Teil 1
Das Zerlegen von Sounds

von Bob Moog

Viele von uns haben den Begriff „Resynthese" schon oft gehört und verfügen auch über eine ungefähre Vorstellung davon, was es damit auf sich hat. Aber normalerweise hat man nur eine sehr vage Idee, welche Klänge resynthetisiert werden können, was man genau damit anfängt und wo die Schwachpunkte dieser Verfahren liegen. Für diejenigen, die sich noch gar nicht damit auskennen: Das Grundkonzept besteht darin, einen gesampelten Klang als Ausgangspunkt zu verwenden und daraus eine Gruppe von Sounds zu entwickeln, die mit dem Original eng verwandt sind.

Definition der Resynthese

Resynthese ist ein dreistufiger Prozeß. Die technischen Bezeichnungen der drei Stufen lauten: **Analyse, Modifizierung** und **Synthese.** Bei der Analyse wird ein ganzes Objekt wie ein Klang oder ein Bild in mehrere einzelne Komponenten zerlegt. In der zweiten Stufe, der Modifizierung, werden diese einzelnen Teile einzeln bearbeitet. Zum Schluß wird das Objekt wieder aus den jetzt bearbeiteten Einzelteilen zusammengesetzt. Die Grundidee dahinter beruht darauf, daß es meistens einfacher ist, eine gezielte Veränderung an etwas vorzunehmen, wenn man es Stück für Stück verändert, statt gleich das ganze Objekt zu bearbeiten.

Eigentlich kann man dieses Prinzip zur Veränderung jedes beliebigen Objektes verwenden. Das „Tunen" eines Autos ist ein Beispiel, das nicht aus dem Musikbereich stammt. Um einen Motor zu tunen, nimmt man erst den Motor auseinander (Analyse), bearbeitet dann den Zylinderkopf und andere Teile (Modifizierung) und setzt den Motor schließlich wieder zusammen (Synthese). Ein etwas weniger bekannter Prozeß ist der Farbdruck in einer Zeitung. Die Originalbilder werden durch Filter in drei Grundfarben (Magenta, Cyan, Gelb) zerlegt, zwischen denen man dann das gewünschte Mischungsverhältnis herstellt. Danach werden die Farben des Bildes nacheinander gedruckt, um schließlich die Bilder zu erzeugen, die wir beim Durchblättern einer Zeitschrift sehen.

Resynthese-Algorithmen

Musikalische Klänge können mit verschiedenen Methoden oder Algorithmen zerlegt werden. Welchen dieser Algorithmen man benutzt, hängt von der Art der gewünschten Modifikationen ab. Am einfachsten ist eine zeitbezogene Resynthese oder „Time Domain Synthesis". Hinter diesem Ausdruck verbergen sich verschiedene gängige Bearbeitungstechniken wie Zusammenschneiden von Samples oder Bändern („Cut"- und „Paste"-Editierung) und Sample-Crossfading als auch experimentelle Prozesse wie „Granular Synthese". Bei der zeitbezogenen Resynthese werden Klänge in einzelne Zeitabschnitte eingeteilt, die man einzeln bearbeitet.

Auch die Bearbeitung mit einem Vocoder ist ein Resynthese-Verfahren. Hier wird allerdings ein Klang nicht in Zeitabschnitte, sondern in Frequenzbänder zerlegt, die auch mit Kanälen bezeichnet werden. Bei vielen Vocodern kann man diese Frequenzbereiche einzeln modifizieren und zum Teil auch die Hüllkurven eines Frequenzbandes zur Steuerung eines anderen Sounds benutzen. Noch bekanntere Resynthese-Werkzeuge, die im Frequenzbereich arbeiten, sind parametrische und grafische Equalizer. Wenn man einen Equalizer benutzt, wählt man ein Frequenzband eines Sounds, das man dann anhebt oder absenkt.

Die Resynthese-Verfahren in den Bereichen Zeit und Frequenz sind also ganz bekannte Techniken, die wir unter anderen Bezeichnungen schon lange kennen. Sie wurden schon verwendet, als der Begriff „Resynthese" noch völlig unbekannt war. Trotzdem handelt es sich auch dabei um eine echte Resynthese, ob diese Verfahren nun über Computerprogramme oder mit Hilfe von analogen Geräten mit Tausenden von Knöpfen realisiert werden. Gerade weil wir diese Verfahren schon kennen, können wir uns auch die anderen Resynthese-Techniken in den Begriffen von Analyse, Modifizierung und Synthese erklären.

Harmonische Resynthese

Das heute am meisten diskutierte Resyntheseverfahren wird eigentlich mit „Harmonische Resynthese" oder in Neudeutsch „Harmonic Resynthesis" bezeichnet. Bei dieser Methode wird ein Sound in seine einzelnen Obertöne zerlegt. Danach verändert man die Frequenzen und Lautstärken für jeden Oberton einzeln. Wieder zusammengesetzt wird der Sound durch die erneute Kombination der modifizierten Obertöne. Es gibt ein mathematisches Theorem namens „Fourier Theorem", das besagt, daß jeder Klang auch als eine Summe von Sinusschwingungen dargestellt werden kann. Diese Wellen werden als „Partials" (bei nicht festen Frequenzen) oder „Harmonics" beziehungsweise „Obertöne" (wenn eine feste Grundfrequenz vorliegt) bezeichnet. Das Fourier-Theorem besagt, daß auch Sounds mit starken Rauschanteilen wie eine Snaredrum oder ein Saxophon mit viel Anblasgeräuschen sich genauso in klare Frequenzbänder zerteilen lassen wie klar definierte Töne.

