



# Digitale Klangwerkstatt

FM-Synthese oder Wavetable-Technik plustern die heutigen MIDI-Soundkarten zu digitalen Orchestern auf. CHIP sagt Ihnen, wie diese Verfahren funktionieren.

**K**rach, Lärm, Musik oder schlicht Geräuschkulisse: Es gibt verschiedene Arten, Töne und Klänge künstlich zu erzeugen. Eine davon ist die FM-Synthese. Die Abkürzung FM steht für Frequenzmodulation. Die Frequenz ist die Einheit, die angibt, wie oft ein Signal in der Sekunde schwingt. Gemessen wird in der Einheit Hertz (Hz).

Ein Ton setzt sich zusammen aus der Frequenz und der Amplitude eines Signals. Die Amplitude bestimmt die Lautstärke, die Frequenz die Tonhöhe. Bleibt die Frequenz eines Tonsignals stets gleich, klingt dieser Ton langweilig oder sogar nervtötend.

Bestes Beispiel dafür ist ein regelmäßiges Sinussignal um die 1000 Hertz, das Menschen als unangenehmen Pfeifton wahrnehmen. Verändert sich das Grundsignal, so entstehen interessante Effekte.

Eine andere Möglichkeit, Töne zu erzeugen, bieten Wavetables, zu deutsch: Klangtabellen. Ursprünglich war dies die Bezeichnung für ein Gerät aus den frühen achtziger Jahren. In diesem Synthesizer

men sich beliebig aneinanderreihen. Der Synthesizer stammte von der Firma Palm Products Germany und wird heute wieder in leicht modifizierter Form gebaut. Dieser Umstand zeigt, warum einige Hersteller jeweils eine eigene Bezeichnung für ihre Musiksynthese haben. So bezeichnet die Firma Roland sie zum Beispiel als „Articulated Wave“.

## Die FM-Synthese

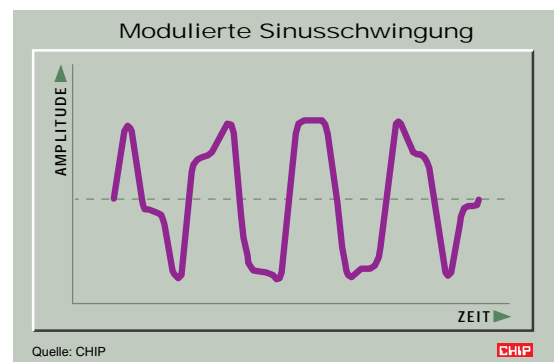
Für die einfache Form der FM-Synthese genügen zwei Oszillatoren. Der eine, Träger genannt, liefert in regelmäßigem Takt ein Ausgangssignal. Ein zweiter Oszillator, Modulator genannt, ist für die Veränderung des Ausgangssignals zuständig. Während die Amplitude des Trägersignals die Lautstärke bestimmt, legt die Amplitude des Modulators fest, wie stark er die Tonhöhe des Trägersignals verändert. Diese Veränderung der Tonhöhe durch den Modulator nennt man Modulationstiefe.

Ein Beispiel: Schwingt ein Träger mit 440 Hz, so ist dies der sogenannte Kammerton a (die Taste, die sich in der Mitte der Klaviertastatur befindet). Weist der Modulator eine Frequenz von 200 Hz auf, so bedeutet dies, daß sich das Ausgangssignal 200mal in der Sekunde ändert. Liegt die Amplitude des Modulators bei 40, so variiert die Frequenz des Trägers dann zwischen 400 und 480 Hz. Variiert die Frequenz mehr als 30mal in der Sekunde, so erkennen Menschen dies nicht mehr als einzelne Änderungen, sondern als einen neuen Ton mit eigenem Klangcharakter.

