

# Modulare Synthesizer

Vorgelegt von:

Fabian Eckenfelder

Matrikelnummer 41101

[fe043@hdm-stuttgart.de](mailto:fe043@hdm-stuttgart.de)

Am 27.07.2022

Im Modul:

Seminar Ton

Prof. Oliver Curdt

# Inhaltsverzeichnis

## 1. Einführung

1.1. Thema der Ausarbeitung

1.2. Ziel der Ausarbeitung

## 2. Geschichtlicher Hintergrund

2.1. Erste elektronische Klangerzeuger

2.2. Modulare Systeme

2.3. Monophone & polyphone Synthesizer

2.4. Digitale Synthesizer

## 3. Grundlagen

3.1. Was ist ein Synthesizer

3.2. Genereller Aufbau eines Synthesizer

3.3. Arten von Synthese

3.3.1. Additive Synthese

3.3.2. Subtraktive Synthese

3.3.3. Frequenzmodulationssynthese

3.3.4. Wavetable-Synthese

3.3.5. Granularsynthese

3.3.6. Physical Modelling

## 4. Formate und Normen von Modularen Synthesizern

4.1. Vor- und Nachteile von Modularen Synthesizern

4.2. Notwendigkeit von Formaten und Normen

4.3. Abgrenzung verschiedener Spannungen

4.3.1. Control Voltage (CV)

4.3.2. Trigger/Gate

4.3.3. Clock

#### **4.3.4.Pitch**

### **5. Module**

#### **5.1. Einfache Module**

##### **5.1.1. Voltage Controlled Oscillator**

##### **5.1.2. Filter**

###### **5.1.2.1.Ladder filter**

###### **5.1.2.2. Steiner-Parker Filter**

###### **5.1.2.3. Korg Filter**

##### **5.1.3. Hüllkurve**

##### **5.1.4. LFO**

##### **5.1.5. Voltage Controlled Amplifier**

#### **5.2. Utility Module**

##### **5.2.1. Mixer**

##### **5.2.2. Attenuator**

##### **5.2.3. Offset**

##### **5.2.4. Multiple**

#### **5.3.Spezielle Module**

##### **5.3.1. Sample & Hold**

##### **5.3.2. Quantizer**

##### **5.3.3. Clock Divider**

##### **5.3.4.Bernoulli Gate**

##### **5.3.5. Sampler**

##### **5.3.6.Granular Synthesis**

##### **5.3.7.Wavetables**

### **6. Bespielung**

#### **6.1. Keyboard**

### **6.1.1.Polyphonie**

### **6.2.Sequenzer**

### **6.3.Generative Music**

## **7. Patches**

### **7.1. Einfache Synthesizer-Stimme**

### **7.2. Drumsounds**

#### **7.2.1. Kick**

#### **7.2.2.Hi-Hat**

#### **7.2.3.Snare**

### **7.3. Einfacher Beat durch Clock Divider**

### **7.4. Clock Modulation**

### **7.5. Generativer Patch**

## **8. Liste bekannter Nutzer von Modularen Systemen**

## **9. Quellenverzeichnis**

## **1. Einführung**

### **1.1 Thema der Ausarbeitung**

Diese Ausarbeitung befasst sich mit der Klangerzeugung mit Modulare Synthesizern. Modulare Synthesizer überzeugen mit hoher Flexibilität und großem Möglichkeitenreichtum eine große Anzahl von Sounddesignern und Musikern. Aufgrund Dessen ist die Wahl des Themas für diese Ausarbeitung auf Modulare Synthesizer gefallen.

Zunächst wird auf die Geschichte und die grundlegende Funktion von Synthesizern, unterschiedliche Formen der Klangsynthese und den Aufbau einer einfachen Synthesizer Stimme eingegangen, sowie der Terminus Modulare Synthesizer erklärt. Des Weiteren werden verschiedene Varianten und Normen von Modulare Synthesizers, Formate genannt, vorgestellt und einfache Module im aktuell populärsten Format 'Eurorack' erklärt. Abschließend werden die in dieser Arbeit vermittelten Kenntnisse anhand von Anwendungsbeispielen vertieft.

### **1.2 Ziel dieser Ausarbeitung**

Ziel dieser Ausarbeitung ist, dem Leser ein tieferes Verständnis für Modulare Synthesizer zu Vermitteln, sodass diese\*r einfache Patches an einem beliebigen System schaffen kann. Dazu soll ein Verständnis für einfache Module und Kenntnis von einigen komplexeren Module vermittelt werden. Nicht nur soll das Verständnis für Modulare, aber auch für herkömmliche Synthesizer vertieft werden, da die Funktion grundlegend die gleiche ist. Auch soll die Arbeit inspirieren mit alternativen Methoden der Klangerzeugung zu inspirieren und die gewohnte Arbeitsweise einmal hinter sich zu lassen.

## 2. Geschichtlicher Hintergrund

### 2.1 Erste Elektronische Klangerzeuger

Das frühe 20. Jahrhundert sah Entwicklungen wie das Telharmonium, Trautonium, die Ondes Martenot und das Teremin.