Falls das alles sehr technisch klingt, dann liegt das daran, daß dieses Thema auch sehr theoretisch ist. In der nächsten Folge dieser Artikelreihe werde ich etwas genauer auf die technischen Grundlagen der harmonischen Resynthese und ihren Bezug zu verschiedenen musikalischen Sounds eingehen.

Hier soll erst einmal nur gesagt werden, daß wir mit dieser Methode jeden aufgezeichneten Sound durch sorgfältige Überarbeitung in jeden beliebigen anderen Klang umwandeln können. Diese Möglichkeiten gehen weit über das hinaus, was uns die anderen beiden Resynthese-Techniken bieten. Die harmonische Resynthese ist durch die heutige digitale Computertechnik praktisch anwendbar geworden. Für Musiker wird sie durch Programme verwendbar, die eine genaue Analyse mit hochauflösender grafischer Darstellung kombinieren.

Ein kurzer geschichtlicher Überblick

Wie viele moderne Techniken im Musikbereich, so hat auch die harmonische Resynthese Wurzeln, die bis zu den frühen Tagen der Elektronik zurückgehen. Man kann sie sogar bis in die „Steinzeit" der Röhrentechnik verfolgen. Bereits Herr von Helmholtz, der Urgroßvater der Erforschung der musikalischen Akustik, soll die nach ihm benannten schallschluckenden „Resonatoren" eingesetzt haben, um sich einzelne Obertöne mancher Klänge anzuhören. Auch über Thaddeus Cahill, den Entwickler des „Telharmonium", wird gesagt, daß er bereits am Anfang dieses Jahrhunderts die Entdeckungen von Helmholtz benutzte, um Möglichkeiten zur harmonischen Synthese in seine Instrumente zu integrieren. Während der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts entwickelten einige Forscher komplizierte Verfahren, um die Abläufe von Instrumentalklängen zu analysieren und elektronische Instrumente zu entwickeln, die angeblich „aku-

stisch klingende" Sounds erzeugten. Die elektronischen Musikinstrumente der 30er und 40er Jahre setzten noch sehr viel akustische Resonanzen traditioneller Instrumente (oder „Formanten") ein.
Durch Transistoren, integrierte Schaltkreise und digitale Computer der 50er und 60er Jahre konnten Forscher dann Systeme bauen, die sämtliche Stufen der harmonischen Resynthese durchführen konnten.
Eines der ersten Resultate dieser Forschungen, an das ich mich erinnern kann, war eine Veröffentlichung von Dr. Harvey Fletcher vor fast drei Jahrzehnten. Es trug den Titel „Quality Of Piano Tones" und beschrieb die Messungen der Lautstärken-Hüllkurven und der Freqenzen jedes einzelnen Obertons aus einer Serie von einzelnen Aufnahmen von Klaviertönen. Daraus ging hervor, daß jeder Oberton seine eigene komplexe Hüllkurve hat, die steigt und fällt, während sich die akustische Energie im Verlauf eines Tons verlagerte. Außerdem zeigte sich, daß die Frequenzen der Obertöne nicht genaue Vielfache irgendeiner Grundfrequenz sind, sondern davon nach komplexen Gesetzmäßigkeiten leicht abweichen. Fletcher benutzte seinen Forschungs-Computer (man erinnere sich, daß zu dieser Zeit Computer riesige, teure Anlagen waren, die ausschließlich bei Universitäten und sehr großen Firmen zu finden waren), um die Amplituden-Hüllkurven und die Frequenzen der einzelnen Obertöne zu verändern und synthetisierte Klaviertöne mit modifizierten Obertönen zu erzeugen. Gehörtests zeigten dabei, daß schon die Veränderung der Hüllkurven einiger einzelner Obertöne den Klangcharakter deutlich veränderten. Dabei stellte man auch fest, daß ein Stimmen der Obertöne auf exakte Vielfache des Grundtons die charakteristische Wärme des ursprünglichen Klanges verschwinden ließ.
Die erste Resynthese-Maschine, die ich selbst sehen konnte, wurde zwischen Mitte und Ende der 60er Jahre von David Luce entwickelt und gebaut. Zu dieser Zeit war Luce Forschungs-Assistent bei Professor Melville Clark am MIT (Massachusets Institute of Technologie, Boston). Luces Gerät war größtenteils analog aufgebaut. Die Analysesektion zeichnete die Hüllkurven für Amplituden und Frequenzen der ersten elf harmonischen Obertöne in Echtzeit auf – etwas, was ein digitaler Computer nicht machen konnte. Die grafischen Darstellungen erschienen auf dem hochauflösenden Bildschirm eines Oszilloskopes und wurden dann mit einer konventionellen Kamera aufgenommen. Im Synthesebereich lief es dann umgekehrt ab – fotografierte Hüllkurven wurden durch einen optischen „Scanner" eingelesen, und daraus synthetisierte das Gerät die Obertöne des Klanges. Zwischen den beiden Prozessen modifizierte Luce die Hüllkurven durch Umzeichnen mit Hilfe von Tinte und Füller.
Im nächsten Monat werde ich darüber berichten, wie harmonische Resynthese – die wir ab jetzt wieder generell mit „Resynthese" bezeichnen werden – mit Hilfe moderner Computer durchgeführt wird und welche Ergebnisse man damit erhält.

