

WERNER-VON-SIEMENS-GYMNASIUM MAGDEBURG

Facharbeit zum Thema

Funktionsweise des Midi-Standards

Schuljahr:	2005/2006
Fach:	Informatik
Fachlehrer:	Herr Thormeyer
Verfasser:	Robert Tecklenburg

Magdeburg, 12.02.2006

Gliederung:

1. Einleitung	S. 2
2. Wie ein Ton entsteht. Von Synthesizern, Samplern und Sequenzern.	S. 3
3. Midi als Schnittstelle	S. 5
3.1 Kabel und Buchsen	S. 6
3.2 Midi-Befehle und Controller	S. 7
3.2.1 Channel Voice Messages	S. 8
3.2.2 Control-Changes	S. 8
3.2.3 Channel Mode Messages	S. 10
3.2.4 System Common Messages	S. 11
3.2.5 Real Time Informations	S. 11
3.2.6 System Exclusive Informations	S. 12
3.3 Betriebsarten	S. 13
3.4 Midi-Standards	S. 14
4. Midi als Dateiformat	S. 15
5. Einsatzgebiete	
5.1 Hardware	S. 16
5.2 Software	S. 18
5.3 Vielseitigkeit	S. 20
6. Hat Midi eine Zukunft?	S. 20
7. Fazit	S. 22
Anhang	
Quellenverzeichnis	
Selbstständigkeitserklärung	

1. Einleitung

Offiziell hört man vom Midi-Standard nur noch recht wenig, denn die Konzentration wird heutzutage auf die Verbesserungen anderer Standards gelegt, wie die Weiterentwicklung des Surround-Sound-Systems oder grafische Verbesserungen im Bezug zum Computer. Und doch begegnet mir das Midi-Format noch recht oft, denn einige kleine Spiele nutzen es weiterhin und auch ich erstelle mit Hilfe von Midi meine Notenblätter und habe sogar selbst schon mit Midi komponiert. Daher interessiert mich dieser Standard umso mehr, da man hier quasi die Noten mitlesen kann, die der Computer spielt, anstatt irgendwelche Klangwellen vorbeirauschen zu sehen. So kann ich das, was mir der Computer vorspielt, selbst nachspielen. Auch hatte ich es mir zum Ziel gesetzt, professionelle Midi-Dateien und Werke zu erstellen und habe mir somit schon vor langer Zeit vorgenommen, meine Midi-Kenntnisse zu erweitern. Aus diesem Grund habe ich dann das Thema dieser Facharbeit gewählt.

An Literatur mangelt es mir hierbei nicht, denn vor ca. einem Jahrzehnt war dieses Thema noch in aller Munde, doch leider ist die Aktualität nicht mehr ganz gegeben, denn die Bücher, die ich verwende, sind im Schnitt schon über zehn Jahre alt. Ausführliche Internetseiten findet man nur schwer. Es gibt zwar viele Internetpräsenzen, die Midi-Dateien anbieten, doch mit dem Standard selbst befassen sich nur die wenigsten. So stellt sich mir die Frage, ob der Midi-Standard eine Zukunft hat oder ob er ersetzbar ist. Doch möchte ich mich in dieser Facharbeit hauptsächlich mit der Funktionsweise dieses Formates auseinandersetzen und aufzeigen, wie man mit diesem arbeiten kann.

Weiterhin ist dieses Thema noch recht umfassend und so werde ich die Geschichte des Standards und der synthetischen Musik weitestgehend ausklammern, da diese nicht in meinem Interessengebiet liegt. Vielmehr werde ich zuerst kurz auf die Erzeugung elektronischer Musik eingehen und anschließend die Notwendigkeit und Bestandteile des Midi-Formates beleuchten. Außerdem werde ich auf die Handhabung eingehen und zum Schluss eine Deutung über die Ersetzbarkeit und die Zukunft dieses Standards abgeben. Dabei versuche ich durch Recherche, Vergleich und Analyse aus verschiedenen Büchern und Internetseiten die Informationen auszuwerten und teilweise mit eigenen Überlegungen darzustellen.

2. Wie ein Ton entsteht. Von Synthesizern, Samplern und Sequenzern.

Da der Midi-Standard sehr eng mit der Tonerzeugung, und Tonverarbeitung zusammenhängt, möchte ich zuerst auf die Tonerzeugung eingehen und die Geräte aufzeigen, die man hier benötigt. So gibt es die Synthesizer, die, wie der Name schon sagt, synthetische Klänge erzeugen. Meist bestehen sie aus einer Klavier-Tastatur und einem Klangerzeugermodul. Es gibt auch Synthesizer ohne Tastatur, die dann als Expander oder auch Soundmodul bezeichnet werden.¹ Weiterhin gibt es Tastaturen ohne Klangerzeuger, die dann mehrere Expander ansteuern können. Zu einer Tastatur, egal nun ob mit oder ohne Klangerzeuger, gehört meist ein so genanntes Pitch-Wheel und ein Modulationsrad, mit denen man stufenlos die Tonhöhe und die Klangfarbe verändern kann.² Manche Synthesizer sind in so genannten Samplern eingebaut, die Klänge aufnehmen, speichern, bearbeiten und wiedergeben können. So kommt zur synthetischen Tonerzeugung auch die Verwendung von aufgenommenen Klängen dazu. Diese Klänge werden als Sample bezeichnet.³

Ein weiteres Gerät, das man bei der Bearbeitung von Musik benötigt, ist der Sequenzer, welcher Klänge und Musikstücke aufzeichnen, bearbeiten und wiedergeben kann.

Während ein Sampler nur kurze Klangmuster speichert, kann der Sequenzer nun ganze Lieder in mehreren Tonspuren aufzeichnen. Vergleichbar ist er mit einem Tonbandgerät, nur dass die Aufnahme hier digital erfolgt. Es gibt 2 Arten von Sequenzern. Hierbei ist zunächst der Hardwaresequenzer zu nennen, welcher ein eigenständiges Gerät ist und oft nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Bearbeitung bietet. Der Softwaresequenzer ist hingegen ein Computerprogramm, welches die Musik virtuell aufzeichnet.⁴ Weiterhin gibt es Geräte, die einen Synthesizer und einen Sequenzer in einem Gehäuse vereinen. Diese werden allgemein hin als Workstation bezeichnet.⁵

Doch wie erzeugt ein Synthesizer nun einen Ton? Zum besseren Verständnis muss hier zuerst einmal geklärt werden, was einen Ton überhaupt ausmacht. Ein Ton ist physikalisch gesehen nichts weiter als eine Schwingung eines Trägermediums, wie beispielsweise der

¹ Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 117.

² Ebd. S. 117

³ Ebd. S. 117

⁴ Young, Rob: Arbeiten mit MIDI-Files. Der Weg zu professionell klingenden Sequenzer-Songs. München: GC Carstenden Verlag 2000. Seite: 29

⁵ Ebd. S. 48

Luft. Dieser Ton besitzt eine bestimmte Tonhöhe, die sich aus der Frequenz der Schwingung ergibt, eine Lautstärke, die durch die Amplitude der Schwingung bestimmt wird, eine Hüllkurve, welche man als eine Änderung der Schwingung während des Tonverlaufs verstehen kann und welche in die 4 Phasen Attack (Anschlag), Decay (Abfallen), Sustain (Festhalten) und Release (Loslassen) eingeteilt wird, ein Portamento, was nichts weiter bedeutet, als dass der Ton während des Spielens mehr oder weniger stark angeschliffen wird, die Klangfarbe, die sich aus der Zusammensetzung unterschiedlicher Schwingungen ergibt, das Vibrato, also das Schwanken der Tonhöhe und/oder der Lautstärke, und zu guter Letzt eine Verzerrung.⁶ So ergeben sich für die Synthesizer 4 Aufgaben bei der Synthese von Klängen. Es muss eine Frequenz erzeugt werden, die die Tonhöhe bestimmt zu der eine Amplitude festgelegt werden muss, welche die Lautstärke ausmacht. Außerdem muss eine Klangfarbe festgelegt werden, indem die Kurvenform erstellt wird. Der letzte Schritt ist dann die Belebung bzw. Dynamisierung des Tons. Diese Belebung ist nötig, damit der Ton nicht immer gleich klingt, denn man versucht auch bei der synthetischen Erzeugung von Klängen, sich der Natur so weit wie möglich anzunähern, damit ein Musikstück nicht zu mechanisch klingt.⁷

Um einen Klang zu erzeugen gibt es zwei grundlegende Verfahrensweisen, welche zum einen die lineare Klangsynthese und zum anderen die nichtlineare Klangsynthese ist. Zweitere zeichnet sich dadurch aus, dass Schwingungen aus Frequenzen erzeugt werden, deren Komponenten man vorher nicht eingegeben hat. Hier spielen zum Beispiel Zufallsgeneratoren eine große Rolle.⁸ Die lineare Klangsynthese splittet sich wiederum in mehrere verschiedene Verfahren auf. So gibt es die additive Klangerzeugung, bei der mehrere Sinusschwingungen mit passender Tonhöhe und Lautstärke übereinander gelegt werden. So kann man zum Beispiel aus Sinus-Schwingungen eine Dreiecksschwingung erzeugen.⁹ Im Anhang befindet sich dazu ein Schema. Ein Nachteil dieser Methode ist allerdings ein sehr hoher Rechenaufwand. Neben der additiven gibt es auch die subtraktive Klangerzeugung, bei der aus einem Klanggemisch (meist aus einem Rauschen) durch mehrere Filter Sinustöne herausgefiltert werden.¹⁰ Diese subtraktive Methode ist auch das Prinzip von natürlichen Instrumenten, bei denen der Stoff und die Form der

⁶ Noll, Justus: a.a.O. S. 129

⁷ Ebd. S. 128

⁸ Ebd. S. 67

⁹ Ebd. S. 66

¹⁰ Ebd. S. 66

Resonanzmaterialien als Filter wirken. Durch Resonanz werden hier nur bestimmte Schwingungen verstärkt und hervorgehoben, was den Klang des Instrumentes ausmacht. Zum Beispiel dient bei einer Geige die Saite als Tonquelle, die alle möglichen Geräusche von sich gibt, und als Resonanzsystem der Instrumentenkörper, der dann den typischen Geigenklang ausmacht. Solch eine Klangquelle kann durch Sägezahngeneratoren nachgebildet werden und das Resonanzsystem wird in der Technik durch Filterbänke ersetzt.¹¹ Weitere Beispiele der linearen Klangersynthese wären die FM-Synthese¹², die AM-Synthese¹³ und die Phase-Distortion-Synthese.¹⁴

Eine weitere Art der Tonsynthese ist die ROM-Sample-Synthese, bei der die Welle nicht durch einen Wellengenerator erzeugt wird, sondern durch digital aufgenommene Klänge, den Samples, die in einem ROM-Speicher abgelegt sind.¹⁵ Jedoch reicht es meist nicht aus, nur ein Sample für ein Instrument aufzunehmen, da der Ton umso unnatürlicher wird, je weiter seine Tonhöhe von der Ursprungstonhöhe entfernt liegt. Hier sind so genannte Multi-Samples erforderlich, bei der die Tastatur in mehrere Bereiche unterteilt wird und jedem Bereich ein Sample zugeordnet ist. So sind zum Beispiel bei realistischen Klavierklängen 2 Samples pro Oktave wünschenswert.¹⁶

3. Midi als Schnittstelle

Aus dem letzten Abschnitt wird deutlich, dass mehrere Geräte zur professionellen Erzeugung und Bearbeitung von Musik benötigt werden. So muss zum Beispiel ein Keyboard mehrere Expander steuern, die dann die Musik wieder an einen Sampler zur Aufnahme schicken müssen. Voraussetzung hierfür ist, dass sich die Geräte verstehen und untereinander kommunizieren können und so setzten sich im Frühjahr 1982 auf der NAMM-Show in Anaheim, USA, Mr. Dave Smith von Sequential Circuits, Mr. Tom Oberheim von Oberheim Electronics und Mr. Kakehasi von Roland Corporation