Das Telharmonium gilt als erstes elektronisches Musikinstrument, es wurde über einen Orgelspieltisch mit mehreren anschlagdynamischen Klaviaturen gespielt und wurde erstmals 1900 von Thaddeus Cahill erbaut. Mit dem Telharmonium konnten Musikstücke über das Telefonnetz übertragen werden. Da es zu dieser Zeit noch keine elektrischen Verstärker gab, wurden Wechselstromgeneratoren verwendet, die jeweils einen einzelnen Ton erzeugten. Nahm das Telharmonium die Größe einer Kathedralenorgel ein und wog etwa 200 Tonnen. Über eine komplexe Schaltung von Schaltern und Transformatoren konnte durch Methoden der additiven Synthese verschiedene Klangfarben erzeugt werden.

Das einzige Musikinstrument was ohne Berührung gespielt wird und noch bis heute verbreitet ist, ist das Teremin. Der Spieler steuert durch die Position der Hände relativ zu zwei Elektroden die Tonhöhe sowie die Lautstärke. Der Spieler fungiert durch seine Masse als Erdung. Beim Bewegen der Hand wird der LC-Schwingkreis des kapazitiven Abstandssensors in Frequenz und Güte verändert. Da die Kapazitätsänderungen, die durch die Bewegung der Hände hervorgerufen wird, sehr klein ist, muss die Grundfrequenz des Schwingkreises deutlich oberhalb des für den Menschen hörbaren Bereichs liegen um eine nennenswerte Frequenzänderung hervorzurufen. Um einen hörbaren Ton zu gewinnen wird der Hochfrequente Ton (bei frühen Exemplaren 500 kHz, später im Bereich 100 kHz - 1 MHz) mit dem Ton eines weiteren Oszillators, dies erzeugt hörbare Summen und Differenzfrequenzen.

Unter den frühen elektronischen Musikinstrumenten waren die Ondes Martenot wohl am verbreitetsten. Das Instrument arbeitet wie das Theremin mit einem Schwebungssummer, dessen Klang mit filtern verändert wird. Gespielt wird das Instrument mit einem sieben Oktaven umfassendes Manual oder eines Ringes (Glissandi) während mit der linken Hand Dynamit und Filterung gesteuert wird.

1930 wurde das Trautonium vorgestellt, das Sägezahnwellen erzeugt, indem eine über eine Metallschiene und mit Widerstandsdraht umwickelte Saite auf die Metallschiene heruntergedrückt wird und dabei elektrischen Kontakt herstellt. Durch diesen variablen Widerstand wird ein Kondensator aufgeladen, zu dem eine Glimmlampe, später eine Thyatron-Röhre, parallel geschaltet ist. Sobald die Zündspannung der Glimmlampe erreicht ist, wird der Kondensator schlagartig entladen, was zu einer Kippschwingung (Sägezahnschwingung) führt. Dabei wird die Frequenz durch die Stelle, an der der Widerstandsdraht die Metallschiene berührt, bestimmt. Des Weiteren verfügt es über einen Kohledruckwiderstand

unter der Metallschiene zu Lautstärkeregelung, sowie einem sogenannten Formantfilter, der durch Schwingkreise versucht Resonanzanhebungen der Mundhöhle nachzubilden. Eine künstlerische Möglichkeit bot sich durch das Drahtmanual, wodurch mikrotonale Intervalle gespielt werden können.

## **2.2 Modulare Systeme**

Frühe Synthesizer waren meist Modular aufgebaut. Das heißt, dass die einzelnen Bausteine des Synthesizers nicht fest verlötet sind, sondern mit Patchkabeln verbunden werden müssen.

Den ersten Synthesizer stellte Robert Moog 1964 vor. Zeitgleich entwickelte Don Buchla seinen ersten Synthesizer. Durch Moog etablierten sich Standards, die es ermöglichten verschiedene Synthesizer zu verknüpfen, wie zum Beispiel der 1V/Oktave Standard zu Tonhöhensteuerung. Aufgrund der enormen Größe wurden Modulare Systeme zu Gunsten von integrierten Keyboard Synthesizern wie dem Mini-Moog in den späten Siebzigern aus der Pop-Musik verdrängt. Bis zu den Neunzigern wurden Modulare Systeme nur noch in Subgruppen genutzt, billigere und kompaktere digitale Synthesizer waren attraktiver. Seit den späten Neunzigern erfreuen sich Modulare Synthesizer einem Aufschwung an Beliebtheit, physische Standards und niedrige Produktionskosten vereinfachen den Aufbau eines Modulare Systems, Interessierte können mit kostenlosen, virtuellen Systemen wie Vcv Rack, Max/MSP, Reaktor etc. Einblicke in die Welt der Modulare Synthese erlangen.

## **2.3 Monophone & polyphone Synthesizer**

Frühe Synthesizer waren meist monophon, das heißt es kann nicht mehr als ein Ton auf einmal gespielt werden. Einige Ausnahmen wie zum Beispiel der Moog Sonic Six, ARP Odyssey und EML 101 waren zweistimmig Polyphon, es konnten bis zu zwei Noten gleichzeitig gespielt werden. Bis in die Mittsiebziger wurde Polyphonie über das Prinzip der elektrischen Orgel (Oktavteiler) realisiert, das Prinzip nutzen Synthesizer wie der ARP Omni oder der Moog Polymoog. Mitte der Siebziger kamen echt polyphone Synthesizer auf den Markt, mit 4 Oszillatoren, die jeweils eine eigene Hüllkurve besaßen. Als erster Polyphoner Synthesizer gilt der Yamaha GX-1, Ein weiterer Meilenstein war der Prophet-5, der bis heute einen legendären Ruf innehat von Sequential Circuit, der zu fünffacher Polyphonie mit einer Mikroprozessorsteuerung ausgestattet war, sodass dieser programmierbar war.

