Erik Bartmann

Modulare Synthesizer mit VCV-Rack 2 entdecken

Vorwort von

Omri Cohen

© by Erik Bartmann - ISBN 9783946496311

bombini verlag

VCV-Rack-Buch Kapitel / Themen

Kapitel	Themen
1. Einführung	• Nicht-Modulare und modulare Synthesizer • Signalfluss (Oszillator, Filter, Verstärker) • Modulare Hardware-Synthesizer • Die vier klassischen Wellenformen (Sinus, Dreieck, Rechteck, Sägezahn) • CV-Steuersignale • Patchkabel
2. VCV-Rack Handhabung	• Was bedeutet VST • Die Installation des VCV-Rack 2 • Der Start des VCV-Rack 2 • Das Template • Module hinzufügen • Ein Modul als Favorite kennzeichnen • Das leere VCV-Rack • Module verschieben + positionieren • Module entfernen • Module untereinander verbinden • Modul Eingangs- und Ausgangsbuchsen • Farbwahl der Verbindungskabel • Erweiterte Farben über Plugin WM-101 von Submarine • Verbindungen korrigieren und entfernen • Mehrere Verbindungen an einer Buchse • Sichtbaren Ausschnitt im VCV-Rack verändern (Scrollen, Zoomen, bewegen) • Patch-Kabel-Parameter verändern (Opacity und Tension) • Das Kontext-Menü der Module • Die Installation fremder Plugins • Die Registrierung bei VCV-Rack • Die lokale Authentifizierung • Der lokale Plugin-Ordner • Das Abonnieren von Plugins • Das Kündigen von Plugins • Regelmäßige Updates

3. VCV-Rack Einführung	• Der Start von VCV-Rack
	• Das Start-Template
	• Die verwendete Terminologie
	• Die Kommunikation der Module untereinander
	• Der Signalfluss
	• Die Eingabe - Das Keyboard
	  ○ Was ist ein Masterkeyboard
	  ○ Das MIDI-CV-Modul
	• Was ist MIDI
	• Das Notes-Modul
	• Die Ausgabe - Die Lautsprecher
	  ○ Das Audio-8-Modul
	• Was bedeutet Latenz

	• Der ASIO-Treiber • Was bedeutet Sample-Rate • Was bedeutet Blockgröße • Das VCO-Modul - Der Oszillator • Was bedeutet Oktave und was sind Semitones • Noten und ihre Spannungswerte • Was bedeutet Oszillation • Was ist eine Wellenform • Das VCA-Modul - Der Verstärker?! • Was ist ein Verstärker • Das VCA-MIX-Modul • Was bedeutet Modulation • Was bedeutet Velocity • Das ADSR-Modul - Die Hüllkurvensteuerung • Was ist eine Hüllkurve • Das VCF-Modul - Die Filterung • Was sind Oberwellen bzw. Obertöne • Was ist ein Low-Pass-Filter • Was ist ein High-Pass-Filter • Die Zusammenfassung der Spannungspegel (Audio, CV)
4. Oszillatoren	• Was ist ein Oszillator • Das VCO-Modul • Unterschied analoge / digitale Wellenform-Generierung • Die vier grundlegenden Wellenformen (Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck) • Obertonspektrum der vier grundlegenden Wellenformen • Plugin-Anbieter Bogaudio • Innere Buchsenfarben bei unterschiedlichen Spannungspegeln (negativ, positiv, AC, 0V) • Was bedeutet Hertz • Wie hängen Spannung und Frequenz zusammen • Die manuelle Modulation der Frequenz • Was bedeutet Puls-Weiten-Modulation PWM • Was bewirkt SYNC am VCO • Was ist Cross-Modulation • Das WT-VCO-Modul • Was ist eine Wavetable • Was bedeutet Morphing

5. Klangsynthese	• Was bedeutet Klangsynthese
	  ○ Additive Klangsynthese
	  ○ Subtraktive Klangsynthese
	• Was sind Harmonische
	• Klangsynthese für ein Rechtecksignal
	• Klangsynthese für ein Sägezahnsignal
	• Klangsynthese für ein Dreieckssignal
	• Was bedeutet Dezibel
	• Andere Klangsynthesen
	  ○ Wavetable
	  ○ FM
	  ○ Cross-Modulation
	  ○ PWM

	○ Granular • Plugin-Anbieter Erica-Synth
6. LFO	• Was ist ein LFO • Der Unterschied zwischen uni- und bipolarer Schwingung • Der Vibrato-Effekt • Der Tremolo-Effekt • Die Frequenz-Modulation des LFO • Die Puls-Weiten-Modulation weiter erläutert • Was bedeutet Phasenumkehr einer Schwingung • Das PULSES-Modul • Der CLK-Eingang am LFO
7. Filter	• Was ist ein Low-Pass-Filter (LP) und was ein High-Pass-Filter (HP) • Was bedeutet Dämpfung • Was bedeutet Flankensteilheit • Das VCF-Modul • Was ist die Cutoff-Frequenz • Was ist Resonanz • Was bedeutet Selbstoszillation • Was bedeutet Legato • Weitere Filtertypen ○ Bandpass-Filter (BP) ○ Kerb-Filter (Notch-Filter)
8. ADSR	• Das ADSR-Modul • Was ist eine Hüllkurve • Wann wird eine Hüllkurve ausgelöst • Was bedeutet Attack, Delay, Sustain und Release • Die Lautstärken-Hüllkurve (Amp-Envelope) • Die Filter-Hüllkurve (Filter-Envelope) • Die Tonhöhen-Hüllkurve (Pitch-Envelope) • Was bewirkt ein zu kurzer Gate-Impuls
9. VCA	• Das VCA-Modul • Das VCA-MIX-Modul • Was bedeutet Envelope-Shaping • Der Tremolo-Effekt noch einmal beleuchtet • Was ist ein Atenuverter • Was ist eine Phasenverschiebung • Der Plugin-Anbieter Befaco
10. Mixing	• Was bedeutet Mixing • Was bedeutet Mastering • Was ist ein Equalizer • Was ist ein Kompressor • Das Mixing mit dem VCA-MIX-Modul • Das Summieren von Signalen • Ein Signal invertieren • Phasenauslöschung sichtbar gemacht • Das 8VERT-Modul • Das MUTES-Modul • Mischpulte von MindMeld • Equalizer von MindMeld

11. Frequenzmodulation	• Was bedeutet Frequenzmodulation • Was ist ein Algorithmus • Das Zusammenspiel zwischen Modulator und Carrier • Was sind Seitenbänder • Die Einrichtung eines Feedbacks • Unterschiedliche Algorithmen • Das MIX-Modul
12. Sample & Hold	• Was bedeutet Sample & Hold • Das Kinks-Modul (Audible Instruments) • Zufallswerte generieren • Das Clock-Modul (JW-Modules) • Das Delay-Modul (kurz verwendet) • Die Sample&Hold-Module von Count-Modula
13. Quantisieren	• Was bedeutet Quantisieren • Das QNT-Modul • Was ist die C-Dur-Tonleiter • Was bedeutet Harmonisierung • Der LFO steuert mit dem QNT den VCO • Zwei Quantizer steuern Tonfolge
14. Tonfolgen	• Was ist ein Sequencer • Das SEQ-3-Modul • Was sind Steps • Was ist der Unterschied zwischen Trigger und Gate • Das DGATE-Modul von Bogaudio • Was triggert einen Sequencer • Die Anpassung der Schrittlänge • Die Auslösung eines Resets • Ein externer Taktgeber • Was sind Pattern • Das 4-1-Modul • Was bedeutet Pattern-Chaining • Eigene Wellenformen erzeugen • Was bedeutet Portamento / Glide • Das Slew-Limiter-Modul von Befaco • Das RANDOM-Modul • Das GRID-SEQ-Modul von JW-Modules
15. Oktaven anpassen	• Das OCT-Modul • Manuelle Anpassung der Oktave • Automatische Anpassung der Oktave • Das 8VERT-Modul - BIAS-Steuerung • Das Fixed Voltage Source-Modul
16. Delay	• Das Delay-Modul • Wie arbeitet der Delay-Effekt • Was ist eine abklingende Schwingung • Was bedeutet WET beziehungsweise DRY • Das Plateau-Modul von Valley
17. Rauschen	• Was bedeutet Rauschen • Was bedeutet Klangsynthese in Bezug auf Rauschen • Was bedeutet Dezibel (subjektive Lautstärkewahrnehmung) • Das NOISE-Modul

	• Wie kann Meeresrauschen simuliert werden
18. Macro-Oscillator	• Was sind Macro-Oszillatoren • Was bedeutet Wavefolding • Was bedeutet Waveshaping • Die Module Braids und Plaits von Audible Instruments • Was bedeutet Soft-Clipping • Das Wavefolding-Modul von MSM • Das Wolv-Waveshaper-Modul Vult • Was bedeutet Ringmodulation • Das Ring-Mod-Modul von Bogaudio • Die Macro-Oszillatoren Braids und Plaits • Was ist ein Clock-Divider • Das GRID-SEQ-Modul von JW-Modules
19. Mehrstimmigkeit	• Was bedeutet Monophonic • Was bedeutet Polyphonic • Die unterschiedlichen Polyphonic-Modi • Das VIZ-Modul • Das SPLIT-Modul • Was ist ein Akkord • Zweiklang, Dreiklang, Vierklang • Der C-DUR-Dreiklang • Was ist ein Arpeggiator • Das Sequential-Switch-Modul vom ML-Modules • Das MERGE-Modul • Das MIX-4-Modul von Bogaudio
20. Drums	• Was sind perkussive Sounds • Was ist eine Bass-Drum • Was sind Transienten • Was ist eine Snare-Drum • Die kostenpflichtigen Drum-Module von VCV-Rack 2 • Die Drum-Module von Hora-Music • Das Step-Trigger-Sequencer-Modul von Count-Modula • Das Oszilloskope-Modul von Count-Modula • Das Drum-Kit von Autodafe
21. Sidechain	• Was ist Sidechaining • Was ist Ducking
22. Midi-Mapping	• Was ist MIDI-Mapping • Was ist ein Byte beziehungsweise ein Bit • Die drei Bytes einer MIDI-Übertragung • Was sind Status-Byte, Daten-Byte 1 und Daten-Byte 2 • Was bedeutet ein MIDI-Control-Change (CC) • Das MIDI-Monitor-Programm MIDIView • Das MIDI-MAP-Modul • Das Einrichten eines MIDI-Mappings • Das Lösen eines MIDI-Mappings
23. Logik-Module	• Was bedeutet binäre Logik • Was ist ein Binärcode • Was ist Boolesche Algebra • Was ist eine UND-Funktion • Was ist eine ODER-Funktion

	• Was ist eine Exklusiv-ODER-Funktion • Was ist eine NICHT-Funktion • Das Triggers-MKI-Modul von AS • Das BOOL-Modul von Bogaudio • Die Logik-Module von Submarine • Das Logik-Modul von NYSTHI
24. Sound-Input	• Wie bekommt man externe Klänge in das VCV-Rack • Die Konfiguration des Audio-Moduls • Es wird ein Mikrofon angeschlossen • Die Verwendung eines externen Audio-Interfaces • Das REC-Modul • Der WT VCO lädt eine Klangdatei • Was ist ein Sampler • Das Simpliciter-Modul von NYSTHI
25. Hardware steuern	• Die Ansteuerung von Hardware • Das CV-to-MIDI-Modul • Die Ansteuerung eines realen Synthesizers • MIDI oder USB • Das Aufnehmen eines Audio-Streams von einem externen Audio-Interface
26. VST	• Was ist eine DAW • Was bedeutet VST für die DAW • Die Installation des VSTs • Das Hinzufügen eines VCV-VSTs in die DAW • Das VST empfängt MIDI aus der DAW • CV-Informationen aus der DAW • Das Clocked-Modul von Impromptu • Die Automatisierung mit der DAW • Das Multitrack-Recording in der DAW • Was bedeutet Routing • CV von VCV via MIDI versenden
27. Performance	• VCV-Rack Performance • Das Performance-Meter • Die Block-Size • Die Sample-Rate • Die Anzahl der Threads • Die Frame-Rate
28. VCV-Plugins-Übersicht	• Interessante VCV-Rack-Plugin-Marken

Das VCV-Rack - Die Klangsynthese

Worum geht es überhaupt?