Übersetzung A. Merck

wsl

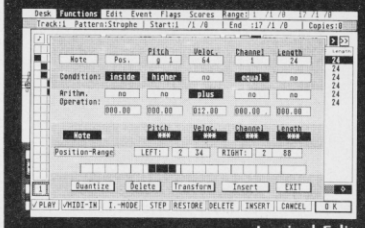
Steinberg

TWENTY FOUR III

SIMPLE ENOUGH FOR PROFESSIONALS
Einfach • Schnell • Kompromißlos

Für ATARI ST mit 1 MB.

mit seinem neuartigen Aufnahmemodus:
Inspirationen gleichzeitig auf vier Tracks einfangen. Von Drum- zu Baßspur springen, reagieren, verändern, das Piano verbessern, dabei immer im Groove bleiben, die Bläser quantisieren, zurück zum Baß, gezielt Töne löschen... Und alles, ohne zwischendurch auf STOP drücken zu müssen — immer im RECORD-MODE bleiben.

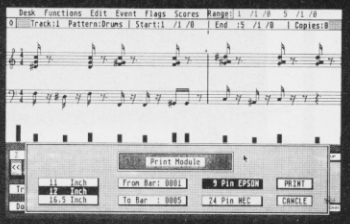


Logical Edit

...mit Logical Edit:
Die Snare auf jeder "Vier" einen Tick nach hinten ziehen, aber jede "Zwei" auf den Punkt quantisieren, nur die lauten Streicher mit Bläsern oktivieren, Slapbässe, aber nur die kurzen, tiefen und lauten mit der Kickdrum doppeln. Und das auch bei hunderten von Takten in wenigen Augenblicken mit einem einfachen "Mouseklick".

...mit REMOTE-CONTROL den neuen TWENTY FOUR vom Masterkeyboard fernsteuern. Mit dem CLIPBOARD im SCORE EDIT Motive ausschneiden, verschieben, hinter- oder übereinander kopieren und mit PRINT OUT ganze PATTERN ausdrucken. Mit COPY auf der Hauptseite Pattern und Tracks auf beliebige Ziele "draggen".
Mit STANDARD MIDI FILE FORMAT kompatibel sein zur MIDI-Welt...

Der Twenty Four war das erste Sequencersystem für den Atari ST; Twenty Four III, über Jahre weiterentwickelt, ist heute das Midi Recording Instrument mit den umfangreichsten Aufnahme- und Editiermöglichkeiten.



Print Score

Für die Einbindung des Twenty Four III in Audio- und Videostudios steht mit SMP 24 und TIMELOCK ein professioneller SMPTE Sync- und Midi Processor sowie eine preisgünstige SMPTE Sync Box zur Verfügung.
Ausführliche Unterlagen und Update-Bedingungen bei:
TSI GmbH, Neustr. 9-12, 5481 Waldorf

Steinberg

TWENTY FOUR III
Professional Desk Top MIDI RECORDING

fotografiert im Tonstudio Rüßmann

Teil 2
Musikalische Anwendungen der Resynthese

von Bob Moog

Harmonische Resynthese (oder einfach „Resynthese") ist heute ein angesagtes Thema. Wie wir in der ersten Folge dieser Serie schon festgestellt haben, besteht eine Resynthese aus drei Schritten: Zuerst wird ein Sound in seine einzelnen Obertöne zerlegt (Analyse), dann verändert man diese Einzelteile und setzt schließlich den Sound wieder aus seinen Einzelteilen zusammen.

Die Bestandteile eines musikalischen Klanges

Um einen Sound genau zu analysieren, benötigt man schon einen ziemlich leistungsfähigen Computer. Millionen von Multiplikationen müssen mit sehr hoher Genauigkeit durchgeführt werden, um die Amplituden (Lautstärken) und Frequenzen aller hörbaren Komponenten eines Klanges zu errechnen. Je genauer die Analyse sein muß, desto länger braucht ein Computer zum Jonglieren mit diesen Zahlen. Man kann sogar eine Großrechneranlage stundenlang damit beschäftigen, einen einzigen musikalischen Klang genau zu analysieren – eine Aufgabe, die von unserem Gehirn schon in dem Moment bewältigt wird, in dem wir den Sound hören.
Wenn ein Sound eine klar definierte, feste Tonhöhe hat, dann sieht das Ergebnis der Analyse, die sogenannte spektrale Fourier-Transformation, ungefähr so aus wie Abbildung 1. Jede der Spitzen entspricht einem der Obertöne. Die Position über der horizontalen Achse gibt die durchschnittliche Frequenz der Obertöne an, die Höhe stellt die durchschnittliche Lautstärke dar, und die Breite einer Spitze zeigt, wie „rein" oder konstant der Oberton ist. Für den „Boden", also die restlichen Bestandteile der Kurve, gibt es viele verschiedene technische Bezeichnungen – es handelt sich dabei um die Frequenzen, die zu leise sind, um richtig analysiert zu werden. Wenn die Spitzen gleichmäßig verteilt sind, sind es echte harmonische Obertöne. Bei einzelnen deutlichen Spitzen, die nicht in die gleichmäßigen Abstände einzuordnen sind, handelt es sich um nicht harmonische Obertöne.
Das Spektrum in der ersten Abbildung zeigt uns nur die durchschnittlichen Eigenschaften eines Sounds. Um herauszufinden, wie sich Amplitude und Frequenz der Obertöne im zeitlichen Verlauf ändern, muß der Computer für jeden Oberton eine weitere Reihe von Berechnungen vornehmen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind die Amplituden- und Phasenkurven.