## **2.4 Digitale Synthesizer**

Die frühen digitalen Synthesizer waren geprägt von der FM Synthese. Wenn auch diese analog möglich war, sie basiert im Prinzip nur auf der Modulation eines Oszillators durch einen anderen Oszillator zur Erzeugung obertonreicher Klänge, so war dies digital leichter umzusetzen. Das Patent für die FM Synthese wurde von

Yamaha angemeldet, die auch erste FM Synthesizer wie den GS-1 und GS-2 auf den Markt brachten, die sich aufgrund der großen Baugröße und dem hohen Gewicht nicht durchsetzten. Ein Erfolg, der den Klang der Popmusik der Achtziger geprägt hat war der 1983 erschienene DX7 von Yamaha. Nachdem das Patent ausgelaufen ist verbreitete sich die FM Synthese weit.

Eine parallele Entwicklung, die bis heute nur an Beliebtheit gewonnen hat und aus der Popmusik nicht wegzudenken ist, aber auch die Filmmusik stark geprägt hat ist das Sampling. Die Möglichkeit natürliche Klänge aufzunehmen und dann mit einem Keyboard zu spielen bestand vorher zwar schon mit dem Tonbandgetriebenen Mellotron, war aber recht komplex, teuer und klanglich nicht immer überzeugend. Den ersten Sampler veröffentlichte Fairlight CMI im Jahre 1979. Während Sampler anfangs sehr teuer waren, kam 1985 mit dem Mirage von Ensoniq der erste massentaugliche Sampler auf den Markt, seitdem steigt die Einstiegshürde. Heute sind in praktisch jeder DAW Sampler enthalten, kostenlose oder kostengünstige Samplerplugins mit riesigen Sample-Bibliotheken von diversen Herstellern verfügbar. Dies ermöglicht es jedem praktisch jedes Instrument auf einfachem, kosteneffektivem Weg zur Verfügung zu haben.

Eine weitere Innovation war das Physical-Modelling, das Anfang der 1990er aufkam. Es werden die Klänge reeller Instrumente durch Mathematische Modelle nachgebildet. Zu Grunde liegt der Karplus-Strong-Algorithmus und leistungsfähige digitale DSP Einheiten, die erst in den Späten Achtzigern entwickelt wurden.

Die neueste Innovation, die die Tür zur Welt der Synthese jedermann eröffnen sind Software Synthesizer, Hierbei gibt es Emulationen von praktisch jedem Synthesizer-Klassiker sowie Neukreationen. Die meisten DAWs werden mit einer Vielzahl von eigenen Softwaresynthesizern angeliefert und zahlreiche Hersteller bieten ein großes Angebot an kostenlosen und -pflichtigen Plugins an.

## **3. Grundlagen**

### **3.1 Was ist ein Synthesizer?**

Ein Synthesizer ist ein elektronisches Musikinstrument, das durch unterschiedliche Methoden Klänge erzeugt, die in ihrer Klangfarbe verändert werden können und entweder über Keyboards oder sog. Sequenzer gespielt werden. Es wird unterschieden zwischen analogen und digitalen, sowie Software Synthesizern.

### **3.2 Genereller Aufbau eines Synthesizers**

Am Anfang steht immer eine Schallquelle. Dies ist meist ein Oszillator - eine Elektrische Schaltung, die eine Schwingung erzeugt - im Falle von Samplern eine Audiodatei. Die Tonhöhe des Oszillators wird im Analogen durch eine Steuerspannung bestimmt, im Digitalen durch einen Zahlenwert, daher die Bezeichnungen VCO (Voltage Controlled Oscillator) und DCO (Digitally Controlled Oscillator).

Das Timbre des Klanges wird hauptsächlich durch Filter bestimmt. Meistens handelt es sich um Tiefpass-Filter, Hochpass, Bandpass und seltener auch Bandsperre. Auch die Filter sind Spannungsgesteuert, moduliert wird meist die Grenzfrequenz und die Resonanz.

Die Dynamik des Klanges wird durch den Voltage Controlled Amplifier (VCA) geregelt. VCAs verarbeiten Steuerspannung entweder linear oder exponentiell, zur Steuerung von Klängen wird die exponentielle Bauart bevorzugt, zur Steuerung von Steuerspannungen die lineare. Die Hauptfunktion der VCAs liegt nicht im Lautstärkegewinn, sondern in der Abschwächung und der Regelung des Lautstärke-Verlaufs eines Tons. Gesteuert wird der VCA meist durch eine Hüllkurve, ein Spannungsverlauf, der meist Regelbar in Attack (Anschwellzeit) - die Zeit bis das Maximum erreicht ist - Decay (Abklingzeit), die Zeit bis der Verlauf auf den Dauerpegel (Sustain) gefallen ist und Release (Aus klingzeit) - die Zeit bis die Spannung wieder auf Null gefallen ist.