In diesem Kapitel werden folgende Themen besprochen:

- Was bedeutet Klangsynthese?
- Was ist eine additive Klangsysnthese?
- Was ist eine subtraktive Klangsynthese?
- Was sind Harmonische?

Wie im letzten Kapitel angekündigt, geht es jetzt um die Klangsynthese. Hier spielen die schon erwähnten Obertöne eine entscheidende Rolle. Es gibt diesbezüglich zwei grundlegende Ansätze, um einen Klang beziehungsweise eine Wellenform so zu gestalten und formen, wie man es möchte. Ausgangspunkt dafür sind eigentlich zwei Wellenformen, die hinsichtlich der Obertöne ein mehr oder weniger großes Spektrum aufweisen. Wir können sagen, dass zum Beispiel ein generierter Klang über einen bestimmten Grundton verfügt und dieser dann mit mehr oder weniger anderen Frequenzen angereichert ist, was die Obertöne ausmacht und diesen Klang charakteristisch und einzigartig gestaltet. Um Klänge zu generieren, gibt es einen einfachen und einen komplexeren Weg, die ich beide ansprechen möchte. Es gibt neben den hier angesprochenen Verfahren noch viele weitere, die jedoch nicht das Thema dieses Kapitels beziehungsweise Buches sind. Ich beginne also erst einmal mit der komplexen Vorgehensweise, um dann zur einfacheren zu wechseln. Aufgrund der schon genannten Problematik mit dem Standard-VCO, der im Moment nicht in der Lage ist, ein digitales Verfahren für die Generierung der Wellenformen anzubieten, nutze ich einen VCO eines Fremdanbieters. Er nennt sich Bogaudio und wurde schon erwähnt, da er den Spektrum-Analyzer zur Verfügung stellt. Zur Sicherheit hier noch einmal der Link.

Hyperlink!

https://library.vcvrack.com/?brand=Bogaudio

Die additive Klangsynthese

Wie der Name vermuten lässt, wird bei der additiven Klangsynthese einem bestimmten Klang etwas hinzuaddiert beziehungsweise hinzugefügt. Als Ausgangsbasis kommt eine bestimmte Wellenform in Frage, die lediglich über einen Grundton verfügt und keine Obertöne beziehungsweise Oberschwingungen vorzuweisen hat. Wir sprechen hier über die schon bekannte Sinusschwingung. Hinsichtlich der additiven Klangsynthese hat ein bekannter französischer Forscher, der Mathematiker und Physiker war, etwas herausgefunden, was auch schon kurz im vorangegangenen Kapitel eine Erwähnung fand. *Jean Baptiste Joseph Fourier* sagte, dass sich jede beliebige Wellenform als eine Summe von verschiedenen Sinusschwingungen erzeugen lässt. Kleinste Veränderungen von hinzugefügten Teilschwingungen können zu einer grundlegenden Änderung in der Wellenform beitragen. Der Nachteil, der bei der additiven Klangsynthese jedoch besteht, ist der Umstand, dass bei zunehmend komplexeren Klängen auch erheblich mehr Sinusschwingungen notwendig werden, was in einem großen und kaum zu überblickendem Aufwand ausarten kann. Erst durch den Einsatz von Computern mit der Bereitstellung von einer mehr oder weniger hohen Anzahl von Oszillatoren ist ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen, denn zusätzlich zu einem Oszillator werden noch Komponenten wie zum Beispiel VCAs, ADSRs oder diverse VCFs benötigt. Sehen wir uns die Grundlagen zur additiven Klangsynthese etwas genauer an.

Die Sinusschwingung

Der in diesem Kapitel verwendete Oszillator nennt sich - wer sollte es glauben - VCO und schaut wie folgt aus. Er besitzt die bekannten vier Ausgänge der grundlegenden Wellenformen.

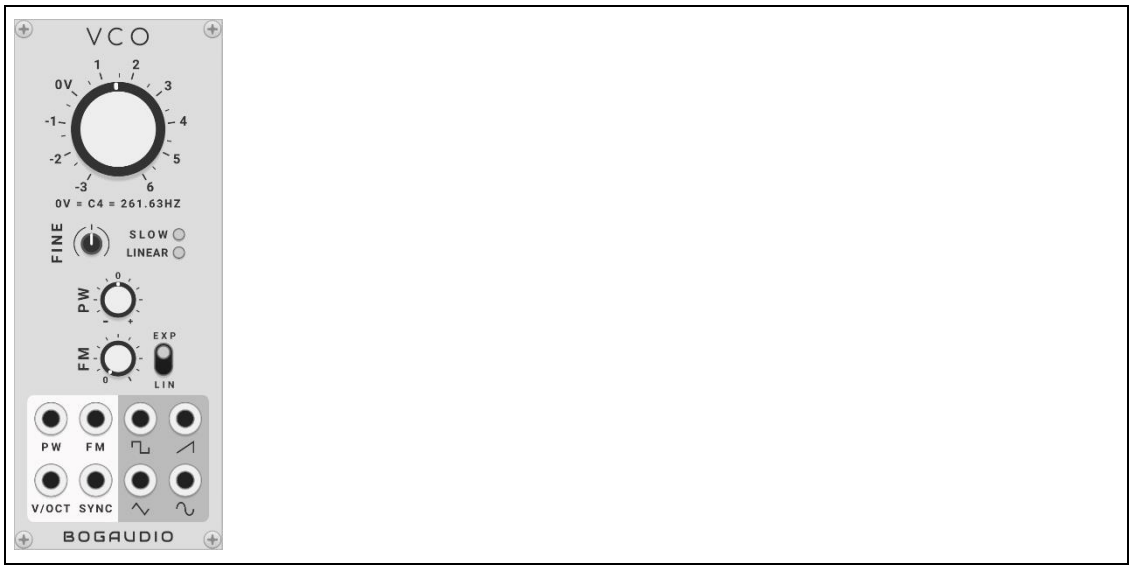

Abbildung 1 Der VCO von Bogaudio

Nun zum eigentlichen Thema. Hier noch einmal die Sinusschwingung mit ihrem Frequenzspektrum. Der VCO ist in diesem Fall auf eine Frequenz von 1000Hz eingestellt und im Spektrum ist an der Stelle von 1K (1KHz=1000Hz) ein Ausschlag - kurz *Peak* - zu sehen.

VCV-Rack-Patch

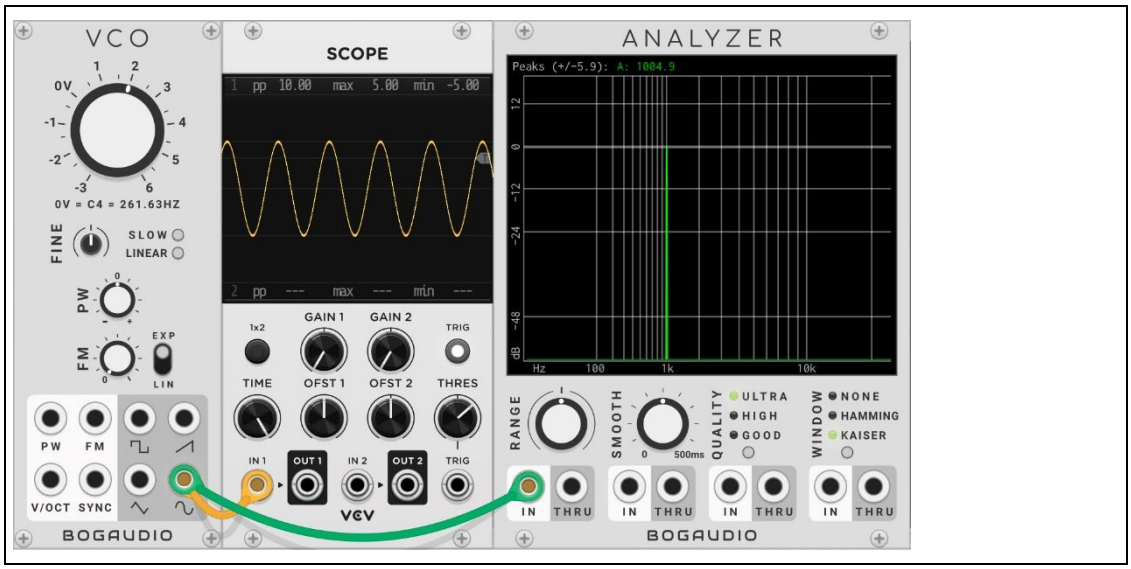

Abbildung 2 Die Sinusschwingung mit dem Frequenzspektrum

Nehmen wir also dieses Frequenzspektrum als Ausgangsbasis für die Klangsynthese, dann müssten wir rechts davon einfach ein paar mehr Oberwellen hinzufügen, und als Ergebnis kämen dann neue Wellenformen heraus. Natürlich müssen diese Oberwellen an ganz bestimmten Stellen im Frequenzbereich platziert werden und die jeweiligen Amplituden sollten auch eine gewisse Größe vorweisen und in einem bestimmten Verhältnis zueinanderstehen. Hier kommen nun die sogenannten *Harmonischen* ins Spiel.

Was sind Harmonische?

Eine Harmonische ist in der Technik eine harmonische Schwingung, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches einer bestimmten Grundfrequenz ist, wobei eine Harmonische oberhalb der Grundfrequenz auch Oberschwingung beziehungsweise Oberton genannt wird.

Die 1. Harmonische ist gleich zu setzen mit der Frequenz *f* der Grundschwingung, die 2. Harmonische besitzt die doppelte Frequenz *2f* und so weiter und so fort. Auf der folgenden Abbildung sind einige Schwingungen zu sehen.

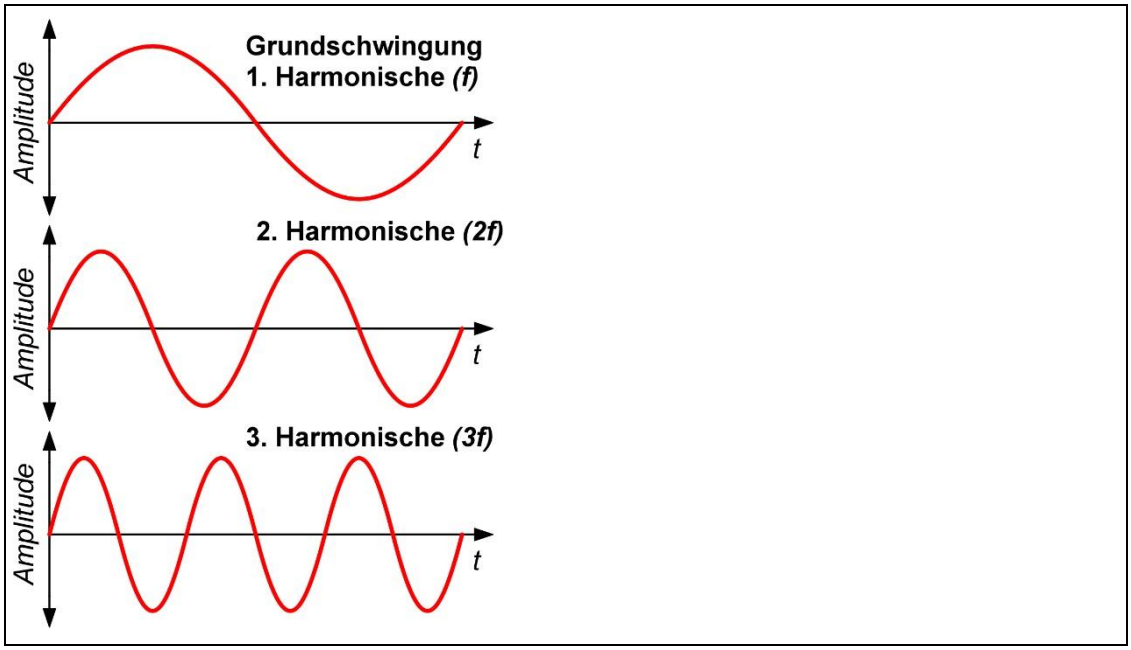

Abbildung 3 Harmonische

Jeder der zu erschaffenden Signalformen liegt ein bestimmtes Muster der Generierung zugrunde, wobei die folgenden Parameter zu berücksichtigen sind.

