

# **DIGITALE SYNTHESIZER**

**Ausarbeitung Tonseminar SS25**

Dominik Schmidt (ds231), David Hertling (dh119)

Z. Hd. Prof. Oliver Curdt

Fakultät Electronic Media

Audiovisuelle Medien

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.0 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Digitale Synthesizer	3
<b>2.0 Möglichkeiten der digitalen Synthesizer</b>	<b>3</b>
2.1 FM-Synthese	3
2.2 Physical Modelling Synthese (PM-Synthese)	4
2.3 Sampling	6
2.4 Granular Synthesis	7
2.5 Wavetable-Synthese	8
2.6 Nutzung mehrerer Synthesarten	8
<b>3.0 Analog vs. Digital</b>	<b>9</b>
3.1 Preisunterschiede	9
3.2 Wartung und Reparatur	11
3.3 Physische Begrenzungen	11
3.4 Onboard-Effekte	12
3.5 Modulation	13
3.6 Content Banks und Presets	14
3.7 Vorteile analoger Synthesizer	14
3.8 Fazit	16
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>16</b>

# 1.0 Einleitung

## 1.1 Digitale Synthesizer

Analoge Synthesizer verwenden elektronische Schaltkreise, wie Transistoren, Kondensatoren und Oszillatoren zu Erzeugung von Klängen, wohingegen digitale Synthesizer binär, also mit Nullen und Einsen arbeiten. Erst kurz vor der Klangausgabe durch einen Lautsprecher erfolgt eine digital-analog Konvertierung. Durch die digitale Signalverarbeitung wurden einige neue Möglichkeiten der Klangeinstellung möglich.

Digitale Synthesizer ermöglichen beispielweise komplexere Modulations- und Syntheseformen, sowie auch Reproduzierung von akustischen Instrumenten und analogen Equipment. Im Folgenden wird genauer auf die Möglichkeiten eingegangen die digitalen Synthesizer im Gegensatz zu analog hervorbrachten.

# 2.0 Möglichkeiten der digitalen Synthesizer

## 2.1 FM-Synthese

Die FM-Synthese war eine der ersten Sounddesignmöglichkeiten, die digitale Synthesizer ermöglichten. Bei der FM-Synthese wird die Frequenz einer Schwingung durch eine andere moduliert, wodurch ein besonders obertonreicher und perkussiver Sound entsteht.

Die Anfänge fand das Prinzip in der Stanford Universität im Jahre 1968 durch die Arbeit von Dr. John M. Chowning. Das Prinzip der Frequenzmodulation wurde bereits davor in der Rundfunktechnik genutzt, aber erst ab diesem Zeitpunkt zur Klangerzeugung genutzt.

1973 erwarb Yamaha die Patentrechte an der FM-Synthese und brachte damit den GS-1 und GS-2 auf den Markt, beides digitale Synthesizer, welche jedoch keine weite Verbreitung fanden. Der Erfolg kam erst 1983 mit dem DX7, welcher bis heute zu einem der bekanntesten digitalen Synthesizer zählt. Digitale Nachbildungen sind bis heute erhältlich. (Lorenz, 2020)

