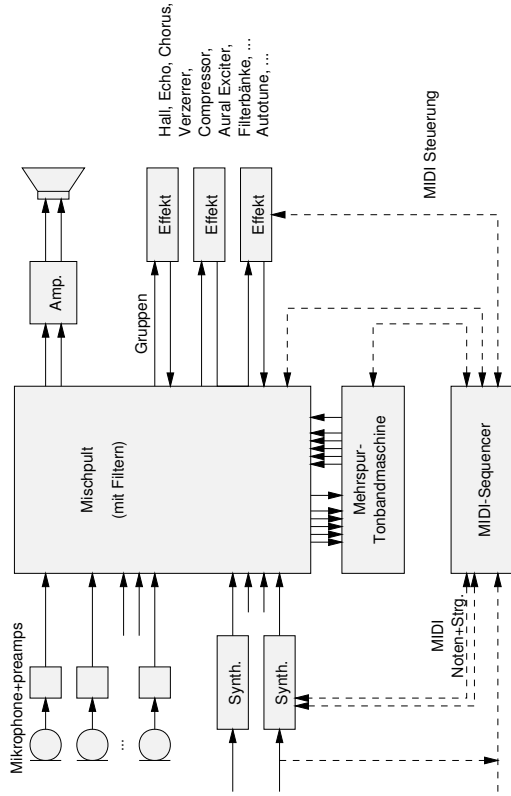


MIDI: Tonstudio



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

MIDI: Motivation und Aufgabe

MIDI := "Musical Instruments Digital Interface"

- Hardware und Protokoll:
- Spielen von Synthesizern
 - Gerätesteuerung / Parametereinstellung / Automation
 - "Sequencer" zur MIDI-Aufzeichnung / Editieren / Wiedergabe
 - derzeit praktisch alle Musik-Geräte mit MIDI-Schnittstelle
 - z.B. Kombination beste Tastatur / bester Klangerzeuger
 - auch für weitere Geräte, z.B. Lichtanlagen
 - extrem kompaktes Dateiformat (Musik mit 1 kbps (!))

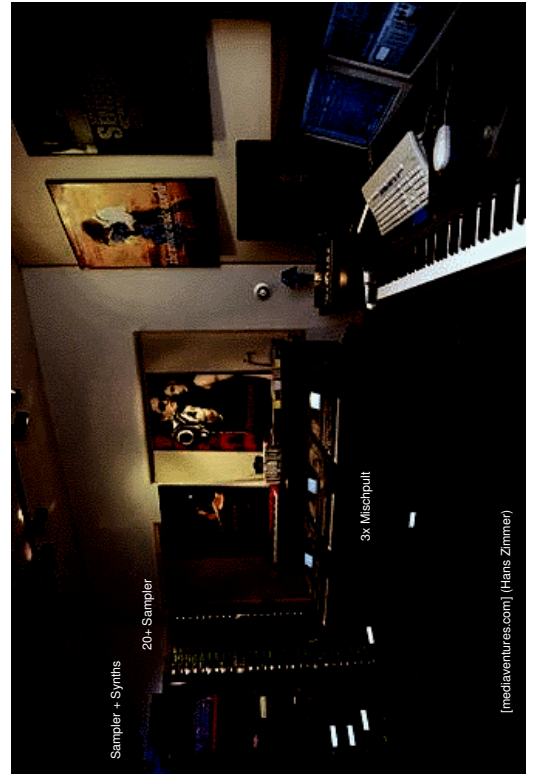
Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

MIDI: Agenda

- Übersicht
 - Literatur
- MIDI
- Konzept, Hardware, Protokoll
 - Befehle
 - SMF-Dateien
 - General MIDI
 - Yamaha XG
 - MIDI-/Audio-Sequencer
 - VST: virtuelles Tonstudio

Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

MIDI: MediaVentures Studio



[mediaventures.com] (Hans Zimmer)

Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

MIDI: Literatur

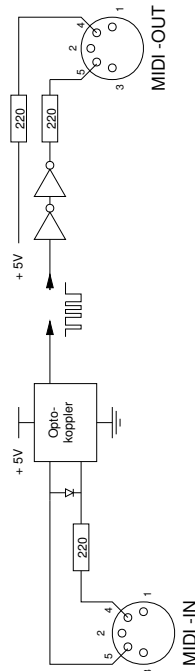
- The complete MIDI 1.0 Detailed Specification, MIDI Manufacturers Association, 1996
www.midi.org
- XG (Europe) homepage, www.yamaha.co.uk/xg/
- XG specification and guidelines, Yamaha Inc., www.yamaha.co.uk/xg/
- MU100R toneregulator, sound list and MIDI data, Yamaha, 1997
- Cubase VST Einführung (und Docs), Steinberg GmbH, Hamburg, 2000
- VST2 specification, Steinberg GmbH, Hamburg, 2000
- Cubase VST homepage, www.steinberg.de
- xgmidi.wral.de
- www.yme.co.uk/yme/xgedit.htm (XGedit)
- www.mhv-online.de (Midi File Hersteller, Deutschland)