- Obertonspektrum (Harmonische)
- Amplitudendämpfung

Die Klangsynthese für ein Rechtecksignal

Als Beispiel für eine additive Klangsynthese soll einführend eine Rechteckwelle erschaffen werden. Nun muss die Grundfrequenz respektive die 1. Harmonische mit weiteren Harmonischen angereichert werden. Wie kommen wir aber dort hin, ohne dass endloses Herumprobieren uns in den Wahnsinn treibt? Natürlich gibt es dafür eine mathematisch begründete Lösung, deren Herleitung hier nicht im Fokus stehen soll. Eine Rechteckwelle wird über die additive Klangsynthese erzeugt, in dem man unendlich viele Sinuswellen der Harmonischen 1, 3, 5, 7, 9 usw. mit bestimmten Amplituden addiert, was aber erstens nicht erforderlich und zweitens unmöglich zu realisieren ist. Kann man das mit dem VCV-Rack nachbilden? Blöde Frage! Natürlich geht es und das schauen wir uns nach der folgenden Formel genauer an. Zuerst sollte klar sein, wie sich die einzelnen Harmonischen überlagen und was dabei zu beachten ist. Die Formel zeigt uns, dass das Frequenzspektrum eines symmetrischen Rechtecksignals aus ungeradzahligen Harmonischen zusammengesetzt ist, wobei Amplituden der Oberschwingungen mit steigender Frequenz abnehmen und der Teiler der jeweiligen Harmonischen entspricht. Der Formelbuchstabe *A* steht hier für eine bestimmte Amplitude und die Formel für die Kreisfrequenz *Omega* ist $\omega = 2\pi f$.

$$f(t) = A\left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3}\sin(3\omega t) + \frac{1}{5}\sin(5\omega t) + \frac{1}{7}\sin(7\omega t) + \ldots\right]$$

Das Generierungsmuster lautet für ein Rechtecksignal wie folgt: (n = Index der Harmonischen)

- Obertonspektrum: alle ungeradzahligen Harmonischen
- Amplitudendämpfung: 1/n

Letztendlich schauen die vier Sinusschwingungen und die resultierende Wellenform dann wie folgt aus.

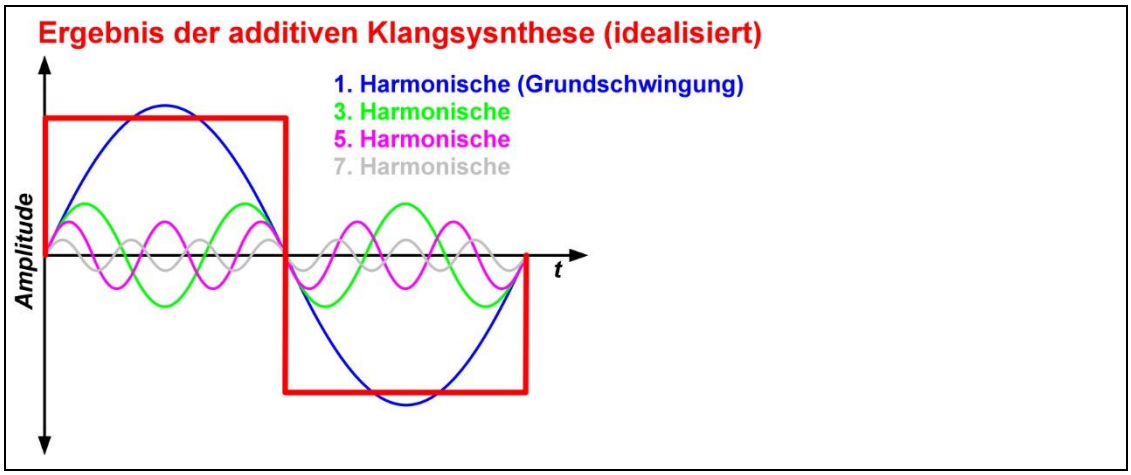

Abbildung 4 Die additive Klangsynthese mit vier Sinusschwingungen

Wir benötigen also vier VCO-Module, die ihre Sinusschwingungen zum Beispiel an das Mixer-Modul senden und natürlich noch das Scope-Modul und einen Spektrum-Analyzer. Ein entscheidender Punkt ist jedoch zu beachten, wenn wir uns noch einmal die vier Sinusschwingungen anschauen.

Ein kleiner entscheidender Hinweis am Rande!

Alle eingesetzten Oszillatoren müssen mit dem ersten Oszillator, der ja die Grundschwingung (1. Harmonische) liefert, synchronisiert werden.

Jeder eingesetzte Oszillator besitzt eine eigene Frequenz und startet unabhängig von den anderen Oszillatoren seine Schwingungs-Periode beziehungsweise -Phase. Würden nicht alle zur selben Zeit starten, könnte wir uns die additive Klangsynthese sparen, denn es wäre ein heilloses Durcheinander von irgendwie schwingenden Oszillatoren mit unterschiedlichen Phasenverschiebungen. Bevor wir nun zum VCV-Rack-Patch schreiten, sehen wir uns doch einmal das Rechtecksignal im Spektrum-Analyzer an und schauen nach, ob ich auch keinen Blödsinn hinsichtlich der Oberwellen und Amplituden erzählt habe. Die folgende Abbildung zeigt dabei nur den für uns wichtigen Bereich an, der normalerweise noch viel weiter nach rechts reicht. Die Grundfrequenz des ersten Oszillators wurde mit 100Hz eingestellt.

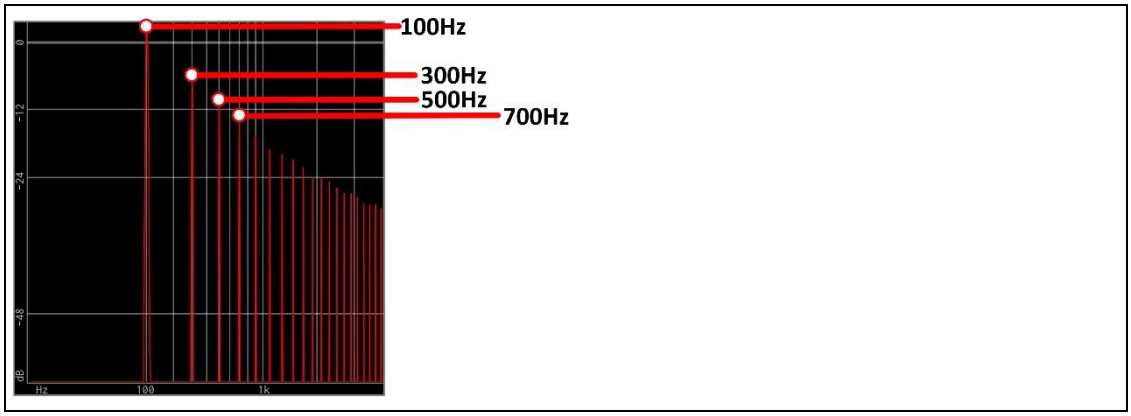

Abbildung 5 Der Ausschnitt eines Rechteck-Signalspektrums

Es ist wunderbar zu erkennen, dass alle Harmonischen den Vorgaben der gezeigten Formel entsprechen, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich hier um eine logarithmische Skalierung handelt und die Dämpfung in dB angegeben ist. Dann schreiten wir nun zur Tat und bauen den Patch mit den vier Oszillatoren auf und verpassen ihnen die genannten Frequenzen.

VCV-Rack-Patch

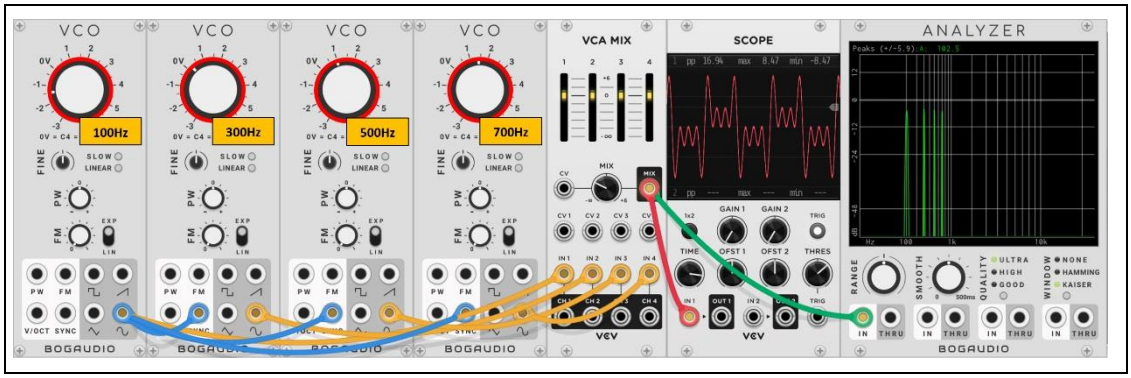

Abbildung 6 Die Bildung eines Rechtecksignals

Im Scope-Modul ist eine Wellenform zu sehen, die ein Rechtecksignal erahnen lässt. Was stimmt hier nicht? Richtig! Die Amplituden sind im VCA-MIX-Modul noch nicht angepasst worden, wie das die Formel vorgibt. Nun gibt es hier ein kleines Problem, denn über die Schieberegler der einzelnen Eingangskanäle können keine Verhältnisse (Ratio) wie zum Beispiel 1/2, 1/3 oder 1/4 der Signalstärke angegeben werden. Die Angaben müssen in diesem Fall in *Dezibel* gemacht werden. Dezibel? Das klingt vielleicht nach etwas, das man irgendwie schon einmal gehört hat und doch nicht so ganz verstanden wurde! Ich nehme mich da nicht aus.

Was bedeutet Dezibel?

Wenn es um Lautstärke beziehungsweise einen Geräuschpegel geht, dann wird immer wieder der Ausdruck *Dezibel* verwendet, was mit den beiden Buchstaben *dB* abgekürzt wird, wobei die Dezibelskala logarithmisch aufgebaut ist. Dezibel ist jedoch kein Maß für eine vorhandene Lautstärke, sondern vergleicht zwei Werte miteinander. Dem unveränderten Signal werden 0dB zugeschrieben, was bedeutet, dass weder eine Anhebung, noch eine Absenkung des Geräuschpegels vorliegt. Die Theorie besagt, dass mit +6dB eine Verdopplung des Schalldrucks vorliegt, was nicht unbedingt einer Verdopplung der Lautstärke entspricht. Im Gegensatz dazu hättest du mit -6dB eine Halbierung des Schalldrucks.

Zurück zu unserem Vorhaben, die Verhältnisse in entsprechende dB-Werte umzurechnen. Dazu gibt es aber natürlich eine schicke Formel, die uns dabei hilfreich zur Seite steht und wie folgt lautet.

$$A = 20 \cdot log_{10}(Ratio)$$

Angenommen, es läge ein Verhältnis von 1/2, also 50% vor und müssten jetzt den entsprechenden Wert in Dezibel ermitteln. Das würde wie folgt ausschauen.

$$20 \cdot log_{10}\left(\frac{1}{2}\right) = -6.02dB$$

Eine Dämpfung eines Signals um 50% entspricht also einer Dämpfung um -6dB. Auf diese Weise können wir nun die Verhältniswerte für eine Rechteckwellenform in dB umrechnen.

Verhältnis	**dB**
1/1	0dB
1/3	-9,54dB
1/5	-13,98dB
1/7	-16,9dB

Diese Werte habe ich nun in die Kanaldämpfung der einzelnen Mixer-Kanäle eingegeben und schon schaut die Wellenform nach einem Rechtecksignal aus. Je mehr Oszillatoren zum Einsatz kämen, desto geringer würden sich die sich störenden Wellen äußern.