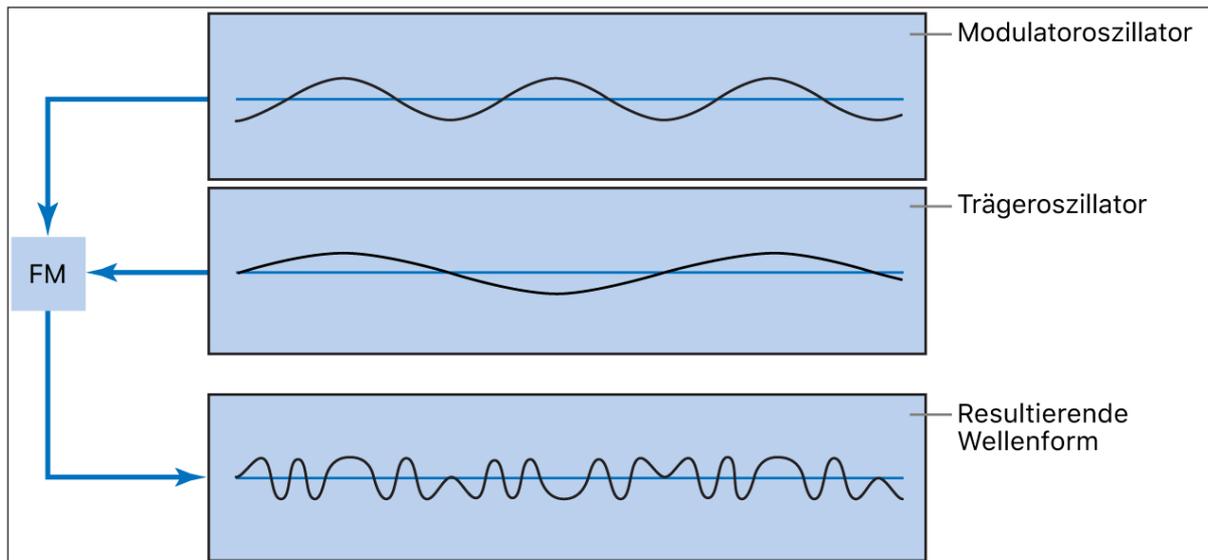


Abb. 1: Funktionsweise FM-Synthese

## 2.2 Physical Modelling Synthese (PM-Synthese)

Das Prinzip des Physical Modelling beschreibt das Prinzip der Klangerzeugung durch einen Computer mithilfe eines mathematischen Modells zur Simulation von realen Objekten. Eine Technik, die erst durch die verbesserte Rechenleistung moderner Prozessoren sinnvoll nutzbar wurde. Dabei können ganze Instrumente, oder einzelne Teile wie beispielweise Saiten simuliert werden. 1993 brachte Yamaha den ersten PM-Synthesizer den VL-1 auf den Markt, welcher jedoch schwer zu benutzen war und weiterhin ein tieferes Verständnis des simulierten Instruments benötigte (Douglas, 2024). Dabei lassen sich bei Physical Modelling Plugins zum Beispiel im Falle einer Geigennachbildung Parameter wie Bogendruck oder Geschwindigkeit verändern anstelle von Dynamik und Expression, wie es bei den meisten Samplebasierten Instrumenten der Fall ist.



Abb. 2: Preparation 2

Soliste von Expressive E reale Streichinstrumente, welche in Zusammenarbeit mit der hauseigenen Hardware funktionieren. Dadurch soll das das Nutzen des Synthesizers intuitiver werden und weniger Fachwissen über das Instrument benötigen, was einen Ausblick auf die mögliche Zukunft von Physical Modelling werfen könnte.

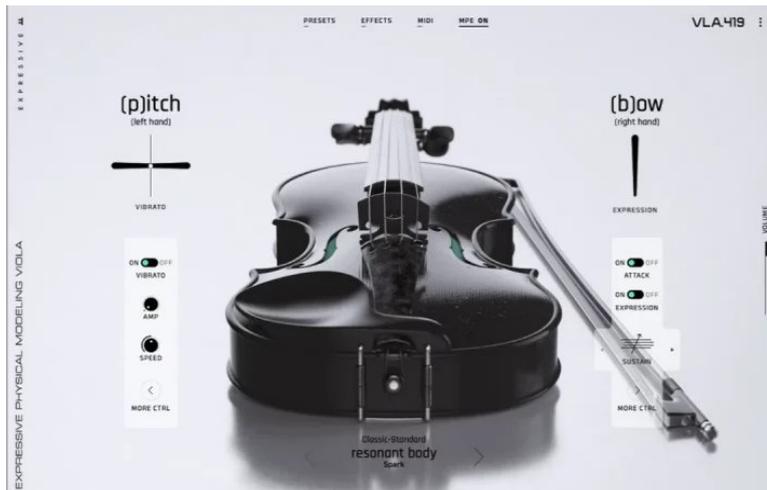


Abb. 3: Soliste, Expressive E

Preparation 2 ist ein eher moderner digitaler Synthesizer der Firma Physical Audio, der kein spezielles Instrument, sondern zwei Saiten mit beweglichem Bund simuliert und durch den Einsatz von Effekten und digitaler Signalverarbeitung verschiedene Klänge kreiert. Im Gegensatz dazu modelliert das Plug-In

## 2.3 Sampling

Beim Sampling werden aufgenommene Sounds, sogenannte Samples, auf eine Klaviertastatur gelegt und ohne Verzögerung und teils veränderter Tonhöhe abgespielt. Dadurch lassen sich zum einen reale Instrumente darstellen, zum Beispiel durch das Samplen eines Klaviertons, als auch neue experimentelle Klänge erzeugen durch die Verwendung von ungewöhnlicheren Samples.

Kontakt ist eine der bekanntesten Sampling Engines die es zum heutigen Zeitpunkt gibt. Besonders für das Samplen von akustischen Instrumenten sowie Orchestern ist es sehr beliebt. Dabei wird nicht nur ein Sample pro Note aufgenommen, sondern mehrere verschiedene Versionen für unterschiedliche Dynamiken sowie Variation, die den virtuellen Instrumenten Realismus verleiht.

