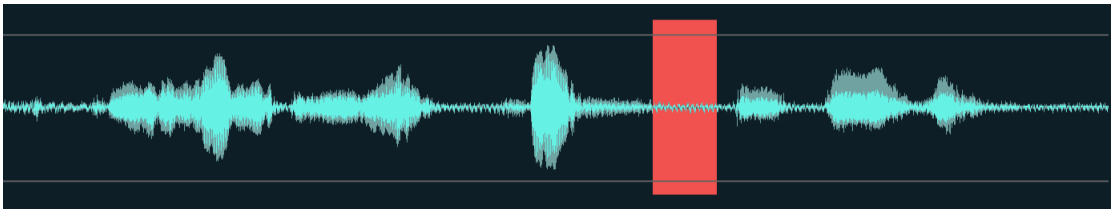


Abb. 14 SoundFileView

9. Einsatzmöglichkeiten

Der EFFEX Sequencer 2.0 stellt in seiner momentanen Form sowohl ein universales Tool für musikalische und kompositorische Anwendungen als auch für spontane Klangexperimente dar. Potentielle Einsatzmöglichkeiten findet der Sequencer als Instrument in Livesituationen auf der Bühne oder bei Jamsessions, für Musikproduktionen im Studio oder als Tool für klangliche Gestaltungen im Bereich des Sound Designs.

10. Etwaige Verbesserungen

Auf Grund des zeitlich begrenzen Rahmens dieser Masterarbeit konnten letztlich nicht alle Vorhaben und Features des EFFEX Sequencers 2.0 realisiert werden. Folgende Verbesserungen oder weiterführende Projekte könnten in Zukunft durchgeführt werden:

- Speichern und Laden von Setups.
- Implementierung von Groove-Parametern, um die zeitlich fixierte Dauer der Steps flexibel zu gestalten. Dadurch könnten synkopische Rhythmen erzeugt werden.
- Sync-Option mit externen MIDI-Clocks von DAWs oder Hardware.
- Standalone-Application, um die Verwendung des EFFEX Sequencers 2.0 niederschwelliger und einfacher zu gestalten.
- Erstellung eines VST-PlugIns in JUCE oder einer ähnlichen Umgebung, um die Einbindung in DAWs zu erleichtern.
- Implementierung von Multitouch um die Interaktion / Usability zu verbessern.

11. Resümee

In dieser schriftlichen Arbeit wurden anhand von musikhistorischen Entwicklungen und den angeführten Beispielen, die für den EFFEX Sequencer relevanten Kernthemen Repetition, Zufall und Geräusch veranschaulicht.

Die Erweiterung von zugrundeliegenden Prinzipien von Sequencer-Systemen bringt neue klangliche und musikalische Ergebnisse mit sich. Ausschlaggebend hierfür sind beim EFFEX Sequencer 2.0, neben der generellen Strukturierung und dem Aufbau der Tracks, mit individuellem Tempo und flexiblen Steplängen, auch die getroffene Wahl der Effekte. Seine Klanglichkeit erhält der Sequencer neben den implementierten Effekten auch durch die Art und Weise der Synthese, und wie auf diese zugegriffen wird. Darüber hinaus können durch die Möglichkeit von hohen Tempi, klanglich komplexe, bis ins geräuschhafte gehende Sounds erzeugt werden.

Ich freue mich, wenn der EFFEX Sequencer 2.0 von Musikschaffenden verwendet und gegebenenfalls erweitert wird!

12. Literaturverzeichnis

Arar, Raphael und Ajay, Kapur: „A History of Sequencers. Interfaces for organizing pattern-based music“, in: *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference Stockholm* (2013), S. 383-388.

Beyls, Peter: „Chaos and Creativity. The Dynamic Systems Approach to Musical Composition“, in: *Leonardo Music Journal* Vol.1, Nr. 1 (1991), S. 31-36.

Butler M. (2006). *Unlocking the Groove: Rhythm, Meter, and Musical Design in Electronic Dance Music*. Bloomington: Indiana University Press.

Cardew, Cornelius: „John Cage. Ghost or Monster ?“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 8 (1998), S. 3-4.

Cascone, Kim: „The Aesthetics of Failure. ’Post-Digital’ Tendencies in Contemporary Computer Music“, in: *Computer Music Journal* Vol. 24, Nr. 4 (Winter 2000), S.12-18.

Collins, Nick: “The BBCut Library“, in: *Proceedings of the International Computer Music Conference* (2002), S. 1- 4.

Chadabe, Joel: „The History of Electronic Music as a Reflection of Structural Paradigms“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 6 (1996), S. 41-44.

Cowles, Henry M.: „Hypothesis Bound. Trial and Error in the Nineteenth Century“, in: *Isis* Vol. 106, Nr. 3 (Sep. 2015), S. 635-645.

Davies, Hugh: „Sequencer“, in: *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Bd. 23, 2. Auflage, hg. von Stanley Sadie, London 2001, S. 108.

Garcia-Carril Puy, Nemesio: “Musical Minimalism and the Metaphysics of Time“, in: *Revista Portuguesa de Filosofia* Vol. 74, Nr. 4 (2018), S. 1267-1306.

