

Hochschule der Medien Stuttgart

Veranstaltung: Ton Seminar

Dozent: Prof. Oliver Curdt

Sommersemester 2016

Klangerzeugung von Synthesizern

22.07.2016

Johannes Männer

Matrikelnummer: 29366

E-Mail: jm088@hdm-stuttgart.de

Inhalt:

1	Einleitung	3
2	Frühe Entwicklung	4
3	Modulare Synthesizer	4
	3.1 Spannungsgesteuerter Oszillator	5
	3.2 Spannungsgesteuerter Verstärker	6
	3.3 Spannungsgesteuerter Filter	6
	3.4 ADSR Hüllkurven Generator	6
	3.5 Low Frequency Oscillator	7
4	Kompaktsynthesizer	7
5	Polyphone Synthesizer	7
6	Digitale Synthesizer	8
	6.1 FM-Synthese	8
	6.2 Sampling	9
	6.3 Wavetable Synthese	9
7	Quellenverzeichnis	10

Einleitung:

Elektronische Klänge spielen eine bedeutende Rolle in Sounddesign und Unterhaltungsmusik. Generiert werden sie durch analoge oder digitale Synthesizer, deren prinzipielle Funktion in dieser Arbeit erklärt wird. Ziel der Arbeit ist es außerdem, die gängigsten Einstellmöglichkeiten an Synthesizern herauszuarbeiten, ohne zu sehr an Details festzuhalten.

Da Synthesizer seit ihrer Erfindung immer komplexer wurden, dient in dieser Arbeit eine kurze Geschichtliche Einleitung zu jeder „Synthesizer-Epoche“ als Roter Faden. Bei den namentlich vorgestellten Synthesizern handelt es sich jeweils um stellvertretende Modelle einer Bau- oder Funktionsart.

Kurzfassung:

Vorerst werden in einem kurzen Abschnitt frühe Methoden elektronischer Klangerzeugung aufgezählt. Der Hauptteil der Arbeit befasst sich mit den wichtigsten Begriffen, die zur Programmierung eines Synthesizers benötigt werden, sowie mit den unterschiedlichen Arten der Klangsynthese.

2 Frühe Entwicklung

Das von Thaddeus Cahill 1900 erbaute Teleharmonium gilt als erstes elektronisches Musikinstrument. Die einzelnen Sinus-Schwingungen wurden dabei durch mechanisch angetriebene Elektromagneten induziert und danach durch Addition zu einem Gesamtklang zusammengeführt (ähnlich wie bei einer Orgel). (vgl. Jay Williston, synthmuseum.com) Da es vor den 1920er Jahren keine elektrischen Verstärker gab, war das Nutzsignal sehr schwach. Übertragen wurde es durch Telefonleitungen und hörbar gemacht durch Telefone mit aufgesetzten Trichtern. Dennoch musste das Instrument groß wie eine Kathedralen-Orgel sein, um eine ausreichend hohe Spannung zu generieren.

Das Audion (1907 patentiert) war der erste Rundfunkempfänger. Es wandelt und verstärkt hochfrequente Signale in hörbare Spannungen durch einen Röhrenverstärker.

In den 1920er Jahren gewannen Verstärker immer mehr an Bedeutung. Das Theremin (erstmalig gebaut 1920) war das erste Musikinstrument, welches rein elektrisch funktionierte. Durch Handbewegungen zwischen zwei Elektroden wird ein elektrisches Feld verändert und dann verstärkt hörbar gemacht. Das Theremin ist das einzige Instrument, welches ohne Berührung gespielt werden kann.

