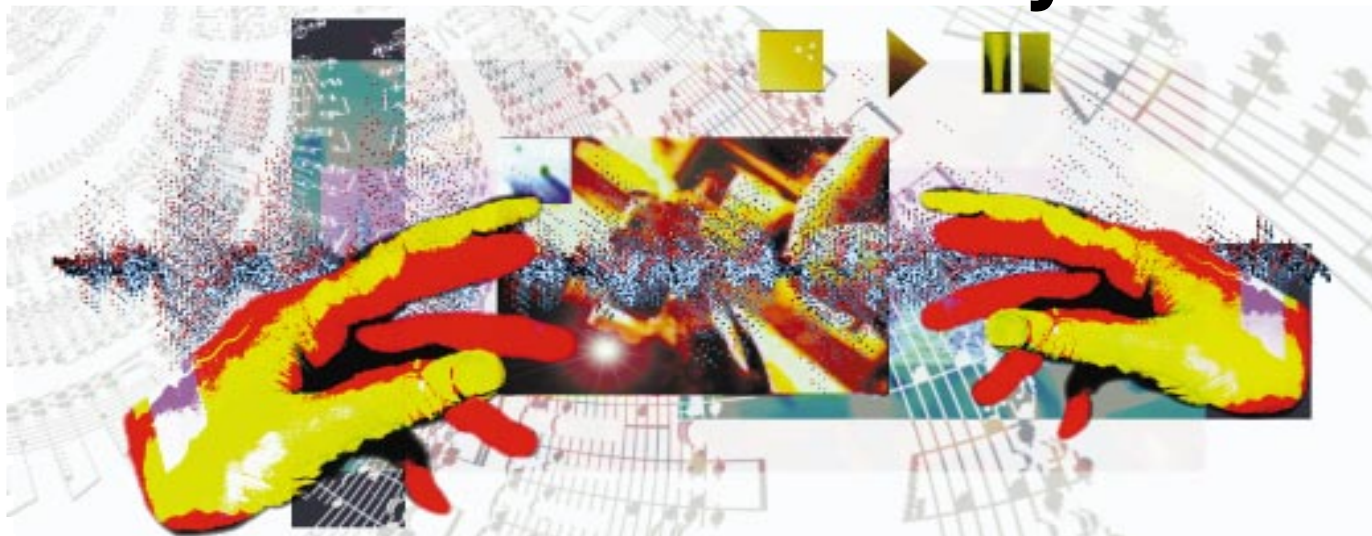


Orchester aus Bits und Bytes



Der Computer hat in den letzten Jahren die Musikszene stark geprägt: Elektronische Klangerzeugung, digitale Tonaufnahme, Komponieren am Bildschirm – immer mehr Musik wird direkt auf dem PC gemacht. Und auch hier gilt: Was gestern teuer und den Profis vorbehalten war, lässt sich heute bald auf jedem Heim-PC ausprobieren. Eine Einführung in die faszinierende Welt des Musizierens am PC.

■ Von Felix Wiedler

Noch vor wenigen Jahren gaben sich die meisten PCs ausgesprochen unmusikalisch. Aufdringliche Piepstöne bei Fehlern war neben dem Lüftergeräusch meist alles, was sie von sich hören ließen. Heute ist das anders: Als Folge der Spiele- und Multimedia-Welle ist heute die Mehrheit der PCs mit einer Soundkarte ausgestattet und entsprechend musikalisch.

Viele Leute wissen nicht, dass selbst eine übliche «Soundblaster»-Ausrüstung zu wesentlich mehr fähig ist, als zum neuesten Action-Game die akustische Untermalung zu bieten: Die Chips moderner Soundkarten sind in der Lage, den PC förmlich in ein kleines Tonstudio, ein Privat-Orchester oder eine Techno-Soundmaschine zu verwandeln, die zwar vielleicht nicht unbedingt professionellen Ansprüchen, aber denen eines seriösen Amateurs durchaus zu genügen vermögen.