VCV-Rack-Patch

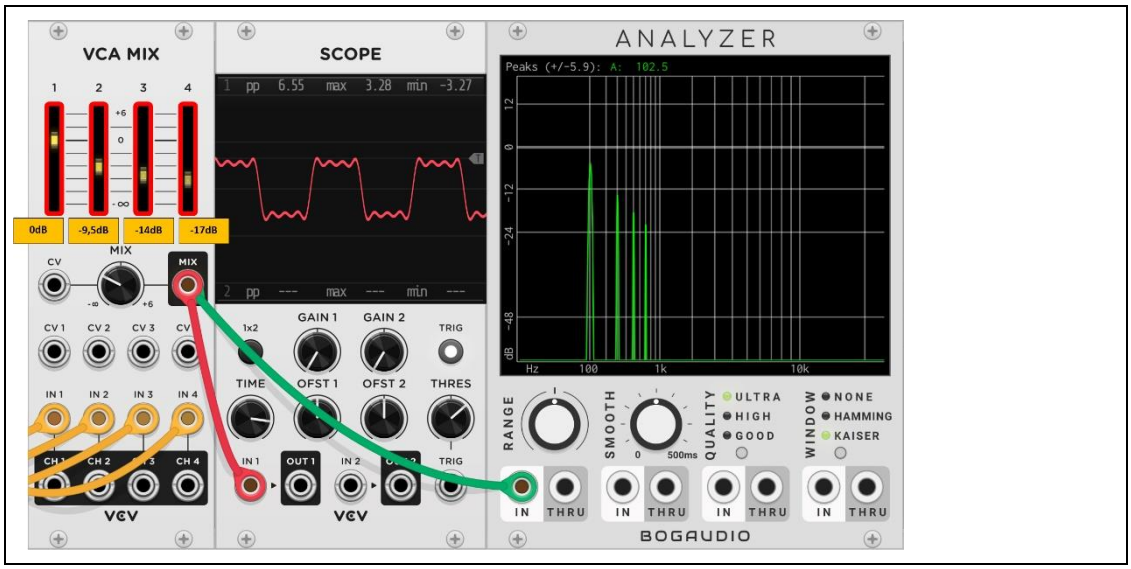

Abbildung 7 Die korrigierten Amplituden der vier Sinusschwingungen

Auch im Spektrum-Analyzers ist zu sehen, dass sich die Amplituden der Harmonischen nun entsprechend den Dezibel-Werten angepasst haben. Auf der folgenden Internetseite kann man zusätzlich zum VCV-Rack ein wenig mit der additiven Klangsynthese experimentieren und schauen, wie sich die Wellenform ändert.

Hyperlink!

https://meettechniek.info/additional/additive-synthesis.html

Dort ist ein Waveform-Generator zu finden, über den das mit mehreren Eingangssignalen simuliert werden kann, was ich gerade erzählte. Auf der folgenden Abbildung ist zu sehen, dass ich eine rudimentäre Einstellung für die ungeraden Harmonischen vorgenommen habe.

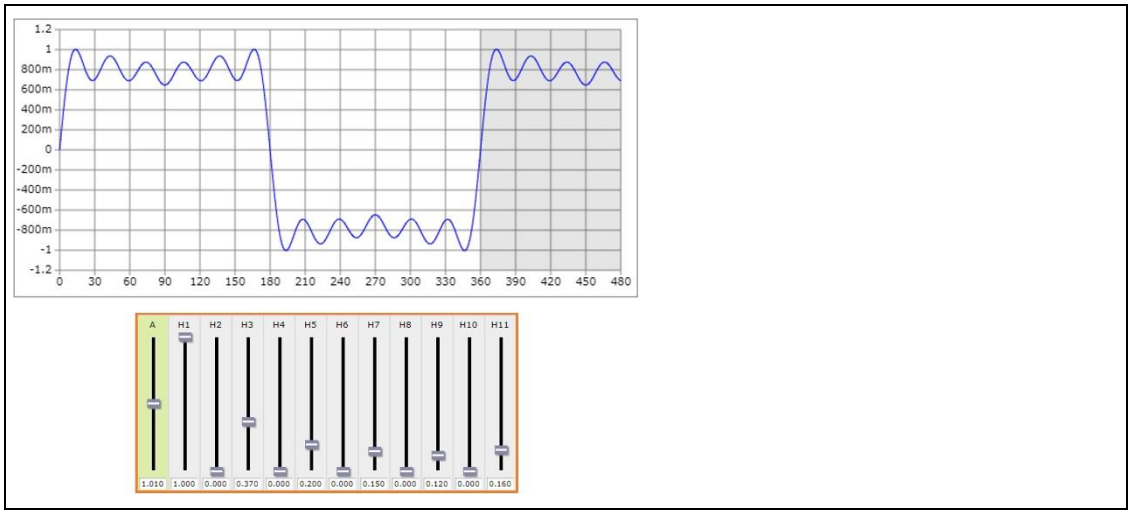

Abbildung 8 Die additive Synthese mit dem Waveform-Generator für ein Rechtecksignal

Durch die Schieberegler *H1* (Grundwelle), *H3*, *H5*, *H7*, *H9* und *H11* habe ich eine Rechteckwelle - naja nicht ganz - synthetisiert. Ich rate, hier ein wenig mit den Amplitudenwerten zu spielen, um zu sehen, wie sich das auf die Wellenform auswirkt. Sehen wir uns noch ein weiteres Beispiel zur Klangsynthese an.

Die Klangsynthese für ein Sägezahnsignal

Ganz ähnlich wie bei der Synthese für das Rechtecksignal wird auch bei einem Sägezahnsignal vorgegangen. Jedoch setzt sich das Sägezahnsignal aus geraden und ungeraden Oberwellen zusammen und deren Amplitude entsprechen dem Quotienten der Harmonischen. Die 2. Harmonische hat eine Amplitude, die halb so groß ist wie die Amplitude der Grundschwingung, die Amplitude der 3. Harmonische beträgt 1/3, die der 4. 1/4 und so weiter und so fort. Da es sowohl eine steigende, als auch fallende Form eines Sägezahnsignals gibt, gibt es auch unterschiedliche Formeln.

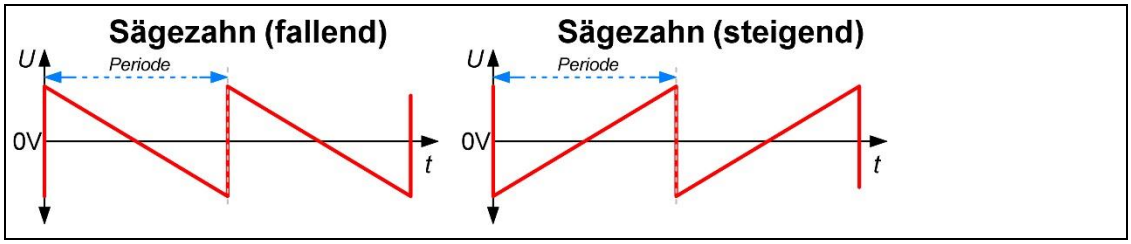

Abbildung 9 Ein steigendes und eines fallendes Sägezahnsignal

Die Formel für das fallende Sägezahnsignal lautet

$$f(t) = A\left[\sin(\omega t) + \frac{1}{2}\sin(2\omega t) + \frac{1}{3}\sin(3\omega t) + \frac{1}{4}\sin(4\omega t) + \ldots\right]$$

Die Formel für das steigende Sägezahnsignal lautet wie folgt, wobei die geraden harmonischen in der Phase gedreht, also invertiert sind.

$$f(t) = A\left[\sin(\omega t) - \frac{1}{2}\sin(2\omega t) + \frac{1}{3}\sin(3\omega t) - \frac{1}{4}\sin(4\omega t) + \ldots\right]$$

Das Generierungsmuster lautet für ein Sägezahnsignal wie folgt: (n = Index der Harmonischen)

- Obertonspektrum: alle Harmonischen
- Amplitudendämpfung: 1/n

Durch die relativ geringe Amplitudendämpfung sind sehr viele Harmonische hörbar, so dass ein volles Klangbild entsteht. Bei der Umsetzung eines entsprechenden Patches habe ich diesmal noch das Attenuator-Modul *8VERT* verwendet, um darüber die Amplituden mithilfe des Verhältnisses anzupassen. Dann entfällt die Umrechnung über die Ratio-Dezibel-Formel. Werfen wir zuvor noch einen Blick auf das Spektrum eines reines Sägezahnsignal. Die Grundfrequenz des ersten Oszillators wurde wieder mit 100Hz eingestellt.

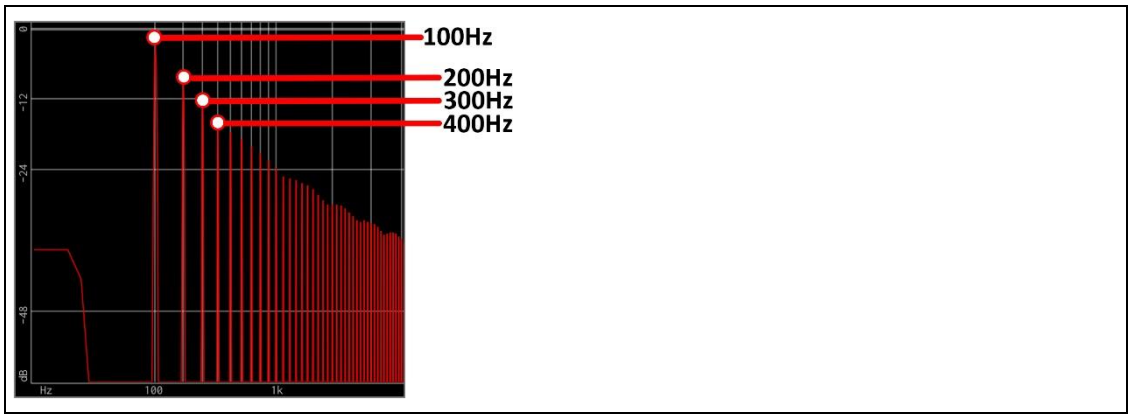

Abbildung 10 Der Ausschnitt eines Sägezahn-Signalspektrums

Es ist wunderbar zu erkennen, dass alle Harmonischen den Vorgaben der gezeigten Formel entsprechen. Der Patch gestaltet sich wie folgt, wobei, wie schon erwähnt, nun das 8VERT-Modul für die Anpassung der einzelnen Amplituden zuständig ist. Die Schieberegler des Mixer-Moduls müssen dafür in der Standard-Position von 0dB verbleiben. Wir erinnern uns: *0dB* bedeutet keine Beeinflussung (Dämpfung oder Verstärkung) des Signals.

VCV-Rack-Patch

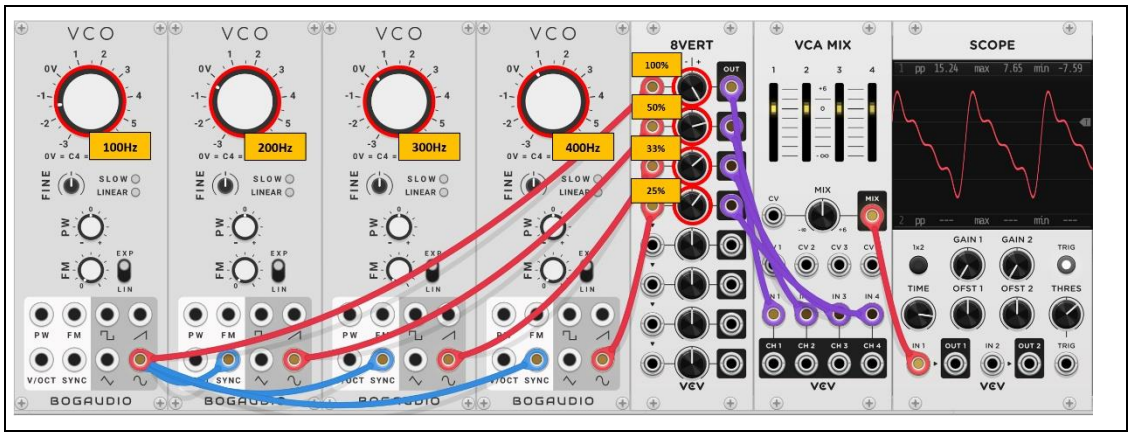

Abbildung 11 Die Bildung eines Sägezahnsignals - fallend

Im Scope-Modul ist eine Wellenform zu sehen, die einem Sägezahnsignal sehr nahekommt. Eine kleine Denksportaufgabe: Welche zwei Drehregler am 8VERT-Modul müssen auf welche Werte gesetzt werden, damit sich aus dem fallenden Sägezahnsignal ein steigendes ergibt?