Um Bewegung in den Klang zu bekommen wird oft zu Modulation durch Niedrigfrequenz-Oszillatoren gegriffen (LFO), Oszillatoren mit Frequenzen deutlich unter der Menschlichen Hörschwelle. So könne zum Beispiel durch die Modulation der Frequenz eines Oszillators Vibratoeffekte erzeugt werden.

## **4. Formate und Normen von Modulare Synthesizern**

### **4.1 Vor- und Nachteile von Modulare Synthesizern**

Auf den ersten Blick wirkt die Modulare Synthese komplex und Umständlich und es kommt die Frage auf, warum man ein großes Modulare System einem Softwaresynthesizer vorziehen würde.

Zum einen ist ein Modularer Synthesizer sehr personalisierbar, man kann sich den Synthesizer nach seinen eigenen Vorstellungen und Bedürfnisse zusammenstellen. Einhergehend damit bieten Modulare Synthesizer mehr Möglichkeiten als integrierte Synthesizer. Mit Modulen können viel speziellere Funktionen realisiert werden, die höhere Komplexität und höhere Anzahl an Steuerschnittstellen ermöglichen detailliertere Modulationen und interessantere Klänge.

Ein weiterer Grund warum sich Modulare Systeme so großer Beliebtheit erfreuen ist der Workflow. Im digitalen Zeitalter ist es für viele ein Anreiz ohne Computer

zu Musizieren, was mit integrierten Synthesizern schwierig sein kann, in einem Modularsystem können Stücke mit ausgefeilten Strukturen programmiert werden.

Ein großer Nachteil von Modularen Synthesizern ist der Preis. Einfache Module sind für ca. 80€ verfügbar, ausgefallene Module haben Preise von einigen hundert Euro, komplexe Hall-Module kosten ca. 800 Euro. Hinzu kommen Kosten für die Stromversorgung und das Case, sodass ein System schnell einen Wert von einigen tausend Euro hat.

Weitere Nachteile sind die Größe des Systems, die Tatsache, dass Einstellungen nur schwierig widerrufbar sind und das Polyphonie nur sehr schwierig und kostenaufwändig erreichbar ist.

#### **4.2 Notwendigkeit von Formaten und Normen**

Um die Benutzerfreundlichkeit zu steigern ist es wichtig, dass sich Hersteller auf gewisse Technische Daten einigen. Im Laufe der Jahre haben sich daher gewisse Standards etabliert, die zum einen die Größe der Module, die Arten der Patchkabel und die Spannungsbereiche betreffen.

Der heutzutage populärste Standard heißt Eurorack und wurde 1996 von dem Hersteller Doepfer etabliert. Die Höhe der Module ist genormt auf 3U (ca. 128mm), orientiert an dem 19" Rack-Format, die Breite meist in Vielfachen von 1 HP (Horizontal Pitch) oder ca. 5mm.

Die Stromversorgung in Form von 12 V Wechselspannung erfolgt entweder über ein 10-pin oder 16-pin Flachbandkabel. Audiosignale und Steuerspannungen werden mit 3,5mm Monoklinken ausgetauscht. Audiosignale bewegen sich typischerweise in einer Spanne von 10 V Spitze-Spitze, meist -5 bis +5V, Steuerspannungen können Bipolar oder Unipolar sein, Bipolare Steuerspannungen liegen in der Regel in einer Spanne von 5V, zum Beispiel -2,5 bis +2,5 V, Unipolare typischerweise zwischen 0 V und 8 V. Die digitalen Signale Trigger, Gate und Clock (Siehe Kapitel 4.3) reichen üblicherweise von 0V bis 5V.

Weitere Standards sind Buchla ein System das sich der additiven Synthese, erfunden von Don Buchla bedient und 7 Zoll hohe Einheiten verwendet, die mit Bananensteckern verbunden werden, die 5U hohen Moog Modular Systeme, die 6.3mm Monoklinken verwenden, oder die 6U hohen Wiard Module.

Die Spannungs-Bereiche unterscheiden sich von System zu System, sodass verschiedene Standards meist nicht kompatibel sind. Eine Norm, die sich in vielen Standards findet ist die 1v/Oktave Regel zur Steuerung der Tonhöhe.

Die folgenden Konzepte beziehen sich auf den Eurorack Standard, sind aber meist auch auf andere Standards und Integrierte Synthesizer anwendbar.

#### **4.3 Abgrenzung verschiedener Spannungen**

### 4.3.1 Control Voltage (CV)

Control Voltage ist ein Steuersignal, es sind die Ströme, die kein Audiosignal sind, sondern zur Steuerung verschiedener Parameter verwendet werden können. Steuerspannungen werden in den meisten Fällen von LFOs oder Hüllkurvengeneratoren erzeugt und modulieren Grenzfrequenzen von Filtern, Tonhöhe von Oszillatoren, die Verstärkung von VCAs oder jeden anderen Parameter mit einer designierten Patch-Stelle.