Einen ähnlichen Effekt nutzen Fernsehen und Film, wo aus einer Sequenz einzelner Bilder eine fließende Bewegung entsteht. Man kann auch einen Ton schaffen, indem der Modulator nicht nur die Frequenz des Trägers verändert, son-

dern auch seine eigene Frequenz. Diese Verfahrensweise heißt Rückkopplung (engl. feedback). Weitere Möglichkeiten, Töne zu erzeugen, bieten verschiedene Trägersignale (Rechteck, Sägezahn usw.) oder auch mehrere hintereinander geschaltete Modulatoren. So entstehen eigenständige Klänge, die kein anderes Instrument hervorbringt.

Der OPL-Chip, der für die FM-Synthese auf den Soundblasterkarten zuständig ist, läßt noch eine andere Signalveränderung zu. Dabei wird die Modulatorfunktion abgeschaltet. Das Ausgangssignal des zweiten Oszillators wird jetzt zum Trägersignal addiert. Der OPL arbeitet dann nicht mehr mit der FM-Synthese, sondern mit der additiven Synthese, auch „Amplitudenmodulation“ genannt. Bei der Amplitudenmodulation ändert sich nicht die Frequenz, sondern die Lautstärke. Die so erzeugten Klänge



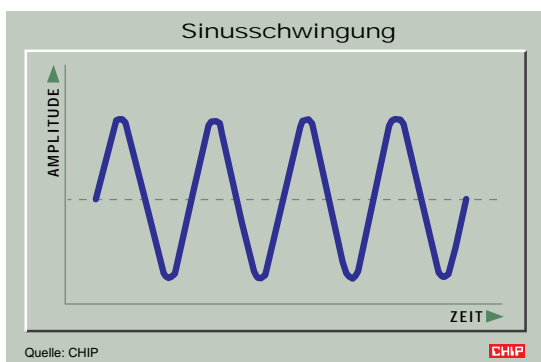
**Ehemalige Sinusschwingung, durch einen Modulator verändert: Diese Schwingung empfindet der Hörer als angenehmen Ton**

lassen sich bei weitem nicht so variabel gestalten wie mit der FM-Synthese. Ein Instrument läßt sich damit jedoch in Grundzügen recht einfach nachbilden: die Orgel.

## Die Hüllkurve

Ein weiteres wichtige Element der Klangsynthese ist die sogenannte Hüllkurve. Sie definiert die Ausgabelautstärke (Amplitude) der Oszillatoren. Eine Hüllkurve läßt sich in vier Zeitbereiche einteilen: in den Attack-, Decay-, Sustain- und Release-Bereich (abgekürzt ADSR-Kurve genannt).

Am Beispiel eines Trompetentons läßt sich die Abhängigkeit von der Zeitdauer eines jeden Bereichs erklären. Die Attack-Phase ist sehr kurz, da, sobald die Trompete geblasen wird, ein Ton erzeugt wird. Sofort danach fällt bei der Trompete die Lautstärke leicht ab. Dies ist die Decay-Phase. Die Sustain-Phase beschreibt die



**Schön fürs Auge, grausig fürs Ohr: Die einfach zu generierende Sinusschwingung empfindet der Mensch als häßlichen Ton**

war für jeden Klang nur eine Schwingung eines Tons digital gespeichert. Insgesamt hielt er 63 verschiedene Schwingungsformen in petto. Ein Ton entstand dadurch, daß eine einzelne Schwingung sich dauernd wiederholte oder verschiedene For-

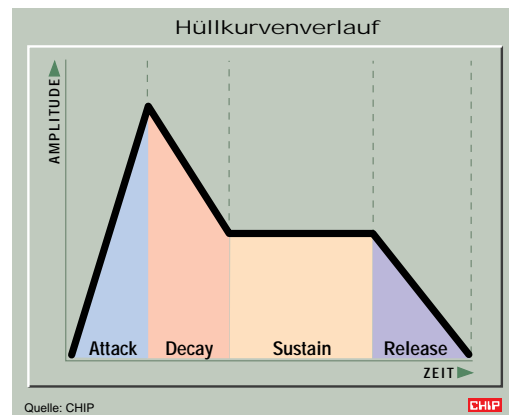
Zeit, in der ein Ton konstant gehalten wird (solange dem Bläser nicht die Puste ausgeht). Die Release-Phase beschreibt das Ausklingen. Bei der Trompete ist dies augenblicklich, eine Glocke braucht viel mehr Zeit zum Ausschwingen. Bei der FM-Synthese des auf der Soundblaster integrierten Chips OPL 2 oder 3 haben der Träger und der Modulator eine getrennt einstellbare Hüllkurve. Dadurch läßt sich der zu erzeugende Ton noch weiter beeinflussen und verfremden.