Die Klangsynthese für ein Dreiecksignal

Schließen wir die additive Klangsynthese mit der Bildung eines Dreiecksignals ab. Somit hätten wir dann die vier grundlegenden Wellenformen - Sinus, Rechteck, Sägezahn und Dreieck - behandelt. Das Dreiecksignal kommt dem Sinussignal sowohl klanglich als auch optisch sehr nahe. Es enthält nur wenige ungerade Harmonische, deren Lautstärke exponentiell abnimmt. Das Maß der Dämpfung entspricht jeweils dem Quadrat der Nummer der Harmonischen. Die Formel dazu lautet wie folgt, wobei das Vorzeichen bei jeder zweiten Harmonischen negativ ist.

$$f(t) = A\left[\sin(\omega t) - \frac{1}{9}\sin(3\omega t) + \frac{1}{25}\sin(5\omega t) - \frac{1}{49}\sin(7\omega t) + \ldots\right]$$

Das Generierungsmuster lautet für ein Dreiecksignal wie folgt: (n = Index der Harmonischen)

- Obertonspektrum: alle ungeradzahligen Harmonischen (jede zweite negativ)
- Amplitudendämpfung: $1/n^2$

Werfen wir zuvor noch einen Blick auf das Spektrum eines reines Dreiecksignal. Die Grundfrequenz des ersten Oszillators wurde erneut mit 100Hz eingestellt.

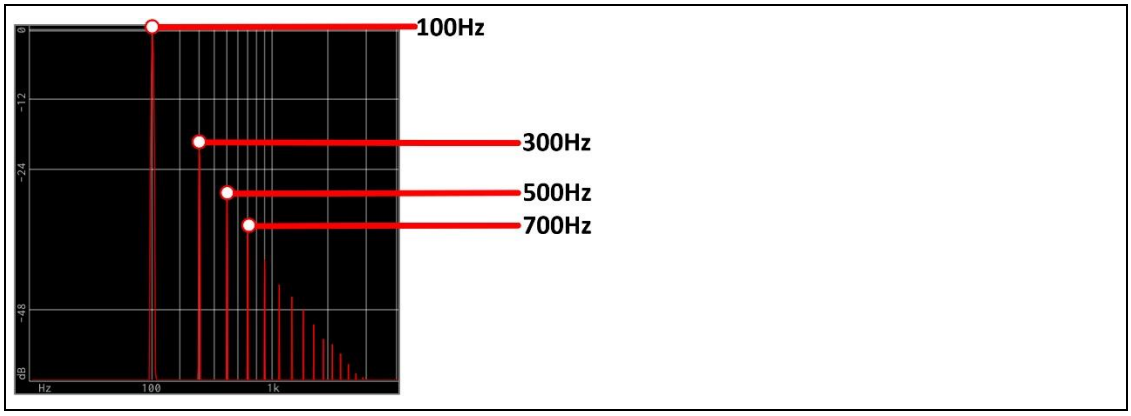

Abbildung 12 Der Ausschnitt eines Dreieck-Signalspektrums

Es ist wieder gut zu erkennen, dass alle Harmonischen den Vorgaben der gezeigten Formel entsprechen und die Amplitude der Harmonischen jedoch sehr schnell abnimmt. Der entsprechende Patch gestaltet sich wie folgt.

VCV-Rack-Patch

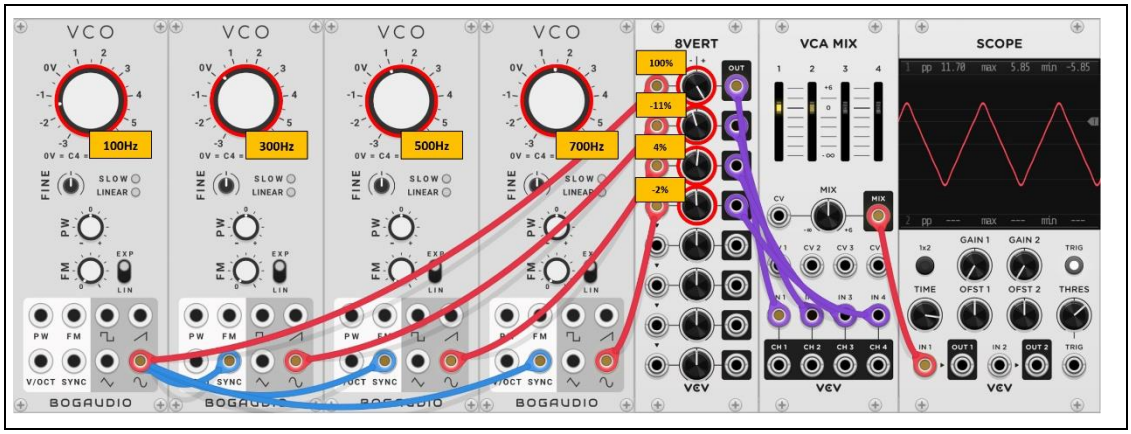

Abbildung 13 Die Bildung eines Dreiecksignals

Im Scope-Modul ist eine Wellenform zu sehen, die einem Dreiecksignal sehr nahekommt. Auch hier wurde zur Amplitudendämpfung wieder das 8VERT-Modul verwendet.

Die subtraktive Klangsynthese

Bei der subtraktiven Klangsynthese wird der Grundton durch eine einfache Wellenform erzeugt, die möglichst viele Obertöne besitzt, wie das zum Beispiel bei einer Rechteck- oder Sägezahn-Schwingung der Fall ist. Sind sehr viele Obertöne vorhanden, ist es dann sehr leicht, hier und da etwas aus dem Frequenzspektrum herauszufiltern, um ein gewünschtes Klangergebnis zu erzielen. Bei der subtraktiven Klangsynthese würde demnach eine Sinusschwingung als Grundton keinen Sinn machen, denn es sind keine Obertöne vorhanden, von denen etwas herausgefiltert werden könnte. Es käme hier lediglich zu einer Anpassung der Amplitude, sprich der Lautstärke. Als Filter kommen hier zum Beispiel Tiefpass-,

Hochpass- oder Bandpassfilter zum Einsatz, um nur einige wenige zu nennen. Da Obertöne, wie der Namen schon sagt, oberhalb eines Grundtones angesiedelt sind, ist der Einsatz eines Tiefpassfilters sehr geeignet, der mit variabler Cutoff-Frequenz mehr oder weniger hohe Frequenzen aus dem Obertonspektrum herausfiltert. Doch das Klangergebnis oder besser gesagt das Klang*erlebnis* wäre als derzeitiges Endprodukt etwas *wie in Stein gemeißelt* und deswegen sehr statisch und leblos. Leben hat aber etwas mit Bewegung zu tun und aus diesem Grund kommen die schon erwähnte Modulation ins Spiel, wie das zum Beispiel ein LFO mit einer rhythmischen Verschiebung der Cutoff-Frequenz sehr gut bewerkstelligen kann.

VCV-Rack-Patch

Abbildung 14 Die subtraktive Klangsynthese

Bei diesem Patch ist zu sehen, dass das LFO-Modul die Cutoff-Frequenz des VCF-Moduls moduliert und mehr oder weniger Obertöne im Spectrum-Analyzer zu sehen sind. Der Klang ändert sich, was auch an der Wellenform im Scope-Modul zu erkennen ist.

Andere Klangsynthesen

Die genannte additive beziehungsweise subtraktive Klangsynthese sind bei Weitem nicht die einzigen Möglichkeiten, Klänge zu erschaffen. Weitere Syntheseprinzipien sind zum Beispiel

- Die Wavetable-Synthese - Kommt in diesem Kapitel zur Sprache
- Die FM-Synthese - Wird im FM-Kapitel näher beleuchtet
- Cross-Modulation - Wurde im vorangegangenen Oszillator-Kapitel angesprochen
- Puls-Weiten-Modulation - Wurde im vorangegangenen Oszillator-Kapitel angesprochen
- Granular-Synthese

Natürlich gibt es noch sehr viele weitere Prinzipien, doch alle aufzulisten und entsprechend zu erläutern, würde den Rahmen sprengen und wäre auch im Moment des Guten zu viel. Als weiteres Beispiel zeige ich die Wavetable-Synthese, die sehr oft zum Einsatz kommt.

Die Wavetable-Synthese

Die platte Übersetzung des Begriffs Wavetable würde *Wellenformtabelle* lauten. Was eine Tabelle ist, sollte wohl jeden klar sein. Es handelt sich um eine listenförmige Zusammenstellung bestimmter Informationen. Da einige Synthesizer in der Lage sind, verschiedene Wellenformen zu speichern, um sie bei Bedarf abzurufen, sind darüber sehr interessante Effekte zu erzielen. Natürlich macht es dann wenig Sinn, immer nur eine einzige Wellenform zu laden, um sie zu spielen. Es wird erst dann spannend, wenn mehrere unterschiedliche Wellenformen in der genannten *Wavetable* gespeichert sind und diese in einer bestimmten Art und Weise - zum Beispiel über einen LFO oder einer Hüllkurve - nacheinander abgerufen und gespielt werden. Darüber kann ein sehr lebendiger Klang entstehen, der gerade für Pads und Strings (Streicher) ideal ist.

Was ist ein Pad-Sound?

Ein Pad-Sound, ein sogenannter Flächenklang, ist ein mehr oder weniger langanhaltender Ton oder Akkord, der von einem Synthesizer erzeugt wird, um darüber eine Art von Hintergrundharmonie mit warmem Charakter zu erzeugen. Gerade wenn es darum geht, atmosphärische Klänge zu generieren, wie das zum Beispiel die Streicher in einem Orchester machen, sind Pad-Sounds sehr gut geeignet. Bezogen auf die Hüllkurve und hinsichtlich der Parameter Attack, Sustain und Release sind diese so eingestellt, dass sie ein sanftes Ein- beziehungsweise Ausschwingen ermöglichen, was über entsprechend hohe Werte erreicht wird. Das wirkt einer starken Pegeländerung entgegen und ermöglicht einen sanften Flächenklang. Wenn jetzt noch ein zweiter Oszillator hinzukommt, der zum ersten leicht verstimmt ist, wird eine Schwebung erzielt, die den Effekt weiter erhöht. Als Schwebung wird ein Effekt bezeichnet, der durch die Überlagerung zweier Schwingungen erzielt wird, die sich in ihren Frequenzen nur sehr leicht unterscheiden. Das führt zu einer periodischen Fluktuation - also einer Zu- bzw. Abnahme - der Amplitude.

Eine sich ändernde Wellenform kann in einer Wavetable gespeichert werden und liegt dann zum Abruf bereit. In der folgenden Abbildung ist eine derartige Wavetable mit sechs Wellenformen zu sehen.