¹¹ Ebd. S. 69

¹² Ebd. S. 71

¹³ Ebd. S. 72

¹⁴ Ebd. S. 73

¹⁵ Ebd. S. 134

¹⁶ Ebd. S. 205

zusammen, um einen Standard für diese Geräte zu entwickeln. Dieser Sitzung folgten weitere, zu denen auch Hersteller, wie Yamaha, Korg, Moog, usw. stießen und so entstand im Jahr 1983 die Schnittstelle MIDI¹⁷, welche ausgeschrieben Musical Instrument Digital Interface bedeutet. Diese ermöglichte von da an den Datenaustausch zwischen den Instrumenten und Geräten verschiedener Hersteller.¹⁸ Parallel dazu wurde die International Midi Association (IMA) gegründet, die überprüft, dass sich die Hersteller auch an die Vorgaben halten.¹⁹

Die Midi-Schnittstelle arbeitet seriell, das heißt, die Daten werden nacheinander ausgegeben. Außerdem wird die Schnittstelle im Asynchronmodus betrieben, sodass der Datenaustausch durch keine spezielle Zeitgebereinrichtung synchronisiert wird.²⁰ Die Übertragungsrate von Midi beträgt 31250 Bits/s, bzw. 31,25 Kilobaud. Dieser Wert scheint recht krumm zu sein, doch dadurch, dass die Zahl 31250 multipliziert mit 32 eine Million ergibt, konnten sogleich übliche Quarzkristalle zur Synchronisation verwendet werden.²¹ Zur Kommunikation dient ein Strom von 5 mA.²²

3.1 Kabel und Buchsen

Im Midi-Standard wurde festgelegt, dass die Midi-Leitungen aus zweiadrigen, abgeschirmten Kabeln bestehen sollen. Hierbei ist die Erdung um die Adern gewickelt, damit die Kabel keine elektrischen Wellen nach außen abstrahlen.²³ Diese Erdung ist nur mit dem Gehäuse des Senders verbunden.²⁴ Die Verbindung mit den Geräten erfolgt, wie im nebenstehenden Bild zu sehen, durch 5-polige DIN-Stecker des Typs 180°, wobei die Datenleitung an Pin 4 und 5 liegt und die Erdung an Pin 2. Pin 1 und 3 bleiben ungenutzt.²⁵ Seltener werden auch die stabileren XLR-Stecker verwendet, jedoch benötigt man hier einen Adapter.²⁶ Die Midi-Kabel sollten niemals länger als 15 Meter sein, um eine

¹⁷ Schlichter/Meissel: Soundverarbeitung mit MIDI. Poing: Franzis-Verlag GmbH 1994. Seite: 21.

¹⁸ Noll, Justus: a.a.O. S. 140

¹⁹ Schlichter/Meissel: a.a.O. S. 22

²⁰ Noll, Justus: a.a.O. S. 140

²¹ Penfold, R.A.: MIDI von Anfang an. 1. Aufl. Aachen: Welektor Verlag GmbH 1991. Seite: 22.

²² Noll, Justus: a.a.O. S. 141

²³ Penfold, R.A.: a.a.O. S. 24

²⁴ Ebd. S. 25

²⁵ Ebd. S. 24

²⁶ Ebd. S. 26

reibungslose Datenübertragung zu gewährleisten.²⁷ Diese wird mittels eines Optokopplers realisiert. Der Vorteil dieses Bauteils ist, dass keine direkte elektrische Verbindung zwischen beiden Geräten besteht. So ist ein Schutz vor Potentialunterschieden in den Geräten gewährleistet, welcher durch Potentialausgleich die internen Bauteile zerstören könnte. Außerdem werden somit Brummschleifen und geräteeigene Störungen vermieden.²⁸ Die Geräte selber haben zwei bis drei Anschlüsse, den Midi-In, Midi-Out und ggf. den Midi-Thru-Anschluss. Ist ein Midi-Thru-Anschluss vorhanden, so wird in ihm das Eingangssignal von Midi-In verstärkt ausgegeben, so dass mehrere Geräte hintereinander in Reihe geschaltet und durch eine einzige Quelle gesteuert werden können.²⁹ Jedoch sollten nur maximal 3 Geräte an einer Kette über Midi Thru angebaut sein, da sonst eine Signalverzerrung auftreten kann. Abhilfe schafft hier eine so genannte Midi-Thru-Box, welche ein Eingangssignal an mehrere Midi-Thru-Anschlüsse weiterleitet und so die parallele Zusammenschaltung der Geräte ermöglicht.³⁰ Zur Verbindung mit dem PC wird der 15-polige Joystick-Port verwendet. Dieser gilt hier sowohl als Midi-In, als auch als Midi-Out-Anschluss.³¹ Im Anhang ist ein weiteres Schema zum Aufbau der Verkabelung zu sehen. Weiterhin ist hier die schematische Verkabelung der Buchsen in einem Synthesizer dargestellt.

3.2 Midi-Befehle und Controller

Eine Midi-Informationseinheit besteht aus 10 Bits. So wird ein Byte durch ein Startbit angekündigt und durch ein Stopbit wieder abgeschlossen.³² Ein Midi-Kommando besteht aus 1 bis 3 Bytes, wobei das erste ein Statusbyte ist, welches vorgibt, welche Art von Information kommt, gefolgt von bis zu 2 Datenbytes, die dann die Werte enthalten, die ein Gerät übernehmen soll. Um zwischen Statusbyte und Datenbyte unterscheiden zu können, ist das 8. Bit eines Statusbytes immer besetzt, so dass es nur die Werte von 128-255 annehmen kann, und das 8. Bit eines Datenbytes ist immer frei, so dass hier nur Werte von 0 bis 127 möglich sind.³³ Weiterhin kann man das Statusbyte wieder in zwei Teile zu je 4

²⁷ Young, Rob: a.a.O. S. 58

²⁸ Penfold, R.A.: a.a.O. S. 23

²⁹ Noll, Justus: a.a.O. S. 145

³⁰ Fachhochschule Düsseldorf: „MIDI-Grundlagen“. URL: http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/navigation/fbmedien1.html?Frametausch_http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/knowledgebase/public/tutorials/midi/ (Stand: 2002)

³¹ Nikolaus, Ulrich/Raster, Kurt: Midi am PC und Mac. München: Markt+Technik Verlag 2003. Seite: 121

³² Noll, Justus: a.a.O. S. 141

³³ Ebd. S. 145

Bits unterteilen, den Nibbles. Hierbei gibt das obere Nibble (die höchsten 4 Bits) die Art der Nachricht an und das untere Nibble gibt an, auf welchem Kanal die Nachricht gesendet wird. Hieraus wird ersichtlich, dass Midi-Daten auf 16 Kanälen gesendet werden können, was zur Folge hat, dass man bestimmte Geräte einzeln ansprechen kann, wenn man in ihnen einen Empfangskanal einstellt. Alle anderen Nachrichten werden ignoriert.³⁴ Hier muss man allerdings aufpassen, denn ein Midi-Kanal ist keinesfalls mit einer Spur im Sequenzer gleichzusetzen. So können mehrere Midi-Kanäle auf einer Spur zusammengefasst sein oder mehrere Spuren des Sequenzers senden und empfangen auf nur einem Midi-Kanal.³⁵ Weiterhin gibt es auch Kanalunabhängige Nachrichten, die für alle Geräte gelten und bei denen die 4 Kanal-Bits für andere Informationen benutzt werden. Midi-Befehle lassen sich in mehrere Gruppen einteilen und auf diese möchte ich im Folgenden eingehen.

3.2.1 Channel Voice Messages

Die Channel Voice Messages werden im Datenbyte durch die hexadezimalen Werte 8n, 9n, An, Bn, Cn und Dn angekündigt, wobei das n immer für die Kanalnummer steht. So würde also das Statusbyte 98h eine Channel Voice Message auf Kanal 8 senden (das ‚h‘ hinter der Zahl bedeutet, dass die Zahl hexadezimal ist). Alle Channel Voice Statusbytes werden von zwei Datenbytes gefolgt. Einer der wichtigsten Befehle, ist der Befehl, einen Ton zu spielen. Dieser wird durch das schon erwähnte Statusbyte 9n veranlasst. Das erste darauf folgende Datenbyte gibt die Tonhöhe an, wobei die möglichen Werte von 0 bis 127 einen Tonumfang von 10,5 Oktaven ermöglichen, denn ein Schritt bedeutet einen Halbton. Der Wert 60 gibt hier das eingestrichene C an.³⁶ Das zweite Datenbyte gibt die Anschlagsstärke an, die für die Lautstärke ausschlaggebend ist. Ein so gestarteter Ton klingt so lange, bis der Befehl kommt, dass dieser Ton wieder verstummen soll. Hier gibt es mehrere Möglichkeiten. Entweder man sendet den gleichen Befehl noch einmal, nur dass man im zweiten Statusbyte eine Lautstärke von 0 angibt, oder man sendet das Statusbyte 8n und im darauf folgenden ersten Datenbyte die gleiche Tonhöhe. Das zweite Datenbyte regelt, wie schnell der Ton erlöschen soll.

Zu den Channel Voice Messages gehören ebenso die meisten Controller-Veränderungen, die so genannten Control-Changes, welche definieren, wie ein Ton klingen soll. Bei diesen

³⁴ Ebd. S. 146f

³⁵ Young, Rob: a.a.O. S. 37

³⁶ Penfold, R.A.: a.a.O. S. 50

nimmt das Statusbyte immer den Wert Bn an. Das erste Datenbyte bestimmt, welcher Controller geändert werden soll.

3.2.2 Control-Changes

Wie oben schon erwähnt, regeln die Control-Changes, wie ein Ton klingt. Hier kann man Effekte, wie Vibrato, Gesamtlautstärke, Balance, Portamento, usw. einstellen. Theoretisch sind 127 verschiedene Einstellungen möglich, doch nicht jedes Gerät unterstützt jede Einstellung. Die Realität sieht sogar so aus, dass nur eine kleine Anzahl der Controller unterstützt wird, wodurch man sich beim Kauf eines Synthesizers oder Hardware-Sequenzers immer mit der Bedienungsanleitung auseinander setzen muss, um zu wissen, was mit dem Gerät geht und was nicht. Dies liegt daran, dass der Midi-Standard zwar die obere Leistungsgrenze festlegt, jedoch nicht die minimale Ausstattung eines Gerätes bestimmt.³⁷

Da es verschiedene Arten von Controllern gibt, wie zum Beispiel Schalter, Regler, etc. wurde, um ein bisschen Ordnung in das System zu bringen, der Bereich von 0 bis 127 in Unterbereiche eingeteilt. Wie diese Grobeinteilung aussieht, ist im Anhang einzusehen. Weiterhin kann man auf den im Anhang darauf folgenden Seiten die wichtigsten Midi-Befehle finden mit der Information, welche Werte das Statusbyte und die Datenbytes annehmen müssen.

Bei manchen Einstellungen reicht der Bereich des zweiten Datenbytes, der ebenfalls 127 Werte annehmen kann, nicht aus. So wurde in die Einteilung der 127 Werte, die als Most Significant Byte (MSB) bezeichnet werden, nochmals pro Wert eine Einteilung in weitere 127 Werte vorgenommen, die durch das Least Significant Byte (LSB) bezeichnet werden. In der Grobeinteilung im Anhang ist ersichtlich, in welchen Bereichen das MSB und das LSB liegen. So kann man zum Beispiel mit dem Befehl B1-01-27 (hex) den Controller Modulationsrad auf den hexadezimalen Wert 27 grobeinstellen und mit dem darauf folgenden Befehl B1-21-58 den Wert des Modulationsrades auf genauere $27\frac{58}{127}$ (hex)

festlegen. Wichtig ist es zu beachten, dass das MSB zuerst und das LSB danach gesendet wird. Jedoch sind solche Feineinstellungen in den meisten Fällen unnötig³⁸ und die meisten Geräte empfangen die LSB-Controller erst gar nicht³⁹, so dass ich diese nicht in die ausführliche Liste der Midi-Befehle im Anhang aufgenommen habe.