Beim Entwickeln neuer Klänge muß sich der Programmierer oder Musiker auf sein Gespür verlassen. Denn eine exakte Voraussage, mit welcher Einstellung ein bestimmter Effekt zu erzielen ist, ist meist nicht zu treffen.

**Klangerzeugung mit Wavetable**  
Es gibt noch eine ganz andere Art, Musik zu erzeugen. Dank des immensen Preisverfalls für Speicherbausteine ist es zu realistischen Preisen möglich, den Klang

von Instrumenten zu digitalisieren (auch „samen“ genannt). So wird die charakteristische Wellenform des Tonsignals gespeichert. Soundkarten, die sich dieser Technik bedienen, werden als „Wave-table-Karten“ bezeichnet.

Um einen Ton eines bestimmten Instruments zu spielen, wird nicht nur einfach das vorhandene Sample abgespielt. Mit dieser Methode ließen sich immer nur gleich lange Noten spielen. Statt dessen kommt wieder die ADSR-Kurve zum Tragen. So läßt sich zum Beispiel für die Sustain-Phase ein Sample so lange wiederholen, wie es für die Tonlänge nötig ist. Auch muß der Synthesizer die Übergänge zwischen den Samples glätten, da sonst das Musiksignal von „Knacksern“ begleitet wäre. Einige Synthesizer teilen die ADSR-Kurve nochmal in eigene Bereiche auf, in denen das Sample gezielt verändert werden



**Tonangabe: Unverzichtbar für eine vernünftige Klangerzeugung (FM-Synthese und Wavetables) sind Angaben über den Verlauf der Hüllkurve**

kann. Damit man alle Tonhöhen spielen kann, ist ein sogenanntes Pitch-Shifter nötig. Er transponiert das Sample auf die gewünschte Tonhöhe. ○

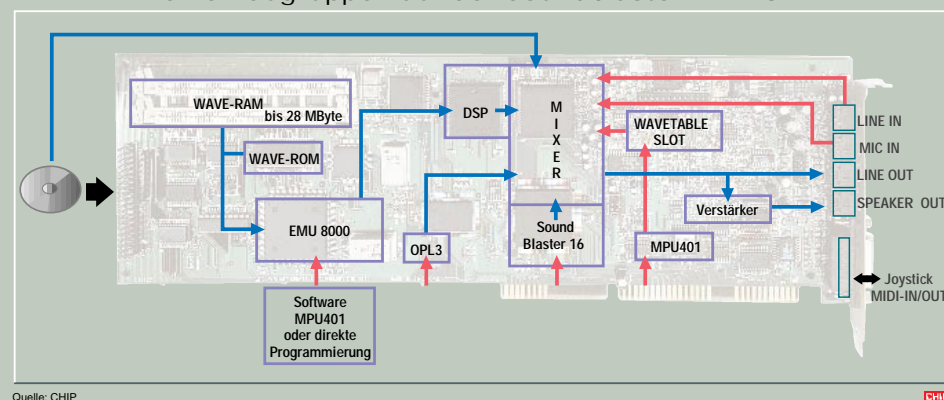
## So ist eine Soundkarte aufgebaut

○ Als Beispiel einer modernen Soundkarte dient das Flaggschiff von Creative Labs, die *Soundblaster AWE 32 PnP*, da sie alle bisher denkbaren Komponenten aufweist. Ihre Besonderheit ist, daß sich das vorhandene Sample-ROM von 2 MByte mit bis zu 32 MByte Arbeitsspeicher (SIM-Module) für eigene Samples erweitern läßt. Jedoch werden in der höchsten Ausbaustufe lediglich 28 MByte genutzt.