Fachjargon herrscht

Viele Neulinge in der faszinierenden Welt der musikalischen Computerei werden allerdings vom Fachchinesisch, das in dieser Szene vorherrscht, erst mal tüchtig abgeschreckt. Tatsächlich ist es so, dass hier zum üblichen PC-Jargon auch noch viele Computermusik-Fachbegriffe dazukommen, die mit traditionellem Musikwissen nichts zu tun haben: Da ist von «MIDI» und «Sequenzern», von «Sampling» und «Wavetable-Sound» die Rede. Um die grundsätzlichen Möglichkeiten und verschiedenen Konzepte des computerunterstützten Musizierens zu verstehen, ist eine Portion Grundwissen tatsächlich notwendig. Doch keine Angst: Es ist im Grunde halb so kompliziert, wie es anfangs scheint.

Am Anfang war MIDI

Beginnen wir mit einem der bis heute wichtigsten Begriffe im Bereich der elektronischen Musik: «MIDI». Diese Abkürzung steht für Musical Instrument Digital Interface – digitale Schnittstelle für Musikinstrumente. MIDI ist eine anfangs der 80er Jahre entstandene Norm für den Datenaustausch zwischen elektronischen Musikinstrumenten und Computern, die von allen führenden Herstellern unterstützt wird. Doch wozu überhaupt Musikinstrumente und PCs miteinander verbinden? Dazu muss man wissen, wie MIDI-Musik überhaupt funktioniert.

Die Grundidee hinter MIDI ist, dass das Spielen eines Instruments nicht direkt einen Klang auslöst, sondern lediglich bestimmte Informationen in Datenform produziert: Wenn Sie auf einem elektronischen MIDI-Klavier eine Taste drücken, werden keine Saiten angeschlagen, sondern – vereinfacht gesagt – in Bits und Bytes festgehalten, dass jetzt Taste X so und so lange

betätigt wurde. Diese Informationen werden dann an ein klangerzeugendes Modul geschickt, das die MIDI-Daten versteht und in Töne umsetzen kann – einen sogenannten «Synthesizer». Synthesizer und die steuernde Klaviertastatur sind dabei häufig im gleichen elektronischen Musikinstrument, einem digitalen Keyboard, vereint.

Künstliches Orchester

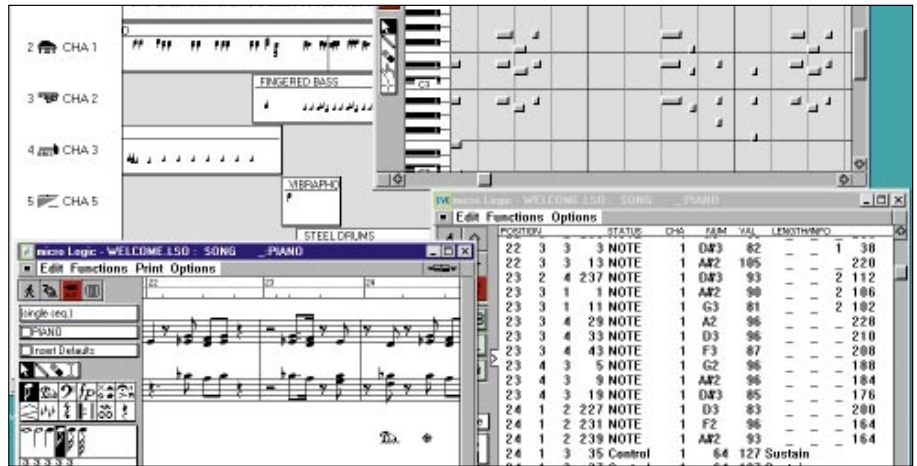
Faszinierend an Synthesizern ist bekanntlich, dass sie viele verschiedene Instrumentenklänge eingebaut haben und die gespielten Noten in den unterschiedlichsten Klangfarben wiedergeben können. Eine digitale Technologie wie MIDI kann aber noch viel mehr: Die in Daten übersetzten Tastenanschläge des Spielers lassen sich nämlich auch in einer MIDI-Datei speichern und später beliebig abrufen, d.h. wieder an den Synthesizer senden. Der Synthesizer spielt die Musik dann wie von unsichtbarer Hand ab. Das funktioniert im Prinzip ganz ähnlich wie bei jenen mechanischen Orgeln, deren Pfeifen und Schlagzeug durch einen Lochstreifen programmiert und gesteuert werden. Und wie bei diesen können Orgel-, Schlagzeug-, aber natürlich noch eine Vielzahl anderer Klänge gleichzeitig abgespielt werden – wie ein ganzes Orchester.