³⁷ Ebd. S. 29

³⁸ Young, Rob: a.a.O. S. 211

³⁹ Ebd. S. 212

Eine nachträgliche Festlegung im Midi-Standard sind die Registered Parameter Numbers (RPN) und die Non-Registered Parameter Numbers (NRPN). Diese wurden erst zum Ende der 90er Jahre eingeführt und arbeiten Paarweise nach dem MSB-LSB-Prinzip, wodurch noch weitere 16384 verschiedene Parameter möglich werden. Hierbei legt man durch zwei RPN oder NRPN-Befehle im 2. Datenbyte fest, welcher Parameter geändert werden soll, und ändert diesen Parameter mit dem Controller Bn-06-xx auf den gewünschten Wert. Weiterhin kann man an Stelle des Datenregler-Controllers 06 auch die Controller Data-Increase (60h) und Data-Decrease (61h) benutzen, die den eingestellten Wert um 1 erhöhen oder vermindern. Als Abschluss wird der Zugriff auf diesen Parameter sowohl bei RPNs also auch bei NRPNs durch den Controller Bn-65-7F und Bn-64-7F beendet. So besteht eine Parameter-Änderung der RPNs und NRPNs aus mindestens 5 Befehlen. Der einzige Unterschied zwischen RPNs und NRPNs ist, dass die Parameter der RPNs universal festgelegt sind und jeder Hersteller die Parameter der NRPNs für sich selbst definieren kann.⁴⁰ Dies wurde eingeführt, um den Midi-Standard nicht zu starr zu halten, damit er nicht veraltet.

Im Anhang sind einige wenige RPN-Controller aufgeführt. Hier gibt der Pitchbend-Range den Bereich an, wie stark ein Ton stufenlos in der Tonhöhe verändert werden kann, das Fine-Tuning ermöglicht das Stimmen oder Verstimmen des ganzen Kanals in Halbtonschritten, das Coarse Tuning erlaubt das Stimmen eines Kanals in Cents (100stel Halbtonschritte) und Midi-Tuning-Standard legt die Art der Stimmung fest⁴¹, da neben der europäischen wohltemperierten Stimmung aus Halb- und Ganztönen auch andere Stimmungsarten aus anderen Kulturkreisen existieren.

Auch bei RPNs und NRPNs ist nicht immer garantiert, das ein Gerät auch diese verarbeiten kann. Weiterhin sollte man sich in der Bedienungsanleitung informieren, welche der RPNs und NRPNs das Gerät kennt.⁴²

Abschließend möchte ich noch anfügen, dass es in der Praxis üblich ist, alle Controller-Einstellungen im ersten Takt eines Musikstückes unterzubringen und erst ab dem zweiten Takt mit dem Musikstück zu beginnen. Dieser erste Takt wird dann als Header bezeichnet.⁴³

3.2.3 Channel Mode Messages

⁴⁰ Ebd. S. 221

⁴¹ Ebd. S. 222

⁴² Ebd. S. 224

⁴³ Ebd. S. 79

Channel Mode Messages bestimmen mehr oder weniger die Betriebsart eines Midi-Gerätes. Einige Channel Mode Messages gehören zu den Controllern, andere nicht. Durch die Controller-Channel-Mode-Messages kann die Tastatur eines Synthesizers von dem Klangerzeuger getrennt werden (local Keyboard Control), alle Töne ausgeschaltet werden (eine Art globaler Ton-aus-Befehl, falls einige Note-Off-Befehle durch eine schlechte Datenübertragung verloren gingen) und die Midi-Modes eingestellt werden, auf die ich im Kapitel 3.3 eingehen werde.

Weiterhin kann man mit dem Befehl Program-Change (Cn-xx) den Instrumentenklang für einen Kanal einstellen. Auch dieser wird meist in den Haeder geschrieben. Bei den meisten Geräten kann man das Instrument auch während der Wiedergabe ändern. Der Befehl Channel-Aftertouch (Dn-xx), der jedoch nur von den wenigsten Geräten verstanden wird, gibt an, wie stark eine Taste nach dem Anschlagen gehalten wird und regelt somit die Lautstärke eines Tons oder Kanals. Mit dem Pitch-Wheel-Befehl (En-xx-xx) ist das ziehen und dehnen (die stufenlose Tonhöhenverstellung) eines Tones möglich. Meist haben Synthesizer neben der Klavier-Tastatur auch ein Rädchen, mit dem man diesen Effekt erzielen kann. Dreht man daran, so sendet es die Pitch-Wheel-Befehle.

3.2.4 System Common Messages

Die System Common Messages gehören, wie auch die noch folgenden Real Time Informations und die System Exclusive Informations, zu den System-Messages, welche keine Kanalnummer benötigen. Das höherwertige Nibble des Statusbytes nimmt immer den größtmöglichen Wert an (1111) und das Niederwertige Nibble bestimmt die Art der Nachricht. So wären insgesamt 16 System-Messages möglich.

Die System Common Messages belegen die Plätze von F1 bis F6 und richten sich an alle Geräte. Sie betreffen Funktionen, die für Sequenzer von Bedeutung sind. F1 stellt hier den Midi-Time-Code dar, in welchem eine Taktunabhängige Positionierung eines Songs erfolgt. Hier wird die genaue Zeit seit Songbeginn vermittelt und in Stunden, Minuten, Sekunden, Frames und Subframes ausgegeben.⁴⁴ Der Message Type bestimmt hierbei, welcher Teil der Zeit in welchem Frame-Format übertragen wird. Hierbei stellen die Frames die Auflösung pro Sekunde dar (also die Abtastrate des Songs).⁴⁵ F2 gibt die Position im Song an und F3 fordert den Sequenzer auf, einen bestimmten Song aus seinem Speicher zu spielen. Der Befehl F6 rührt noch aus der Zeit her, in der sich die Oszillatoren

⁴⁴ Fachhochschule Düsseldorf: a.a.O.

⁴⁵ Zem College: „Midi-Compendium“. URL: <http://www.zem-college.de/midi/> (Stand: 2004)

der Synthesizer durch Wärmeentwicklung verstimmten und fordert zum Stimmen bzw. neu konfigurieren der Oszillatoren auf.

3.2.5 Real Time Informations

Auch Real Time Informations sind Sequenzerspezifische Befehle, nur werden sie in Echtzeit übertragen und ausgeführt. Wie aus der Liste im Anhang zu entnehmen ist, sind die Befehle „Start“, „Stop“ und „an aktueller Position weiterspielen“ enthalten. Die Midi-Clock ist ein Tacktabhängiges Synchronisationsmittel. Dieser Befehl wird 24mal pro Viertelnote gesendet, um den Sequenzer im Takt zu halten.⁴⁶ Der Befehl Active Sensing ist nötig, um Übertragungsfehlerursachen, wie Kabelbrüche zu erkennen. Dadurch, dass nur dann Strom durch die Midi-Verbindung läuft, wenn ein Befehl gesendet wird, kann nicht festgestellt werden, ob ein Kabelbruch vorliegt, denn kommt kein Signal an, muss das Gerät annehmen, dass keins gesendet wurde. Der Befehl schafft insofern Abhilfe, als dass er den Empfänger auffordert, ebenfalls ein Signal zu schicken. Kommt jedoch kein Signal zurück, kann ein Kabeldefekt angenommen werden. Natürlich ist diese Art der Überprüfung nur möglich, wenn sowohl eine Verbindung von Gerät 1 zu Gerät 2 besteht, als auch eine Verbindung von Gerät 2 zu Gerät 1.

Der Befehl System Request dient dazu, den gesamten Midi-Verbund zu initialisieren und alle Geräte auf ihre Default-Einstellungen zurückzusetzen. Jedoch wird dieser Befehl nur selten eingesetzt und ist mit Vorsicht zu genießen, da er auch unvorhersehbare Auswirkungen auf die Geräte haben kann, wie zum Beispiel das Löschen aller Daten aus einem Sequenzer.

3.2.6 System Exclusive Informations

Die oft mit SysEx abgekürzten Befehle sind eine weitere Initiative der Midi-Entwickler, den Standard Midi variabel zu halten. System Exclusive Informationen sind vom Hersteller frei definierbar und müssen sich nicht an die Midi-Übertragungsrichtlinien halten.

Eingeleitet werden die SysEx-Nachrichten mit dem Befehl F0. Alles was danach kommt sind keine Midi-Befehle, sondern herstellerspezifische Gerätebefehle, zum Beispiel zum Auslesen des Speichers eines Gerätes. So müssen Editoren für Sampler und Synthesizer oft über diese systemexklusiven Nachrichten kommunizieren, da man an viele Einstellungen,

⁴⁶ Zander, Horst: Audio am PC. Soundverarbeitung mit WAVE und MIDI. München: Markt&Technik Buch- und Software-Verlag GmbH 1995. Seite: 465

wie z.B. Kurvenparameter, über Midi nicht herankommt.⁴⁷ Beispiele für solche SysEx-Meldungen wären die Ausgabe aller Daten eines Gerätes über Midi-Out (dump request), die Ausgabe einzelner Stimmen oder Banken, Effektparameter oder Ausgabe des gesamten Datenvorrats (dump), Änderung eines einzelnen gerätespezifischen Wertes (parameter change) und Befehle, die gerätetypische Arbeitsmodi ändern, zum Beispiel das Umschalten von Spielmodus auf Programmiermodus (mode Change).⁴⁸ Doch auch die SysEx-Meldungen folgen einem gewissen Schema. Zu Anfang wird immer die Kennnummer (ID) des Herstellers gesendet, damit sich nur die Geräte des Herstellers angesprochen fühlen. Danach kommt die Modellnummer des angesprochenen Gerätetyps. Manchmal wird auch, um genau ein Gerät ansprechen zu können, noch ein dritter Parameter gesendet. Was danach folgt, ist der gerätespezifische Befehl.⁴⁹ Neben herstellerspezifischen SysEx-Meldungen existieren auch universelle SysEx-Befehle. Für diese sind die höchsten Hersteller-IDs reserviert. So stellt der Befehl Master Volume die Gesamtlautstärke eines Gerätes ein, Master Pan stellt die globale Balance-Einstellung ein, Time-Signature enthält Taktart und Metronom-Geschwindigkeit, Midi-Machine-Control steuert andere Hardware, wie Kassetten- und Tonbandgeräte, Video, DAT, etc. und Midi-Show-Control-Befehle steuern Showeffekte, wie Licht und Pyrotechnik. Weiterhin gibt es den GM-Reset, der alle Geräte auf den General-Midi-Standard zurücksetzt, der im übernächsten Kapitel besprochen wird. Letzteren Befehl möchte ich nun dazu benutzen, den Grundaufbau von SysEx-Messages zu veranschaulichen. Der Befehl hat folgende Syntax:

```
F0-7E-7F-09-01-F7
```

Hierbei startet F0 die SysEx-Reihe. 7E ist die universelle ID-Nummer, welche die Herstellerkennung vertritt. 7F stellt die Gerätenummer dar. Das Datenbyte 09 hat hier die Bedeutung „Das ist eine General-Midi-Nachricht“ und das Datenbyte 01 hat die Bedeutung „Schalte General Midi ein“. Mit F7 wird die SysEx-Kette beendet, sodass wieder normale Midi-Befehle gesendet werden können.⁵⁰

Die Tatsache, dass das Byte F7 die SysEx-Übertragung beendet, führt dazu, dass kein SysEx-Datenbyte den Wert F7 annehmen darf. So mussten die Hersteller eigene Kodierungen für ihre SysEx-Messages entwickeln.