Die Klangdaten verarbeitet ein Wavetable-Synthesizer-Chip mit dem Namen *E-mu 8000*. Er bietet zusätzliche Effekte, etwa Chorus und Reverb. Weiterhin lassen sich die Hüllkurven individuell programmieren. Im Zusammenspiel mit eigenen Samples ist damit dem engagierten Hobbymusiker ein preisgünstiger Weg in die Welt der eigenen Klänge geebnet.

Der On-Board-Synthesizer ist General-MIDI-fähig. Leider – dies ist ein Schönheitsfehler für DOS-Spiele – gilt die MPU-401-Kompatibilität nur für die optional auf-

### Einzelne Baugruppen auf der Soundblaster AWE 32 PnP



**Ensemble: In aktuellen Soundkarten sorgen mehrere Klangerzeuger für ungetrübten Musikgenuß**

**Big Band komplett: MIDI-Aufsteckkarten erweitern das digitale Orchester**



zusteckende Wavetable-Karte. Ein Mixer vereint wie in einem Mischpult sämtliche analogen Signale (On-Board-Wavetable, Wavetable über Aufsteckkarte, OPL 3, Sam-

ples aus Wav-Daten, CD-Audio-Eingänge und mehr). Er stellt die Lautstärke für jedes Gerät ein und schickt das zusammenge-mischte Signal an den Ausgang.



Neben dem Wissen, welcher Teil eines Ton zu sampeln ist, liegt das Können der Synthesizerhersteller vor allem in der Fähigkeit, die digitalen Klangdaten auf die gewünschte Weise zu verändern. Das erklärt auch, warum selbst mit den gleichen Samples durchaus Klänge unterschiedlicher Qualität entstehen.

Doch damit nicht genug – das so modifizierte Sample (oder das Ergebnis der FM-Synthese) kann weiter beeinflusst werden. Effekte zur Simulation der Raumakustik wie zum Beispiel Hall und Echo lassen sich ebenfalls in Echtzeit generieren. Zur Zeit der ersten Synthesizer war dies mit analogen Schaltung einfach zu simulieren. In den digitalen Systemen bewältigen das nur speziell hergestellte Chips mit hoher Rechenleistung.

### MIDI – der Standard

Im Jahre 1983 lag mit MIDI endlich ein Standard zur Ansteuerung von Synthesizern vor. MIDI-Daten werden mit Hilfe einer unidirektionalen seriellen Schnittstelle mit einer Kapazität von 31,25 Kilobaud übertragen. Die IMA (International MIDI Association) sowie das JMSC (Japanese MIDI Standard Committee) wachen über die Einhaltung der aufgestellten Standards. Unter den Gründungsmitgliedern der IMA waren unter anderen die Synthesizerhersteller Korg, Roland und Yamaha.

Doch einen Wermutstropfen gab es: Kompositionen, die für ein bestimmtes Gerät geschrieben waren, ließen sich nur schwer bis gar nicht auf einen anderen Synthesizer übertragen. Da zum Beispiel

der Flügel nicht unter der Bezeichnung „Flügel“ aktiviert wird, sondern über eine vom Hersteller definierte Nummer, spielte jeder Synthesizer mit der gleichen Nummer ein anderes Instrument. Mit dem von allen Synthesizerherstellern anerkannten GM-Standard ist dieses Hindernis beseitigt.

Ist eine MIDI-Karte für Personalcomputer MPU-401-kompatibel, so gibt es für Spiele kein Problem, diese Karte unter DOS anzusprechen. Muß ein Treiber geladen werden, der Hardwarekompatibilität vorgaukelt, dürfen die Spiele nicht im sogenannten Protected Mode laufen, da sie sonst mit dem Treiber kollidieren. Nutzt man die Karte lediglich unter Windows, ist die MPU-401-Kompatibilität unwichtig. *Kjersten Waldheim*

## Vernetzung von MIDI-Geräten

◦ Dank einer MIDI-Karte mit internem Synthesizer im PC weicht das gewohnte Gepiepse einem wesentlich besseren Klang. Moderne Spiele bereiten deutlich mehr Vergnügen, und mit einer Sequencer-Software, die fast zu jeder MIDI-Karte mitgeliefert wird,