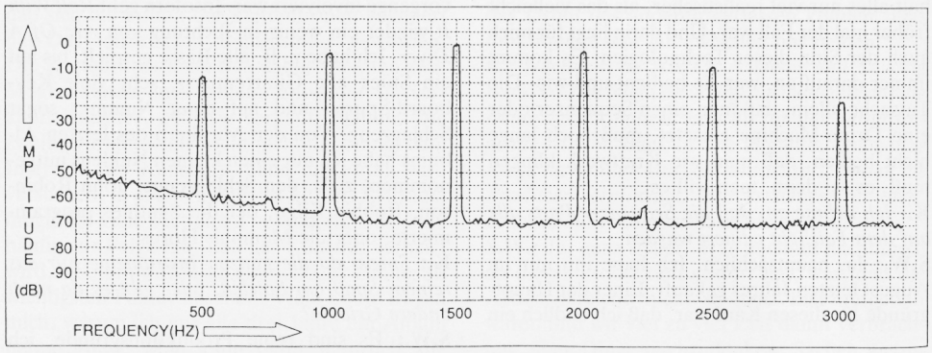


Abb. 1: Fourier-Transformation eines typischen 500-Hz-Trompetentons.

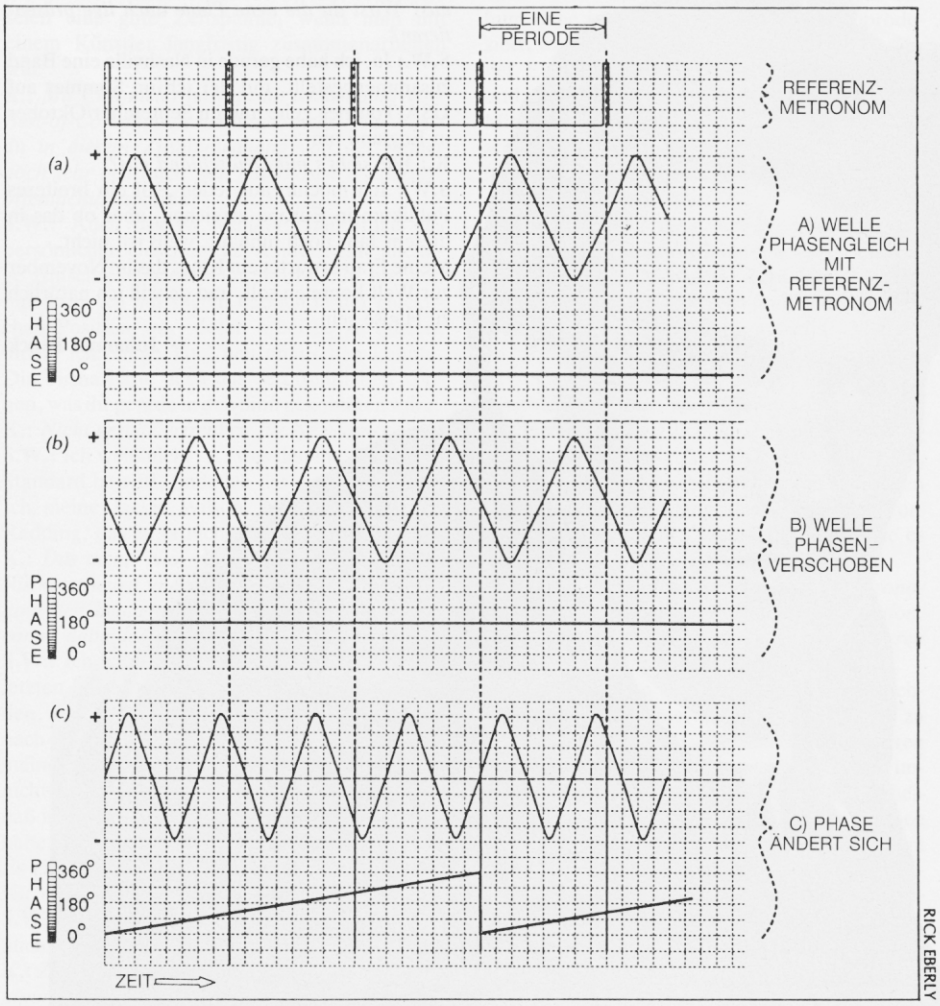


Abb. 2: Drei Wellenformen und ihre Phasenkurven.

Was ist Phase?

Hier sollten wir uns einen Moment Zeit nehmen, um die technische Definition dieses Begriffs anzusehen:
Ein einzelner Ablauf einer sich wiederholenden Wellenform wird „Periode" genannt. Mit „Phase" (bzw. Phasenlage) bezeichnet man, wieweit eine Schwingung im Vergleich zu einem Referenz-„Metronom" abgelaufen ist. Man gibt für die Phase einen Grad als Wert an, wobei ein kompletter Durchlauf einer Schwingung 360 Grad ist. Nach 360 Grad ist man bereits am Anfang der nächsten Schwingung, so daß man wieder bei 0 anfängt. In Abbildung 2 sehen wir drei Sinuswellen mit ihren Phasenkurven.
In Bild 2a ist die Welle immer phasengleich, so daß die Phasenkurve eine gerade horizontale Linie mit dem Wert „0 Grad" ist. Bei der Abbildung 2b ist die Welle konstant phasenverschoben – die Phasenkurve ist konstant und hat den Wert 180 Grad (Anm. des Übersetzers: die Wellen in 2a und 2b würden sich bei gleichen Amplituden völlig auslöschen, wenn sie zusammen erzeugt würden – es wäre nichts zu hören). Dann, in Bild 2c, haben wir eine Welle, deren Phase konstant schneller abläuft als in der Referenz, so daß der Phasenwert von 0 bis 360 Grad läuft und dann wieder von vorne beginnt. Das ist eine Welle, die etwas schneller verläuft als die Referenz – sie hat eine etwas höhere Frequenz. Die Phasenkurve eines Obertons zeigt uns also seine momentane Frequenz. Wenn die Phase mit der Zeit zunimmt, ist der Oberton etwas zu hoch, wenn sie abnimmt, ist er zu tief. Es ist praktisch unmöglich, einen Phasenunterschied zwischen zwei Wellenformen zu hören. Wenn sich aber der Phasenunterschied verändert, sind zwei Wellen nicht genau aufeinander gestimmt – und das kann man sehr leicht hören. Phasenkurven sind leicht verständliche Abbildungen, bei denen sich kleine Verstimmungen eines Obertons genau erkennen lassen.