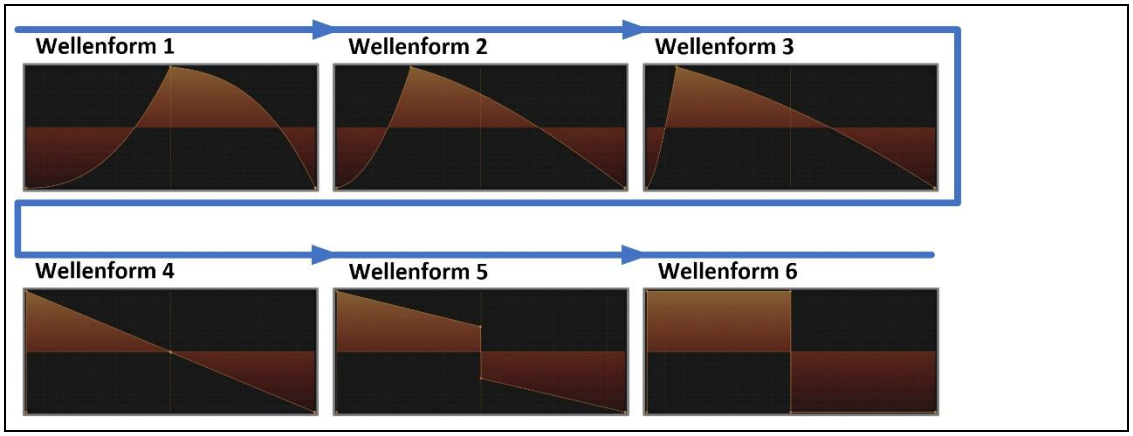

Abbildung 15 Die Wellenformen einer Wavetable

Es erfolgt hier ein Übergang von *FIN* über *SAW* nach *PULSE*. Wird diese Wavetable abgespielt, erfolgt ein internes Morphing zwischen den vorhandenen Wellenformen.

Um mit einem Wavetable-Modul zu experimentieren, ist sicherlich der *Black Wavetable VCO* von *EricaSynths* einen Blick wert.

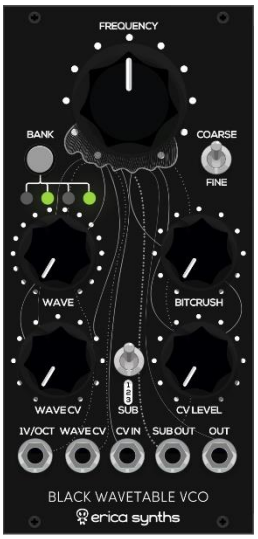

Abbildung 16 Der Black Wavetable VCO von EricaSynths

Unter der folgende Internetadresse sind die Module von EricaSynths als Plugin zu finden.

	Hyperlink!
https://library.vcvrack.com/EricaCopies	

Nachfolgend sind zwei Patches zu sehen, die das Wavetable-Modul ansteuern. Beim ersten ist es der LFO und beim zweiten eine ADSR-Hüllkurve, die die Wavetables abrufen.

Die Ansteuerung durch das LFO-Modul

Wird das Wavetable-Modul durch einen LFO moduliert, kommt es - wenn eine Taste auf dem Keyboard gedrückt wird - zum zyklischen Aufruf der gespeicherten Wellenformen.

VCV-Rack-Patch

Abbildung 17 Ein LFO steuert den Wavetable-VCO

Die Ansteuerung durch das ADSR-Modul

Wird das Wavetable-Modul durch eine Hüllkurve moduliert, kommt es - wenn eine Taste auf dem Keyboard gedrückt wird - zum einmaligen Aufruf der gespeicherten Wellenformen, was aber in Abhängigkeit vom eingestellten CV-Pegel abhängt.

VCV-Rack-Patch

Abbildung 18 Eine ADSR-Hüllkurve steuert den Wavetable-VCO

Durch die Anpassung diverser Parameter sollte auch hier wieder experimentiert werden, um zu sehen und hören, welche Auswirkungen dies hat.

Das VCV-Rack - Hardware steuern

Worum geht es überhaupt?

In diesem Kapitel werden folgende Themen besprochen:

- Die Ansteuerung von Hardware
- Das CV-to-MIDI-Modul
- Die Ansteuerung eines realen Synthesizers
- MIDI oder USB?
- Das Aufnehmen eines Audio-Stream von einem externen Audio-Interface
- Das CV-MIDI-CC-Modul
- Was sind Continuous-Controller-Signale?
- Was ist ein Envelope-Follower?
- Das Follow-Modul von Bogaudio

Bei VCV-Rack handelt es sich ja um eine Software, die in sich geschlossen ist und alle Module virtueller Natur sind. Im Kapitel, das sich mit MIDI-Mapping befasst hat, konnte man sehen, wie externe Hardware in Form eines MIDI-Controllers direkten Einfluss auf bestimmte Parameter von Modulen nehmen konnte. Nun wäre es sicherlich auch recht spannend, wäre es über VCV-Rack möglich, angeschlossene Hardware zu beeinflussen beziehungsweise zu steuern. Es gibt diesbezüglich unterschiedliche Ansätze und mit einem möchte ich dieses Kapitel beginnen.

Das CV-to-MIDI-Modul

Nun wurde das MIDI-to-CV-Modul ja mehrfach verwendet, wenn es darum ging, das angeschlossene Master-Keyboard als Schnittstelle zwischen Mensch und VCV-Rack nutzbar zu machen. Es gibt in VCV-Rack jedoch auch den genau entgegengesetzten Weg, der über ein bestimmtes Modul MIDI-Informationen versendet. Es nennt sich CV-to-MIDI-Modul.

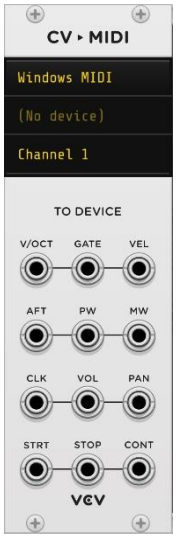

Abbildung 1 Das CV-to-MIDI-Modul

Was hat es damit aber auf sich? Ich werde dafür ein bisschen ausholen müssen. Das Thema MIDI wurde schon im MIDI-Mapping-Kapitel etwas genauer beleuchtet. Nun möchte ich das hier ein wenig erweitern. Da in einem Musikstudio sicherlich unterschiedliche Hardware über die MIDI-Schnittstelle kommuniziert, ist es erforderlich, diese einzelnen Geräte in irgendeiner Weise eindeutig anzusprechen. Im übertragenen Sinne verhält es sich ähnlich wie in einem Netzwerk, in den sich mehrere Teilnehmer tummeln und die miteinander und untereinander Informationen austauschen. Dazu ist es zwingend erforderlich, dass jeder Teilnehmer eine eindeutige Adresse besitzt, denn ansonsten ist es unmöglich, einen bestimmten Adressaten eindeutig zu identifizieren. Das Woher und Wohin muss also klar geregelt sein. Ganz ähnlich verhält es sich mit MIDI, wenn auch etwas in reduzierter Form. Der schon erwähnte ursprüngliche MIDI-Standard legte 16 Kanäle fest. Das kann also für die reale Welt zum Beispiel eine Straße mit 16 Gebäuden bedeuten, die Hausnummern von 1 bis 16 besitzen. Kommt ein Briefträger vorbei, dann kann er anhand dieser Nummern ein bestimmtes Haus genau identifizieren. Jedem Klangerzeuger im MIDI-Netzwerk wird also eine eindeutige Nummer, die MIDI-Kanal (Channel) genannt wird, zugewiesen. Über ein Masterkeyboard wird nun festgelegt, welchen MIDI-Kanal man auswählen möchte. Jedem MIDI-Klangerzeuger, der angesteuert werden soll, muss demnach ein eigener Kanal zugewiesen werden. Dabei muss das jedoch nicht unbedingt eindeutig sein, denn es gibt auch Spezialfälle, bei dem mehrere Klangerzeuger die gleiche MIDI-Adresse besitzen und bei einer Ansteuerung gleichzeitig spielen. Der sogenannte MIDI-Multimode soll hier keine Rolle spielen. Kommen wir zu einem konkreten Szenario.

Die Ansteuerung eines realen Synthesizers

Das nun folgende Beispiel kann mit allen Arten von realen Klangerzeugern durchgeführt werden und ich nutze dafür meinen Synthesizer *MatrixBrute*. Das VCV-Rack arbeitet in einem derartigen Modus als sogenannter *HUB*, also als ein Knotenpunkt um Daten zu empfangen, zu verarbeiten und dann weiterzuleiten.

Abbildung 2 Der Synthesizer MatrixBrute

Nun möchte ich diesen Synthesizer über VCV-Rack ansteuern. Dazu muss entweder eine MIDI-Verbindung oder eine USB-Verbindung zum Computer hergestellt werden. Die MIDI-Verbindung erfolgt in der Regel über das angeschlossene Audio-Interfache, das mit entsprechenden MIDI-Buchsen versehen ist.

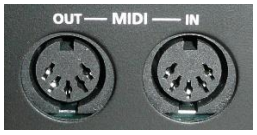

Abbildung 3 MIDI-Buchsen

Doch ich nutze lieber die USB-Variante, die ebenfalls MIDI-Signale über das USB-Protokoll versenden kann. Auf der nachfolgenden Abbildung sind beide Varianten einmal verdeutlicht.

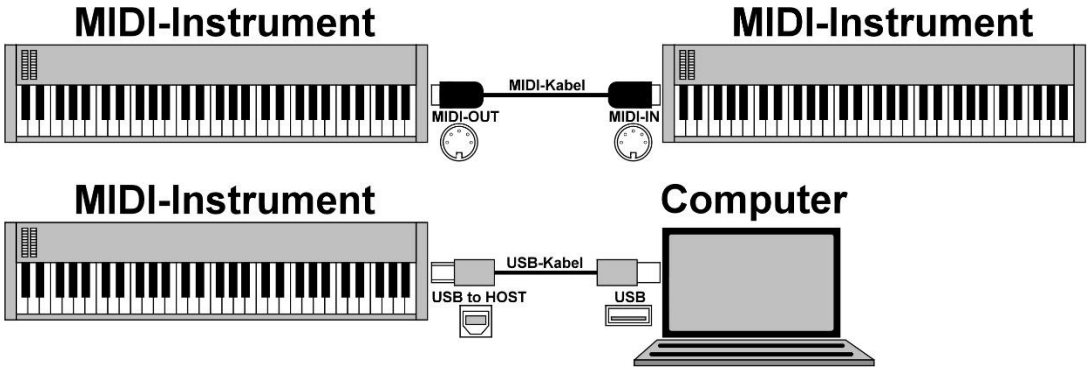

Abbildung 4 Verschiedene MIDI-Verbindungen

Nach der Verbindung mit meinem Computer kann das Setup des Synthesizers geöffnet werden, um darüber den MIDI-Kanal einzustellen. Ich zeige das hier exemplarisch für den MatrixBrute, was aber jeder andere Synthesizer sicherlich in ähnlicher Form anbietet. Es ist zu sehen, dass ich den Input-Kanal für MIDI auf 7 gesetzt habe. Diesen Kanal müssen wir dann gleich in VCV-Rack einstellen.

Abbildung 5 MIDI-Setup für den MatrixBrute

Werfen wir nun einen Blick auf das CV-to-MIDI-Modul.

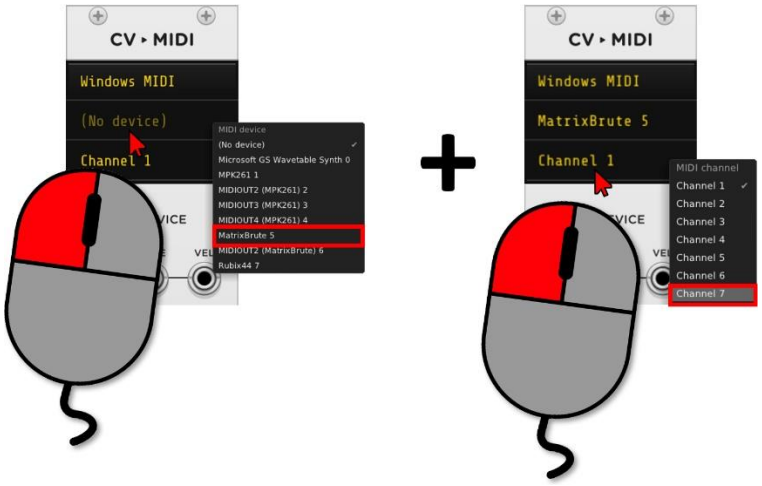

Abbildung 6 Der MatrixBrute-Eintrag im CV-to-MIDI-Modul

Nach der Auswahl befindet sich der entsprechende Eintrag im Modul und dieses ist dann mit dem richtigen MIDI-Kanal 7 konfiguriert. Bei der Ziffer 5 hinter der Device-Beschreibung handelt es sich lediglich um einen Index, der in der Liste von erkannten Devices verwendet wird und keine weitere Bedeutung hat.