Dieses Erstellen eines digitalen «Lochstreifens» von Tonfolgen, die auf einem MIDI-Instrument gespielt werden, heisst in der Fachsprache «Sequencing». Zwar besitzen viele Digital-Keyboards bereits von sich aus einige Sequencing-Möglichkeiten. Doch wenn es um das Speichern, Abrufen und Verarbeiten von digitaler Information geht, sind richtige Computer halt unschlagbar. Tatsächlich spielt MIDI seine wahren Fähigkeiten erst in Verbindung mit ei-

nem PC und einer entsprechender «Sequenz»-Software voll aus. Schön ist zudem, dass der Einstieg in die MIDI-Welt auf dem PC relativ einfach ist – siehe Kasten «Musik am Computer: So steigen Sie ein».

Der Sequenzer komponiert

MIDI-Sequencer-Programme für den PC bieten eine enorme Funktionsvielfalt. Sie machen sich die Fähigkeit von MIDI zunutze, dass dieses nicht nur eine, sondern Dutzende von Instrumentenstimmen gleichzeitig auf getrennten Spuren (MIDI-Kanälen) aufnehmen und verwalten kann. Das MIDI-Dateiformat ist so flexibel, dass sich verschiedene Instrumenten-Parts einzeln einspielen und später zu einem ganzen Orchesterwerk zusammenkopieren lassen. Das ergibt fürs Komponieren und Arrangieren natürlich völlig neue Möglichkeiten, denn jede einzelne Note bleibt im Sequenzer-Programm editier- und damit veränderbar. Nach Änderungen lässt sich das Ergebnis zudem gleich akustisch überprüfen – sei es direkt über den Synthesizer der Soundkarte oder über ein angeschlossenes externes MIDI-Instrument. Grenzen bei der Wiedergabe setzt allenfalls die Leistungsfähigkeit des verwendeten Synthesizers, der oft wesentlich weniger Polyphonie bie-



Sequenzprogramme – unser Beispiel zeigt Emagic Micro Logic – bieten für MIDI-Musikstücke verschiedene optische Darstellungsformen: Neben klassischer Notenschrift sind «Lochstreifen»- und Listendarstellungen gebräuchlich.

tet, als die Software an sich beherrschen würde. Apropos Noten: Sequenzer bieten in der Regel mehrere unterschiedliche Methoden an, um die MIDI-Musik optisch darzustellen und mit den entsprechenden Editoren zu bearbeiten. Neben der traditionellen Notenschrift ist insbesondere

eine Lochstreifen-ähnliche Darstellung populär, die bildlich zeigt, wann welche «Tasten» wie lange spielen. Zudem lassen sich die MIDI-Daten auch in «trockener» Listenform anzeigen und von erfahrenen Digitalkomponisten gezielt bearbeiten.

Musik am Computer: So steigen Sie ein

Für den Einstieg in die computerunterstützte Musik gibt es, je nach Ansprüchen und Interessen, verschiedene Möglichkeiten. Wer eigens zu diesem Zweck die Anschaffung eines neuen PCs erwägt, fragt sich natürlich: Welches ist der geeignetste dafür?

Windows, Mac – oder Atari?