Amplituden- und Phasenkurven

Im dritten Bild sehen wir typische Amplituden- und Phasenkurven für einen der unteren Obertöne eines gehaltenen Trompetensounds. Sowohl die Amplitude als auch die Phase schwanken etwas. Außerdem steigt die Phase an, was uns zeigt, daß dieser Ton im Vergleich zu seinem Grundton etwas zu hoch ist.
Nachdem alle diese Kurven errechnet wurden, wissen wir ziemlich genau, was diesen Trompetensound ausmacht: Die komplexen Änderungen in Amplitude und Phase jedes einzelnen Obertons sowie die Geräuschkomponenten, die nicht als klare Obertöne definiert werden können, beschreiben zusammen den Klangcharakter.
Wenn man irgendeinen Amplituden- oder Phasenverlauf oder auch nur die Geräuschanteile verändert, erhält man einen etwas anderen Klang.
Verwenden wir die Resynthese zur Klangveränderung, dann manipulieren wir diese Komponenten. Wir werden uns jetzt einige der Veränderungsmöglichkeiten ansehen und auf ihre musikalische Einsatzmöglichkeiten eingehen.

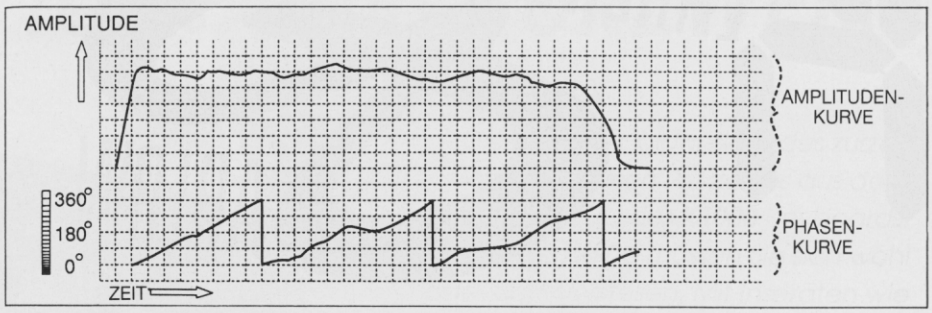


Abb. 3: Amplituden- und Phasenkurven eines der unteren Obertöne eines typischen Trompetensounds. In diesem Beispiel geht die Phase während des Sounds durch drei volle Durchgänge.

Wieviel Kontrolle?

Wenn wir an den Amplituden- und Phasenkurven eines Sounds arbeiten, können wir theoretisch jeden Oberton völlig verändern. Manche Resyntheseprogramme erlauben sogar, diese Kurve Punkt für Punkt auf dem Bildschirm neu zu zeichnen. Diese Arbeitsweise ist angemessen, wenn wir zum Beispiel einen Sound mit einem oder zwei übertrieben starken Obertönen haben, die wir etwas absenken oder nachstimmen wollen – oder auch, wenn man Hintergrundgeräusche hat, die man eliminieren will. Soll aber der Gesamtcharakter eines Sounds verändert werden, dann kann die schrittweise Arbeit mit einzelnen Obertönen sehr anstrengend werden und jede Intuition oder Kreativität empfindlich stören.
Das ist ungefähr wie das Zusammenstellen eines Stückes aus Tausenden einzelner Bandaufnahmen, die man aneinander klebt. Natürlich geht das – schließlich wurde der größte Teil der elektronischen Musik der 50er und frühen 60er Jahre so geschaffen. Und wenn man mit dem Zusammenstellen von einzelnen kurzen Aufnahmen komponiert, hat man tatsächlich die totale Kontrolle über die Plazierung jedes einzelnen Sounds. Die meisten Musiker ziehen es aber heute vor, mit weniger arbeitsintensiven und dafür intuitiveren Arbeitsmethoden zu komponieren.
Genauso ist es auch bei der Resynthese. Meistens müssen die Amplituden und Phasenkurven aller Obertöne überarbeitet werden, um die gewünschte Veränderung eines Tons zu erhalten. Deshalb können wir bei den meisten Resynthese-Programmen Befehle geben, die sich auf eine höhere, musikalisch sinnvollere Ebene beziehen. Der Computer setzt diese dann in mehrere Einzelteile um und nimmt sämtliche notwendigen Veränderungen in den Amplituden- und Phasenkurven vor. Solche übergeordneten Befehle werden Makros genannt. Sie steuern die Bearbeitung der Verläufe der einzelnen Obertöne.