3.3 Betriebsarten

⁴⁷ Noll, Justus: a.a.O. S. 212

⁴⁸ Ebd. S. 213

⁴⁹ Zander, Horst: a.a.O. S. 169

⁵⁰ Young, Rob: a.a.O. S. 262

Jedem Midi-Gerät ist es möglich, in 4 Betriebsarten zu spielen und aufzuzeichnen. Diese 4 Betriebsarten ergeben sich aus den Control-Changes Bn-7C-00/Bn-7D-00 und Bn-7E-00/Bn-7F-00. Die Befehle Bn-7C-00 und Bn-7D-00 schalten den Omni-Mode an und aus. Omni-Mode bedeutet, dass alle Befehle, egal auf welcher Kanalnummer sie gesendet werden, ausgeführt werden. Die Kanalnummer wird somit ignoriert. Ist der Omni-Mode jedoch aus, so werden nur die Befehle ausgeführt, die die am Gerät eingestellte Kanalnummer besitzen.

Die Befehle Bn-7E-00 und Bn-7F-00 schalten den Mono-Modus an und aus. Im Mono-Modus wird pro Kanal immer nur ein Ton gleichzeitig gespielt.

Aus diesen Kombinationen ergeben sich die Modi:

Mode 1: Omni On/Poly (Omni-Modus); hier werden alle Noten wiedergegeben, egal, auf welchem Kanal und wie viel gleichzeitig.

Mode 2: Omni on/Mono; hier ist nur ein Einstimmiges Spielen möglich. Dabei ist es egal, auf welchem Kanal die Stimme gesendet wird.

Mode 3: Omni off/Poly (Poly-Mode); in dem Modus kann jedes Gerät separat angesprochen werden und mehrstimmige Parts spielen. So ist es möglich, dass unterschiedliche Geräte unterschiedliche Stimmen spielen.

Mode 4: Omni off/Mono (Mono-Mode); Auch hier kann jedes Gerät einzeln angesprochen werden, doch kann pro Kanal nur ein Ton zur selben Zeit wiedergegeben werden.

Die ersten beiden Modi sind eher unwichtig und werden nur selten benutzt.

Bedeutungsvoller sind hier Mode 3 und 4, wobei der Vorteil von Mode 3 darin liegt, dass man, wenn man 2 Synthesizer hat und bei Synthesizer Nr. 1 der Gitarrenklang sehr gut ist, wobei bei Synthesizer Nr. 2 der Pianosound hervorragend ist, den Gitarrenpart vom ersten Synthesizer und den Pianopart vom zweiten Synthesizer spielen lassen kann. Mode 4 wird bei Midi-Gitarren eingesetzt, wobei jede Saite einen Midi-Kanal ansteuert. Da man auf einer Saite nicht zwei Töne gleichzeitig spielen kann, braucht man keine Polyphonie. Der Vorteil liegt hier darin, dass man durch ziehen einer Saite nicht alle Töne in ihrer Tonhöhe verändert, sondern nur den Ton der betreffenden Saite.⁵¹

3.4 Midi-Standards

⁵¹ Ebd. S. 63

Wie schon erwähnt ist es in der Regel der Fall, dass nicht jeder Befehl von jedem Instrument verstanden wird. Sogar die Soundbanken, deren Klänge man mit Program-Change ansteuert, waren von Gerät zu Gerät verschieden, so dass auf Programmnummer 5 bei dem einen Gerät ein Gitarrensound lag, wobei das zweite Gerät dort einen Trompetenklang hat. So ist es häufig passiert, dass sich mit einem Synthesizer erstellte Musikwerke auf dem anderen Synthesizer total anders anhörten, da die Instrumentenbelegung nicht mehr passte.⁵² Aus diesem Anlass einigte man sich dazu, einen Standard einzuführen, indem man die Programm-Plätze und einen Mindestfunktionsumfang an Controllern für jedes Gerät festlegte. Dieser wurde 1991 ratifiziert und heißt General Midi (GM). Sogar die Drum-Pads (die Anordnung der Schlagzeugklänge auf den Tasten) wurden festgelegt.⁵³ Im Anhang ist die Grobeinteilung der Soundplätze dargestellt. Weitere Standardisierungen sind, dass ein Synthesizer oder Sequenzer mindestens 24 dynamische Stimmen für Schlagzeug und Sounds oder 16 Stimmen für Sounds und 8 Stimmen für Schlagzeug gleichzeitig abspielen können muss, der Sequenzer 16 Kanäle polyphon mit variabler Spuranzahl und Klangerzeugung aufnehmen können muss, das Drum-Kid immer auf Midi-Kanal 10 liegt, mindestens 16 verschiedene Sounds gleichzeitig spielbar sind und dass ein Regler für die Gesamtlautstärke, eine Midi-In Buchse und ein Stereo-Audio-Ausgang mit Kopfhöreranschluss vorhanden sein müssen.⁵⁴ An Controllern müssen die Anschlagstärke, der Channel Aftertouch, Pitchbend, Modulation, Haltepedal, Hall und Chorus verarbeitet werden können und einfache SysEx-Daten müssen austauschbar sein.⁵⁵ Diese Festlegungen reichten aber vielen nicht aus und die Begrenzung auf 127 verschiedene Klänge ist nach vielen Ansichten zu wenig. So arbeitete man an weiteren Standards, die auf General Midi aufbauen. Hier entstand somit der GS-Standard von Roland und der XG-Standard von Yamaha. Beide sind zu GM kompatibel, doch bieten sie mehr Sounds und umfangreichere Möglichkeiten in den Bereichen der Controller-Steuerung und Programmierung.⁵⁶ Die beiden Standards lassen die Verwaltung von mehreren Soundbanken zu, die mit dem Controller-Befehl Bn-00-xx gewechselt werden können. Die GM-Soundbank befindet sich natürlich unter diesen. Durch ein zum Controller 00 zugehöriges Least Significant Byte (Controller 20h) ist sogar eine Anzahl an über 2 Milliarden verschiedenen Sounds möglich.

⁵² Noll, Justus: a.a.O. S. 153

⁵³ Ebd. S. 172

⁵⁴ Ebd. S. 172

⁵⁵ Rinderer, Elmar: „Alles über Midi“. URL: http://www.vobs.at/musik/html_dokumente/midi_1.html

⁵⁶ Young, Rob: a.a.O. S. 70

4. Midi als Dateiformat

Bald nach der Einführung von Midi machte es sich auch erforderlich, die Musik-Stücke als Dateien zu speichern, um sie kommerziell vertreiben zu können. Auch hierfür wurde im Jahr 1988⁵⁷ ein Standard entwickelt, das Standard Midi-File (SMF). Dieser ermöglicht das Speichern von Midi-Daten und Befehlen, sodass ein Austausch zwischen Computern möglich wurde. Seit 1993 konnten alle mit Sequenzer ausgerüsteten Synthesizer in diesem Standard speichern.⁵⁸

Eine SMF-Datei enthält Spureigenschaften, wie Name, Nummer, Markierungen und Kanalpräfix des Sequenzers, musikalische Kennwerte, wie Rhythmus, Metrum, Tempo, Takt und Vorzeichen/Tonart, Textinformationen, wie Instrumenten- und Spurnamen, Copyright und Liedtexte, sowie auch sequenzerspezifische Daten.⁵⁹ Diese Datei ist aus sogenannten Chunks aufgebaut, wobei hier zwischen Header-Chunks und Track-Chunks unterschieden wird. Ein Chunk besteht aus einer 4 Byte langen Kennung (4 ASCII-Zeichen), den Midi-Daten und einer Längenangabe (32 bit). Der Header-Chunk kommt nur einmal am Dateianfang vor und enthält unter Anderem Informationen über das verwendete Zeitformat. Die Anzahl der Track-Chunks ist dagegen beliebig. Ein solcher Chunk besteht aus beliebig vielen Track-Events und Midi-Befehlen, welche alle mit einem Deltazeitwert markiert sind, was bedeutet, dass der Zeitabstand zum letzten Event mit angegeben ist. Weiterhin unterstützt SMF auch Meta-Events, wie musik- oder sequenzertypische Zusatzinformationen. Jedoch werden die Abspielparameter, wie zum Beispiel Transpose-, Delayeinstellungen oder Quantisierung, die einem Sequenzer zugeordnet wurden, nicht gespeichert. Eine Midi-Datei kann in 3 unterschiedlichen Formaten vorliegen. Das Format 0 kann alle Ereignisse aller Kanäle nur in einer einzigen Spur speichern, wohingegen das Format 1 die Midi-Daten auf separaten Spuren speichern kann, und Tempoinformationen auf Spur 1 speichert. Das so gut wie nie benutzte Format 2 kann zusätzlich zum Format 1 einzelne Klangmuster in separaten Spuren speichern.⁶⁰

⁵⁷ Zander, Horst: a.a.O. S. 451

⁵⁸ Noll, Justus: a.a.O. S. 176

⁵⁹ Zander, Horst: a.a.O. S. 459

⁶⁰ Ebd. S. 460

Alle Midi-Dateien haben die Endung *.mid, wobei auch Midi-Daten im RIFF-Format vorliegen können, die dann in Dateien der Endung *.rmi gespeichert sind.⁶¹

5. Einsatzgebiete

5.1 Hardware

Wie schon besprochen ist die Verbindung von Synthesizern, Samplern, Sequenzern und Computer das wichtigste Einsatzgebiet von Midi. Jedoch gibt es noch eine Reihe weiterer Geräte, die Midi-Befehle generieren und mit denen man Musik produzieren kann. Sie werden Midi-Controller genannt, was nun etwas verwirrt, da Controller ja eigentlich eine bestimmte Gruppe von Befehlen in der „Midi-Sprache“ sind. Als Midi-Controller werden alle Geräte bezeichnet, die Midi-Befehle zur Tonerzeugung an Synthesizer, Sampler und PC schicken können. Hierbei sind die Klavier-Tastaturen die wichtigsten Midi-Controller.⁶² Das Drücken einer Taste hat das Senden des Befehls Ton an zur Folge und lässt man die Taste wieder los, so wird der Befehl Ton aus gesendet. Die meisten Tastaturen besitzen Sensoren, die messen, wie schnell die Tasten heruntergedrückt werden, was die Lautstärke im Ton-an-Befehl bestimmt und einige wenige Tastaturen können auch messen, wie stark die Taste nach dem Anschlag noch gedrückt wird und übermitteln diesen Wert mit dem Aftertouch-Befehl.

Eine weitere große Bedeutung kommt den Midi-Drum-Pads zu, die ähnlich aufgebaut sind wie ein Drum-Set, bei denen jedoch die Anschlagsflächen mit bestimmten Sensoren ausgestattet sind, die diese Anschläge in Midi-Befehle umwandeln und auf dem Kanal 10, der für die Drum-Klänge reserviert ist, senden.⁶³

Ein weiterer wichtiger Midi-Controller ist die Midi-Gitarre. Hierbei gibt es verschiedene Formen. Entweder man baut einen Schwingungssensor in eine normale Gitarre ein, der die Schwingungen in Midi-Befehle umwandelt, oder man kauft sich eine spezielle Midi-Gitarre, die durch die Bewegung der Saiten erkennt, welcher Ton gespielt wird. Wie oben schon angesprochen wird für jede Saite ein separater Midi-Kanal verwendet und das Gerät im Mode 4, dem Mono-Mode betrieben.⁶⁴

⁶¹ Ebd. S. 461

⁶² Noll, Justus: a.a.O. S. 165

⁶³ Ebd. S. 169

⁶⁴ Ebd. S. 170

Weiterhin gibt es Midi-Blaswandler, die in Blasinstrumente eingebaut werden können und die Luftschwingungen in Midi-Befehle umwandeln können. Jedoch herrscht vereinzelt die Meinung vor, dass die Blaswandler kein Blasinstrument ersetzen, sondern eher neue Klangideen erschaffen sollen.⁶⁵ Auch existieren bestimmte Midi to Voice-Wandler, die die Stimmhöhe erkennen und diese Töne in Midi-Befehle umwandeln.⁶⁶

Eines der ersten Midi-Interfaces für Computer, welches auch heute noch gebräuchlich ist, ist die Midi Processing Unit (MPU 401). Dieses ist auf fast jeder OnBoard-Soundkarte vorhanden. Es hat eine eigene Aufnahme-Einheit, welche 4 Spuren Midi-Daten und den Zeitpunkt ihres Eintreffens (den Timercode) aufzeichnen kann.⁶⁷ Meistens ist diese Unit das Interface, mit dem man eine Verbindung über Midi mit externen Geräten erstellen kann. Das zu verwendende Midi-Gerät kann unter Windows in der Systemsteuerung unter Sounds & Audiogeräte eingestellt werden. Natürlich haben viele externe Soundkarten bessere Midi-Interfaces.