### 4.3.2 Trigger/Gate

Trigger und Gate sind digitale Signale, sie sind also entweder auf der maximalen Spannung (5V) oder 0V. Sie dienen der zeitlichen Steuerung und werden entweder durch den Tastendruck auf einem Keyboard oder einem programmierten Event in einem Sequenzer ausgelöst. Sie starten meist die Hüllkurve, die den VCA steuert, sodass ein Ton hörbar wird. Der Unterschied zwischen Trigger und Gate besteht in der Länge, die das Signal auf dem Maximum bleibt. Ein Trigger fällt sofort nach Erreichen der 5V wieder auf 0V, ein Gate bleibt solange "offen" bis das Event vorbei ist, also die Taste losgelassen, oder die Programmierung des Gates im Sequenzer endet. Durch Trigger werden perkussive Klänge erzeugt, ein Gate sorgt für Klänge, die dem eines Pianos ähneln.

### 4.3.3 Clock

Das Clock-Signal ist ebenfalls digital. Es ist ein meist stetiger Puls, der zur Synchronisation von Sequenzern oder LFOs genutzt wird. Ein Clock-Signal kann aber ebenso von einem LFO generiert werden und muss nicht stetig sein. Durch einen LFO, dessen Frequenz von einem anderen LFO moduliert wird, lassen sich variable Tempi generieren. Es gibt verschiedene Typen von Clock, die sich in ihrer zeitlichen Auflösung unterscheiden, deren Frequenz aber höher ist als die Achtelnoten des Sequenzers.

### 4.3.4 Pitch

Die Tonhöhe (Pitch) wird auch über CV gesteuert. Die Übersetzung einer Spannung in Töne der gleichstufig temperierten Stimmung erfolgt nach dem 1V/Oktave Prinzip, ein Pitch Signal von 4V produziert also einen Ton, der eine Oktave tiefer ist, als ein Ton mit einem Pitch Signal von 5V. Jede Volt-Oktave wird linear in 12 Halbtöne geteilt. Ein Volt entspricht dabei dem eingestrichenen A.

## 5. Module

### 5.1 Einfache Module

In diesem Kapitel wird auf die Module eingegangen, die benötigt werden, um eine einfache Synthesizer Stimme, wie sie in 3.2 beschrieben wurde zu erhalten. Es wird dabei nicht auf die Grundfunktionalität eingegangen, sondern Unterschiede zu den Bausteinen eines integrierten Synthesizers benannt.

### **5.1.1 Voltage Controlled Oscillator**

Oszillatoren kommen mit vielen Funktionalitäten. Wie bei integrierten Synthesizern besteht die Wahl zwischen verschiedenen Wellenformen wie Sägezahn-, Dreieck-, Puls- und Sinusschwingung. Zudem gibt es diverse "Patchpoints" - Pulsweitenmodulation, Frequenzmodulation, bei additiver Synthese CV Eingänge für die Anzahl der Teiltönen. Oszillatoren gibt es in analoger und digitaler Bauform, wobei digitale Oszillatoren den Vorteil haben, nicht gestimmt werden zu müssen.

### **5.1.2 Filter**

Neben Möglichkeiten zur Modulation von Cutoff (Grenzfrequenz), Resonanz gibt es eine Vielzahl an kreativen Modulen mit einzigartigen Funktionen, wie Overdrives, Multibandresonatoren, 1v/Oktave Eingänge zur Kontrolle des Cutoffs. Außerdem sind Filter in diversen verschiedenen Bauweisen erhältlich, die all eigene Klangcharakteristiken besitzen. Im kommenden Abschnitt möchte ich einige Filterarchitekturen kurz vorstellen.

#### **5.1.2.1 Ladder filter**

Der Ladder Filter ist das erste Voltage Controlled Filter und wurde von Robert Moog erfunden. Er hat bis heute einen Legendenstatus und wird besonders gerne für Bass-Synthesizer verwendet. Das Ladder Filter zeichnet sich durch eine "fett" klingende Sättigung bei der Tiefpassfilterung mit Resonanz aus. Technisch gesehen ist es ein LC Schwingkreis mit Kondensatoren im Querglied, was im Blockschaltbild das Bild einer Leiter ergibt. Die klassische Flankensteilheit eines Ladder Filter ist 24 db/Oktave.

#### **5.1.2.2 Steiner-Parker Filter**

Das Steiner-Parker Filter unterscheidet sich durch die Flankensteilheit, die hier nur 12 db/Oktave beträgt und für ein milderes Verhalten beim Abdämpfen von Frequenzen sorgt. Ebenso sind Steiner Parker Filter sehr gut in der Lage zu selbstoszillieren, beim Erhöhen der Resonanz erzeugt das Filter eine Sinusschwingung in der Grenzfrequenz.

#### **5.1.2.3 Korg Filter**

Kord Filter sind für ihren sehr aggressiven Klang bekannt. Es hat sowohl ein 6 db/Oktave als auch ein 12 db/Oktave Filter in Reihenschaltung, wodurch sich in Tandem-Nutzung ein Bandpassfilter ergibt.

### **5.1.3 Hüllkurve**

Neben klassischen ADSR Hüllkurvengeneratoren gibt es vereinfachte AD Envelopegenerators, bei denen meistens die Parameter Attack, Decay, Sustain, Release durch CV steuerbar sind, sowie komplexere Funktionsgeneratoren - die die Funktion einer Envelope oder auch eines LFOs annehmen können, wie Maths vom Hersteller Make Noise, bei dem die Rise- und Fall-Zeit und das Verhalten über ein Potentiometer zwischen Logarithmisch und Exponentiell eingestellt werden kann.