Abbildung 7 Der MatrixBrute-Eintrag ist im CV-to-MIDI-Modul ausgewählt und konfiguriert

Ein erster Test

Ein erster Test, ob alles auch in Richtung des MatrixBrute hinsichtlich MIDI ankommt, kann über die beiden folgenden Module erfolgen.

VCV-Rack-Patch

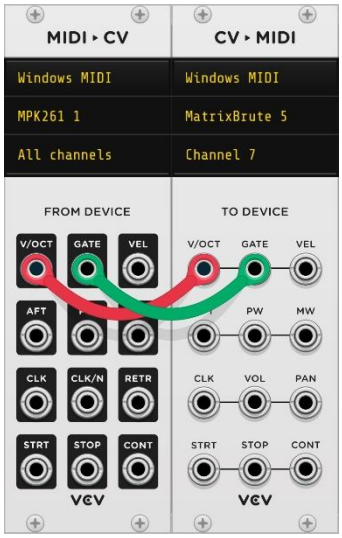

Abbildung 8 Der Patch zum Testen der MIDI-Verbindung zum MatrixBrute

Wenn ich jetzt auf meinem Keyboard spiele, reagiert der MatrixBrute als externer Synthesizer und spielt die entsprechenden Noten. Die Soundausgabe erfolgt jedoch nicht über die bisherige Weise, denn es ist ja auch kein Audio-Modul vorhanden. Der MatrixBrute ist mit dem externen Audio-Interface verbunden und an diesem befinden sich sogenannte Monitor-Boxen. Ist das verständlich formuliert? Ich denke, dass ein Blockschaltbild das sicherlich besser kann.

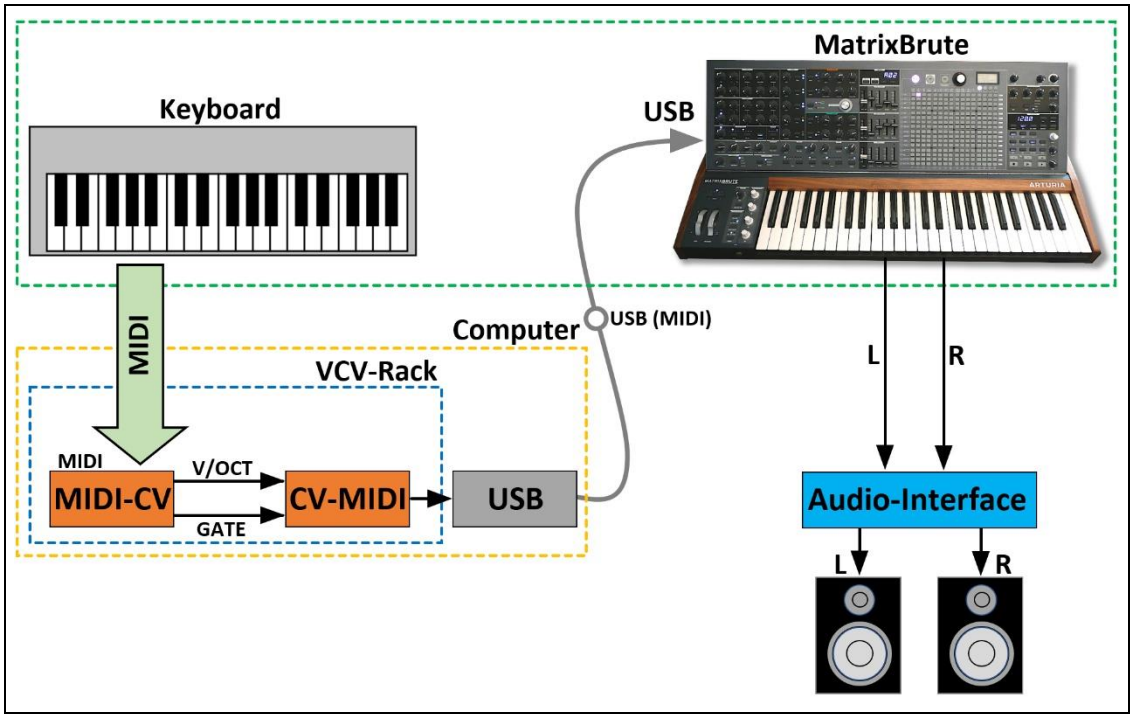

Abbildung 9 Das Blockschaltbild für die Kommunikation zwischen VCV-Rack und MatrixBrute

Nun macht das auf den ersten Blick ja wenig Sinn, das Masterkeyboard zu verwenden, um den MatrixBrute anzusteuern, der seinerseits über ein eigenes Keyboard verfügt. Es ging mir hier im ersten Schritt lediglich darum, die Kommunikation zwischen VCV-Rack und einem externen MIDI-Gerät zu demonstrieren.

Ein zweiter Test

Vielleicht hegt der eine oder andere den Wunsch, die Klänge des externen Synthesizers oder eines anderen angeschlossenen MIDI-Gerätes irgendwie in die Umgebung des VCV-Racks zu bekommen. Hatten wir dieses Szenario nicht schon mal? Richtig, denn das *REC*-Modul bot ja die Möglichkeit der Aufnahme eines Audio-Streams in eine Audio-Datei. Doch der Matrix-Brute leitet seine Audio-Signale ja nicht an den Computer, sondern an das Audio-Interface. Wie ist es dann aber möglich, diesen Stream abzugreifen und an das REC-Modul zu senden, damit dieser gespeichert werden kann? Da das externe Audio-Interface ja ebenfalls als ein USB-Gerät und mit dem Computer verbunden! Es ist also möglich, dieses zum Beispiel im Audio-8-Modul auszuwählen und den Ausgang dann mit dem REC-Modul zu verbinden. Gesagt, getan!

VCV-Rack-Patch

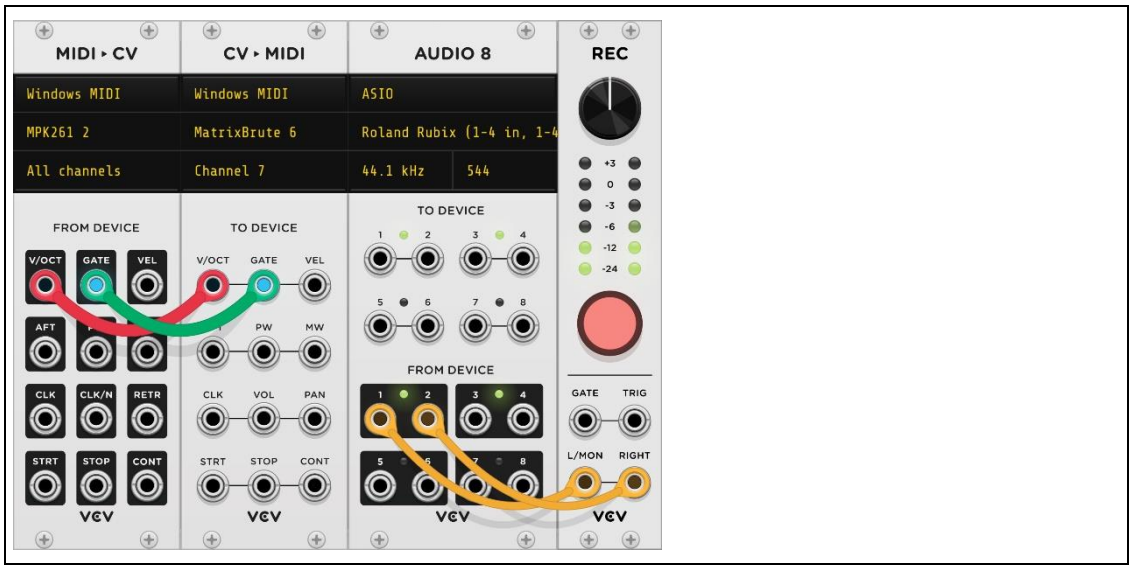

Abbildung 10 Das REC-Modul nimmt das Audio-Signal des MatrixBrute auf und speichert es im Dateisystem

Die gespeicherte Audio-Datei kann dann zu vielfältigen Zwecken in zahlreichen Modulen wie WT-VCO oder Sampler genutzt werden.

Eine komplexe Sequencer-Ansteuerung

Nun verfügt der MatrixBrute intern schon über einen Sequencer und Arpeggiator, doch ich möchte mit diesem Patch zeigen, wie eine derartige Ansteuerung via VCV-Rack erfolgen kann. Dazu verwende ich wieder das SEQ-3-Modul mit nachgeschaltetem Quantizer. Soweit stellt das nichts Neues dar. Doch ich möchte das Ganze noch ein wenig erweitern, denn ein Hardware-Synthesizer verfügt ja in der Regel auch noch über sogenannte *MIDI Continuous Controller-Zuweisungen*. Klingt geschwollen, ist aber ganz einfach. Bisher wurde das CV-to-MIDI-Modul dazu verwendet, bestimmte MIDI-Noten über den eigenstellten MIDI-Kanal zu versenden. Der Hardware-Synthesizer reagierte mit unterschiedlichen Tönen. Nun gibt es aber auch noch die Möglichkeit, auf die unterschiedlichen Parameter eines Synthesizers zuzugreifen und diese zu modulieren. Wir kennen das von den schon bekannten VCV-Rack-Modulen, wo bei einem VCO die Tonhöhe oder bei einem VCF die Cutoff-Frequenz moduliert wurde. Derartige Parameter können ebenfalls über ein bestimmtes VCV-Rack-Modul versendet werden, so dass der Hardware-Synthesizer darauf reagiert. Das, was nun folgt, stellt lediglich ein Beispiel für den Matrix-Brute dar und kann im Grunde genommen auf jeden anderen Synthesizer übertragen werden. Es ist dazu lediglich notwendig, das jeweilige Handbuch zu konsultieren. Doch beginnen wir mit dem VCV-Rack-Modul, das diese Funktionalität in sich birgt. Es nennt sich *CV-MIDI-CC*. Es werden also CV-Signale über MIDI in CC-Signale (Continuous-Controller) übertragen.

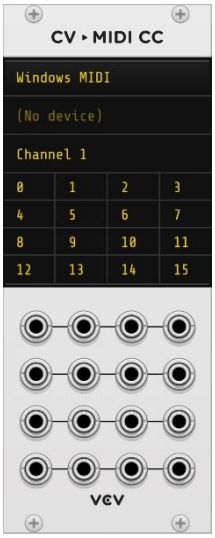

Abbildung 11 Das CV-MIDI-CC-Modul

Ich erspare mir die Details zur Konfiguration von Device und Channel, denn es ist die gleiche Vorgehensweise wie beim CV-to-MIDI-Modul. Entscheidend ist hier der untere Teil, der die sogenannten MIDI-CC Nummern zeigt. Diese sind im Moment von links oben nach rechts unten von 0 bis 15 durchnummeriert, können aber mit einem Mausklick entsprechend angepasst werden. Um nun an eine ausgewählte Nummer ein CV-Signal zu versenden, muss die entsprechende Buchse verwendet werden, die sich unter der Nummernmatrix befindet. Für meinen MatrixBrute gibt es hinsichtlich des *VCO-1* folgende Zuweisungen, um nur eine kleine Einführung zu zeigen. Die Liste ist etwas gekürzt, was aber keine Rolle spielt.

VCO-1-Parameter	**MIDI CC**	**Auflösung**
Fine (Pitch-Finetuning)	65	7-bit
Coarse (Pitch-Tuning)	66	7-bit
Waveform Selection	67	7-bit
usw.		