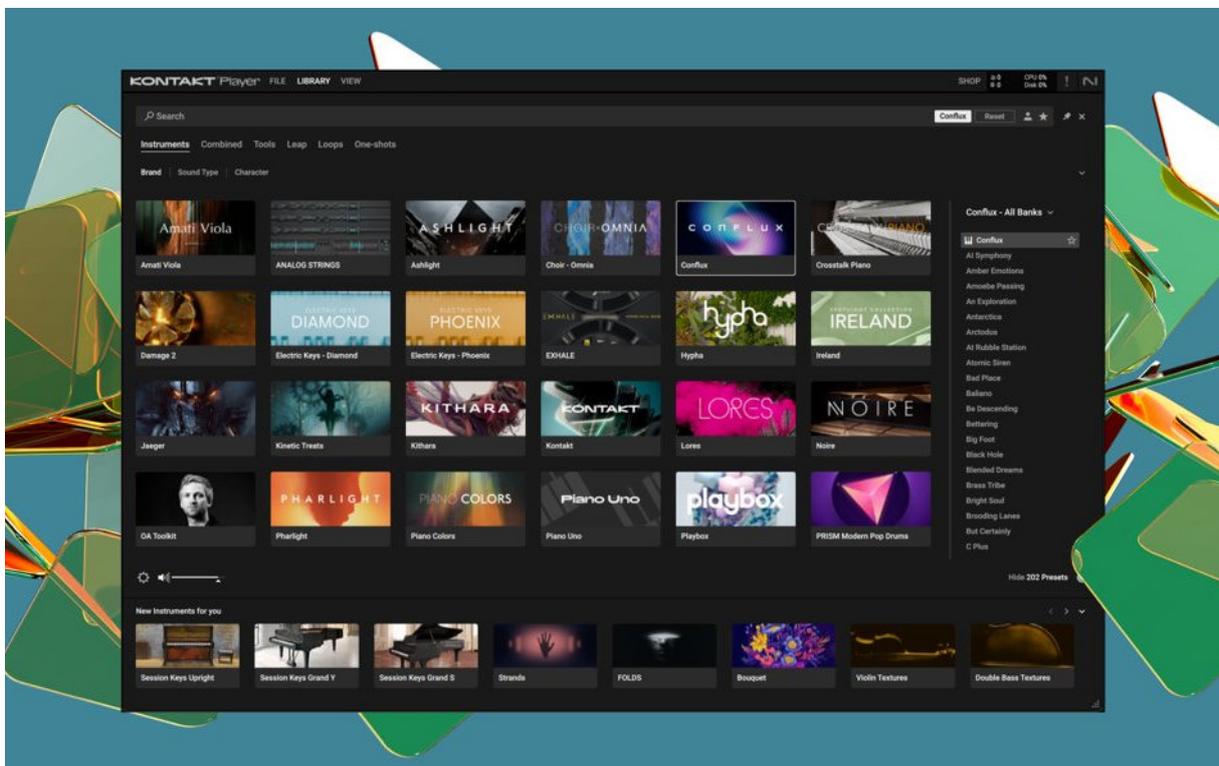


Abb. 4: Kontakt 8 Player, Native Instruments

## 2.4 Granular Synthesis

Bei Granularsynthese handelt sich auch um eine Art des Samplings. Dabei wird ein Audiosample in sehr kurze Abschnitte, sogenannte „Grains“ aufgeteilt. Die Länge der Grains ist dabei üblicherweise unter 50 Millisekunden, wodurch der Hörer die einzelnen Klangereignisse nicht mehr unterscheiden kann. Dabei kann die Anzahl der gleichzeitig abgespielten Grains, deren Dauer, Tonhöhe und Abspielposition angepasst werden.

Da bei der Granularsynthese die Abspielgeschwindigkeit gegenüber herkömmlichen Samplern unabhängig von der Tonhöhe verändert werden kann, wird diese Technik des Samplings häufig für Time-Stretching sowie Pitch-Shifting verwendet.

Durch starke Bearbeitung der Abspielgeschwindigkeit lassen sich sehr experimentelle und undefinierte Klänge erzeugen, die häufig für Atmosphären und Pads in Musik und Sounddesign verwendet werden. (Zopp, 2021)



Abb. 5: Quanta von Audiodamage, Granularsynthesizer

## 2.5 Wavetable-Synthese

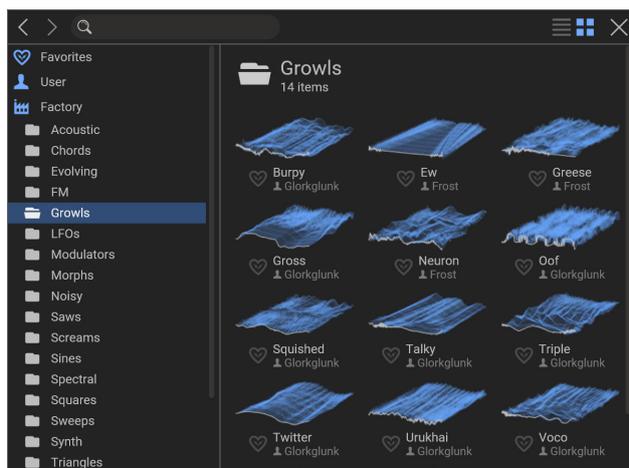


Abb. 6: 3D-Darstellung von Wavetables von Kilohearts

Audiosamples in Wavetables. Da analoge Synthesizer hauptsächlich auf klassische Wellenformen, wie Sinus, Rechteck, etc. beschränkt waren, boten Wavetables eine neue Herangehensweise an komplexere Sounds.

Wavetables sind eine Methode der Klangerzeugung, bei der einzelne Wellenformen in Serie gespeichert werden. Bei diesen Wellenformen kann es sich um simple Signale wie Sinus, Rechteckwelle oder Sägezahnwelle handeln, wie aber auch beliebige andere Wellenformen. Dadurch ist ein Überblenden von einer Wellenform in eine andere möglich, oder das Umwandeln von

## 2.6 Nutzung mehrerer Synthesarten

Es gibt heute weiterhin Synthesizer, die sich auf nur eine der bereits genannten Synthesarten fokussieren, jedoch besteht der Vorteil programmierbarer Synthesizer besonders darin, dass sich einzelne Möglichkeiten der Klangerzeugung leicht kombinieren lassen. Besonders starke VST-Synthesizer wie Serum 2 lassen den Nutzer beispielweise zwischen normalen Oszillatoren, Samplern, sowie Granularsynthese wählen. Dadurch lassen sich die Stärken der einzelnen Synthesarten kombinieren, um noch einzigartigere Klänge zu erzeugen.