### **5.1.4 LFO**

LFO-Module kommen mit Modulationsschnittstellen, zum Beispiel für Frequenz, Pulsweite, Phasenverschiebung und Clock Eingänge zur Synchronisation zum Tempo der Musik.

### **5.1.5 Voltage Controlled Amplifier**

Eine Weisheit in der Welt der Modularen Synthese lautet "Man kann nie genau VCAs haben". So gibt es eine Vielzahl an VCA Modulen, kompakte Module die auf kleinstem Raum acht VCAs unterbringen und nur Buchsen haben, bis hin zu Modulen die Potentiometer für Verstärkung und Overdrive anbieten.

Eine Alternative zu einem VCA ist das Lowpass-Gate eine Kombination aus Tiefpassfilter und VCA bei der die Frequenzen unter einer festen Grenzfrequenz einer Zeitlichen Modulation - durch meistens eine Hüllkurve - passieren.

## **5.2 Utility Module**

Unter Utility, also Nützlichkeits-Modulen, sammeln sich Module die augenscheinlich keinen großen Effekt haben, jedoch das arbeiten mit einem Modularen System erleichtern.

### **5.2.1 Mixer**

Die Grundfunktionalität von Mixern in Modularen Synthesizern gleicht der von Audiomixern aus der Studio- oder PA-Technik. Es können eine bestimmte Anzahl von Eingangsaudiokanälen in einem stufenlos einstellbaren Verhältnis mit einander gemischt werden. Solche Mixer-Module finden sich auch in integrierten Synthesizern. Bei Mixern in der Modularen Synthese lassen sich nicht nur Audiosignale sondern auch Steuerspannungen Mischen, wodurch sich komplexe Signale generieren lassen.

### **5.2.2 Polarisierer/Inverter**

Ein Inverter kehrt die Phase des Eingangssignals um  $180^\circ$ , ein Polarisierer ändert die Phase in Abhängigkeit eines Potentiometers.

### **5.2.3 Attenuator**

Auch Attenuator sind nicht einzigartig für Modulare Synthesizer. Bei integrierten Synthesizern sind sie oft verborgen als Regler die mit der Art der Modulation beschriftet sind (FM für Frequenzmodulation eines Filters). Ein Attenuator schwächt ein Signal ab, was Modulationen oftmals erst verwendbar macht - die Modulation eines Filters durch ein LFO in voller Stärke ist selten genießbar. Eine Variation des Attenuators ist der Attenuverter, eine Kombination aus Attenuator und Polarisierer. In Mittelstellung ist die Ausgangsspannung Null, bei Drehen des Reglers nach links ergibt sich eine negative, bei Drehen nach rechts eine positive Spannung, die Amplitude jeweils in beide Richtungen zu.

### **5.2.4 Offset**

Ein Offset Modul hat keine weitere Funktion, als eine Gleichspannung in Höhe der, von einem Potentiometer eingestellten Spannung auszugeben. Der Nutzen ergibt sich daraus, dass manche Module nur unipolare Signale verbieten können, andere Module, wie z.B. LFOs aber bipolare Signale ausgeben. Im Grunde genommen wird ein Offset-Modul das Eingangssignal mit einer Gleichspannung summiert. Offset können aber auch genutzt werden, um ein Parameter, das nur eine Buchse und keinen designierten Drehregler besitzt mit einem Drehregler auszustatten.

### **5.2.5 Multiple**

Beim Arbeiten mit einem modularen System ist es oft notwendig das gleiche Signal an mehrere Senken zu verteilen, z.B. eine Clock, die mehrere Sequenzer und LFOs synchronisiert. Dazu werden Multiple verwendet. Sie geben ein Eingangssignal auf eine bestimmte Anzahl an Ausgängen aus. Dabei gibt es aktive und passive Multipler. Passive Multiple sind in Form von Modulen, externen Einheiten oder Kabeln, die Bananensteckern ähneln erhältlich. Sie benötigen keine Stromversorgung, haben aber den Nachteil, dass bei der Verteilung auf viele Quellen die Steuerspannung aufgrund von Spannungsabfällen nicht akkurat weiterverteilt wird, was besonders bei Pitch Signalen problematisch ist. In diesem Fall kommen aktive Multipler zum Einsatz, die die Spannungsniveaus auf allen Ausgangskanälen erhalten.

## **5.3 Spezielle Module**

### **5.3.1 Sample & Hold**

Die Sample & Hold Funktion ist bereits bekannt aus der Digitalisierung. Ein Wert wird zu einem bestimmten Zeitpunkt (Clock) gelesen und gespeichert, bis der

nächste Impuls der Clock ein erneutes Lesen und Speichern auslöst. In der Klangsynthese wird Sample & Hold verwendet um schrittweise, zufällige Modulation zu realisieren, indem meist eine Art Rauschen in den Eingang geleitet wird, um zum Beispiel für jeden Schritt eines Sequenzers eine neue Filtereinstellung herbeizuführen. S&H wird auch in Kombination mit einem Quantizer verwendet, um zufällige Pitch Signale zu gewinnen.