Die beliebtesten Musik-Computer waren bis vor kurzem der Apple Macintosh einerseits, andererseits der ehemals populäre, heute aber ein Schattendasein fristende «Atari ST». Insbesondere im Profibereich gibt es für den Macintosh wohl nach wie vor das beste Software-Angebot. Allerdings sind Windows-PCs schwer am Aufholen und haben in den meisten Bereichen

mit dem Mac gleichgezogen: Bekannte Musiksoftware-Hersteller wie z.B. Steinberg, oder Emagic bieten ihre Software- und Zubehörpalette meist für Windows und Macintosh, zum Teil auch noch für den Atari an, dessen Zukunft jedoch etwas zweifelhaft ist. Musikeinsteiger sind heute mit einem Apple Macintosh oder einem Windows-PC in etwa gleich gut beraten.

Beispiel 1: PC als MIDI-Maschine

Angenommen, Sie möchten den PC in erster Linie als Sequenzer für ein MIDI-fähiges Keyboard einsetzen. Dazu braucht Ihr PC nicht einmal eine Soundkarte, da der Synthesizer des Instruments als Klangerzeuger dienen kann. Sie brauchen in erster Linie eine MIDI-Schnittstelle für den PC samt Verbindungskabeln sowie ein Sequenzerprogramm.

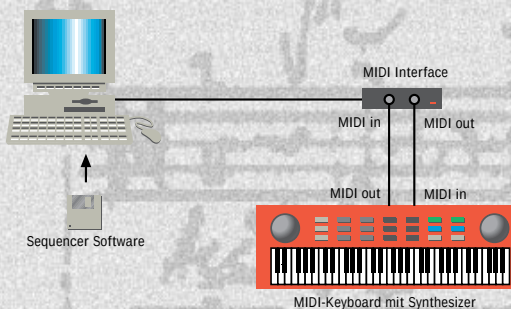
Sofern Ihr PC keine MIDI-Schnittstelle (zum Beispiel auf der Soundkarte) hat, kaufen sie sich eine. Es gibt sie in Form von PC-Steck-

karten oder als externe Box zum Anschließen an die serielle oder parallele Schnittstelle des Macs bzw. Windows-PCs. Bei MIDI-Schnittstellen findet man stets zwei runde DIN-Stecker, angeschrieben mit MIDI-«In» und MIDI-«Out». Auf MIDI-Kabeln fließen die Daten nämlich nur in einer Richtung. In unserem Beispiel wird der MIDI-Ausgang (Out) am Keyboard mit dem Eingang (In) an der MIDI-Schnittstelle des PCs verbunden und umgekehrt. Das Keyboard sendet die MIDI-Befehle beim Einspielen über den Ausgang an den PC-Sequencer, während es die Daten beim Wiedergeben auf dem Eingang empfängt.

Übrigens gibt es von einigen Herstellern komplette Einstiegerpakete, die ein einfaches Sequenzerprogramm samt MIDI-Schnittstelle und den nötigen Kabeln enthalten. Damit die MIDI-Software und das digitale Keyboard optimal zusammenarbeiten, ist es wichtig, dass das Programm die Instrumentierung des Synthesizers kennt und unterstützt. Hier spielt der Standard «General MIDI» (GM) eine wichtige Rolle. Achten Sie beim Kauf darauf, dass Ihr MIDI-Instrument sowie Ihre SoundHard- und Software GM unterstützen.

Beispiel 2: Soundkarte als «Mini-Studio»

Wenn Ihr PC eine MIDI-fähige Soundkarte besitzt, könnte dies eine sinnvolle Einstiegsconfiguration sein. Da Sie die MIDI-Klänge auf dem



Punkto MIDI-Bearbeitung stehen fast unendliche Möglichkeiten offen. Leistungsfähige Programme bieten dabei verschiedenste automatisierte Effekte: Die elektronische Glättung «holprig» eingespielter Sequenzen – Fachleute sprechen hier von «Quantisierung» – oder automatisches Begleiten sind dabei nur der Anfang.