Gottstein, Björn: „Die musikalische Maschine. Wie der Computer die neue Musik und die neue Musik den Computer verändert haben“, in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 172, Nr.1 (1991), S. 20-23.

Hoogerwerf, Frank W.: „Cage Contra Stravinsky, or Delineating the Aleatory Aesthetic“, in: *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* Vol. 7, Nr. 2 (Dez. 1976), S. 235-247.

Jensen, Marc G.: „John Cage, Chance Operations, and the Chaos Game. Cage and the ‘I Ching’ “, in: *The Musical Times* Vol. 150, Nr. 1907 (Sommer 2009), S. 97-102.

Johnson, Timothy A.: „Minimalism. Aesthetic, Style, or Technique?“, in: The Musical Quarterly Vol. 78, Nr. 4 (Winter 1994), S. 742-773.

Joseph, Branden W.: „The Play of Repetition. Andy Warhol's ‚Sleep‘ “, in: *Grey Room* Nr. 19 (Spring 2005), S. 22-53.

Link, Stan: „The Work of Reproduction in the Mechanical Aging of an Art. Listening to Noise“, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 1 (Frühling 2001), S. 34-47.

Lochhead, Judy: „Hearing Chaos“, in: *American Music* Vol. 19, Nr. 2 (Sommer 2001), S. 210-246.

Middleton, Richard: „‘Play It Again Sam’. Some Notes on the Productivity of Repetition in Popular Music“, in: *Popular Music* Vol. 3 (1983), S. 235-270.

Müller, Hermann-Christoph: „Weniger ist mehr. Low-Tech-Konzepte und die Kunst der Verkehrung“, in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 168, Nr.1 (1991), S. 16-19.

Nierhaus, G. (2009). *Algorithmic Composition: Paradigms of Automated Music Generation*. Wien: Springer.

Ornstein, Ruby: „The Five-Tone Gamelan Angklung of North Bali“, in: *Ethnomusicology* Vol. 15, Nr. 1 (Jan. 1971), S. 71-80.

Riley, Howard: „Aleatoric Procedures in Contemporary Piano Music“, in: The Musical Times Vol. 107, Nr. 1478 (Apr. 1966), S. 311-312.

Rimmon-Kenan, Shlomith: „The Paradoxical Status of Repetition“, in: *Poetics Today* Vol. 1, Nr. 4 (Sommer 1980), S. 151-159.

Rutz, H. (2018). Algorithms under Reconfiguration. M. Schwab (Hg.), *Transpositions* (S. 149-176). Leuven: Leuven University Press.

Stiles, James: „The Decline of Serialism and the New Romanticism. Control and Chance in the New Music“, in: *College Music Symposium* Vol. 19, Nr. 1 (Frühling 1979), S. 94-102.

Straebel, Volker: „From Reproduction to Performance. Media-Specific Music for Compact Disc“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 19 (2009), S. 23-30.

Stuart, Caleb: „Damaged Sound. Glitching and Skipping Compact Discs in the Audio of Yasunao Tone, Nicolas Collins and Oval“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 13, (2003), S. 47-52.

Sutton, R. Anderson: „Humor, Mischief, and Aesthetics in Javanese Gamelan Music“, in: *The Journal of Musicology* Vol. 15, Nr. 3 (Sommer 1997), S. 390-415.

Tunali, Funda Senova: „Glint. Audiovisual Glitches“, in: *Leonardo* Vol. 45, Nr. 3 (2012), S. 296-297.

Wegner, Ulrich: „Cognitive Aspects of Amadinda Xylophone Music from Buganda: Inherent Patterns“. In: *Ethnomusicology* Vol. 37, Nr. 2 (Frühling-Sommer 1993), S. 201-241.

Wieschollek, Dirk: „Illusionsmuster, Präzisionsmechanismen, kaputte Maschinen. Das Prinzip Hochgeschwindigkeit in der Musik von György Ligeti“, in: *Neue Zeitschrift für Musik* Vol. 176, Nr. 3, S. 26-31.

Winkler, Todd: „Making Motion Musical. Gesture Mapping Strategies for Interactive Computer Music“, Publishes in Proceedings of the International Computer Music Conference, 1995, S. 1-4.

13. Onlinequellen

[1] Text einer Webseite: *Wikipedia*; [online verfügbar: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Music_sequencer, abgerufen am 19.1.2020].

[2] Text einer Webseite: *Wikipedia*; [online verfügbar: URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Tracker_(Musik), abgerufen am 19.1.2020].

[3] Text einer Webseite: *Wikipedia*; [online verfügbar: URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Databending, abgerufen am 19.1.2020].

[4] Webseite: [online verfügbar: URL: http://illformed.com/glitch/, abgerufen am 19.1.2020].

[5] Webseite: [online verfügbar: URL: https://sugar-bytes.de/effectrix, abgerufen am 19.1.2020].

[6] Webseite: [online verfügbar: URL: http://mdsp.smartelectronix.com/livecut/, abgerufen am 19.1.2020].