### **5.3.2 Quantizer**

Quantizer nehmen ein Eingangssignal entgegen und runden es zum nächsten Ton der gleichstufigen Stimmung. Genauere Funktionen sind vom einzelnen Produkt abhängig. Einige Quantizer erlauben die Definition von Nutzer-Skalen, andere bieten Dur und Moll an, einige erlauben Akkordbildungen mit Erweiterungen und einem Eingang zur Definition des Grundtons. Einige Quantizer haben eine Eingebaute Sample & Hold Funktion, sodass dafür kein extra Modul nötig ist.

### **5.3.3 Clock Divider**

Ein Clock Divider teilt das Eingangssignal durch verschiedene Faktoren, die jeweils einen eigenen Ausgang besitzen. Clocksignale können von Sequenzern interpretiert werden, um sie als Trigger für Drum Sounds zu verwenden ist die Frequenz aber zu hoch. Durch einen Clock divider können Periodische Trigger für die verschiedenen Bestandteile eines Drumsets gewonnen werden.

### **5.3.4 Bernoulli Gate**

Um in Kombination mit einem Clock Divider interessantere Rhythmen zu generieren können die einzelnen Ausgänge des Clock Dividers in ein Bernoulli Gate geschickt werden, das das Signal mit einer einstellbaren Wahrscheinlichkeit passieren lässt. Bei manchen Bernoulli Gates kann auch ein Signal ausgegeben werden, wenn das Signal geblockt wird.

### **5.3.5 Sampler**

Es gibt auch Sampler als Module. Die Funktionen sind stark vom Einzelfall abhängig. Die Samples werden meist auf einer SD-Karte gespeichert und über einen Drehregler oder einen CV Eingang ausgewählt. Ebenso kann zum Beispiel die Länge des Samples und welche Stelle abgespielt wird über einen Regler entschieden werden, sowie meist das Tuning. Die meisten Module besitzen einen 1V/Oktave Eingang sowie einen für Gate und/oder Trigger.

### **5.3.6 Granular Synthesis**

Bei Granularsynthese wird ein Audiofile in kleine Stücke "Grins" zerteilt, die dann ähnlich wie Frames bei Video so schnell hintereinander abgespielt werden, dass der Eindruck eines zusammenhängenden Klangs entsteht. Diese Technologie

steckt auch hinter Timestretching in DAWs. Granulare Synthese taucht in Granulat Samplern auf, mit denen eigene Audiodateien zu musikalischen Klängen resynthetisiert werden, aber auch in Effektgeräten, mit denen sich komplexe Deals und Reverbs gestalten lassen, in dem Grains mit einer gewissen Verzögerung, Filterung und Tonhöhenbearbeitung für eine bestimmte Länge wiedergegeben werden.

## **6. Bespielung**

### **6.1 Keyboard**

Klassischerweise werden Synthesizer über Keyboards gesteuert, was auch in Eurorack eine beliebte Methode ist. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten die Steuersignale CV und Gate zu gewinnen. Zum einen gibt es Keyboards, die CV/Gate Ausgänge haben, außerdem gibt es Module, die DIN-Midi in CV/Gate konvertieren.

#### **6.1.1 Polyphonie**

Ein Keyboard verleitet einen dazu Akkorde zu spielen, was allerdings nicht so einfach möglich ist. Echte Polyphonie ist nur mit sehr hohem Aufwand zu erreichen. Es gibt Module, die Polyphone Midi Signale in mehrere CV/Gate Signale umwandeln, diese sind aber sehr teuer. Dazu kommen Kosten für einzelne Hüllkurvengeneratoren und Filter für jede Stimme hinzu. Polyphonie im einfachsten Fall kann erreicht werden, indem unterschiedliche Oszillatoren in unterschiedlichen Intervallen gestimmt werden, und so einen Akkord auf Basis des gespielten Tons bilden. Nachteile sind dabei, dass alle Stimmen die gleiche Hüllkurve und Filterung teilen und das Geschlecht, Umkehrung oder Erweiterungen des Akkords nicht verändert werden können.

### **6.2 Sequenzer**

Sequenzer geben einen vorprogrammierten Ablauf von CV und Gate Signalen wieder. Pro Schritt (üblich sind 16 für einen 4/4 Takt) kann ein CV Signal, im Normalfall für die Tonhöhe und die Länge des Gates festgelegt werden. Unterschieden wird zwischen analogen und digitalen Sequenzern. Bei analogen wird die Tonhöhe stufenlos eingestellt, was eine Quantisierung oder sehr genaue Arbeit erfordert, da es sehr schwer ist die Töne unseres Stimmungssystems zu treffen. Digitale Sequenzer erlauben das direkte einstellen von musikalischen Noten und bieten Möglichkeiten Sequenzen abzuspeichern.

### **6.3 Generative Music**

Brian Eno etablierte den Begriff generative Music um sie zu beschreiben, die von einem System generiert wird und nicht wiederholbar ist. Sie arbeitet mit vielen Zufallsfaktoren und erfreut sich hoher Popularität unter Nutzern von Modulen

Synthesizern.