5.2 Software

Es gibt viele Midi-Editierprogramme auf dem Markt, die auf die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete zugeschnitten ist. Das wohl bekannteste Programm dürfte Cubase von der Firma Steinberg sein. Midi-Editierprogramme teilen sich in zwei Untergruppen ein. So gibt es zum einen Sequenzer, die darauf spezialisiert sind, Soundtracks aufzuzeichnen, abzuspeichern, zu bearbeiten und wiederzugeben⁶⁸ und zum anderen die Notationsprogramme, die einen guten Notendruck, das Einspielen von Midi-Noten, das Ausgeben der Partitur über Midi, etc. ermöglichen⁶⁹. In der heutigen Zeit können die meisten Editierprogramme alle diese Aufgaben erledigen, doch der Funktionsumfang ist im spezialisierten Gebiet am größten. Cubase würde ich eher in die Sequenzerprogramme einteilen, wohingegen Capella von Hartmut Ring und der capella Software GmbH ein Beispiel für die Notationsprogramme ist.

⁶⁵ Ebd. S. 68

⁶⁶ Ebd. S. 171

⁶⁷ Ebd. S. 184

⁶⁸ Zander, Horst: a.a.O. S. 480

⁶⁹ Ebd. S. 481

Wie gesagt, bieten Midi-Editor-Programme eine Vielzahl an Bearbeitungsmöglichkeiten mit und somit gibt es bestimmte Fenster, die sich in fast allen Editoren wieder finden. Zum einen wäre hier der Song-Editor bzw. der Arranger zu nennen, in dem die Tonspuren als Balken dargestellt sind. In ihm ist es möglich, die Stimmen aufzunehmen, zu schneiden, zu bearbeiten, usw.⁷⁰ Weiterhin gibt es den Ereignis- bzw. Event-Editor, in dem alle Midi-Befehle aufgelistet werden.⁷¹ Hier sieht man sehr gut, wann welche Befehle durch die Leitungen geschickt werden und kann so direkt in die Befehlskette eingreifen. Die Editierung der Controller-Befehle (Control-Changes) kann hier relativ leicht vonstatten gehen, wobei man sich an diesem Punkt schon besser mit Midi auskennen muss. Ansonsten sind Midi-Editierprogramme auch für den Laien sehr gut verwendbar. Ein drittes Fenster ist die Pianorolle, die ähnlich aussieht, wie die Walze einer Spieluhr, die aufgeschnitten und in die Ebene gelegt wurde. Sempel gesagt werden hier die Töne im Tonhöhen-Zeit-Diagramm angezeigt.⁷² Der Noten-Editor ist ein weiteres wichtiges Element, in dem es möglich ist, die Notenwerte und Tonhöhen zu verändern, neue Noten dazuzuschreiben, oder Noten zu löschen. Meistens besteht auch die Möglichkeit, die Notenstimmen auszudrucken, so dass man sie auf einem Instrument nachspielen kann.⁷³ Einzige Voraussetzung ist nur, dass man mit Noten umgehen kann. Für die Schlagzeugpassagen eines Stückes empfiehlt sich der Drum-Editor, in dem die Bearbeitung des Schlagzeug-Sets möglich ist.⁷⁴ Weiterhin hat fast jede Midi-Software einen Midi-Mixer zum Abmischen der Tracks, auf denen die Töne gespeichert sind.⁷⁵ Manche Programme bieten noch einen logischen Editor, in dem man zum Beispiel ein Fade-Out oder ein Ritardando (langsamer-werden) programmieren kann.⁷⁶ Im Anhang habe ich diese Fenster in bildlicher Darstellung aus verschiedenen Programmen abgedruckt.

Eine sehr wichtige Funktion, die die meisten Midi-Editoren bieten, ist die Quantisierung. Spielt man eine Stimme ein und nimmt diese auf, so liegt es in der menschlichen Natur, dass die Töne nicht 100%ig genau zum Beispiel auf dem Viertelschlag liegen. Die Quantisierungs-Prozedur korrigiert diese Ungenauigkeiten und verschiebt die Töne auf das Raster, welches man vorher eingestellt hat. So kann man die Töne auf ganze Noten, halbe

⁷⁰ Noll, Justus: a.a.O. S. 232

⁷¹ Ebd. S. 234

⁷² Ebd. S. 235

⁷³ Ebd. S. 236

⁷⁴ Ebd. S. 237

⁷⁵ Ebd. S. 240

⁷⁶ Ebd. S. 238

Noten, Viertelnoten, Achtelnoten, etc. verteilen.⁷⁷ Nimmt man diese Korrektur 100%ig genau vor, so dass alle Töne genau auf dem Raster liegen, so spricht man von harter Quantisierung. Bearbeitet man eine Stimme jedoch in diesem Maße, so wirkt sie schnell zu mechanisch, denn die Musik lebt von der Ungenauigkeit des Menschen. Abwechslung ist somit das A und O in der Musikproduktion weshalb es auch diese Vielzahl an Effekten gibt. Auch die Quantisierung kann man so einstellen, dass nur diejenigen Noten korrigiert werden, die zu stark daneben liegen.

Wie schon gesagt, kann man im Event-Editor die Controller und andere Midi-Befehle editieren. Jedoch wird hier nicht in Channel Voice Messages und Channel Mode Messages unterteilt, sondern die Events werden vereinfachter dargestellt. So gibt es zum einen die Töne, welche im Editor die Eigenschaften Kanal, Position, Tonhöhe, Lautstärke und Länge besitzen, die Controller, den Program-Change, mit dem man den Instrumentenklang ändern kann, das Pitchbend-Ereignis und die Aftertouch-Einstellung. An weitere Befehle kommt man als normal-Benutzer nicht heran, was auch der vereinfachten Handhabung dient.⁷⁸

5.3 Vielseitigkeit

Mit Midi kann man sehr gut Musik produzieren, doch das Einsatzgebiet beschränkt sich nicht nur auf diesen Bereich. So kann man ziemlich allen Geräten, die mit Bühnentechnik zu tun haben, wie zum Beispiel Kameras, Sendestudios, Lichtanlagen, Laser, Verstärker, CD-Spieler, und so weiter mit einem Midi-Interface ausrüsten und durch Midi steuern lassen. Spätestens seit der Einführung von Midi-Show-Control und Midi-Machine-Control ist dies sehr einfach möglich. Die Vorteile liegen hier in der Zuverlässigkeit und der zeitgenauen Steuerung dieser Geräte. Auch die Organisation von Abläufen kann hiermit vereinfacht werden. Daher muss die Midi-Schnittstelle nicht nur auf die Musik beschränkt bleiben, sondern kann auch in Film, Show und Life-Events eingesetzt werden.

6. Hat Midi eine Zukunft?

⁷⁷ Zander, Horst: a.a.O. S. 488

⁷⁸ Young, Rob: a.a.O. S. 44

Aus technischer Sicht ist Midi recht konservativ, da durch den Markterfolg kein Hersteller von der Norm abweicht.⁷⁹ Es hat auch viele Vorteile, wie die Standardisierung, wodurch nun jeder Sequenzer mit jedem Synthesizer kommunizieren kann.⁸⁰ Hierdurch ergibt sich größtenteils eine Unabhängigkeit vom Hersteller, denn man ist nicht gezwungen, alle weiteren Geräte vom selben Hersteller zu kaufen, von dem man schon einen Synthesizer hat. Weiterhin kann auch ein Laie damit umgehen, ohne die inneren Vorgänge der Midi-Schnittstelle verstehen zu müssen. Die Verkabelung ist auch recht einfach zu meistern und alle Geräte können zentral gesteuert werden.⁸¹ Durch den Midi-Thru-Ausgang ist es sogar möglich, mehrere Synthesizer über eine Tastatur zu spielen. Außerdem werden auch zukünftige Midi-Geräte mit ihren Vorfahren zusammenarbeiten können.⁸² Jedoch bringt Midi neben diesen eigentlich sehr bedeutungsvollen Vorteilen auch Nachteile mit sich. So fließt im Ruhezustand kein Strom, wodurch ein Kabeldefekt nicht erkannt werden kann, es sei denn, man greift auf Tricks wie Active Sensing zurück. Weiterhin ist die Übertragungsrate sehr ungünstig gewählt. Nicht nur, dass der Zahlenwert für die Computer zu ungewöhnlich ist, sondern er ist auch viel zu niedrig, wodurch es manchmal, gerade durch datenlastige Befehle, wie die RPNs und NRPNs, zu Datenstau und Verzögerungen kommen kann, was in der Musik als fatal gilt. Die Datenwerte, die durch Midi übertragen werden, sind 7-Bit-Werte. Besser wären hier 8 oder 16-Bit-Werte gewesen. Die Beschränkung der Midi-Kanäle auf 16 ist auch zu gering, denn für umfangreichere Werke werden mehr Kanäle benötigt. Allein ein Orchester kann unter Umständen mehr als 16 Klangfarben bieten. Jedoch besitzen manche Geräte zwei Midi-Out-Buchsen, wodurch schon 32 Kanäle möglich werden. Außerdem werden nur selten so viele Kanäle benötigt. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass die Anzahl der Midi-Befehle für die Adressierung der Controller zu gering ist, doch die wurde sowohl mit den komplizierten RPNs und NRPNs, als auch mit den SysEx-Messages aus der Welt geschafft. Weiterhin wird bemängelt, dass die Lautstärke mit 127 Werten zu gering einstellbar ist, doch hier muss ich mich fragen, wozu man eine feinere Lautstärkeregelung braucht. Außerdem hat die Lautstärkeeinstellung heutzutage ebenfalls ein Least Significant Byte, wodurch die feinere Einstellung ermöglicht wird.

⁷⁹ Noll, Justus: a.a.O. S. 145

⁸⁰ Schlichter/Meißel: a.a.O. S. 23

⁸¹ Ebd. S. 24

⁸² Noll, Justus: a.a.O. S. 142

Ein großes Manko besitzen die Steckverbindungen, denn die DIN-Stecker sind einerseits nicht robust genug und können andererseits zu Verwechslungen führen, da auch im Audio-Bereich teilweise noch diese Stecker eingesetzt werden. Außerdem macht die zu niedrige Stromstärke von 5 mA die Übertragung störanfällig.⁸³ Jedoch habe ich diesbezüglich noch keine Probleme gehabt. Was ich aber auch bemängeln muss, ist die Tatsache, dass es neben dem GM-Standard keine Vorschrift darüber gibt, mit welchen Funktionen ein Gerät minimal ausgestattet sein muss. So schreibt auch Herr Penfold: „Ich selbst hege erhebliche Zweifel, ob es jemals ein Gerät gegeben hat, das über alle Midi-Funktionen und Befehle verfügt“.⁸⁴ So wird die kommerzielle Verbreitung von Midi-Dateien ein Problem, da man schlecht abschätzen kann, ob der Käufer die Datei in derselben Qualität wiedergeben kann, in der sie programmiert wurde. Weiterhin werden von den Herstellern nicht alle Möglichkeiten von Midi ausgereizt.⁸⁵