MIDI: Geschichte

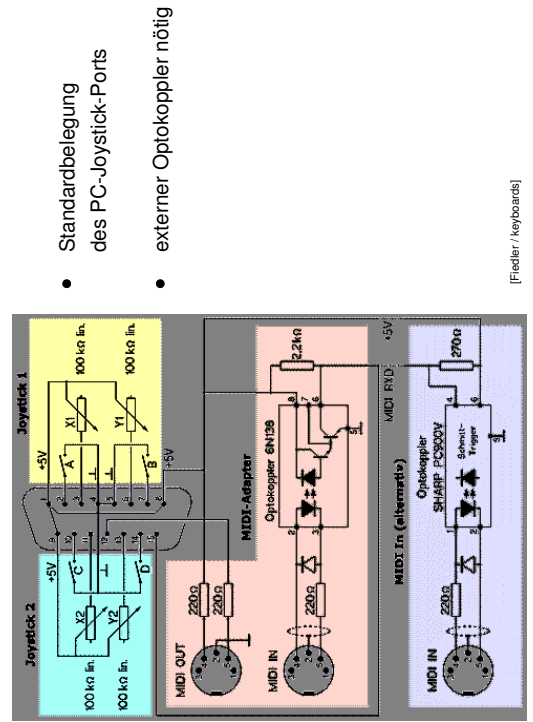
- 1981 erste Vorarbeiten zur Kopplung von Synthesizern
- 1983 erste Gerätekopplung auf der NAMM:
Sequential Circuits Prophet 600 - Roland Jupiter 6
- 1988 Standard MIDI Files
- 1991 General MIDI
- 1992 MIDI machine control
- 1994 Yamaha XG Spezifikation
- 1998 VST
- 1999 Downloadable Sounds DLS 1/2
- 2001 MIDI over 1394

MIDI: Hardware

- digitale Übertragung
- Protokoll wie RS232, 8N1 (logical 0 = current on)
- feste Bitrate von 31.250 baud
- Potentialtrennung (Vermeidung von Brummschleifen)
- unidirektional: bei Bedarf zwei Leitungen
- MIDI IN / OUT / THRU
- MIDI THRU liefert Kopie des MIDI IN-Signals

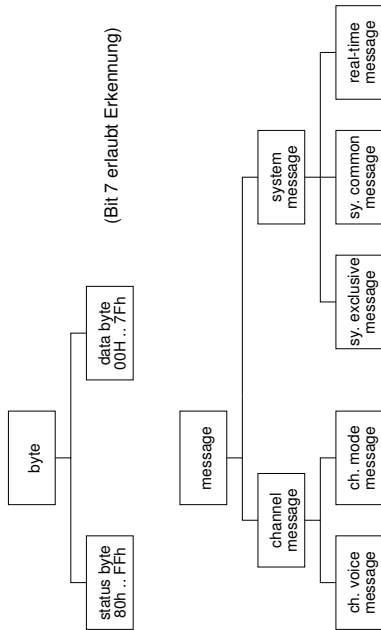


MIDI: Soundblaster / PC



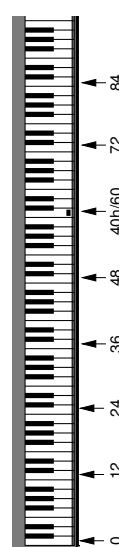
- Standardbelegung des PC-Joystick-Ports
- externer Optokoppler nötig

MIDI: Datentypen



- Format: status (command) byte, data byte(s)
- 16 Kanäle (channels) auf einem Kabel

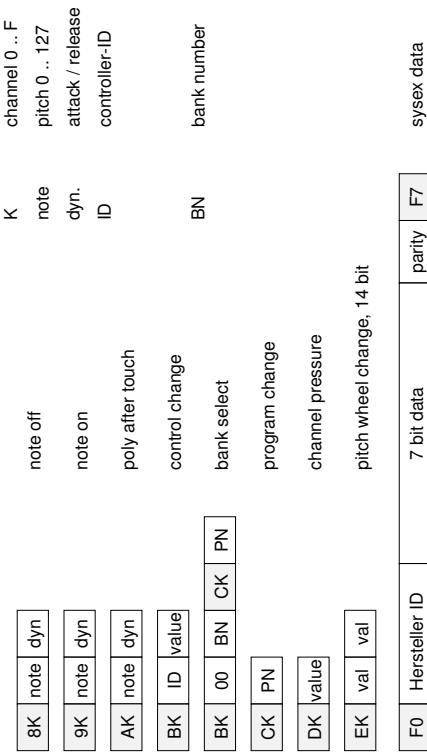
MIDI: Tonhöhe



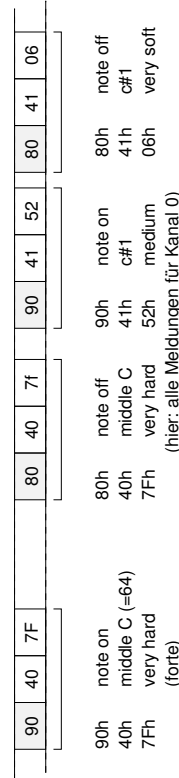
Konzept der Tonhöhe (pitch):

- Tasteninstrument mit festen Tonhöhen
- wohltemperierte Stimmung
- kodiert als ein Byte, 0 .. 127
- "Schlüssel-C" = 60, C# = 61, D = 62 usw.
- andere Skalen möglich: "tuning"-Meldungen
- Feintuning via "pitch wheel" Meldungen (14 bit Auflösung)

MIDI: Channel messages

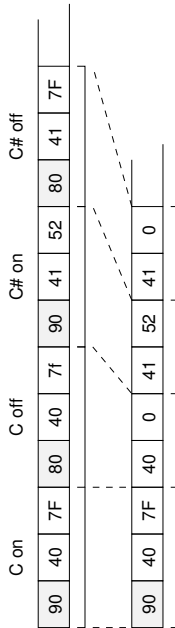


MIDI: note on, note off



- "keyboard"-orientiert:
- feste Tonhöhen
 - Anschlagstärke (attack/release)
 - Modulation via "controllers"
 - "all notes off" für Paniksituationen

MIDI: running status



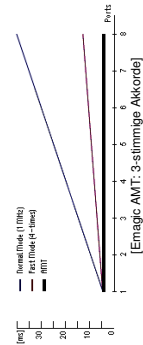
- niedrige Bandbreite des MIDI-Kanals
 - Befehlsbytes möglichst einsparen
- => "running status"
- Beispiele:
- "note off" durch "note on 0" ersetzen
 - "control changes" oder "pitch change" messages

MIDI: Bandbreite

- 31kbps: ein Byte in 0.3 ms => "note on" dauert 1 ms
- exakt taktgenaue Übertragung (z.B. Akkorde) unmöglich