## 3.0 Analog vs. Digital

### 3.1 Preisunterschiede

Die Preisunterschiede zwischen analogen Synthesizern und digitalen VST-Einheiten deuten bereits große Unterschiede kostengebender Faktoren analoger und digitaler Synthesizer an. Diese Preisdifferenzen lassen sich leicht beim Vergleich der verbreitetsten Synthesizer-Modelle beider Welten erkennen. Spitzenreiter digitaler VST-Synths wie Xfer Serum, Kilohearts PhasePlant, u-he Diva oder Arturia Pigments bieten Nutzern bereits unter 250€ vollumfängliche und leistungsstarke Synthesizer (Xfer, 2025). Dagegen liegen analoge Einheiten renommierter Hersteller wie beispielsweise der Sequential Prophet-5, Moog Matriarch oder Roland Juno 60 bereits im vierstelligen Preissegment und aufwärts. Zum Verständnis dieser preislichen Unterschiede ist eine Betrachtung verschiedener Gesichtspunkte nötig.

#### **Produktionskosten und Skalierbarkeit**

Die Produktionskosten pro Einheit von Synthesizer-Plug-Ins halten sich durch einfache digitale Vervielfältigung niedrig. Während für die Herstellung einer analogen Einheit eine Vielzahl elektronischer Komponenten und Bauteile benötigt wird, deren Marktwert von Kursschwankungen und Rohstoffverfügbarkeiten abhängt, lassen sich die Codes von Plug-Ins ohne nennenswerte Kosten vervielfältigen und mit entsprechenden Lizenzen verkaufen. Sobald die Kosten für Forschung und Entwicklung gedeckt sind, erweisen sich Produktion und Vertrieb von digitalen Produkten als kostengünstig und besonders skalierbar.

#### **Rarität und Sammlerwerte**

Begrenzte Materialverfügbarkeiten und eingestellte Produktionen steigern die Wertschätzung für analoge Einheiten im Vergleich zu Synthesizern aus der digitalen Domäne. Auch durch den Erfolg von Musik mit Verwendung dieser Synthesizer steigt deren Beliebtheit mit der Zeit an. Dementsprechend verhalten sich die Preise analoger Synthesizer im Lauf der Zeit ebenfalls steigend. Durch die zuvor erläuterte Skalierbarkeit codebasierter Synthesizer ist deren Wert unabhängig von der Verkaufte Stückzahl. Daher gelten diese mit zunehmender Zeit eher als überholt oder veraltet, wenn Konkurrenzprodukte durch neuere Features die Führung übernehmen.

## Bezahlmodelle im digitalen Vertrieb

Durch die ausschließliche virtuelle Verfügbarkeit eignen sich Synthesizer-Plug-Ins auch für verschiedene Arten des digitalen Vertriebs, was Kunden eine flexible Nutzung und Anschaffung ermöglicht. Beispielsweise bieten Anbieter wie Splice oder Kilohearts sogenannte rent-to-own-Bezahlmodelle an, welche dem Käufer eine Ratenbasierte Zahlung mit gleichzeitiger Nutzung erlauben. Eine weitere Möglichkeit der preislichen Flexibilität stellen stufenbasierte Staffellungen dar, wie sie von Vital Audio angeboten werden, um den Wavetable-Synth Vital zu nutzen. Eine kostenlose Stufe beinhaltet bereits Zugang zum Synthesizer, während höhere Preisstufen dem Nutzer einen größeren Umfang an Presets, Wavetables und Bonus-Features zugänglich machen.