Einige nützliche Resynthese-Makros

Zwei gute Beispiele sind das Komprimieren und das Strecken oder Verlängern von Sounds. Wenn man nur die Zeitachse eines Sounds verlängert oder zusammenstaucht, kann man den grundsätzlichen Klangcharakter eines Sounds erhalten, aber ihn trotzdem perkussiver (Zeit-Kompression) oder länger (Streckung) machen. Wenn man etwas differenzierter arbeiten will, kann man auch einzelne Teile verschieden stark strecken oder kürzen. Wenn man zum Beispiel mit den Obertonkurven eines Gitarrensounds anfängt, den Kurvenverlauf in der ersten Viertelsekunde zusammenstaucht und dann den Rest streckt, erhält man einen Gitarrensound, der sowohl mehr Druck als auch etwas mehr Sustain hat.
Dann kann man auch noch die schnellen kleineren Schwankungen eines Sounds verändern. Die Obertonkurven der meisten häufig vorkommenden musikalischen Klänge haben charakteristische schnelle Schwankungen, die einem Instrument seinen einmaligen Klang geben. Es ist manchmal sehr nützlich, mit Hilfe ihrer Amplituden die Stärke dieser typischen Schwankungen zu kontrollieren. Eine der auffälligsten Möglichkeiten der Resynthese ist das Überblenden oder „Crossfading" von einem Sound zu einem völlig anderen. Das geschieht über eine „Interpolation" – das Addieren der Kurven der beiden Sounds in sich ständig verändernden Verhältnissen, wodurch während des Übergangs Mischsounds erzeugt werden. Gerade die frühen Computermusiker faszinierten gerne ihr Publikum mit Vorführungen dieser Möglichkeit. Ich kann mich an eine Vorführung in den 60er Jahren erinnern, die aus einer Melodie bestand, deren Sound erst wie eine Violine klang und sich dann langsam und ohne Brüche zu einer Klarinette entwickelte. Dazwischen war der Sound nicht als eines der Instrumente zu erkennen, sondern klang wie ein neues, zwitterartiges Instrument.
Jedes dieser drei eben beschriebenen Makros ist eine musikalisch klare Veränderung eines Klangs. Bei allen ist eine völlige Veränderung der Obertonverläufe des ursprünglichen Sounds notwendig. Die Umsetzung dieser musikalischen Makros in klare Befehle zur Veränderung der Kurven ist eine ideale Aufgabe für einen kleinen Computer. Es gibt sogar schon Programme, die diese Veränderungen in Echtzeit erlauben.
Genug für heute. In der nächsten Folge geht es um weitere Makros und darum, wie sie bei heutigen Programmen und Synthesizern realisiert werden.

Übersetzung: A. Merck

Teil 3
Mehr über Resynthese-Makros

von Bob Moog

Bei der Harmonischen Resynthese werden die verschiedenen Obertöne eines Klanges einzeln erzeugt. Dadurch können grundsätzlich Amplitude und Frequenz eines Klanges kontinuierlich während seiner gesamten Dauer kontrolliert werden. Das ist ein wichtiger Unterschied zur FM-Synthese, bei der man im allgemeinen nicht die Möglichkeit hat, einzelne Obertöne zu kontrollieren. Durch diese Kontrolle über jeden einzelnen Oberton eines Klanges hat ein Musiker die Chance, jeden vorstellbaren Klang zu realisieren.

Die Kehrseite dieser enormen Kontrollmöglichkeiten liegt darin, daß es für den Musiker zum Teil sehr schwierig ist, sie auch beim Musizieren unter normalen Umständen (d. h. ohne unbeschränkte Zeit zum Tüfteln an Sounds) zu nutzen.

Normalerweise macht man sich (vor allem in solchen Situationen) als Musiker Gedanken über die Kontrolle einiger wichtiger übergreifender Eigenschaften eines Klanges – z. B. Helligkeit, „Lebhaftigkeit" (Animation), Dynamikverhalten oder Stereoplazierung – sowie über Tonhöhe und Lautstärke. Deshalb müssen wir für eine in der Praxis anwendbare Kontrolle der Sounds einer Harmonischen Resynthese auf „Makros" zurückgreifen. Unter „Makros" verstehen wir hier Kontrollparameter, die einen umfassenden, leicht hörbaren Faktor des Klanges verändern. Wenn ein Makro vom Benutzer aufgerufen wird, dann erzeugt das Betriebssystem des Instrumentes eine ganze Reihe von Einzelbefehlen zur Veränderung der Amplituden- und Phasenhüllkurven jedes einzelnen Obertons eines Klanges (genau wie bei der Entscheidung eines Menschen, seinen Arm zu bewegen, vom Gehirn eine große Zahl einzelner Muskelbewegungen ausgelöst wird). In der letzten Folge habe ich drei Resynthese-Makros erklärt, die musikalisch besonders brauchbar sind. Dabei handelte es sich um:

1) „Hüllkurvenzeit", mit der die Hüllkurven aller einzelnen Obertöne gleichzeitig gekürzt oder verlängert werden;
2) „Animationsstärke" – mit ihr werden die Amplituden aller schnellen Schwankungen eines Klanges gleichzeitig verstärkt oder vermindert;
3) „Crossfade" – die kontinuierliche Überblendung durch Interpolation zwischen den Synthese-Parametern zweier verschiedener Klänge.

Diesmal geht es um drei weitere nützliche Resynthese-Makros.