- zeitkritische Signale (Perkussion) zuerst senden
- mehrere Kanäle parallel verwenden
- Ansteuerung mit Zeitmarken

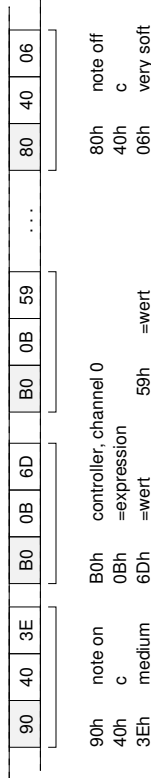
z.B. Emagic "active midi transmission"



Yamaha mLAN: Netzwerk für Audio/MIDI/Video

- nutzt IEEE 1394 Bus ("FireWire")
- Datendurchsatz bis 400 Mbps
- bis 100 Audiokanäle und 256 MIDI-Kanäle parallel
- www.yamaha.co.jp/english/mLAN/index.htm

MIDI: controller change



diverse "controllers" fest definiert

- "continuous" / "switch"
- Feineinstellung (MSB+LSB)
- Beispiele: s.u.

Nummer	Bedeutung
0 .. 31	MSB continuous
32 .. 63	LSB continuous 0 ..31
64 .. 95	single-byte
96 .. 101	incr/decrement
101 .. 119	undefined single-byte

MIDI: controllers (Auswahl)

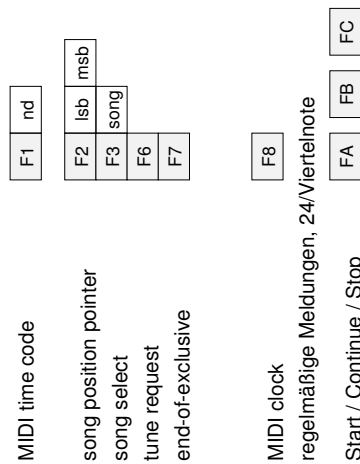
Controller #	Funktion	Wertebereich
0 / 32	bank select	0 .. 127 / 0 .. 127
1 / 33	modulation	0 .. 127
2	breath controller	0 .. 127
4	foot controller	0 .. 127
5	portamento time	0 .. 127
6 / 38	RPN/NRPN data	0 .. 127
7	main volume	
10	pan position	
11	expression (volume)	
64	sustain pedal on/off	0 .. 63 = off, 64 .. 127 = on
65	portamento	0 .. 63 = off, 64 .. 127 = on
73	attack time	0 .. 127 (= -64 .. +63)

MIDI: channel mode messages

Mode-Befehle:

- Umschaltung globaler Parameter
 - omni on / off Aktivierung aller 16 / bestimmter Kanäle
 - poly on / off mehrstimmiges Spiel
 - reset all controllers Initialisierung
 - all sound off (aktueller Kanal)
 - all notes off (alle Kanäle)
 - local control eigenes Keyboard aktivieren?

MIDI: system common messages



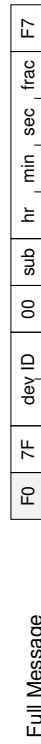
- Details siehe MIDI specification

MIDI: time code

- Synchronisation mehrerer Geräte?
- insbesondere auch Synchronisation Audio / Video für Film

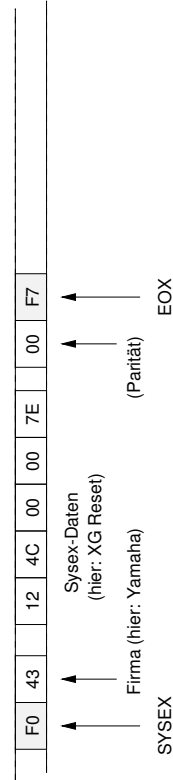


- regelmäßige Übertragung kurzer (relativer) Zeitmarken
- alle 1/30 Sekunde
- F1 0nnn dddd: 0/1 frame (LSB/MSB), 2/3 sec, 4/5 mins, 6/7 hours
- acht Meldungen nötig zur Dekodierung



- für "fast forward", "rewind", etc.
- enthält komplette Systemzeit

MIDI: sysex messages



- erlaubt flexible Erweiterungen
- Registrierung einer Hersteller-ID notwendig
- wegen Header-Overhead schlecht für Echtzeit geeignet
- unbegrenzte Länge der sysex-Daten
- andere Geräte warten einfach auf das F7-Schlußbyte
- Erweiterung zum "MIDI sample/file dump" (sehr langsam)

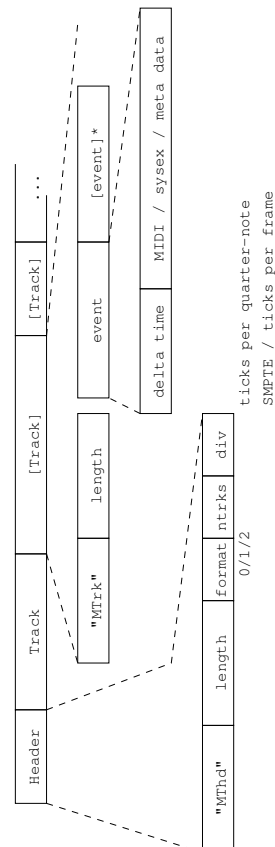
MIDI: sysex IDs

einige Hersteller-Codes:

01h	Sequential Circuits
02h	IDP
04h	Moog
24h	Hohner
40h	Kawai
41h	Roland
42h	Korg
43h	Yamaha
...	

weitere Hersteller via Bytefolgen: 00h IDh IDh: 00h 00h 01h = Time Warner

SMF: Standard Midi Files



- chunk-basiertes Dateiformat für MIDI-Daten
- Tracks enthalten Paare aus (relativen) Zeitangaben und Events

Typ 0	Header, ein Track mit allen Daten
Typ 1	Header, je ein Track pro MIDI-Kanal (Instrument)
Typ 2	Header, je ein Track pro "pattern"