So muss ich sagen, dass es für die Hälfte aller Probleme Lösungen gibt, die durch Umwege zu erreichen sind und ein weiterer Teil der theoretischen Nachteile gar nicht ins Gewicht fällt, wodurch die Vorteile meines Erachtens nach überwiegen. Ich sehe nur ein Problem in der zu niedrigen Übertragungsrate und denke, dass ein weiteres Problem an der Komplexität der Schnittstelle liegt. Jedoch, so finde ich, besteht wegen diesen zwei Punkten kein Handlungsbedarf. In den 23 Jahren der Midi-Geschichte gab es zwar auch mehrere Zusätze zur Midi-Norm, die diese erweiterte, jedoch ein Nachfolger setzte bisher nicht ein. Und doch verschwindet Midi immer weiter im Hintergrund. Hierin sehe ich den Trend, dass Midi gar nicht mehr benötigt wird. Mittlerweile gibt es einfachere Wege zur Musikproduktion, die eine digitale Umwandlung der Musik in Befehle und Controller nicht benötigt. Anstatt dass die Befehle aufgenommen werden, werden die Schallwellen direkt aufgezeichnet und nachbearbeitet. Komplexe Zusammenschaltungen von zig Synthesizern und Sequenzern wichen dem Computer, der seine eigenen Datenformate hat und benutzt. So denke ich, wird Midi in Zukunft immer weiter in Vergessenheit geraten und der Midi-Fankreis weiter zusammenschrumpfen. Die Zeit, in der der Standard notwendig war, ist vorbei, da sich die Umstände änderten und die Produktionsweise von Musik geändert hat. An dieser Stelle möchte ich noch anbringen, dass es schon seit 1993 Überlegungen an einer Erweiterung des Midi-Standards gab, der bisher nicht eingeführt wurde. Der so

⁸³ Noll, Justus: a.a.O. S. 142 ff

⁸⁴ Penfold, R.A.: a.a.O. S. 48

⁸⁵ Zander, Horst: a.a.O. S. 451

genannter X-Midi-Standard (extended Midi) sollte anstelle eines binären einen trinären Datenaustausch mit den Zuständen 1, 0 und -1 ermöglichen. Hierdurch wäre eine Abwärtskompatibilität zu Midi möglich. Weitere Vorteile wären, dass in gleicher Zeit mehr Informationen übertragen werden können, dass statt 16 nun 324 Midi-Kanäle möglich sind, dass man eine Bidirektionale Verbindung über nur ein Kabel realisieren könnte,⁸⁶ dass eine Steigerung der Datenübertragungsrate möglich ist,⁸⁷ dass die Controller anstelle von 127 nun viel mehr Werte annehmen könnten und ein LSB nicht mehr nötig wäre und dass man mehrere Instrumentenklänge zur Verfügung hätte.⁸⁸ Die Tatsache, dass diese Erweiterung bis heute nicht eingesetzt wurde, belegt ebenfalls, dass sie einfach nicht benötigt wird.

7. Fazit

Die Midi-Schnittstelle ist ein umfangreiches Interface mit einer großen Anzahl an Befehlen und Steuerungsmöglichkeiten. Mit ihr ist es möglich, mehrere Geräte, wie Synthesizer, Sequenzer und Sampler untereinander und mit einem PC zu verbinden und zu steuern. Um den Standard nicht zu schnell veralten zu lassen, hat man auch Freiheiten für die Hersteller mittels Systemexklusiver Nachrichten und Non Registered Parameter Numbers eingeräumt. Die meisten Probleme und Nachteile, die dieser Standard mit sich bringt, lassen sich durch gewisse Umwege auf etwas komplizierterem Weg umgehen. Außerdem wird seit 1993 über eine Erweiterung des Standards, dem XMidi-Standard, nachgedacht. So könnte man meinen, dass der Standard keine weiteren Wünsche offen lässt. Und doch verschwindet er immer mehr im Hintergrund. Der Grund hierfür liegt daran, dass heutzutage andere Methoden zur Musikproduktion verwendet werden und durch leistungsfähige Computer und Software keine einzelnen Geräte mehr im Verbund gebraucht werden. So wird das Musical Instrument Digital Interface einfach nicht mehr benötigt. Es scheint, dass es zu umfangreich und somit zu unüberschaubar geworden ist. So wird es meiner Ansicht nach in Zukunft immer weiter im Hintergrund verschwinden, bis es

⁸⁶ Ebd. S. 479

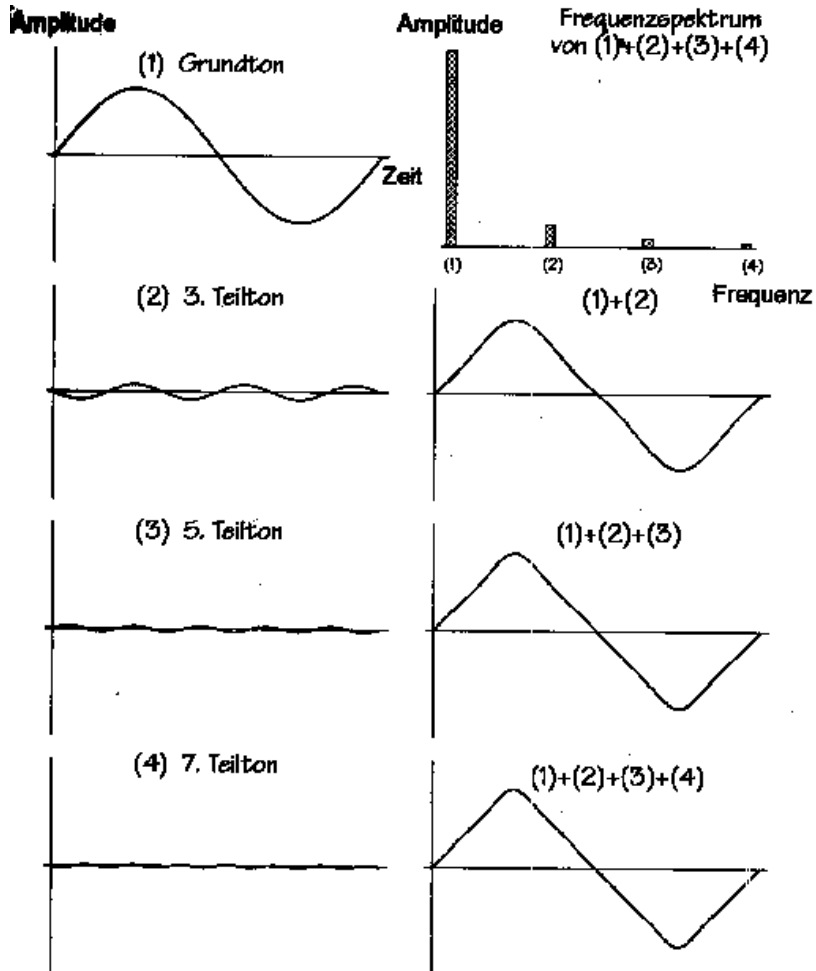
⁸⁷ Ebd. S. 480

⁸⁸ Young, Rob: a.a.O. S. 338

eines Tages nur noch als ein kleiner Schritt in der Geschichte der Computer und der digitalen Musikproduktion in den Büchern steht.

Anhang

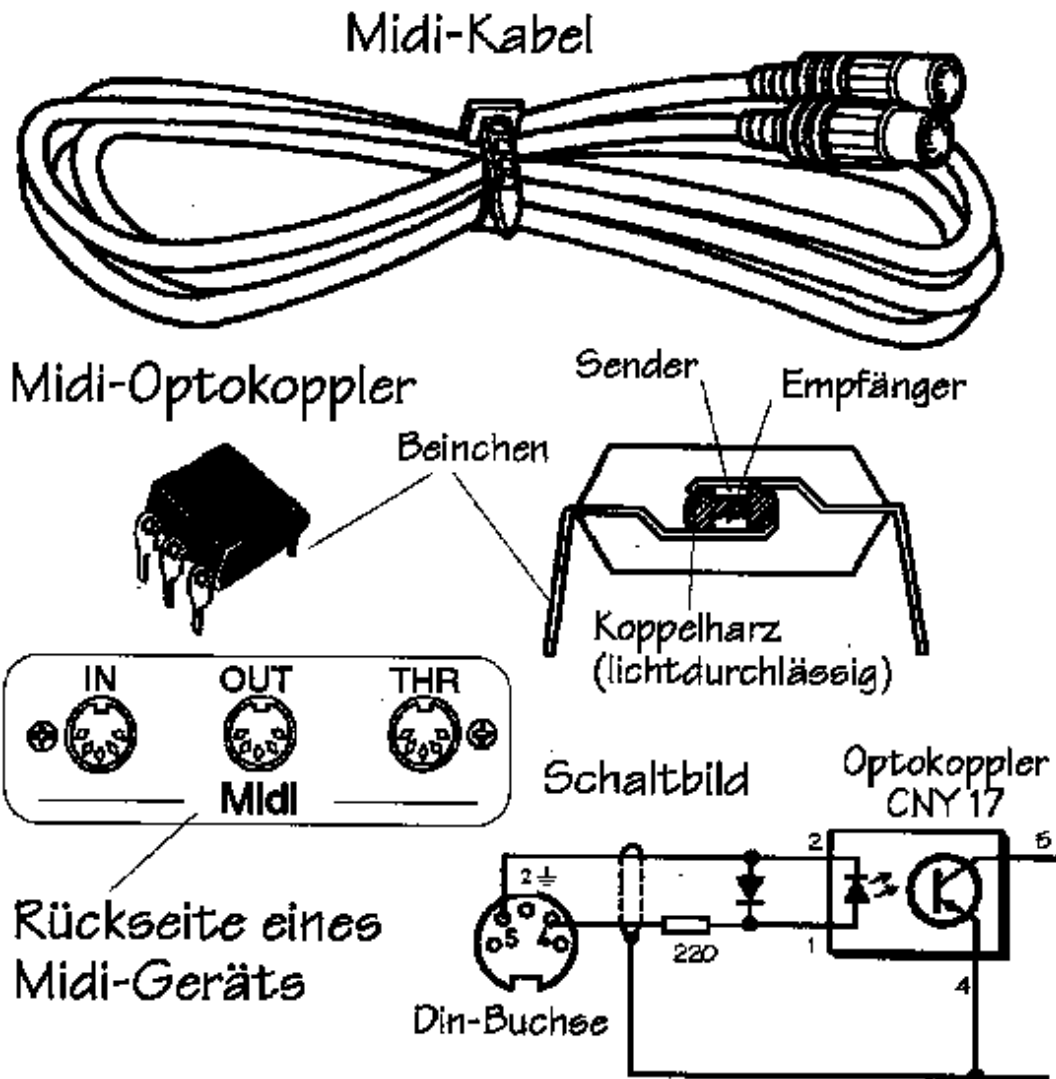
Beispiel einer additiven Klangsynthese



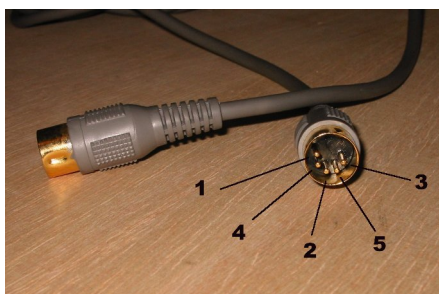
Entstehung einer Dreiecksschwingung aus Sinusschwingungen.

Aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 63

Verkabelung von zwei Midi-Geräten (Schema):

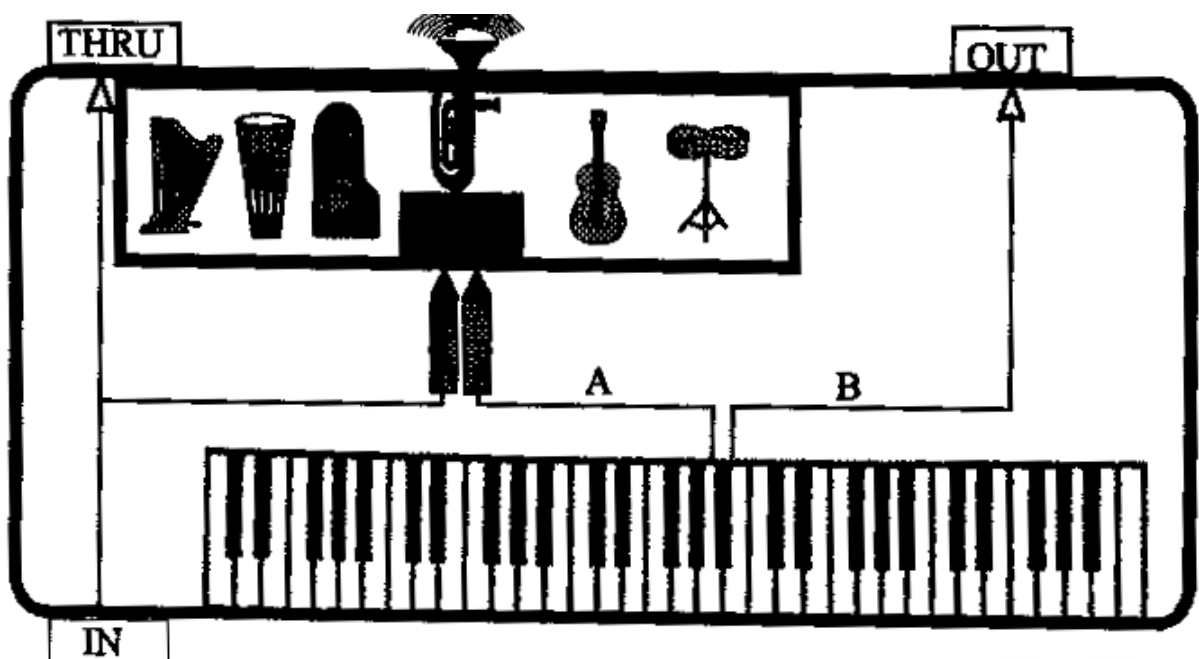


Aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 143



Aus: Fachhochschule Düsseldorf:
 „MIDI-Grundlagen“. URL:
http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/navigation/fbmedien1.html?Frametausch_http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/knowledgebase/public/tutorials/midi/ (Stand: 2002)

Die schematische Verkabelung in einem Synthesizer:



Aus: Schlichter/Meissel: Soundverarbeitung mit MIDI. Poing: Franzis-Verlag GmbH 1994. Seite: 44.

Grobe Einteilung der Control-Changes:⁸⁹

Gruppe	Nummer (hexadezimale Zahlen)
Regler (Most Significant Byte)	00-1F
Regler (Least Significant Byte)	20-3F
Schalter	40-4F
Effekt Modulat	50-5F
Diverse	60-78
Channel Mode Messages	79-7F

⁸⁹ Aus: Zem College: „Midi-Compendium“. URL: <http://www.zem-college.de/midi/>

Bedeutung der Midi-Bytes⁹⁰ (Hexadezimal):

(n: Kanalnummer)

Status-byte	1. Daten-byte	2. Daten-byte	Bedeutung	Art der Meldung
8n	kk	vv	<u>Ton aus</u> kk: Tonhöhe vv: Ausschwingdynamik	Channel Voice Message (CVM)
9n	kk	vv	<u>Ton an</u> kk: Tonhöhe vv: Anschlagsstärke	CVM
An	kk	vv	<u>Polyphone Anschlagsempfindlichkeit</u> kk: Tonhöhe vv: Anschlagsstärke	CVM
Bn			<u>Controlleränderung</u> vv: Wert (bei Reglern zwischen 0 und 7F, bei Schaltern 0: aus, 7F: an)	
	00	vv	Bank-Select	CVM – Regler
	01	vv	Modulationsrad (Vibrato)	CVM – Regler
	02	vv	Blaswandler	CVM – Regler
	04	vv	Pedal	CVM – Regler
	05	vv	Portamento	CVM – Regler
	06	vv	Datenregler	CVM – Regler
	07	vv	Gesamtlautstärkeregler	CVM – Regler
	08	vv	Balanceregler (0 = links, 127 = rechts)	CVM – Regler
	0A	vv	Panel-Regler	CVM – Regler
	0B	vv	Expression (Lautstärkeregelung)	CVM – Regler
	40	vv	Sustain	CVM – Schalter
	41	vv	Portamento	CVM – Schalter
	42	vv	Haltepedal	CVM – Schalter
	43	vv	Dämpfer	CVM – Schalter
	44	vv	Legato-Pedal	CVM – Schalter
	45	vv	Hold 2	CVM – Schalter
	46	vv	Sound Controller 1 (Sound variation)	CVM – Regler
	47	vv	Sound Controller 2 (Harmonischer Inhalt)	CVM – Regler
	48	vv	Sound Controller 3 (Release-Zeit)	CVM – Regler
	49	vv	Sound Controller 4 (Attack-Zeit)	CVM – Regler
	4A	vv	Sound Controller 5 (Helligkeit des Tons)	CVM – Regler
	4B-4F	vv	Sound Controller 6-10 (nicht definiert)	CVM – Regler
	54	vv	Portamento-Control	CVM – Regler
	5B	vv	Reverb (Hall-Intensität)	CVM – Regler
	5C	vv	Tremolo-Stärke	CVM – Regler
	5D	vv	Chorus (Verzögerung v. Klangelementen)	CVM – Regler
5E	vv	Celeste- (Detune) Tiefe	CVM – Regler	
5F	cc	Phaser-Tiefe	CVM – Regler	
60	7F	Wert um 1 erhöhen	CVM	

⁹⁰ Zusammengestellt aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seiten: 148-152.
und: Young, Rob: Arbeiten mit MIDI-Files. Der Weg zu professionell klingenden Sequenzer-Songs. München: GC Carstenden Verlag 2000. Seiten: 208-209.

61	7F	Wert um 1 erniedrigen	CVM	
62	vv	NRPN Least Significant Byte (vv:0-7F)	CVM	
63	vv	NRPN Most Significant Byte (vv: 0-7F)	CVM	
64	vv	RPN Least Significant Byte (vv: 0-7F)	CVM	
65	vv	RPN Most Significant Byte (vv: 0-7F)	CVM	
7A	00 / 7F	Keyboard an/aus (local keyboard control)	Channel Mode Message	
7B	00	Alle Töne aus	CMM	
7C	00	Omni Mode aus	CMM	
7D	00	Omni Mode an	CMM	
7E	00	Mono an / Poly aus	CMM	
7F	00	Poly an / Mono aus	CMM	
Cn	pp	--	Programmwechsel (Instrument) pp: Speichernummer	CMM
Dn	vv	--	Kanal Tastendruck (channel pressure, aftertouch), vv: stärkster Tastendruck	CMM
En	pp	pp	Tonhöhenrad (pitch wheel) pp: Reglerstellung	CMM
F1	nn	--	Midi-Timecode (nn: Nachrichtentyp)	System Common Message (SCM)
F2	ll	mm	Songposition (ll, mm: Position)	SCM
F3	nn	--	Songwahl (nn: Nummer eines Songs)	SCM
F6	nn	--	Aufforderung zum Stimmen	SCM
F8	--	--	Midi Clock / Zeittakt	Real Time Information
FA	--	--	Start (z.B. zum Starten eines Sequenzers)	RTI
FB	--	--	Stop	RTI
FC	--	--	An aktueller Position weiterspielen	RTI
FE	--	--	Aktivansprechung (active sensing)	RTI
FF	--	--	System initialisieren (system reset)	RTI
F0	--	--	Systemexklusive Meldung Anfang	System Exclusive Information (SysEx)
F7	--	--	Systemexklusive Meldung Ende	SysEx

Registered Parameter Numbers (RPNs) (Hexadezimal)⁹¹:

Steuerung	MSB (65)	LSB (64)
Pitchbend-Range	00	00
FineTuning	00	01
Coarse Tuning	00	02
MIDI-Tuning-Standard-Bank-Select	00	03
MIDI-Tuning-Standard-Program-Select ⁹²	00	00
Ende der Steuerung	7F	7F

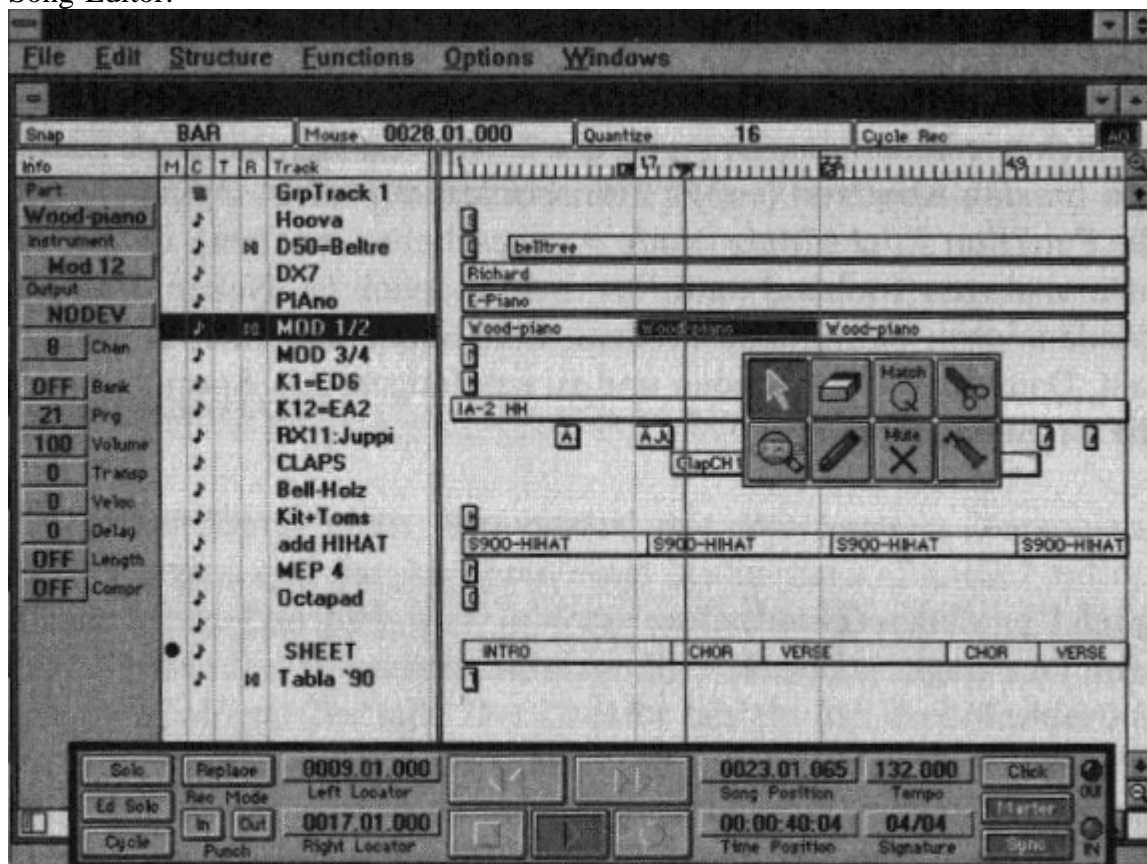
⁹¹ Zugriff auf diese RPN nicht mit Controller 06, sondern mit Controller 04.
⁹² Zusammengefasst aus: Young, Rob: Arbeiten mit MIDI-Files. Der Weg zu professionell klingenden Sequenzer-Songs. München: GC Carstenden Verlag 2000. Seite: 222.