Notensatz per Maus

Grosse und kleine Komponisten, für die das Schreiben von Musiknoten bisher eine Angelegenheit von Papier und Bleistift war, erhalten mit einem guten Sequenzerprogramm auch eine hochintelligente Notenschreibmaschine. Dabei können die Noten entweder am Bildschirm mit der Maus gesetzt, oder aber per MIDI-Klavier – oder einem anderen MIDI-«Controller», z.B. in der Form einer Gitarre oder eines Blasinstrumentes – eingespielt werden. Wie bei einem Textprogramm lässt sich alles nachträglich verbessern und anpassen. Verblüffend ist, dass jede Änderung gleich auch akustisch überprüft werden kann, indem die Stelle auf dem Synthesizer abgespielt wird. Natürlich lässt sich das Ganze zum Schluss auch auf dem Drucker zu Papier bringen.

Da gute Sequenzerprogramme die Stücke auch gleich auf Knopfdruck in beliebige Tonarten transponieren können, hat MIDI das Zeug, das traditionelle Musikalien-Geschäft von Grund auf umzukrempeln: Statt auf Papier in grossen Archiven lassen sich Musiknoten elektronisch speichern und erst bei Bedarf abrufen und ausdrucken. So steht bei Musik Hug in Zürich bereits eine «Note-Station» – ein PC, von dem Sie als Kunde ein Musikstück entweder in der gewünschten Tonart ausdrucken lassen oder gleich als MIDI-Datei auf Diskette kaufen und mitnehmen können. Am heimischen PC lässt sich das MIDI-Stück dann nach Belieben transponieren und umarrangieren.

Notensatz ist für viele Sequenzerprogramme nur eine Nebenfunktion. Spezialisierte Softwareprodukte lassen jedoch notentypografisch kaum Wünsche offen.

Sampling statt Tonband

Das Thema Musik und Computer ist mit MIDI beileibe nicht abgehakt. PCs können heute wesentlich mehr als nur die Tastenbewegungen von MIDI-Instrumenten aufzeichnen: Sie können akustische Signale – Sprache, Geräusche, Klänge, Musik – z.B. über ein Mikrofon aufneh-

Fach-Chinesisch



MIDI: Abk. für Musical Instrument Digital Interface. Genormte Schnittstelle zur Verbindung von Computern und elektronischen Musikinstrumenten. MIDI definiert sowohl die hardwaremässige Kabelverbindung als auch das Softwareformat für den Austausch der Musikdaten. Über MIDI kommunizieren elektronische Musikinstrumente und Synthesizer mit Sequenzer-Programmen.

General MIDI (GM): Zusatz-Standard zu MIDI. GM sorgt dafür, dass MIDI-Daten auf verschiedenen Synthesizern in etwa gleich klingen. Zu GM kompatible Hard- und Software erwarten gewisse Instrumentenklänge auf bestimmten MIDI-Kanälen – z.B. Piano auf Kanal 1, Schlagzeug auf Kanal 10 usw.

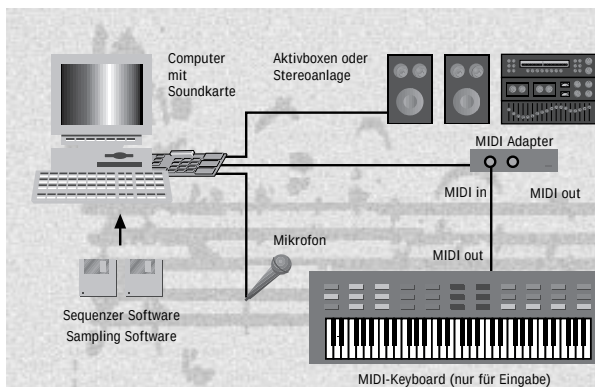
Synthesizer: Gerät zur elektronischen Klangerzeugung, oft in ein klavierähnliches Musikinstrument eingebaut. Synthesizer können meist zahlreiche unterschiedliche Klangfarben wiedergeben und Instrumente imitieren. Auch PC-Soundkarten enthalten Synthesizer-Elektronik, wobei technisch zwischen «FM»- und «Wavetable»-Synthese unterschieden wird.