SMF: delta times

- möglichst kompakte Zahlendarstellung der Zeitabstände
- variante Länge, je 7 Nutzbits pro Byte, letztes Byte hat Bit 7 clear

SMF "delta times":

```

0000 0000      00
0000 0040      40
0000 007F      7F
0000 0080      81 00
0000 2000      C0 00
0000 3FFF      FF 7F
0000 4000      C0 80 80
0010 0000      FF FF 7F
001F FFFF      81 80 80 00
0800 0000      C0 80 80 00
0FFF FFFF      FF FF FF 7F
    
```

SMF: Beispiel

```

4D 54 68 64      "MThd" header
00 00 00 06      header data length: 6 bytes
00 00           format: type 0
00 01           ntrks: 1 track
00 60           division: 96 per quarter note

4D 54 72 6B      "MTrk" header
00 00 00 3B      track data length: 59 bytes

00 FF 58 94 94 92 18 08      time signature
00 FF 51 03 07 A1 20         tempo
00 C0 05                     ch.1, program change 5
00 C1 2E                     ch.2, program change 2Eh
00 C2 46                     ch.3, program change 46h
00 92 30 60                 ch.3, note on 30h, forte
00 3C 60                   running status: ch.3, note on 3Ch, forte
60 91 43 40                 ch.2, note on 43h, mezzo-forte
...
                                delta times
    
```

General MIDI

- Geräte seit ca. 1990 mehrstimmig und multitimbral
 - ein Gerät reicht als Tonerzeuger für alle Instrumente
- General MIDI Spezifikation (1991):
- Synthesizer mit > 24 Stimmen, 16 fach multitimbral
 - festes Instrumenten-Mapping, 0=Plano, 25=Akustikgitarre, ...
 - ein GM Drumset mit festem Drum-Mapping
 - Kanal 10 reserviert für Drums
 - erlaubt "portable" Kodierung und Wiedergabe von Pop-Songs
 - Roland "SoundCanvas"-Geräte als quasi-Standard
 - aber fragwürdige Qualität auf low-end Geräten
 - Markt für "Midi-Files" mit aktuellen Hits, z.B. www.hitbit.de

General MIDI: Instrumente

Inst. #	Name	Inst. #	Name	Inst. #	Name	Inst. #	Name
1	Acoustic Grand Piano	9	Clarinete	17	Drumbrat Organ	25	Acoustic Guitar (nylon)
2	Bright Acoustic Piano	10	Glockenspiel	18	Percussive Organ	26	Acoustic Guitar (steel)
3	Electric Grand Piano	11	Musik Box	19	Rock Organ	27	Electric Guitar (jazz)
4	Honky-Tonk Piano	12	Vibraphone	20	Church Organ	28	Electric Guitar (lead)
5	Electric Piano 1	13	Marimba	21	Reed Organ	29	Electric Guitar (clean)
6	Electric Piano 2	14	Xylophone	22	Accordion	30	Overdriven Guitar
7	Harpischord	15	Tubular Bells	23	Harmonica	31	Distortion Guitar
8	Clavi	16	Dulzimer	24	Tango Accordion	32	Guitar Harmonics
33	Acoustic Bass	41	Violin	46	String Ensemble 1	57	Trumpet
34	Electric Bass (finger)	42	Viola	50	String Ensemble 2	58	Trombone
35	Electric Bass (pick)	43	Cello	51	SynthStrings 1	60	Muted Trumpet
36	Frei Bass	44	Contra Bass	52	SynthStrings 2	61	French Horn
37	Slap Bass 1	45	Tremolo Strings	53	Choir Aahs	62	Bass Section
38	Slap Bass 2	46	Pizzicato Strings	54	Voice Oohs	63	SynthBass 1
39	Synth Bass 1	47	Orchestral Harp	55	Synth Voice	64	SynthBass 2
40	Synth Bass 2	48	Timpani	81	Lead 1 (square)	90	Piast 2 (warm)
65	Soprano Sax	73	Piccolo	82	Lead 2 (sawtooth)	91	Piast 3 (polysynth)
66	Alto Sax	74	Flute	83	Lead 3 (calligae)	92	Piast 4 (choir)
67	Tenor Sax	75	Recorder	84	Lead 4 (chiff)	93	Piast 5 (bowed)
68	Baritone Sax	76	Pan Flute	85	Lead 5 (chiarung)	94	Piast 6 (metallic)
69	Clarinet	77	Bloem Balle	86	Lead 6 (voice)	95	Piast 7 (tuba)
70	English Horn	78	Shakunachi	87	Lead 7 (liths)	96	Piast 8 (sweep)
71	Bassoon	79	Whistle	88	Lead 8 (bass + lead)	121	Guitar Fret Noise
72	Clarinet	80	Cocaina	89	Lead 9 (bass)	122	String Noise
87	FX 1 (rain)	105	Sitar	113	Triangle Bell	123	Shaver Noise
88	FX 2 (soundtrack)	106	Shenjo	114	Agogo	124	Reverse Cymbal
89	FX 3 (cymbals)	107	Shamisen	115	Chimes	125	Reverse Snare
100	FX 4 (tomtoms)	108	Shamisen	116	Woodblock	134	Bird Tweet
101	FX 5 (whistle)	109	Koto	117	Talk Box	135	Telephone Ring
102	FX 6 (bell)	110	Bag Pipe	118	Melodic Tom	136	Halcyon
103	FX 7 (bells)	111	Fiddle	119	Synth Drum	137	Applause
104	FX 8 (cast-)	112	Shabal	120	Reverse Cymbal	138	Gunsbat

General MIDI: Drums

MIDI "Drumkit" :=

- Sammlung von Drum/Percussion-Klängen
- je ein Klang pro Ton, z.B.