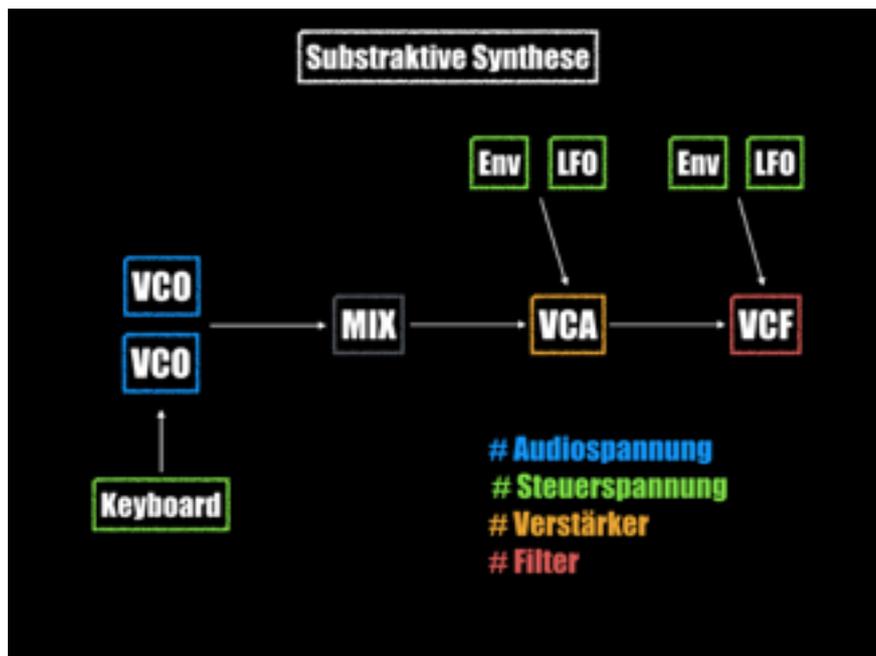
Durch elektrische Tonabnehmer und Röhrenverstärker gelang es, ebenfalls in den 1920er Jahren, Gitarren auch in größeren Ensembles hörbar zu machen. Neben der reinen Pegelverstärkung kamen bei E-Gitarren auch klangliche Veränderungen, im Vergleich zu rein akustischen Gitarren, durch Verzerrungen hinzu. Diese Verzerrungen gelten bis heute nicht als störend, sondern sogar als erwünscht. Gitarren-Verstärker sind also auch eine Art Synthesizer. In den 1960er Jahren begannen Transistorverstärker allmählich Röhrenverstärker zu ersetzen, welche Vorteile in Größe und Stromverbrauch einbrachten.

3 Modulare Synthesizer

1964 brachte Robert Moog, der bis dahin Theremine und Gitarrenverstärker herstellte, den ersten modularen Synthesizer auf den Markt. Dabei handelte es sich um ein Schrankgroßes System, welches aus verschiedenen Einzelmodulen bestand, die mit Kabelverbindungen „gepatcht“ werden konnten.

Der Moog-Synthesizer basiert auf dem Prinzip der subtraktiven Synthese. d.h. ein obertonreiches Signal wird durch verschiedene Filter und Hüllkurven „zurecht geformt“. Dabei gehen Obertöne verloren.

In den Folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Module und Einzelparameter der subtraktiven Synthese vorgestellt.



Die Grafik zeigt ein vereinfachtes Schema einer möglichen Schaltung der einzelnen Klangbestimmenden Module. Ein- oder mehrere Oszillatoren generieren eine Wechsellspannung, deren Frequenz durch das Keyboard bestimmt wird. Das Keyboard triggert außerdem den Verstärker, der das Signal überhaupt erst hörbar macht. Das hörbare Signal wird zuletzt durch einen Filter klanglich bearbeitet. Der zeitliche Verlauf von Verstärker und Filter wird durch Steuerspannungen programmiert.

3.1 Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)

Der Oszillator generiert zunächst eine Wechsellspannung. In der Regel kann an Synthesizern zwischen verschiedenen Kurven gewählt werden. (Dreieck, Rechteck, Sinus, Sägezahn,...) Die verschiedenen Wellenformen unterscheiden sich jeweils in ihrer Obertonreihe, und somit im Klang. Die Steuerspannung, die vom Keyboard ausgeht, bestimmt die Frequenz, mit der die Wellenform oszilliert (=Tonhöhe). Bei Moogs Synthesizer entsprach 1V genau einer Oktave, was später standardisiert wurde.

Werden mehrere VCOs benutzt, so addieren sich die Jeweiligen Frequenzspektren, dann spricht man von einer additiven Synthese. Um Kammfilter zu verhindern, lassen sich VCOs in der Phase verschieben.

3.2 Spannungsgesteuerter Verstärker (VCA)

Erst das verstärkte Signal ist hörbar. Der zeitliche Verlauf der Verstärkung wird mit Hilfe einer Steuerspannung reguliert, das heißt die Verstärkung des Signals ist nicht dauerhaft gleich, sprich der Ton kann an- und abschwellen.

3.3 Spannungsgesteuerter Filter (VCF)

Um nicht nur den Pegel, sondern auch das Frequenzspektrum des Klanges zu Formen wird (mindestens) ein Filter benötigt. Auch hier gilt: Das Frequenzspektrum des Tons verändert sich mit der Zeit, da die einzelnen Filterparameter ebenfalls durch externe Spannungen gesteuert werden. Es gibt verschiedene Filtertypen (Lowpass, Highpass, Bandpass u.v.m.) mit verschiedenen Güten.

wichtigste Parameter:

Eckfrequenz (Cutoff Frequency): Die Frequenz, an der die Verstärkung um -3dB gesunken ist. Bsp: Lowpass mit Cutoff=1000 Hz: Ab 1000 Hz beginnt der Filter die Höhen abzusinken.