FM-Synthese: Klangerzeugung auf der Basis der Frequenz-Modulierung. Die verschiedenen Klangfarben werden durch künstlich berechnete Schwingungen erzeugt. Vorteil: preisgünstig. Nachteil: typisch «synthetischer» Klang, keine realistische Nachbildung von akustischen Instrumenten.

Wavetable-Synthese: Klangerzeugung auf der Basis von digitalisierten Klängen (Waveform-Daten). Natürliche Instrumente werden realistisch imitiert, da ihr Klang aufgenommen und in digitalisierter Form (Sample) im Speicher der Soundkarte verfügbar ist. Wavetable-Soundkarten sind meist teurer als solche mit blosser FM-Synthese.

Sequenzer: Softwareprogramme, die MIDI-Steuerungsinformationen aufzeichnen, abspeichern und bearbeiten können. Mit solchen Programmen lassen sich auch komplexe mehrstimmige Musikarrangements erfassen und am Bildschirm modifizieren. Die Eingabe der Musiksequenzen kann z.B. über ein MIDI-Instrument (Controller) oder direkt am Bildschirm erfolgen. Viele Sequenzer bieten auch Notensatzfunktionen.

Sampling: Digitales Aufzeichnen von Klängen. Dabei werden die Klanginformationen elektronisch «abgetastet» und in Daten verwandelt. Je feiner dieses Abtasten, desto besser die Qualität, desto grösser aber auch die Datenmenge. Klangdateien lassen sich mit speziellen Editoren als Wellenform am PC anzeigen und bearbeiten.



Instrumentenspuren, die ihrerseits aber mehrstimmig (polyphon) sein können. Für den Anfang wird dies meistens genügen. MIDI-Systeme haben den Vorteil, dass sie sich bei steigenden Ansprüchen relativ einfach schrittweise erweitern lassen: Wenn weitere MIDI-Geräte dazukommen, kauft man einfach zusätzliche MIDI-Schnittstellen. Angenehm

FM- oder besser Wavetable-Synthesizer der Soundkarte wiedergeben können, genügt als Eingabeinstrument ein günstiges reines MIDI-«Master»-Keyboard ohne eigenes Klangmodul. Eine solche «Einweg»-Konfiguration benötigt natürlich auch nur ein Kabel.

Viele PC-Soundkarten besitzen bereits eine integrierte MIDI-Schnittstelle. Allerdings ist diese mit dem Joystick-Anschluss kombiniert. Meist muss noch ein spezielles Adapterkabel mit den beiden typischen DIN-Steckern dazugekauft werden.

Selbstverständlich sind viele weitere Kombinationen möglich. Diese beiden Beispiele sind blosser Einstiegsanordnungen, die in keiner Weise den Ansprüchen eines professionellen Studios genügen.

Eine MIDI-Schnittstelle unterstützt maximal 16 Kanäle, das heisst 16 individuell verwaltete

ist auch, dass die meisten Musik-Softwarehersteller die Möglichkeit bieten, Einstiegsprogramme bei Bedarf zu einem fairen Preis auf ein professionelleres Produkt «upzudaten».

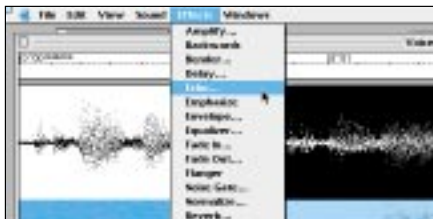
Wo einkaufen?