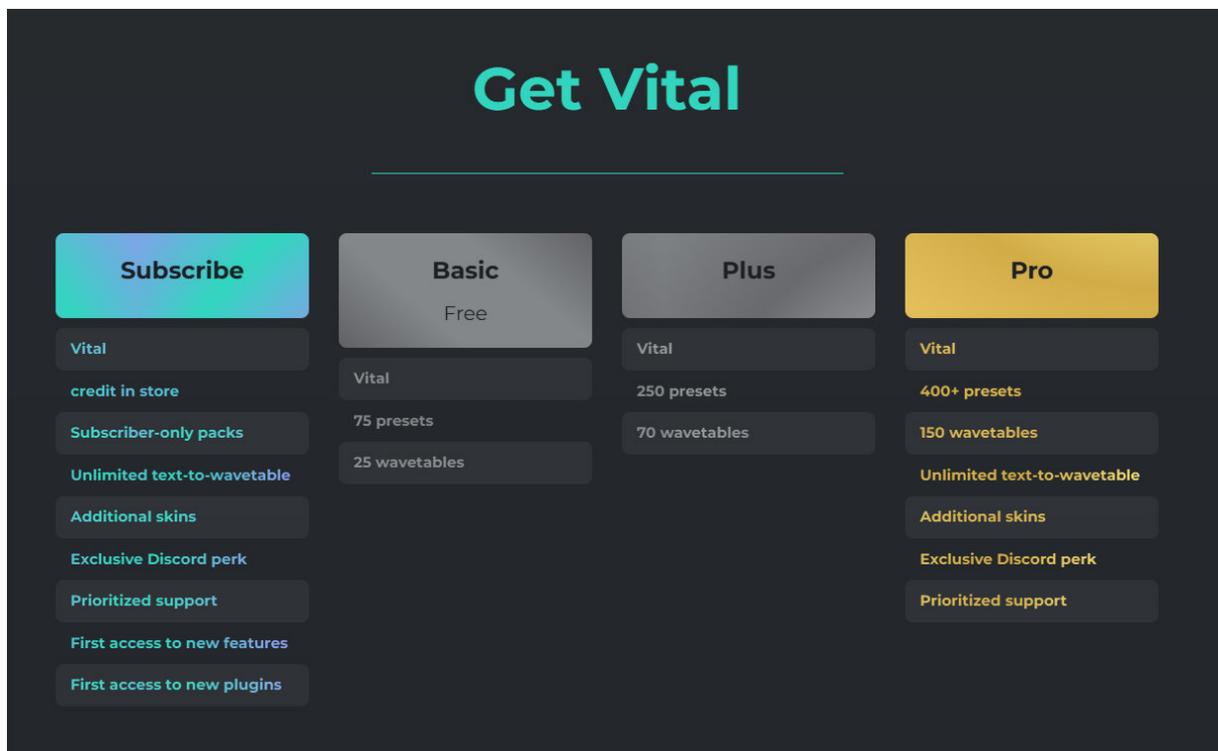


Abb. 7: Preisstaffelung des Synthesizer-Plug-Ins „Vital“

## 3.2 Wartung und Reparatur

Auch angesichts der laufenden Kosten unterscheiden sich physische Einheiten von Softsynths. So müssen Probleme wie alternde oder defekte Bauteile an analogen Synthesizern meist durch kostenpflichtige Wartung und Reparatur von Herstellern oder Experten gelöst werden, während deren digitale Gegenstücke durch laufende Verbesserungen der Entwickler auf dem neusten Stand gehalten werden können. Hierbei helfen die meist kostenlos veröffentlichten Updates allen Nutzern auf einmal, sodass serielle Fehler nicht für alle verkauften Einheiten einzeln behandelt werden müssen, sondern im Rahmen eines Bug-Fixes behoben werden können. Auf diese Weise ist auch die nachträgliche Implementierung neuer Funktionen in Plug-Ins möglich, während analoge Synthesizer nach Produktion grundsätzlich weniger erweiterbar sind.

## 3.3 Physische Begrenzungen

Durch das Herauslösen aus einem physischen Rahmen bieten Plug-In-Synthesizer Nutzern eine erhöhte Flexibilität. So lassen sich Softsynths beispielsweise mehrfach in digitalen Audio-Workstations aufrufen und simultan mithilfe von MIDI-Signalen ansteuern, sodass verschiedene Synth-Patches miteinander gelayert werden können. Hierfür müssen Spuren nicht aufgenommen oder konsolidiert werden, wodurch sich die finale Klangauswahl des Musikers weiter nach hinten verschiebt, da im Prozess des Layerings die Möglichkeit auf Veränderung oder Austausch der einzelnen Plug-In-Instanzen erhalten bleibt.

Auch einzelne Instanzen an sich sind durch die Unabhängigkeit von verbauten Modulen erweiterbarer – so erlauben manche Softsynths die mehrfache Nutzung einzelner Effekte in längeren Processing-Ketten zur tiefgreifenden Klanggestaltung. Ähnlich verhält es sich mit Oszillatoren – so erlaubt der Softsynth Phase Plant dem Nutzer das Modulare verwenden von bis zu 32 verschiedene polyphone Oszillatoren, welche mit einfachen Waveforms, aber auch mit Granularsynthese, Sampling oder Wavetables arbeiten können.

### 3.4 Onboard-Effekte

Effekte sind in der Synthese ein meist unerlässlicher Bestandteil zur Vertiefung und Verzierung der grundlegenden Sounds. Deshalb finden sich üblicherweise in analogen als auch digitalen Synthesizern bereits mitgelieferte Effektmodule. Wie zuvor behandelt sind diese Effekte allerdings bei analogen Synthesizern häufig durch die physische Größe und elektronische Komplexität des Geräts limitiert.

Ein Gegenstück hierzu bietet Kilohears Phaseplant, ein digitaler Synthesizer, welcher sich vor allem durch seine komplexen Modulationsmöglichkeiten und variablen Effekte auszeichnet. Im Effektabschnitt des Synthesizers hat der Nutzer Zugriff auf eine große Bandbreite an Effekten des Herstellers Kilohearts, welche weit über grundlegende Effekte hinausreichen. Neben Klassikern wie Chorus, Delay, Reverb und Filtern lassen sich hier speziellere Effekte wie ein Transient Shaper, Frequency Shifter, Faltungshall, Multiband-Prozessor oder Tape Stop finden, die dem kreativen Sound Design viele Möglichkeiten eröffnen. Diese Effekte können in insgesamt drei sogenannten 'Lanes' verwendet werden, um paralleles Processing und Busbearbeitung an einzelnen Bestandteilen des Sounds innerhalb des Synthesizers zu ermöglichen (Kilohearts, 2025).