General-Midi-Standard – Ordnung der Sounds (grob)⁹³

dez	hex	Instrument
1-8	0-7	Piano
9-16	8-F	Chromatic Percussion
17-24	10-17	Orgel
25-32	18-1F	Gitarre
33-40	20-27	Bass
41-48	28-2F	Streicher
49-56	30-37	Ensemble
57-64	38-3F	Blechbläser
65-72	40-47	Holzbläser
73-80	48-4F	Kirchenorgel
81-88	50-57	Synth Lead (Stimmen-Synthi)
89-96	58-5F	Synth Pad (Begleit-Synthi)
97-104	60-67	Synth Effects (Effekte-Synthi)
105-112	68-6F	Folklore
113-120	70-77	Perkussion
121-128	78-7F	Effekt-Sounds

Bilder der Midi-Editor-Programme:

Song-Editor:



aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 232

Ereignis-Editor:

⁹³ aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 172

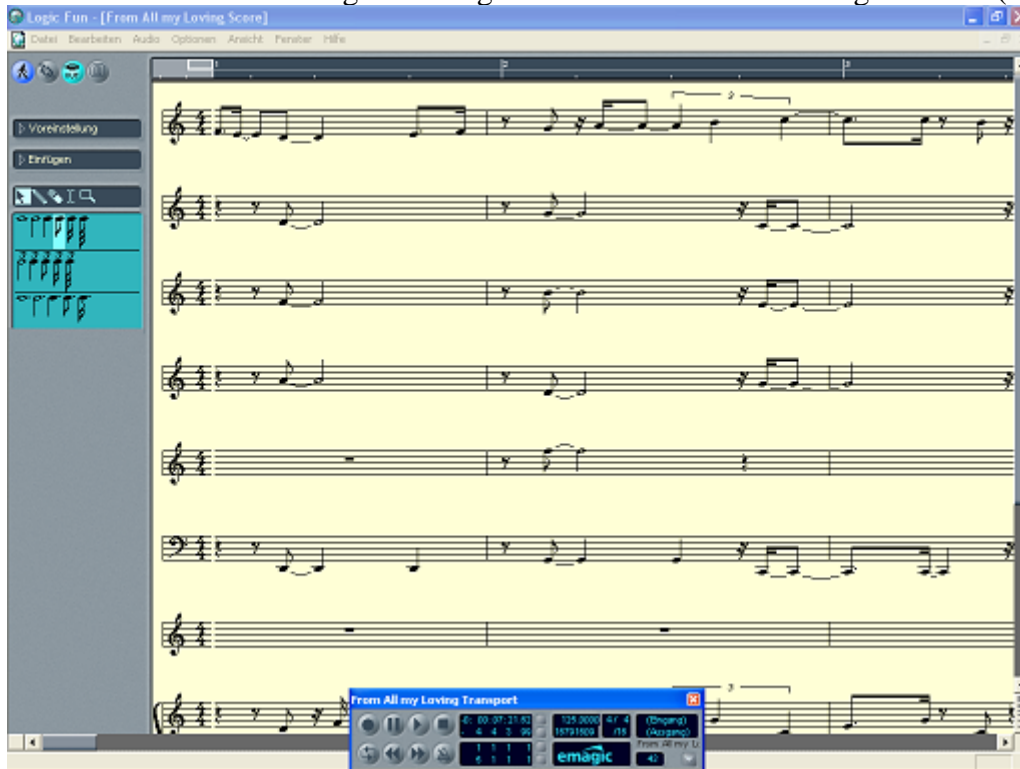
Event list - Track 1: Clarinet						
Trk	Hr:Mn:Sc:Fr	Meas:Beat:Tick	Chn	Kind	Values	
1	00:00:00:00	1:1:000	2	Note	F 5	114 51
1	00:00:00:05	1:1:060	2	Note	F 6	114 25
1	00:00:00:10	1:2:001	2	Note	D 6	114 53
1	00:00:00:15	1:2:057	2	Note	Db6	104 55
1	00:00:00:20	1:2:119	2	Note	C 6	104 62
1	00:00:00:25	1:3:060	2	Note	A 5	109 66
1	00:00:01:00	1:4:000	2	Note	G 5	104 56
1	00:00:01:05	1:4:059	2	Note	F 5	106 57
1	00:00:01:10	2:1:000	2	Note	D 5	109 74
1	00:00:01:20	2:2:001	2	Note	Db5	106 31
1	00:00:01:25	2:2:064	2	Note	C 5	102 1:104
1	00:00:02:21	3:1:010	2	Note	D 5	109 52
1	00:00:02:25	3:1:062	2	Note	E 5	106 59
1	00:00:03:00	3:2:001	2	Note	F 5	109 53
1	00:00:03:05	3:2:060	2	Note	G 5	104 60
1	00:00:03:08	3:2:091	2	Note	A 5	111 54
1	00:00:03:15	3:3:055	2	Note	G 5	106 72

Aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 234

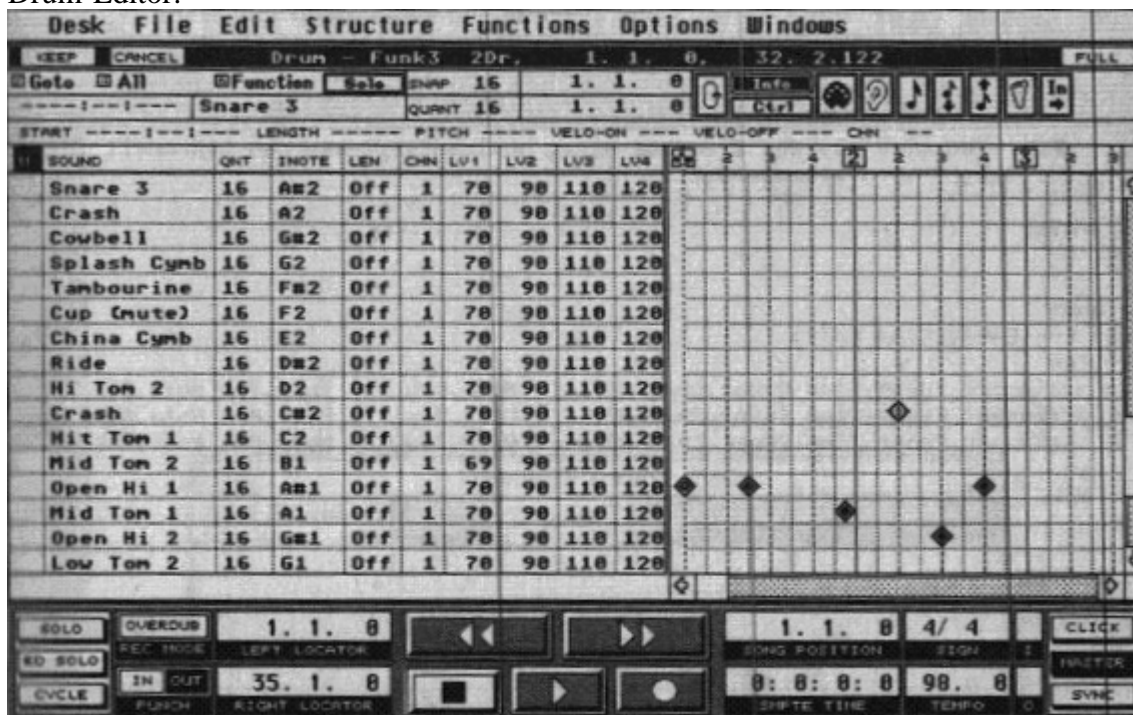
Pianorolle:

Aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite 235

Noten-Editor aus dem Programm Logic Fun Version 4.8 von Emagic GmbH (2001):

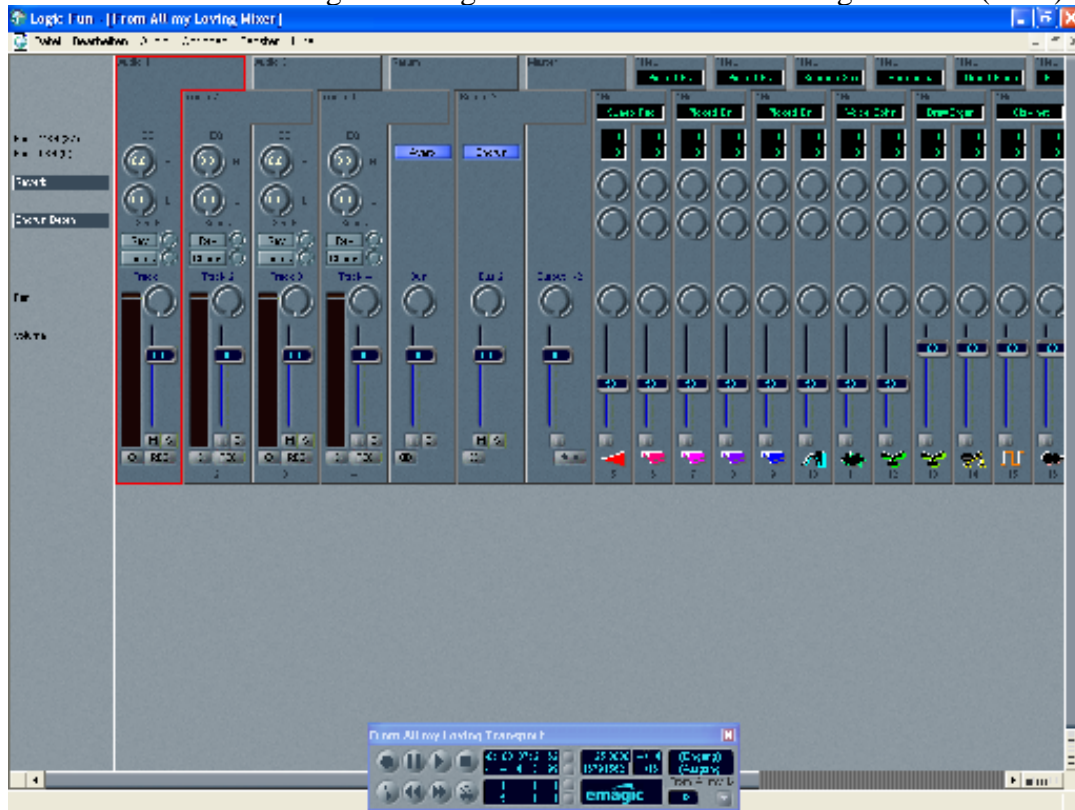


Drum-Editor:



Aus: Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994. Seite: 237.

Midi-Mixer aus dem Programm Logic Fun Version 4.8 von Emagic GmbH (2001):



Quellen:

Monografien, Herausgeberschriften:

- Gorges, Peter/Merck, Alex: Keyboards. MIDI. Homerecording. Alles über Equipment und Anwendungen. 3. Aufl. München: GC Gunther Carstensen Verlag 1993.
- Nikolaus, Ulrich/Raster, Kurt: Midi am PC und Mac. München: Markt+Technik Verlag 2003.
- Noll, Justus: Multimedia, Midi und Musik. Die Welt der digitalen Klänge. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag GmbH 1994.
- Penfold, R.A.: MIDI von Anfang an. 1. Aufl. Aachen: Welektor Verlag GmbH 1991.
- Schlichter/Meissel: Soundverarbeitung mit MIDI. Poing: Franzis-Verlag GmbH 1994.
- Timmermanns, Hans: MIDI, Musik und Computer. Theorie und Praxis. 1. Aufl. Aachen: Elektor Verlag GmbH 1990.
- Young, Rob: Arbeiten mit MIDI-Files. Der Weg zu professionell klingenden Sequenzer-Songs. München: GC Carstenden Verlag 2000.
- Zander, Horst: Audio am PC. Soundverarbeitung mit WAVE und MIDI. München: Markt&Technik Buch- und Software-Verlag GmbH 1995.


Internet-Quellen:

- Fachhochschule Düsseldorf: „MIDI-Grundlagen“. URL: http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/navigation/fbmedien1.html?Frametausch_http://www.medien.fh-duesseldorf.de/html/knowledgebase/public/tutorials/midi/ (Stand: 2002)
- Fischer, Paul: „Grundlagen & Tipps: Midi“. URL: <http://homerecording.de> (Stand: 2002)
- macnews.de OnlineServices GmbH: “FAQ-Center Home Musik Midi“. URL: <http://www.macnews.de/faq/cid30.html> (Stand: 2006)
- Kaiser-Kaplaner, Johannes: „Was ist MIDI?“. URL: <http://www.musica.at/midi/> (Stand: 2004)
- Rinderer, Elmar: „Alles über Midi“. URL: http://www.vobs.at/musik/html_dokumente/midi_1.html (Stand: unbekannt)
- Zem College: „Midi-Compendium“. URL: <http://www.zem-college.de/midi/> (Stand: 2004)

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Robert Tecklenburg, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als angegeben verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Magdeburg, 12.06.2006
Ort, Datum


Unterschrift