Wenn es um Musik-Software und MIDI-Zubehör geht, sind nicht die üblichen PC-Handelskanäle, sondern vielmehr auf elektronische Musik spezialisierte Geschäfte die richtigen Adressen. Auch die meisten grösseren Musikhäuser besitzen eine entsprechende Abteilung. Neben MIDI-Keyboards aller Preisklassen sind hier Musik-Software für Einsteiger und Profis samt Zubehör wie MIDI-Schnittstellen und -Kabel sowie auch für Musik geeignete Soundkarten erhältlich. Einige ausgewählte Shareware-Programme finden Sie auch im PCTip-Online Dienst.

men und in digitaler Form abspeichern. Dieses Digitalisieren von Klanginformationen heisst «Sampling». Umgekehrt können diese digitalisierte Klänge natürlich auch wieder abgespielt, hörbar gemacht werden. Jede Audio-CD enthält die Musik in dieser Form.

Wie funktioniert Sampling? Beim Sampling misst die Soundkarte im Computer den Klangpegel, der von der Audioquelle (z.B. via Mikrofon) «hereinkommt». Für die Qualität der Aufnahme ist entscheidend, wie oft pro Sekunde ein Zustand des Klangs festgehalten wird und wie fein die Messkala ist. Bei einer Abtastfrequenz von 44,1 kHz (44'100 Messungen pro Sekunde) und einer Messkala von 16-bit (65'000 Lautstärkestufen) spricht man von CD-Qualität. In dieser Qualität belegt eine Minute Stereo-Sound gut 10 MB.

Ist der Sound einmal im Computer und als Klangdatei abgespeichert, sind auch hier den Möglichkeiten kaum Grenzen gesetzt: Die Klangdaten – weitverbreitete Formate sind WAV (Windows Wave) und AIFF (Audio Interchange File Format) – lassen sich in speziellen



Sample-Editoren wie SoundEdit 16 können digitalisierten Klang am Bildschirm als Wellenform darstellen, bearbeiten, mit Effekten versehen usw.

Editor-Programmen als Wellenform darstellen und dann beliebig bearbeiten. Teile lassen sich kopieren, vervielfältigen, verfremden, mit künstlichem Hall- und anderen Effekten versehen. Ein entscheidender Vorteil der digitalen Technik gegenüber den normalen, analogen Magnettonbändern liegt auf der Hand: Selbst wenn ein digitaler Sound hundertmal umkopiert wird, bleibt die Qualität gleich – denn ein Bit bleibt ein Bit!

Rasende Entwicklung

Sampling stellt wesentlich höhere Anforderungen an die PC-Leistung als MIDI. Doch die Verarbeitungsleistung moderner PCs ermöglicht heute Dinge, die noch vor wenigen Jahren nicht oder nur mit sehr teurem, spezialisiertem Profi-Musikequipment denkbar waren. Ein Beispiel dafür ist etwa «Harddisk-Recording», das digitale Aufnahmen ganzer Musikstücke direkt auf die Festplatte. Während bis vor kurzem mehrspuriges digitales Recording nur mit zusätzlichen Spezialgeräten möglich war, können heute schnelle Power-Macs und Pentium-PCs dies direkt mit ihrem Prozessor erledigen: Der



Selbst preisgünstige Musiksoftware-Pakete können heute allerhand: Cubasis Audio von Steinberg kombiniert einen vierspurigen digitalen Audio-Recorder mit einem MIDI-Sequencer und bietet einfachen Notensatz.

Bildschirm wird förmlich zum digitalen Aufnahmestudio samt Mischpult und allem erdenklichen Schnickschnack.

Die Entwicklung in diesem ganzen Bereich ist alles andere als abgeschlossen. Der Trend geht ganz klar dahin, dass der Computer immer mehr zum universellen Steuerzentrum für alle Aspekte der elektronischen Musikproduktion wird. Programme, die MIDI-Sequenzen und Samplings (z.B. Gesang oder akustische Instrumente) in gemeinsamen Arrangements verwalten und mehrspuriges digitales Harddisk-Recording unterstützen, gibt es mittlerweile schon in der Einstiegsklasse für ein paar hundert Franken – eine gute Soundkarte genügt!