Makros zur Kontrolle der harmonischen Verstimmung, Helligkeit und der Stereo-Plazierung

In einem mit Harmonischer Synthese erzeugten Klang stehen die Frequenzen der einzelnen Obertöne in bestimmten Verhältnissen zu einem Grundton. Bei hinsichtlich der Tonhöhe sehr klar definierten Klängen sind diese Verhältnisse sehr nahe an geraden Zahlen, während in undefinierteren Sounds, wie Rauschen, die Verhältnisse oft sehr komplex sind und mit geraden Zahlen kaum etwas zu tun haben. In allen Fällen wird aber die vom Zuhörer empfundene Klangfarbe durch eine „harmonische Verstimmung", bei der sämtliche Verhältnisse gemeinsam verändert werden, drastisch verändert. Als Beispiel stelle man sich einen Klaviersound vor. Die charakteristische Wärme dieses Klangs stammt zu einem großen Teil von der leichten Verstimmung der Obertöne gegeneinander. Wenn man einen Klaviersound mit Harmonischer Resynthese konstruiert und dann die einzelnen Obertöne so verstimmt, daß alle Frequenzen exakte geradzahlige Verhältnisse zueinander haben, wird das Ergebnis zwar noch wie ein Klavier, aber ungewohnt mechanisch und langweilig klingen. Jetzt stelle man sich vor, man hätte eine harmonische Verstimmungsmöglichkeit, mit der sich ein synthetischer Klavierton beliebig von einem etwas statischen über einen lebendigen, warmen bis zu einem durch die starken Verstimmungen schon unangenehm „unharmonischen" Klang verändern ließe. Und dann stelle man sich noch vor, diese Kontrolle über die Anschlagdynamik oder durch den polyphonen Aftertouch ausüben zu können. Diese Art Kontrolle kann musikalisch sehr nützlich sein und läßt sich durch die Harmonische Synthese leicht realisieren.

Die „Helligkeit" ist ein etwas konventionellerer und vertrauterer Makro-Befehl. Damit könnte man die Stärke bzw. Amplitude jedes einzelnen Obertons in einem anderen Verhältnis ändern. So könnten zum Beispiel die tieferen Obertöne eines Sounds in ihrer Stärke reduziert werden, während gleichzeitig die höheren Obertöne mit steigender Frequenz verstärkt werden – und das alles mit einer einzigen Bewegung eines „Helligkeits"- oder „Brightness"-Reglers, ähnlich wie wir ihn bei einer normalen Klangregelung kennen.

Das letzte Makro auf meiner „Wunschliste" ist die „Stereo-Plazierung". Die Harmonische Resynthese ist eine ideale Technik zum Erzeugen von Stereo-Versionen musikalischer Klänge. Die Obertöne werden dazu in mehrere Gruppen eingeteilt. Verschiedene Gruppen werden dann zu jeweils einem der zwei Ausgangskanäle geschickt. Durch eine Änderung der Ausgangszuordnung verschiedener Gruppen und durch eine Veränderung der Verzögerung eines Ausgangs gegenüber dem anderen kann man die vom Hörer empfundene Position des Klangs im Stereobild verändern.

Die musikalische Bedeutung von Makros

Da programmierbare Digitalinstrumente immer leistungsfähiger und flexibler werden, steigt auch die Zahl der verschiedenen Möglichkeiten, Klänge zu formen. Das ist bis zu einem bestimmten Punkt auch sehr erfreulich. Überschreitet man aber diesen Punkt, muß man immer mehr Zeit darauf verwenden, verschiedene Effekte und Klangveränderungsverfahren auszuprobieren – selbst wenn sie alle gleichzeitig direkt zur Verfügung stehen, was allerdings oft nicht der Fall ist. Und je mehr Zeit man zum Erreichen seiner Vorstellungen braucht, desto weniger Musik kann man machen und um so schwieriger wird es, seine kreativen Impulse auszuleben.

Auf der anderen Seite sind Instrumente mit einer begrenzten Zahl von Klangfarben und keinen oder nur geringen Mitteln zur Veränderung dieser Klänge beim Komponieren oder Spielen heute auch nicht mehr zeitgemäß. Irgendwo zwischen diesen beiden Extremen an Instrumentenkonzepten scheint sich die optimale Zahl an Variationsmöglichkeiten und kontrollierbaren Parametern zu befinden. Was wir brauchen, ist ein breites Spektrum an hochwertigen Klangfarben, die Möglichkeit, eine Vielzahl von ausdrucksvollen Effekten mit diesen Klangfarben zu verbinden, sowie die Fähigkeit, diese Sounds und die Effekte schnell und intuitiv einzusetzen. Das könnte jetzt etwas nach Nostalgie und dem Wunsch nach der einfachen Kontrolle bei den alten Analogsynthesizern (wo jede Funktion ihren eigenen Regler hatte) klingen, ist aber nicht so gemeint. Ich will keineswegs ein so leistungsfähiges Verfahren wie die Additive Synthese mit den bewährten, aber spartanischen Kontrollen

dieser Instrumente verbinden. Die Harmonische Resynthese bietet als Technik das Potential, ein breites Spektrum an hochwertigen Klängen zu erzeugen und dem Musiker umfassendere Kontrollmöglichkeiten über diese zu geben als mit allen bisherigen Verfahren.

Leider haben die bisherigen Resynthese-Geräte und -Programme zwar viele „Mikro-Parameter" wie die Hüllkurve jedes einzelnen Obertons, aber dafür kaum „Makros".