Key#	Drum Sound	Key#	Drum Sound	Key#	Drum Sound	Key#	Drum Sound
35	Acoustic Bass Drum	47	Low-Mid Tom	59	Ride Cymbal 2	71	Short Whistle
36	Bass Drum 1	48	Hi-Mid Tom	60	Hi Bongo	72	Long Whistle
37	Side Stick	49	Crash Cymbal 1	61	Low Bongo	73	Short Guiro
38	Acoustic Snare	50	High Tom	62	Mute Hi-Conga	74	Long Guiro
39	Hand Clap	51	Ride Cymbal 1	63	Open Hi-Conga	75	Claves
40	Electric Snare	52	Chinese Cymbal	64	Low-Conga	76	Hi Wood Block
41	Low Floor Tom	53	Ride Bell	65	High Timbale	77	Low Wood Block
42	Closed Hi-Hat	54	Tambourine	66	Low Timbale	78	Mute Cuica
43	High Floor Tom	55	Splash Cymbal	67	High Agogo	79	Open Cuica
44	Pedal Hi-Hat	56	Cowbell	68	Low Agogo	80	Mute Triangle
45	Low Tom	57	Crash Cymbal 2	69	Cabasa	81	Open Triangle
46	Open Hi-Hat	58	Vibraslap	70	Maracas		

- Auswahl: Rock/Pop und einige Klassik-Klänge
- unzureichend für aktuelle Musikformen

General MIDI: Fazit

- grundlegendes Konzept hat sich bewährt
 - aber zu geringe Auswahl der Instrumente / Klänge
 - stark unterschiedliche Qualität der Geräte und Dateien
- => diverse Erweiterungen:
- Roland GS
Instrumenten-Bänke (128*128), Effekte
 - Yamaha XG
Instrumenten-Bänke (128*128*128), Effekte, s.u.
 - General MIDI 2
2 Drumkits, mehr Instrumente und Effekte
 - DLS
Downloadable Sounds (vgl. SoundFont)

XG: XG-plugin



S-YXG50: standalone Software-Synthesizer

- Funktionsumfang ähnlich dem XG50DB Hardwaremodul
 - 32 Stimmen, 48 KHz, 16 bit, 2 MB ROM, 676 Klänge, Effekte, ...
 - Sordius-XG: zusätzlich mit VL physical modeling synth
 - Latenz zu hoch zum Live-Spielen
- Demo per Download: www.yamaha.co.uk/xg/html/midplug

- entsprechend: Roland SoundCanvas für GM/GS
- VST-Plugins: s.u.

Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

XG: Yamaha MU100R

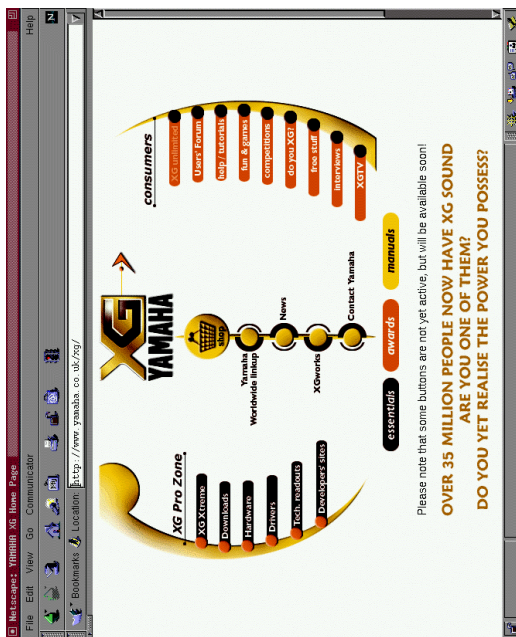


Racksynthesizer, 1998:

- 64-stimmig, 32-fach multitimbral, 32 MIDI-Kanäle
- 20 MByte Sample-ROM
- ca. 1500 "Instrumente", und 40 Drumsets
- GM, XG, Performance-Mode
- 7 separate Digitaleffekte, jeweils > 40 Algorithmen
- flexibles Routing der Instrumente zu Effekten
- VL physical modeling plugin
- VH vocal harmonizer plugin

Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

XG



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

XG: Eigenschaften

XG := "eXtended General MIDI" := Erweiterung des GM-Standards

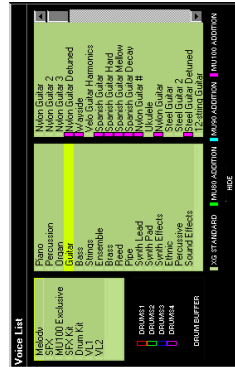
- mindestens 32-stimmig
- zusätzliche Instrumente: "Bänke"
- abwärtskompatibel / fall-back

zusätzliche Drumsets:

- z.B. "Analog", "Latin", "Jungle", ...
- Drumsets auf beliebigen MIDI-Kanälen

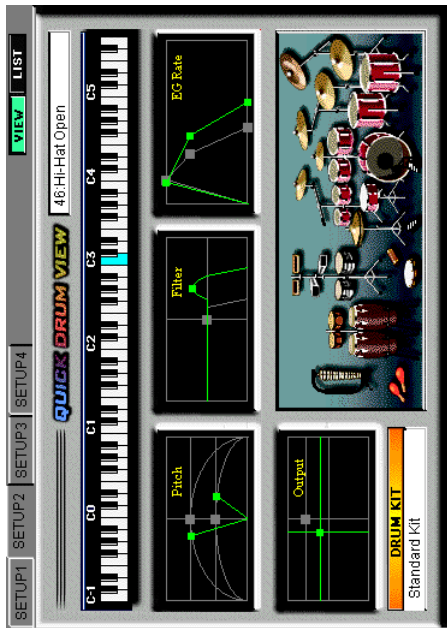
flexiblere Effekte:

- Hall und Chorus mit vielen, feinen Varianten
- zusätzliche Variation-Effects mit flexiblem Routing
- Eingänge für externe Signale



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

XG: Drums

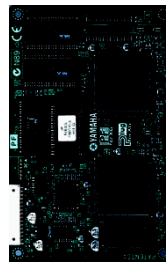


jeder einzelne Klang modifizierbar ...