Resonanz: Pegelanhebung der Frequenzen im Cutoff-Bereich.

3.4 ADSR (Hüllkurven Generator)

Die ADSR Hüllkurve ist die wichtigste Steuerspannung für Filter und Verstärker. Der Zeitliche Verlauf setzt sich aus den vier wichtigsten Parametern zusammen:

Attack: Zeit, bis die Steuerspannung ihren Maximalpegel erreicht hat (in ms)

Decay: Zeit, bis die Steuerspannung vom Maximalpegel auf den Sustainpegel abgefallen ist. (in ms)

Sustain: Pegel, auf dem der Ton gehalten wird (wenn die Keyboard-Taste gehalten wird) (in %)

Release: Zeit bis der Ton komplett ausgeklungen ist, nachdem die Taste losgelassen wurde (in ms)

Jedesmal wenn die Taste losgelassen wird, setzt sofort die Release-Phase ein (egal ob Attack und Decay durchlaufen worden sind)

3.5 Low Frequency Oscillator (LFO)

Ein LFO funktioniert ähnlich wie ein VCO, allerdings generiert er eine Steuerspannung und keine Audiospannung. Diese ist im unhörbaren Bereich. LFOs können eingesetzt werden um Töne rhythmisch an- und abschwellen zu lassen oder Tremolo, Vibrato und Panning-Effekte zu erzeugen.

4 Kompaktsynthesizer

Modularsysteme haben den Nachteil, dass sie nur mühsam programmierbar sind und keine Presets speicherbar sind. Außerdem sind sie durch ihre enorme Größe schlecht für Live-Einsätze geeignet.

Der 1970 vorgestellte Minimoog war der erste sog. Kompaktsynthesizer. Die Module in einem Kompaktsynthesizer sind fest verlötet, d.h. Schaltung der Audio- und Steuerspannungen kann nicht verändert werden. Klanglich sind Kompaktsynthesizer also etwas eingeschränkt, jedoch für den Live-Einsatz deutlich besser geeignet. Presets konnten immer noch nicht gespeichert werden, außerdem gab es Probleme durch Verstimmung der Oszillatoren.

5 Polyphone Synthesizer

Als 1976 der Yamaha CS-80 Synthesizer auf den Markt kam, änderten sich elektronisch generierte Klänge stark. Erstmals war polyphones spielen auf Synthesizern möglich, d.h. es konnten mehrere Töne gleichzeitig, sprich Akkorde gespielt werden.

Heute bieten die meisten Synthesizer die Möglichkeit, bis zu sechzehn Stimmen pro Oszillator einzusetzen. Ein beliebtes Mittel um Einzeltöne zu verbreitern, ist es, mehrere Stimmen im Oszillator einzustellen und diese dann zueinander leicht zu verstimmen („detune“).

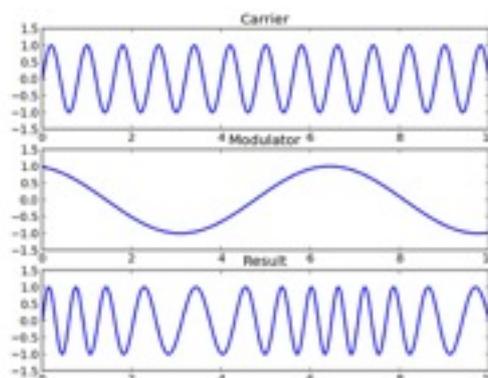
6 Digitale Synthesizer

Probleme, wie die instabile Stimmung und der hohe Preis von analogen Synthesizern gehörten ab den 1980er Jahren der Vergangenheit an. Digitale Synthesizer bringen außerdem den Vorteil, dass je nach Speicherkapazität beliebig viele Presets von vorprogrammierten Sounds abgerufen und gespeichert werden können. Durch den MIDI-Standard ist es zusätzlich möglich „digitale Noten“ zu speichern. Die Ära der digitalen Synthesizern begann mit dem Yamaha DX7. Er ist bis heute der meist verkaufte Synthesizer (ca. 160.000 Stück).