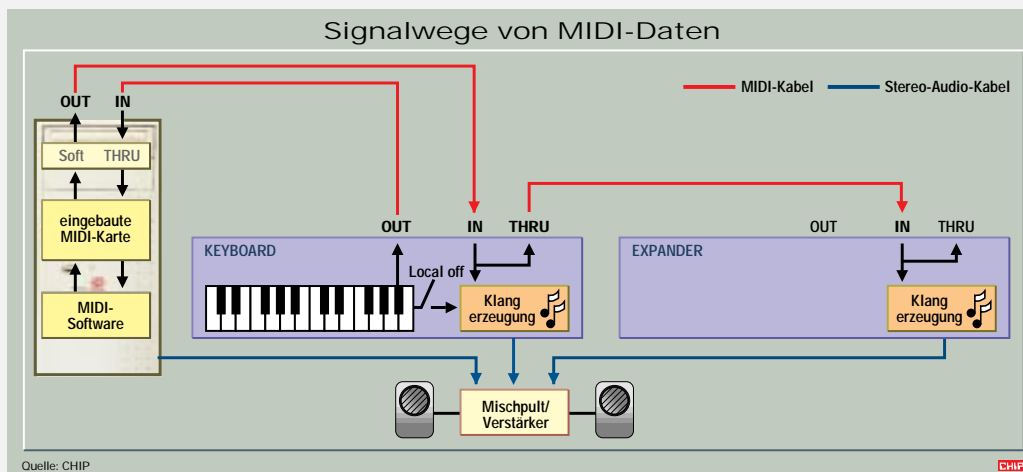
auf dem Keyboard laufen die MIDI-Daten zum internen Synthesizer, der den Ton dann spielt, und zur MIDI-Out-Buchse. Der Computer empfängt die Daten, speichert sie und sendet sie sofort wieder an seine MIDI-Out-Buchse. Dieses Vorgehen einer Soft-

spielen muß (während des Sendens und des Empfangs), sinkt die Polyphoniefähigkeit um die Hälfte. Dies läßt sich durch eine sogenannte Local-Off-Schaltung verhindern: Der interne Synthesizer des Keyboards bekommt keine Daten mehr und spielt nur die, die er über MIDI-In erhält.

Die Expander schließlich steigern die Klangvielfalt weiter. Expander sind Synthesizer, die nur für das Musikerzeugen da sind; ohne steuernden Computer oder ohne angeschlossenes Keyboard geben sie keinen Mucks von sich. Es ist auch möglich, statt des Keyboards oder zusätzlich an

eine E-Gitarre eine Elektronik anzubringen, die das Gitarrenspiel in MIDI-Signale umsetzt.

Eine solche MIDI-Kette kann schließlich bis zu 16 Geräte umfassen. Über spezielle Synchronisierungsinformationen gelingt es dann sogar, mehrere Ketten zusammenzuschließen, so daß ein einzelner Interpret nicht nur das Arrangement plant, sondern auch noch die komplette Band oder ein Orchester unter sich hat.



### Immer der Reihe nach: Hintereinandergeschaltete MIDI-Geräte bilden die einfache Form einer Verkabelung

kann der Anwender auch selbst den Taktstock schwingen.

Doch dem engagierten Hobby- und Profimusiker bietet MIDI noch mehr. Die Grafik zeigt die Verkabelung eines MIDI-Systems, in dem fast alle Komponenten in separaten Geräten untergebracht sind. Durch Betätigen einer Taste

ware bezeichnet man als „Soft Thru“. Zusätzlich könnte die MIDI-Software weitere MIDI-Daten hinzufügen (etwa zur Rhythmusbegleitung). Das Keyboard wiederum empfängt diese Daten und schleift sie über MIDI-Thru zum nächsten Gerät durch. Auch sendet er die empfangenen MIDI-Daten zu seinem internen Synthesizer. Da der interne Synthesizer des Keyboards zweimal denselben Notenwert zur gleichen Zeit