XG: Plugins

Yamaha "modular synthesis plugins"

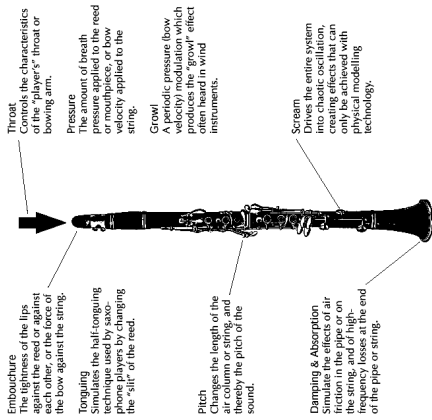
- Erweiterungskarten für XG-Geräte
- mit eigener Klangerzeugung



- VL Physical-Modeling Synthese, insb. Blasinstrumente
- VH "Vocal Harmonizer"
- PF samplebasierter Pianoexpander
- AN Virtuell-analoger Synthesizer
- DX Frequenzmodulation, kompatibel mit DX7

- flexible Erweiterung um andere Syntheseformen
- bisher keine ROM-Erweiterungen / Samplekarten

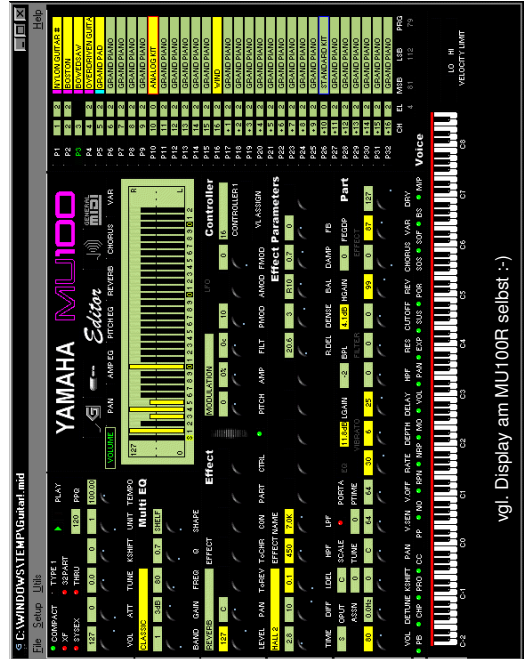
XG: VL-Parameter



- Embouchure**
Controls the tightness of the lips against the reed or against the bow against the string.
- Throat**
Controls the characteristics of the "player's" throat or blowing air.
- Pressure**
The amount of breath pressure applied to the reed or modulators or bow velocity applied to the string.
- Growl**
A periodic pressure (bow velocity) modulation which produces a growl effect often heard in wind instruments.
- Pitch**
Changes the length of the air column or string, and thereby the pitch of the sound.
- Damping & Absorption**
Simulate the effects of air friction in the pipe or on the reed or string. The frequency losses at the end of the pipe or string.

- "Blasinstrumente" mit realistischen Modulationsmöglichkeiten
- erfordert Breath-Controller

XG: XGedit



MIDI: Sequencer

- := Editor für MIDI-Daten
- := digitales Mehrspur-Tonbandgerät
- Aufnehmen einzelner MIDI-Spuren (overdub)
- Bearbeiten von MIDI-Daten, z.B. Quantisierung
- MIDI-Mischpult
- Verwalten der angeschlossenen externen MIDI-Geräte
- Cubase VST www.steinberg.de
- Emagic Logic www.emagic.de
- Cakewalk www.cakewalk.com
- Pro Tools www.digidesign.com
- und viele weitere ...

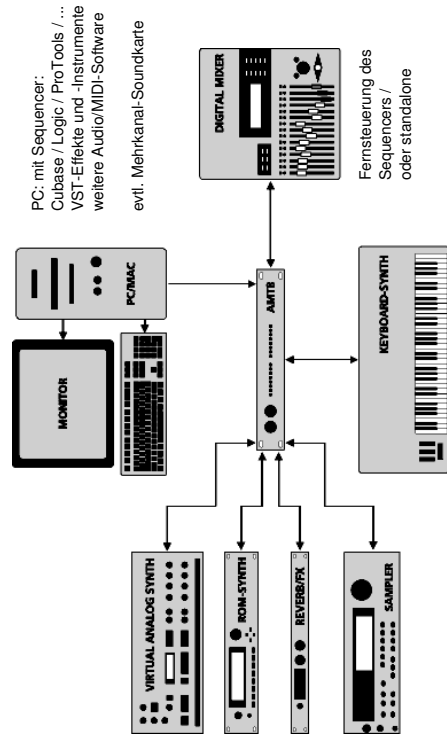
Sequencer: Audio/MIDI-Integration

- reine MIDI-Aufnahmen "wenig lebendig"
 - Ergänzung um Solo-Instrumente und -Stimmen
 - separate Verwaltung der Audio- und MIDI-Daten mühsam
- => Integration von Audio- und MIDI-Daten
- leistungsfähige PCs ermöglichen ca. 10 .. 40 Audiospuren
 - bei samplegenauem Timing
 - diverse Audiofunktionen, z.B. Sampling, Pitch-Shifting, ...
 - integrierte Effekte: virtuelles Studio
- => "Harddisk-Recording"
- kein externes Bandgerät mehr nötig
 - Direktzugriff auf einzelne Spuren und Zeitpunkte