Mit der Digitaltechnik kamen ebenfalls ganz neue Arten der Klangerzeugung von Synthesizern auf den Markt:

6.1 FM-Synthese

Durch die FM-Synthese kann mit Hilfe der Frequenzmodulation ein komplexeres Klangspektrum geschaffen werden, als durch einfache subtraktive oder additive Synthese. Wie bei der Nachrichtentechnik gibt es bei der Frequenzmodulation ein Trägersignal, das durch ein weiteres Signal moduliert wird. Bei der FM-Synthese handelt es sich dabei um zwei Oszillatoren, die mit ähnlicher Frequenz im hörbaren Bereich schwingen. Wird der Träger (z.B. ein Sägezahn) mit einem tieffrequenten Sinus moduliert, so kann man die Modulation als Vibrato wahrnehmen. Bei Modulationsfrequenzen über 20 Hz, werden zum Träger weitere Obertöne aufaddiert.



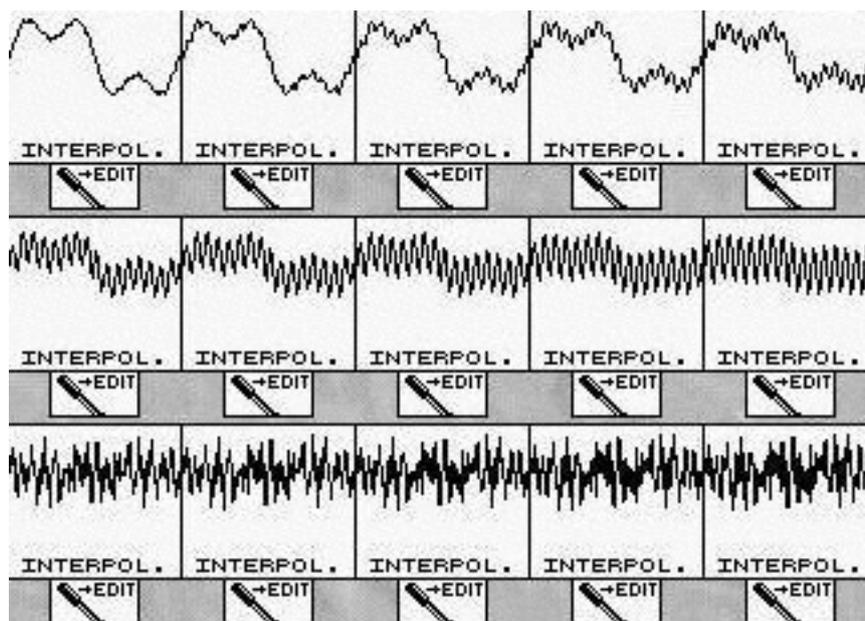
6.2 Sampling

Beim Sampling werden keine Oszillatoren zur Klangerzeugung eingesetzt, sondern fertig aufgenommene und digitalisierte Samples „abgefeuert“. Die gesampelten Wellenformen können allerdings trotzdem nach dem Prinzip der subtraktiven Synthese weiter bearbeitet werden.

Berühmtester Sampling-Vertreter ist der zwischen 1988 und 1994 erbaute Korg M1.

6.3 Wavetable-Synthese

Wie beim Sampling werden hierbei komplexe digitale Wellenformen eingesetzt. Verschiedene Wellenformen in einer Tabelle aufgelistet ergeben eine Wavetable. Eine Wavetable kann erstellt werden, indem ein digitales Audiofile in viele Einzelsamples geschnitten wird. Die einzelnen Wellenformen in einer Wavetable oszillieren und können während des Spielens gewechselt werden (z.B über Crossfading zur nächsten Form in der Wavetable). Durch dieses Verfahren ist bereits im Oszillator eine enorme Vielfalt an Klängen möglich. In Kombination mit anderen Syntheseverfahren, Modulationen, subtraktiver Synthese und externen Effekten, lassen sich heute komplexe elektronische Sounds programmieren.



10 Quellenverzeichnis

Literatur

Müller, Pascal (2014): Klangsynthese - Musik-/ Sounddesign mit Synthesizern.
Bachelorarbeit, HdM Stuttgart. Online auf: https://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Mueller_Pascal.pdf [Stand:22.07.16]

Internet-Quellen

<http://www.synthmuseum.com>

<http://www.welt.de/kultur/article106363521/Der-Synthesizer-die-Musikrevolution-des-Robert-Moog.html>

<http://www.sequencer.de/specials/synthesizer.html>

<http://www.gcat.org.uk/blog/?tag=fm-synthesis>

<http://www.analogeklangsynthese.de>

Bildquellen

http://www.gcat.org.uk/blog/wp-content/uploads/2013/01/synth3_4.png

<http://www.analogeklangsynthese.de/grafiken/history/Wavetable.jpg>