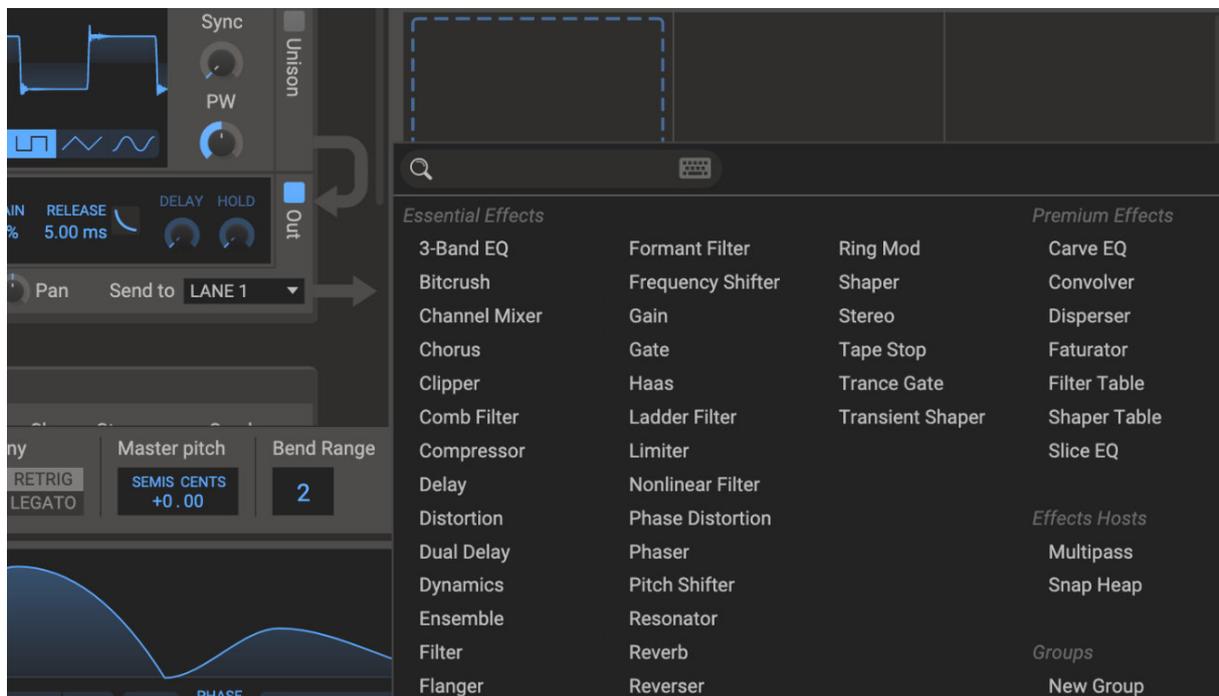


Abb. 8: Effektauswahl in Kilohearts „Phase Plant“

## 3.5 Modulation

Die Modulation ist eines der wichtigsten Features der meisten Synths – egal ob analog oder digital. Durch die automatisierte zeitliche Veränderung einzelner Parameter können Synth-Patches lebendiger, bewegter und detaillierter gestaltet werden, weshalb präzise Modulation in der Klangerzeugung als wertvolles Werkzeug dient.

Viele anfängliche analoge Synthesizer arbeiteten hierfür mit parametrischen Modulatoren. Envelopes lassen Attack, Decay, Hold, Sustain und Release einstellen, während formbasierte LFOs eine Auswahl an Kontrollsignalen wie beispielsweise Sinusschwingungen, Sägezahn, Dreieck oder Rechteck bieten. Mithilfe von Parametern wie der Frequenz, Phasenlage, Offset oder Modulationstiefe lässt sich das Verhalten dieser festgelegten Wellenformen genauer einstellen.

Dieses Konzept können digitale Synthesizer allerdings noch etwas erweitern, indem sie frei gestaltbare Modulationskurven ermöglichen. Softsynths wie Xfer Serum oder Vital erlauben es dem Nutzer, Hüllkurven und LFOs selbst zu gestalten und präzise zu kontrollieren. Hierfür können Punkte der Kurve frei gewählt, Verläufe zwischen Punkten beliebig gekrümmt werden. Außerdem können Kurven als mehrdimensionale Modulatoren verwendet werden, indem X- und Y- Parameter einer zeitlich durchlaufenen Kurve zur separaten Parametersteuerung genutzt werden.