Doch wahrscheinlich werden sogar Soundkarten in dieser Form bald einmal überflüssig sein – der PC wird dann einen Wavetable-Synthesizer einfach softwaremässig simulieren können. In diese Richtung gehen etwa die Musikdateien im sogenannten «MOD»-Format, das sich insbesondere bei Techno-Musik-Freaks einiger Beliebtheit erfreut. MOD- und mit diesem Format verwandte Dateien enthalten sowohl die Instrumenten-Klänge (als Samples) als auch die Musiksequenzen, wobei mehrere Instrumente gleichzeitig in Stereo wiedergegeben werden können. Die Resultate sind selbst auf simpler Sound-Hardware verblüffend – wer ein Ohr voll nehmen will, findet auf PCTip Online jede Menge Beispiele! («Kultur» -> «Musik»)

Einfach einsteigen!

Das Thema Musik und Computer ist so vielfältig, dass eine knappe Einführung wie diese, viele Aspekte zwangsläufig vernachlässigen und zum Teil grob vereinfachen muss. Wenn Sie am Thema interessiert sind, springen Sie am besten einfach mit einem günstigen Programm «ins Wasser» und sammeln Erfahrungen. Sicher ist: Wer sich einmal auf dieses faszinierende Thema eingelassen hat, wird schnell nach mehr und detaillierteren Informationen hungern. «Angerechnete» finden in einschlägigen Fachmagazinen sowie in Diskussionsforen vieler Online-Dienste (u. a. auch im PCTip Online-Dienst) jede Menge Tips, Infos und Gleichgesinnte. ■

Tonqualität:

Grenzen der Soundkarte

Moderne PC-Soundkarten enthalten ansehnliche Funktionen: Klangerzeuger (Synthesizer) in FM- und Wavetable-Technik, eine MIDI-Schnittstelle sowie Chips für das Digitalisieren (Sampling) und Wiedergeben von Klanginformationen. Obwohl mittlerweile viele Karten 16-bit-Sampling mit 44,1 kHz beherrschen und stolz von CD-Qualität sprechen, überzeugt eine Hörprobe nicht immer. Auch wenn eine Karte an die Stereoanlage angeschlossen wird, ist oft mehr Brumm als HiFi angesagt. Warum?

Höchst unterschiedlich ist zum einen die Qualität der Analog/Digital- und Digital/Analog-Konverter – jener Bauteile, die beim Aufnehmen und Wiedergeben von gespeicherten Klängen die Hauptrolle spielen. Wenn hier gespart wird, sind Abstriche bei der Klangqualität unvermeidlich.

Bis vor kurzem fielen die üblichen PC-Soundkarten zudem auch punkto Synthesizer-Klang gegenüber den meisten digitalen Keyboards ab. Die Wavetable-Karten der neuesten Generation, die zum Teil mit Sound-Samples von renommierten Synthesizer-Herstellern arbeiten, leisten jedoch auch für Musikerohren Beachtliches.

Ein generelles Problem bei Soundkarten ist jedoch das elektronische Signal-Wirrwarr, das im Innern eines PCs herrscht. Dieses kann die analogen Audio-Signale zum Teil erheblich stören, was zu Brummen und Klangverfälschungen führt. Gute Soundkarten versuchen dies zwar mit einer eigenen Stromversorgung für die analogen Komponenten zu verhindern, doch scheint dies nicht bei jeder PC-Konfiguration gleich erfolgreich zu funktionieren.

Tip: Vor dem definitiven Kauf einer guten Soundkarte sollten Sie sich davon überzeugen können, wie sie im eigenen PC klingt, rauscht oder scherbelt. Also am besten entweder vor Ort einbauen lassen und prüfen, oder aber im Laden ausdrücklich ein allfälliges Umtauschrecht vereinbaren!