virtuelles Studio: Konzept

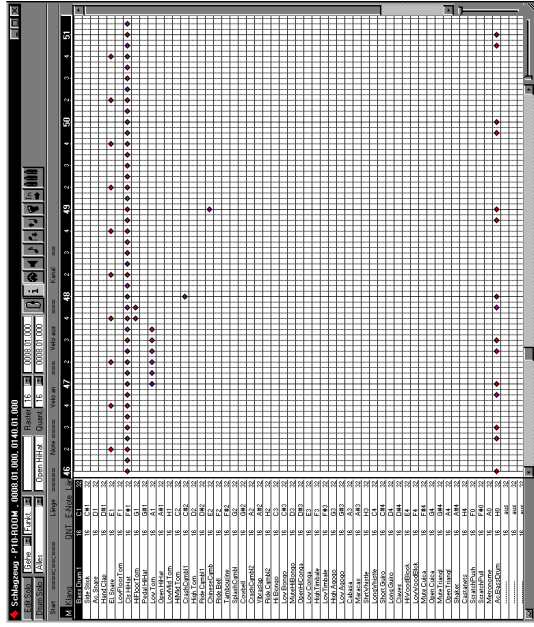
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> virtuelles Studio • Mikrophone • AD-Wandler mit Verstärker • SW-Sampler/Synthesizer • SW-Mischpult • SW-"Plugins" • Festplatten (HD-Recording) • Einstellungen: • SW-Patchfelder / MIDI reproduzierbar (total recall) • speicherbar und automatisierbar • Cubase / Logic / ProTools / ... | <p>herkömmliches Studio</p> <ul style="list-style-type: none"> Mikrophone Vorverstärker Sampler/Synthesizer Mischpult Effektgeräte Tonbandmaschine Patchkabel / via MIDI nicht reproduzierbar nicht speicherbar |
|---|--|

VST: Studio Setup



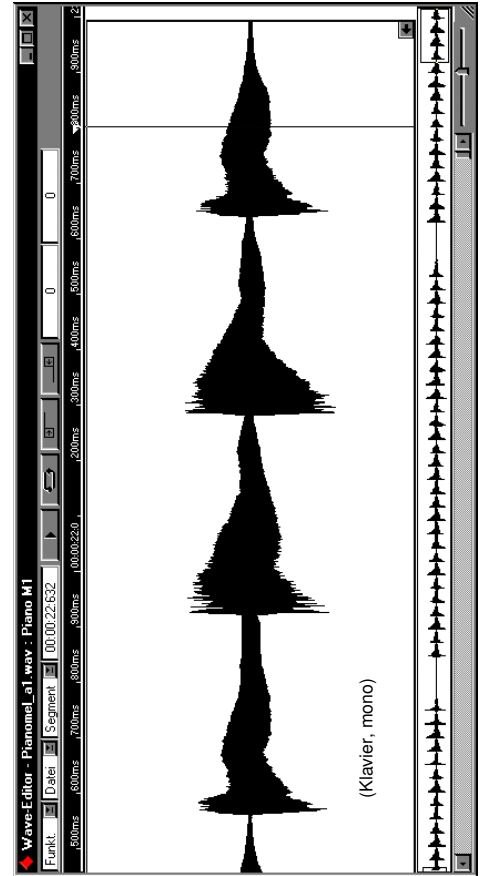
- bel. Kombinationen von externer HW und SW "plugins"

VST: Drum-Editor



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

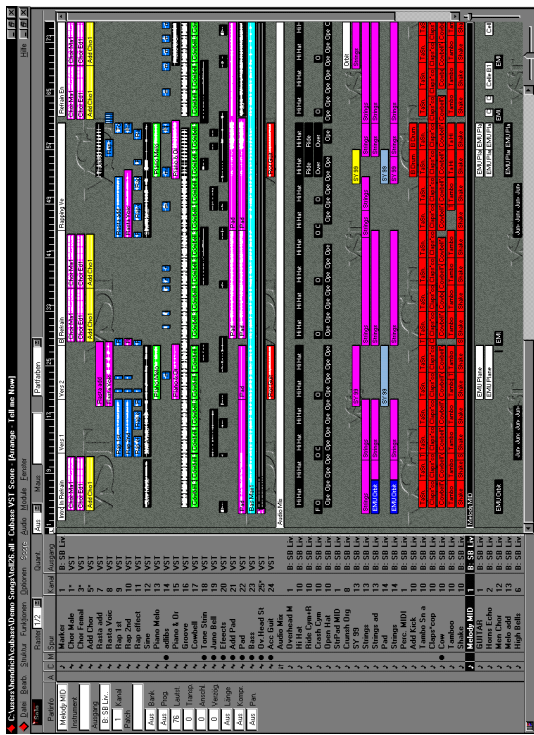
VST: Cubase Wave-Editor



- alternativ externe Audio-Editoren (z.B. Wavelab)

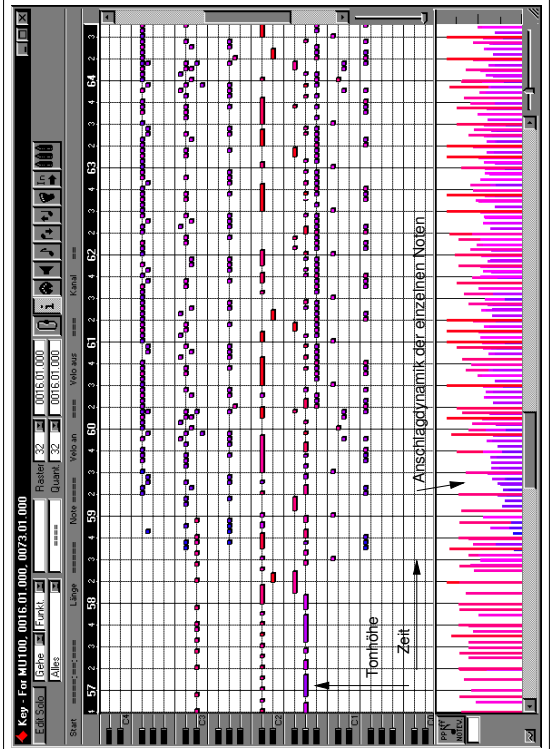
Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

VST: Cubase Hauptfenster



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

VST: Cubase "piano-roll"