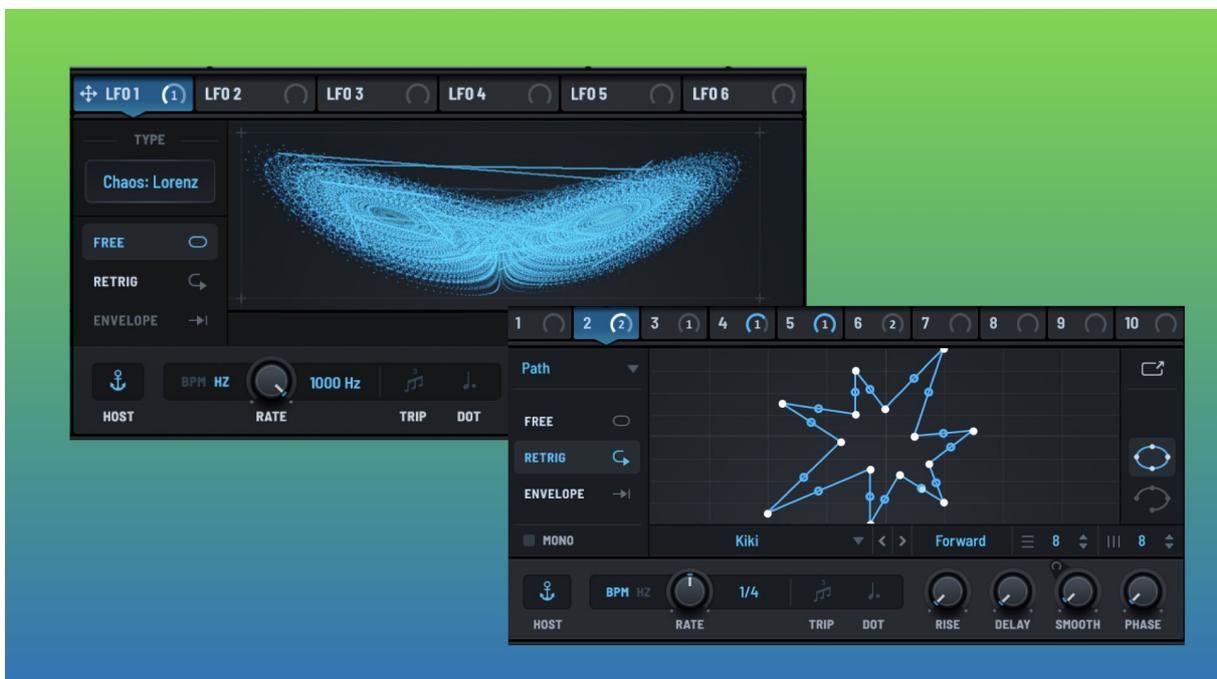


Abb. 9: Mehrdimensionaler Chaosmodulator und gestaltbare LFO-Kurve in Xfer Serum 2

### 3.6 Content Banks und Presets

Wer an einem analogen Synthesizer einen Klang erzeugt hat, den er zu einem späteren Zeitpunkt erneut verwenden möchte, muss sich meist die verwendete Arbeitsweise merken oder führt eine Art recall sheet, auf dem Einstellungen von Fadern, Knöpfen und Potentiometern aufgeführt sind. Presets digitaler Synths hingegen ermöglichen es dem Nutzer, selbst erstellte Konfigurationen und Patches direkt abzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt problemlos wieder aufzurufen. Dies ermöglicht einfaches Austauschen von Synthesizer-Konfigurationen, um einen passenden Klang für den angestrebten Zweck zu finden.

Somit kann sich mithilfe von Presets der Prozess der Klangfindung gegenüber manuellem Einstellen der Parameter einfacher und experimenteller gestalten.

Zusätzlich bietet das Internet die Möglichkeit, Presets, Wavetables, Samples und Skins mit anderen Nutzern zu teilen. Diese Preset-Kultur findet sogar schon so viel Anklang, dass Personen in Online Shops Sammlungen an Inhalten für verschiedene Musikgenres zum Verkauf anbieten, wodurch sich mit der Zeit ein weiteres Marktsegment im Online-Handel mit musikbezogenen Inhalten ergeben hat.

### 3.7 Vorteile analoger Synthesizer

Trotz der steigenden Verbreitung digitaler Softsynths in vergangenen Jahren und einem wachsenden Umfang an neuen technischen Verfahren gegenüber analogen Synthesizern besteht eine weiterhin begründete Daseinsberechtigung für analoge Synthesizer.

Ein grundsätzlicher Unterschied der beiden Technologien ist zunächst das Arbeiten mit abgetasteten Approximationen gegenüber kontinuierlichen Audiosignalen. Dies kann negative Auswirkungen auf den Klang digitaler Synthesizer haben, wenn beispielsweise Signale aufgrund von extremer Frequenzmodulation Anteile enthalten, die über den fehlerfrei reproduzierbaren Frequenzbereich der Abtastfrequenz reichen. Diese Fehler können infolgedessen als hörbares Aliasing den Klang ungewünscht verfälschen.