Es werden oben beschriebene Module wie Sample & Hold, Quantizer, Bernoulli Gates verwendet um zufällige, aber trotzdem Musikalische Werke zu schaffen.

## 7. Patches

Ein Patch bezeichnet eine Kombination aus Einstellungen und Verkabelungen, die zusammenwirken, um ein zusammenhängendes Ergebnis zu erzielen. Zur Demonstration wird VCV-Rack eine kostenlose Softwareemulation verwendet um rekreierbarkeit zu gewährleisten.

### 7.1 Einfache Synthesizer-Stimme

Gezeigt wird hier eine Monophone Synthesizer Stimme ohne Modulation, also das Mindeste was benötigt wird um eine spielbare, in ihrer Klangfarbe veränderbare Stimme zu bekommen. Die Schwingung des Oszillators wird durch den Filter in ihrem Klang bearbeitet, die Hüllkurve steuert den Lautstärkeverlauf des VCAs.



### 7.2 Drumsounds

#### 7.2.1 Kick

Eine Kick lässt sich mit einem Filter, einer Hüllkurve und einem VCA erstellen. Das Filter wird durch einen Trigger (in diesem Fall ein LFO) zum Resonieren gebracht, die Hüllkurve steuert zum einen den VCA um die Länge und die Transienten zu formen, kann aber auch die Grenzfrequenz des Filters modulieren, um einen transienteren Sound zu erzielen.



#### 7.2.2 Hi-Hat

Eine Hi-Hat kann durch ein Hochpass gefiltertes Rauschen, das durch einen VCA, der von einer Hüllkurve angesteuert wird, geformt wird erstellt werden.



#### 7.2.3 Snare

Eine Snare ist mit einem Ähnlich Aufbau zu erstellen wie die Hi-Hat, diesmal wird der Tiefpass, nicht der Hochpass genutzt.



### 7.3 Einfacher Beat durch Clock Divider

Das Clock Signal in diesem Patch wird von einem Clock Divider in 3 Signale aufgeteilt. Als Klangerzeuger dienen die oben erzeugten Drumsounds. Die schnellste Division "/16" wird von einem Bernoulli Gate in zwei Gate Signale für zwei unterschiedlich Hi-Hat Sounds gewandelt. Die Division in 32tel ist das Gate für die Kickdrum, die Snare kriegt das Signal, das halb so schnell ist. In einem Mixer-Modul können die vier Signale abgemischt werden.



### 7.4 Generativer Patch

In diesem Patch wird als Clock ein LFO verwendet, der von einem anderen LFO moduliert wird. Dieser Aufbau wird als Clock für den Patch 7.3 genutzt. Hinzu kommt die Synthesizer-Stimme aus 7.1, die um das Granulare Effekt-Modul Cloud erweitert wird. Ein Pitch Signal wird aus einem Rauschen gewonnen, das von einem Sample & Hold Modul abgetastet und quantisiert wird, von einem Attenuverter abgeschwächt wird, sodass sich keine zu großen Sprünge in der Melodie ergeben und durch die Offset-Funktion angehoben wird, um in einem Spannungsbereich zu liegen, den der Oszillator verarbeiten kann. Die CV wird aus dem Ausgang des Quantisierers in den 1V/Oktave Eingang des Oszillators geleitet. Das Gate Signal, das die Hüllkurve und das Sample & Hold Modul ansteuert wird

durch die Selbe Clock Division, das die Kick-Drum steuert gewonnen, indem es durch ein Bernoulli Gate bearbeitet wird.



## 8. Liste bekannter Nutzer von Modularen Systemen

- Pionier der Elektronischen Musik - Jean-Michel Jarre
- Pionier der Elektronischen Musik - Vangelis
- Musiker und YouTuber - Andrew Huang
- Musiker und YouTuber - Hainbach
- Musiker - Apex Twin
- Deutsche Indie Band - Leoniden

## 9. Quellenverzeichnis

Creating Sounds from Scratch: A Practical Guide to Music Synthesis for Producers and Composers (English Edition) - Andrea Pejrolo, ISBN: 978-0199921874, Oxford University Press, 5. Januar 2017

<https://www.redbull.com/gb-en/electronic-music-early-history-of-the-synth>, 22.07.2022

<https://www.gizmodo.com.au/2015/12/a-beginners-guide-to-the-synth/>, 21.07.22

<https://reverb.com/news/a-guide-to-synth-filter-types-ladders-steiner-parkers-and-more>, 25.07.2022

[https://en.wikipedia.org/wiki/Generative\\_music](https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_music), 27.07.2022

<https://de.wikipedia.org/wiki/Granularsynthese>, 27.07.2022

[https://de.wikipedia.org/wiki/Polyphonie\\_\(Elektrofon\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Polyphonie_(Elektrofon)), 20.07.2022

[https://en.wikipedia.org/wiki/Modular\\_synthesizer](https://en.wikipedia.org/wiki/Modular_synthesizer), 19.07.2022

[https://de.wikipedia.org/wiki/Modularer\\_Synthesizer](https://de.wikipedia.org/wiki/Modularer_Synthesizer), 19.07.2022

<https://de.wikipedia.org/wiki/Synthesizer>, 19.07.2022

<https://en.wikipedia.org/wiki/Synthesizer>, 19.07.2022