Digitale Audioverarbeitung | WS 2000 | 18.205

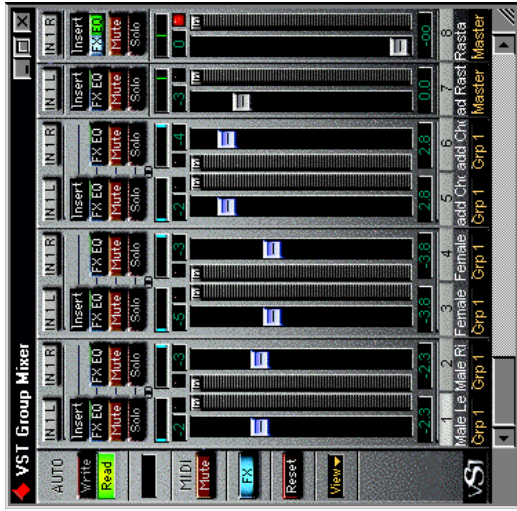
VST: Cubase Datenfluß

- Folie noch nicht fertig, grob:
- Audiospuren, externe MIDI-Instrumente, VST-Instrumente
 - Mischer, Gruppen-Mischer, Effekte, Dynamik, Master

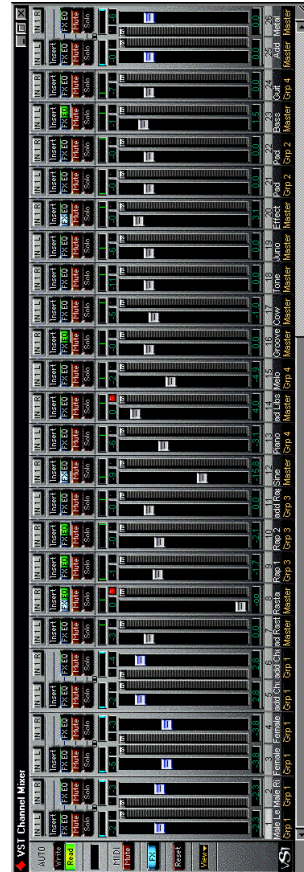
VST: Cubase Mischer

- unbegrenzte Anzahl der Stereo-/Mono-Kanäle
- jeweils mit eigenen Effekten und Dynamikbearbeitung
- flexibles Gruppen- und Master-Routing
- aktuelle 1GHz-PCs erlauben ca. 40 Kanäle bei 32bit/48KHz

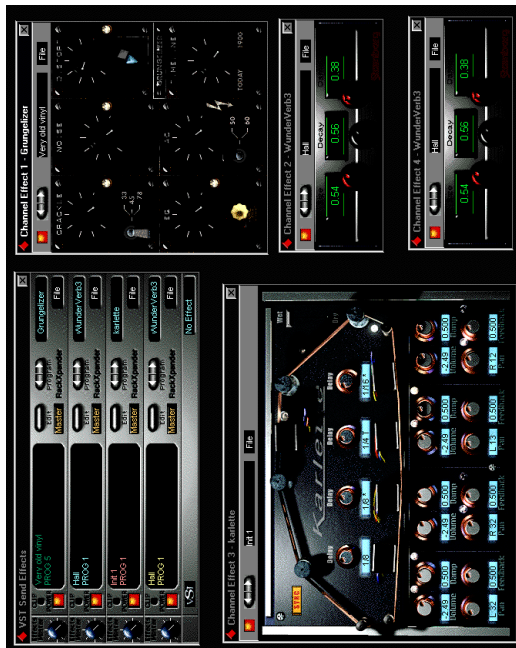
VST: Gruppen-Mischer



VST: Gruppen-Mischer, Dynamik



VST: Effekt-Rack



virtuelles Studio: Steinberg VST-2

[www.steinberg.de]

- Schnittstelle zwischen virtuellen Geräten
- Audio- und MIDI-Funktionen, samplegenau
- Integration in Cubase / andere Hostapplikationen
- realisiert als C++ Basisklasse, implementiert für PC/Mac/SGI
- 32-bit Gleitkomma für alle Datenoperationen
- ISSE-Optimierung
- zusätzliche GUI-Wrapper für Oberfläche der Plugins
- minimaler Overhead, optimale Performance
- als Standard etabliert

siehe Beispiel:

VST: Instrument-Rack



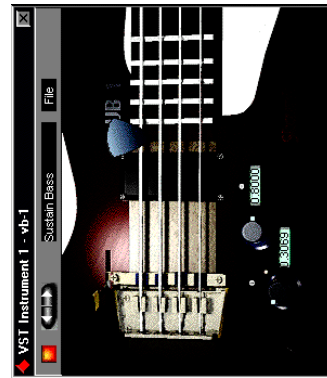
Neon: einfacher subtraktiver Synth

- zwei Instrumente mitgeliefert: Neon, VB1
- beliebig viele weitere Instrumente integrierbar
- verfügbar: z.B. LM4, Model*E, Pro 52, B4, PPG, ...

virtuelles Studio: VST-2 Plugin

```
#include "AGain.hh"
AGain::AGain( audioMasterCallback audioMaster )
    : AudioEffectX( audioMaster, 1, 1 ) // 1 program, 1 parameter
{
    fGain = 1.0; // default gain 0 dB
    setNumInputs( 2 ); // stereo in
    setNumOutputs( 2 ); // stereo out
    setUniqueId( "AGain" ); // unique name for this plugin
    canMono( 0 ); // ok to feed with input with same values
    canProcessReplacing(); // accumulate / overwrite
    strcpy( programName, "default" );
}
void AGain::setParameter( long index, float value )
{
    fGain = value;
}
...
void AGain::process( float **inputs, float **outputs, long n_samples )
{
    float *in1 = inputs[0]; float *out1 = outputs[0];
    float *in2 = inputs[1]; float *out2 = outputs[1];
    while( --n_samples >= 0 ) {
        (*out1++) += (*in1++) * fGain; // accumulating: Mixer
        (*out2++) += (*in2++) * fGain; // should use ISSE/3dnow
    }
}
...

```



VB-1: physical modeling bass