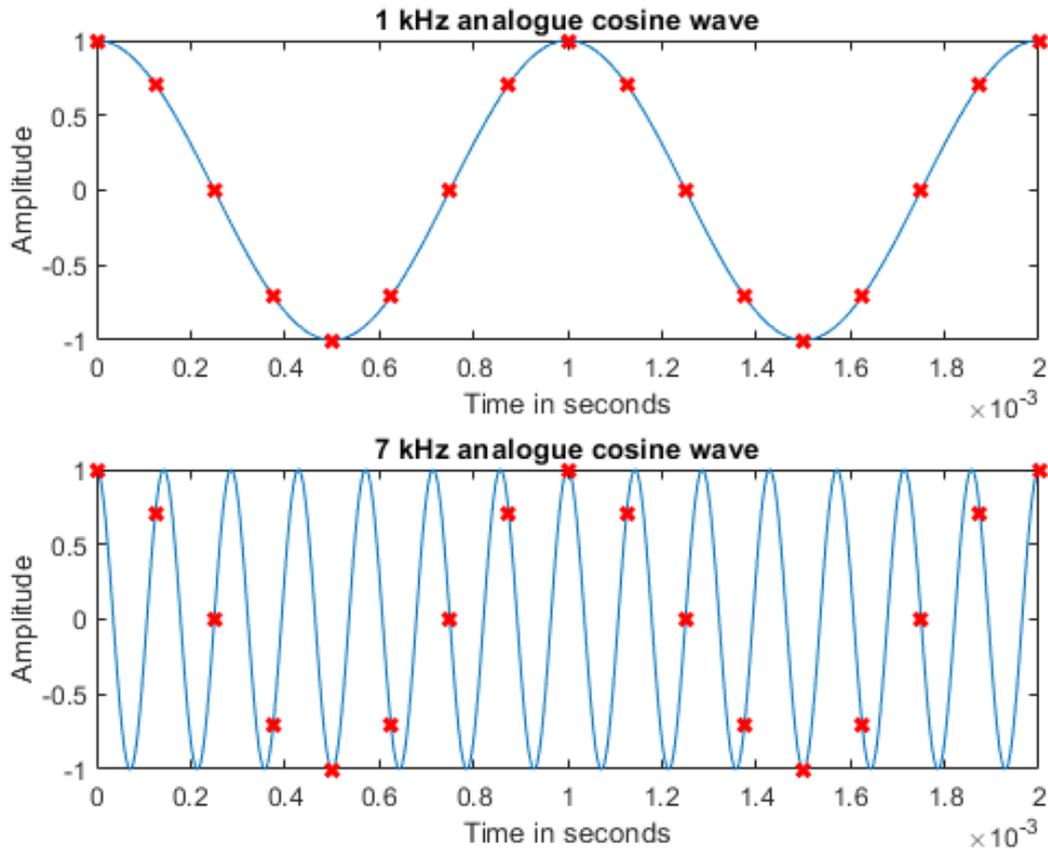


Abb. 10: artefaktbehaftete Abtastung analoger Signale (Shannon'sches Theorem)

Durch die Erzeugung von Signalen anhand programmierter mathematischer Formeln anstelle von analogen Schwingkreisen gehen an digitalen Synthesizern außerdem wertgeschätzte Klangcharakteristiken analoger Bauteile verloren. So beschreiben viele Enthusiasten analoger Synthesizer deren Klang oft als wärmer, natürlicher und voller.

Neben Abtastungsartefakten wirkt sich die Arbeit im digitalen Raum außerdem auf Prozessorauslastung und Latenzen aus – somit sind auch digitale Synthesizer nicht grenzenlos nutzbar. Vor allem durch häufiges Layering von aktiven Plug-In-Instanzen, komplexe Modulationen und Effektketten sowie hohe Polyphonien sind digitalen Synthesizern Einschränkungen geboten.

Auch in der tatsächlichen Bedienung unterscheiden sich analoge Synthesizer von ihren digitalen Gegenstücken. So lässt sich der haptische Eindruck der Arbeit an analogen Geräten von digitalen Nachbildungen grundsätzlich nicht nachempfinden, da die Steuerung mit Maus und Tastatur nicht dieselbe Tiefe bietet wie das tatsächliche Bedienen einzelner Schalter, Fader und Potentiometer.

## 3.8 Fazit

So lässt sich abschließend feststellen, dass sich keine eindeutig überlegene Arbeitsweise bestimmen lässt. Beide Verfahren können mit verschiedenen kreativen Spielräumen zu unterschiedlichen, jedoch gleichwertig relevanten Ergebnissen führen.

Grundlegende Ansätze sind zwischen den Technologien übertragbar, daher unterliegt die Entscheidung, welche Verfahren bei der Klangsintese genutzt werden, einer künstlerischen Entscheidung des Musikers.

## Literaturverzeichnis

**Douglas, A.** (2024, 23. Februar)

Excite and resonate: a history of physical modelling synthesis.

<https://www.attackmagazine.com/features/long-read/excite-and-resonate-a-history-of-physical-modelling-synthesis/>

**Lorenz, M.** (2020, 21. März).

FM, die magische Formel für den Sound der 80er.

**Zopp, V.** (2021, 6. Januar) Was ist Granularsynthese und welche Synthesizer gibt es?

<https://www.amazona.de/was-ist-granularsynthese-und-welche-synthesizer-gibt-es/>

**Xfer** (2025)

Serum 2 - Advanced Hybrid Synthesizer

<https://xferrecords.com/products/serum-2>

**Kilohearts** (2025)

Phase Plant - Imagine the possibilities

[https://kilohearts.com/products/phase\\_plant](https://kilohearts.com/products/phase_plant)