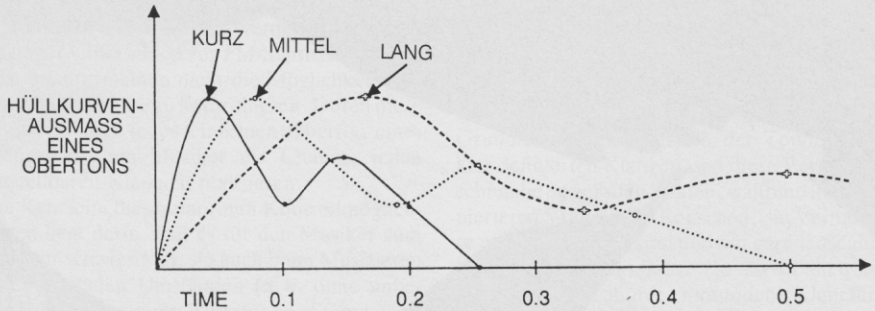


Abb. 1: Dieses Bild ergibt sich, wenn man die Zeitachse einer Hüllkurve streckt. Wie in der letzten Folge diskutiert, bewirkt eine Verlängerung der Hüllkurvenzeit eine Streckung der Hüllkurven-Zeitachsen aller an einem Klang beteiligten Obertöne. Der Klang behält seinen Grundcharakter bei, ist aber länger.

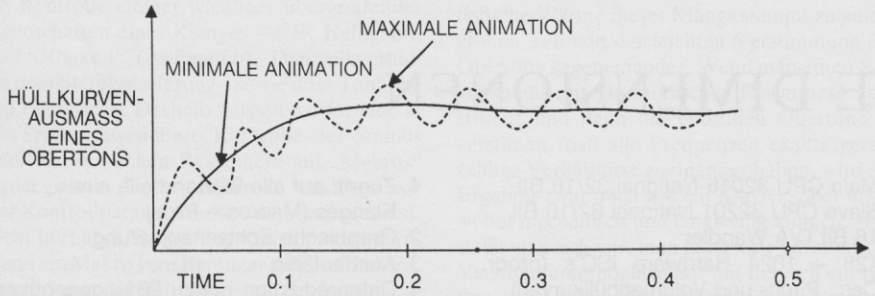


Abb. 2: Ein weiteres Resynthese-Makro, das in der letzten Folge näher betrachtet wurde. Wenn das Maß der Animation erhöht wird, erhöhen sich die Amplituden der schnellen kleineren Schwankungen aller Hüllkurven. Beachten Sie, daß sich die grundsätzliche Form der Hüllkurve nicht ändert, sondern nur die „lokalen" Schwankungen.

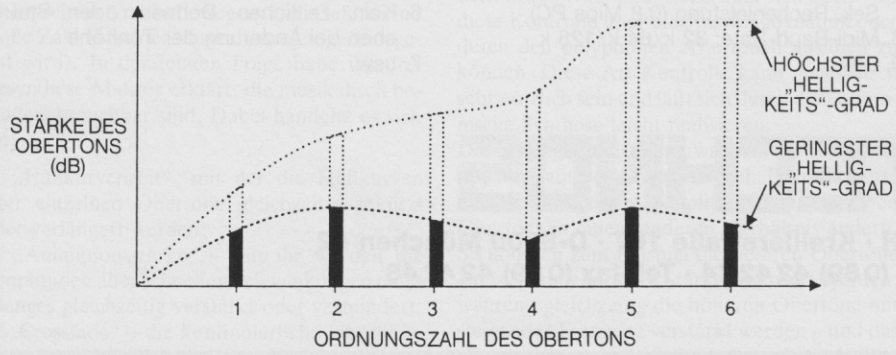


Abb. 3: Das Ergebnis des „Helligkeits"- oder Brightness-Makros. Wenn die Brightness erhöht wird, werden höhere Obertöne mehr angehoben als tiefere Obertöne. Jeder Balken steht für einen zeitvariablen Oberton.

Technische Voraussetzungen zur Anwendung von Makros

Die heute erhältlichen Instrumente und Programme für die Additive Synthese – zum Beispiel der Technos Acxel-Resynthesizer, das „Softsynth"-Programm von Digidesign (die beide über Sound-Analysemöglichkeiten verfügen) oder auch das Kurzweil Sound-Modelling-Programm für den 150FS Fourier-Synthesizer – bieten heute die grundlegenden Funktionen der Harmonischen Synthese. Sie ermöglichen es uns, Hüllkurven einzelner Obertöne neu zu zeichnen. Außerdem ermöglichen sie uns die Anwendung von Kontrollen wie Crossfade, eine Steuerung der Klangfarbe über Filter-ähnliche Makros sowie das Verlängern oder Kürzen eines Klanges.

Sie können diese Makro-gesteuerten Parameter zwar noch längst nicht in Echtzeit zur Verfügung stellen, trotzdem kann man mit Geduld und Sorgfalt mit Hilfe dieser Werkzeuge eine große Zahl moderner Sounds erzeugen.

Um aber von dem heutigen Stand bis zu einer systematischen Anwendung in Echtzeit von auch nur ein paar Makros zu kommen, brauchen wir einen gewaltigen Sprung in bezug auf die Leistung der Hardware sowie umfassende Investitionen im Bereich der Makro-erzeugenden Software.

Soweit mir bekannt ist, gibt es zur Zeit noch kein kommerziell erhältliches Produkt, das auch nur annähernd die von mir beschriebenen sechs Makros bietet – sei es in Echtzeit oder auch nur über Off-Line-Berechnungen. Soll das heißen, daß wir so etwas nie bekommen werden? Ganz und gar nicht. Bei dem schnell wachsenden Interesse an komplexen MIDI-Controllern und durch die heutigen Sequenzer- und Notationsprogramme, die auch die „Continuous Controller"-Daten für ein expressives Spiel bearbeiten können, ist eigentlich die Zeit der Synthese-Makros angebrochen.

Übers.: Alex Merck