Um also die Tonhöhe via CC anzupassen, muss die MIDI-CC-Nummer 66 mit einem Wert zwischen 0 und 127 versendet werden. Ich möchte jedoch nicht den VCO in irgendeiner Weise beeinflussen, sondern den Master-Cutoff des MatrixBrute. Hier der entsprechende Parameter.

Filter Parameter	**MIDI CC**	**Auflösung**
Master Cutoff	27	7-bit/14-bit

Die Nummer 27 ist also hier die richtige, die mit einem bestimmten Wert versehen werden muss. Der folgende Patch zeigt die Umsetzung.

VCV-Rack-Patch

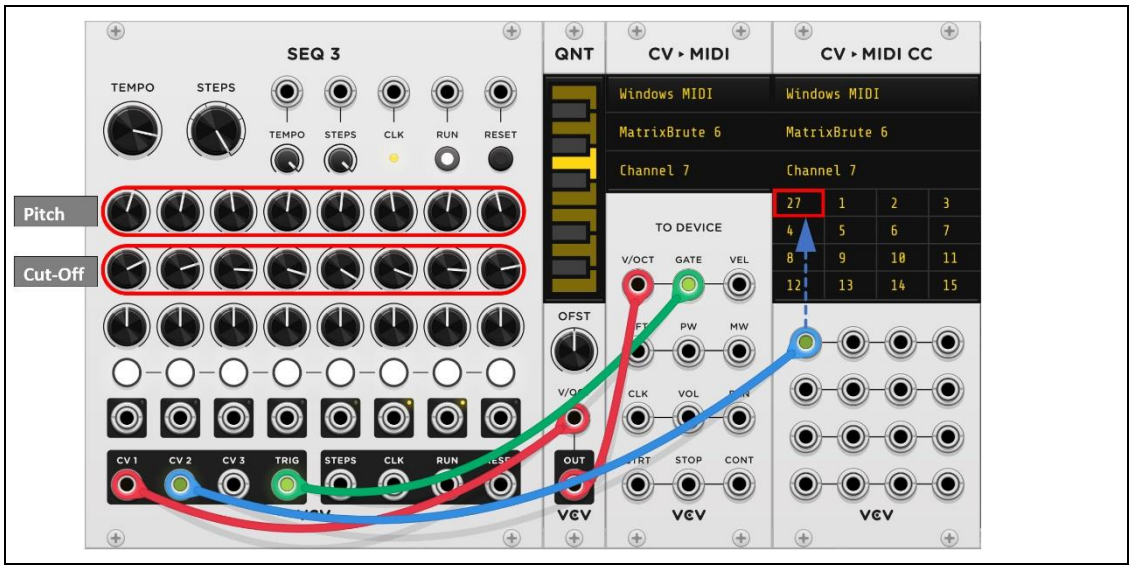

Abbildung 12 Der Patch steuert die Tonhöhe und die Cutoff des MatrixBrute

Der Enveope-Follower

Kommen wir nun zu einem weiteren Thema, das sich mit Audio-Signalen befasst, die von außen in VCV-Rack hineinkommen, um dort etwas zu bewirken. Wie ist es möglich, ein Audio-Signal dafür zu nutzen, um zum Beispiel einen bestimmten Parameter zu modulieren? Schaut man sich ein Audio-Signal genauer an, wird man feststellen, dass es in einem Scope zu Anzeige gebracht, schon sehr diffus ausschaut. Wie sollte es möglich sein, hier einen bestimmten Wert herauszugreifen, um daraus wiederum ein Steuersignal abzuleiten?

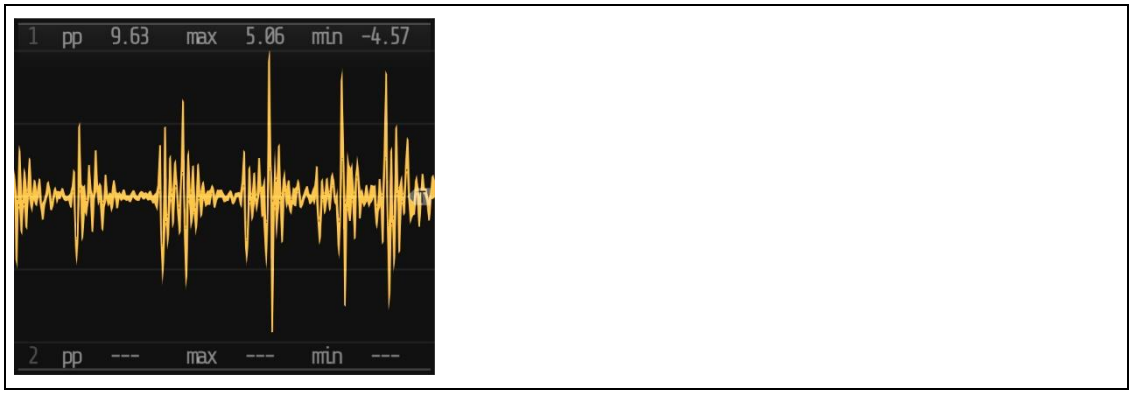

Abbildung 13 Irgendein Audio-Signal

Zeitlich gesehen sind die Sprünge in der Amplitude schon sehr hart, so dass es hier bei einer direkten Umsetzung in ein CV-Signal ebenso hart zugehen würde. Das wäre nicht das, was man sich letztendlich

wünscht. Es müsste eine Möglichkeit geben, quasi oben auf den Spitzen zu reiten, ohne jeweils in ein darauffolgendes Tal zu fallen. Natürlich gibt es für diesen Aspekt eine Lösung in Form eines sogenannten *Envelope-Followers*.

Was ist ein Envelope-Follower?

Ein Envelope-Follower, auch *Hüllkurvenfolger* genannt, kommt dann zum Einsatz, um den Lautstärkeverlauf eines Audiosignals in ein Steuersignal umzuwandeln. Das Modul tastet ein Audio-Signal kontinuierlich ab und erzeugt aus dem ermittelten Lautstärkeverlauf eine kontinuierliche Steuerspannung.

Ich denke, dass es das Beste ist, sich das zuerst an einem Test-Patch genauer anzusehen, der wie folgt ausschaut. Zum Einsatz kommt hier das *FOLLOW*-Modul von Bogaudio, das auf der folgenden Abbildung zu sehen ist. Die Empfindlichkeit beziehungsweise Verstärkung kann über die Drehregler individuell eingestellt werden.

Abbildung 14 Das FOLLOW-Modul von Bogaudio

Es ist gut zu erkennen, dass die rote Kurve, die das Ausgangssignal des FOLLOW-Moduls ist, genau den Spitzen des gelben Audio-Signals folgt. Diese rote Kurve kann direkt als Steuersignal zur Modulation bestimmter Parameter genutzt werden.

VCV-Rack-Patch

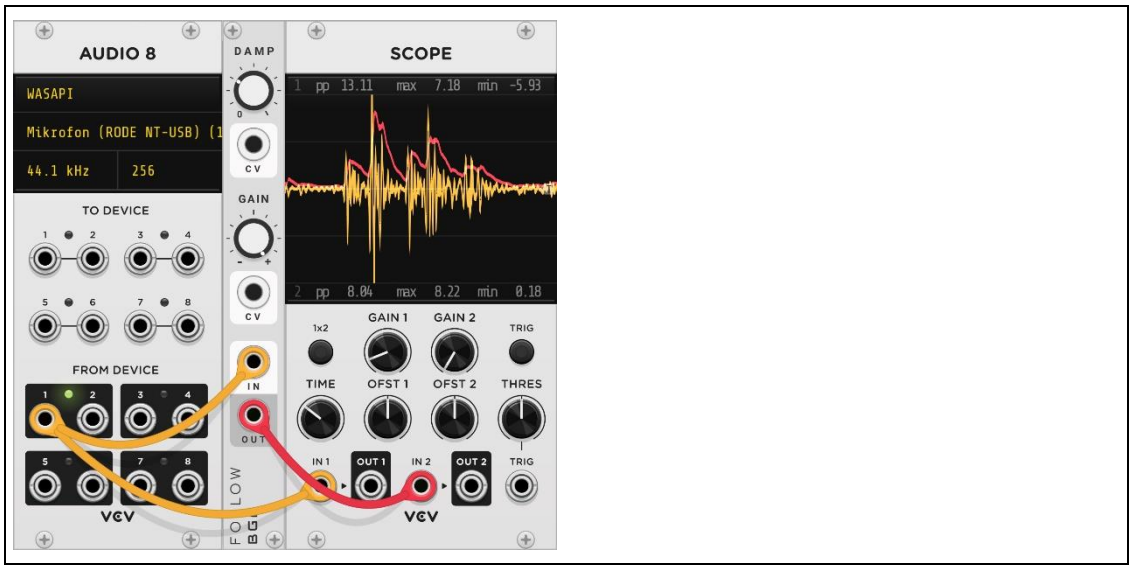

Abbildung 15 Der Envelope-Follower im Einsatz

Ich gebe nun mit dem folgenden Patch lediglich eine Anregung, die zeigen soll, wie mit dem Ausgangssignal des Envelope-Followers einen oder mehrere Parameter steuern kann. In meinem Fall wird die V/OCT des FM-OP-Moduls über das angeschlossene Mikrofon beeinflusst. Das OUT-Signal des FOLLOW-Moduls steuert zudem den GATE-Eingang des FM-OP-Moduls an, was nur dann ein Signal an seinen Ausgang leitet, wenn auch ein Audio-Signal vorhanden ist und ein gewisser Pegel überschritten wird. Zudem ist die ENV-Taste am FM-OP-Modul gedrückt, um die Envelope-Steuerung zu aktivieren.

VCV-Rack-Patch

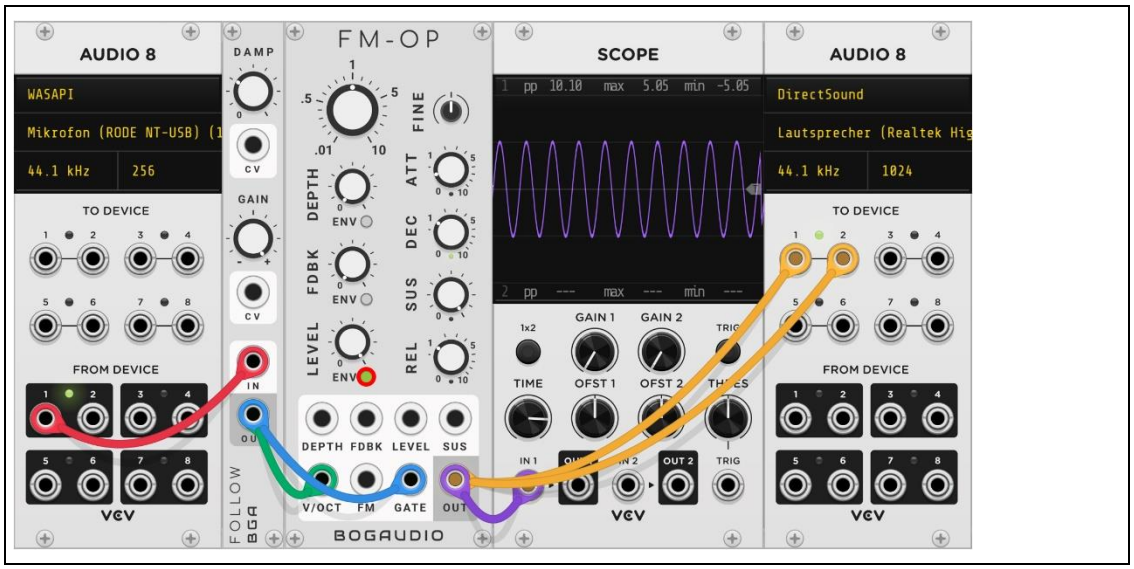

Abbildung 16 Der Envelope-Follower steuert den Pitch des FM-OP-Moduls

Das sollte einen Vorgeschmack auf das geben, was alles möglich ist, um auch eine angeschlossene externe Hardware zu steuern beziehungsweise zu modulieren.