



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Klang, Handhabung und Potential softwarebasierter
Studiotechnik im Vergleich zu Hardware“

Verfasser

Klemens Löwenstein

angestrebter akademischer Grad

Magister der Philosophie (Mag.phil.)

Wien, 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 316

Studienrichtung lt. Studienblatt: Musikwissenschaft (A 316)

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Christoph Reuter, M.A.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Digitale Grundlagen	6
2.1 Technik	6
2.2 Nomenklatur	7
2.3 Geschichte.....	8
2.4 Der Computer komponiert.....	9
3. Was ist ein Plug-in?	10
4. Wie arbeiten Plug-ins?	11
4.1 Die Sprache des Computers	12
4.2 Programmierte analoge Klangsynthese und -bearbeitung.....	15
4.2.1 Additive Synthese	15
4.2.2 Subtraktive Synthese.....	18
4.2.3 Sonstige Synthese-Formen.....	23
4.2.4 Analoge Klangbearbeitung.....	24
4.3 Programmierte digitale Klangsynthese und -bearbeitung	26
4.3.1 Frequenz Modulation	27
4.3.2 Wavetable Synthese.....	30
4.3.3 Granular Synthese	31
4.3.4 Digitale Klangbearbeitung.....	31

4.4 Sampling.....	31
4.4.1 Synthese	34
4.4.2 Geschichte.....	34
4.4.3 Sampler.....	35
4.4.4 Sampling Techniken	36
4.4.5 Sampling Software.....	37
4.4.6 Gesampelte Instrumente als Plug-in	38
4.5 Physical Modeling.....	39
4.6 Impulsantwort und Faltung.....	42
5. Formate und Schnittstellen	44
5.1 MIDI.....	46
5.1.1 Geschichte.....	46
5.1.2 Technik	47
5.1.3 Einsatz.....	49
5.1.4 Alternativen	50
5.2 VST	51
5.2.1 Geschichte.....	51
5.2.2 Alternativen	52
6. Sequencer	53
6.1 Hardware	53
6.2 Software.....	54

7. Praxis	56
7.1 Klang.....	56
7.1.1 Erweiterte Möglichkeiten durch fortgeschrittene Technik.....	56
7.1.2 Sättigung und Lautheit.....	59
7.1.3 Klangunterschiede.....	61
7.1.4 Plug-ins und Hardware in Symbiose.....	62
7.2 Handling und Kreativität.....	64
7.2.1 Fehlerkorrektur.....	64
7.2.2 Kreativität durch Beschränkung.....	66
7.2.3 Standardisierung.....	66
7.2.4 Presets.....	67
7.2.5 Haptik und Präzision.....	68
7.2.6 MIDI-Controller.....	69
7.2.7 Verschmelzung von Soft- und Hardware anhand ausgewählter Beispiele.....	73
7.2.8 Esoterik.....	76
7.2.9 Paradigmen.....	77
7.3 Verfügbarkeit und Einsatz.....	78
7.3.1 Preis.....	78
7.3.2 Bühne.....	79
7.3.3 Homerecording.....	79
8. Fazit und Ausblick	80

9. Quellenverzeichnis	82
9.1 Bibliographische Quellen	82
9.2 Internetquellen	84
9.3 Videoquellen	87
9.4 Anhang	87
9.4.1 Inhalt der beiliegenden CD.....	87
9.4.2 Zusammenfassung.....	88
9.4.3 Lebenslauf.....	88

1. Einleitung

Der Computer ist aus der westlichen Gesellschaft des 21. Jahrhunderts nicht mehr wegzudenken. Er wird sowohl in der Arbeit als auch in der Freizeit intensiv eingesetzt – in Form von Desktop-PCs, Notebooks, Netbooks, Smartphones und so fort. Was ursprünglich als erweiterte Rechen- oder Schreibmaschine begann, kann heute als multimediales Allroundwerkzeug in nahezu jeden Lebensbereich eingreifen. So erleichtert der Computer nicht nur die Arbeit, sondern vermag den Arbeitsprozess selbst erheblich zu verändern. In der Musikproduktion ist er längst nicht mehr als aufwändige, digitale Bandmaschine anzusehen. Softwarebasierte Klangsynthese und Steuerung durch unterschiedlichste Controller, die zum Teil an gewohnte Instrumente beziehungsweise Geräte angelehnt, und zum anderen völlig neuartig sind, verwandeln PCs inklusive Accessoires quasi in moderne Musikstudios.

Die folgende Arbeit führt zunächst in musikrelevante Digitaltechnik ein und räumt mit dem in der Vergangenheit hartnäckigen Gerücht auf, dass Musik praktisch ohne menschliches Zutun „aus dem Computer kommen“ könnte. Die Kapitel 3 und 4 gehen auf den heute unumgänglichen Bereich der Plug-ins ein. Nach einer kurzen, allgemeinen Einführung in „die Sprache des Computers“, die Programmiersprachen, werden anhand von in der spezifischen Sprache *Csound* geschriebenen Code-Beispielen grundlegende Arbeitsweisen von Plug-ins samt Software-Beispielen für bestimmte Aufgabenbereiche in fünf Themengebieten erläutert. Zum einen programmierte analoge Klangsynthese und -bearbeitung. Darunter befinden sich virtuelle, klangformende Geräte sowie Syntheseformen wie Amplitudenmodulation, Resynthese, Additive Synthese und Subtraktive Synthese. Zum anderen wird programmierte digitale Klangsynthese und -bearbeitung besprochen, wie beispielsweise im Bereich der Frequenzmodulation, Wavetable Synthese und Granular Synthese. Den dritten Bereich stellen Geschichte, Techniken und softwarebasierte Umsetzung des Samplings dar. Kapitel 4.5 und 4.6 gehen auf per Physical Modeling simulierte Instrumente und per Impulsantwort und Faltung eingefangene Systeme ein. Im fünften Kapitel stehen MIDI und VST im Vordergrund. Beide Schnittstellen haben einen wesentlichen Anteil an der Revolution in der Musikproduktion durch softwarebasierte Studioteknik. Nach einem generellen Abschnitt über Sequencer folgen mit Kapitel 7 Ausführungen, die die Praxis im virtuellen Musikstudio betreffen. Es wird versucht, den Klangunterschied zwischen Hardware-

Geräten und Software-Plug-ins zu erklären, zu werten und seine Relevanz in Frage zu stellen. Unter der Überschrift „Handling und Kreativität“ werden erst durch moderne Digitaltechnik ermöglichte Herangehensweisen an die Musikproduktion sowie die damit verbundenen Gefahren behandelt. Die in Zukunft auch im virtuellen Studio voraussichtlich verstärkt auftretende Verschmelzung von Soft- und Hardware soll anhand ausgewählter Beispiele näher gebracht werden. Kapitel 7.3 behandelt wesentliche Unterschiede zwischen Hardware und Plug-ins hinsichtlich Preis, Bühneneinsatz und Homerecording. Zum Abschluss soll abgeklärt werden, ob für den seit vielen Jahren tobenden Kampf „Analog gegen Digital“ beziehungsweise „Hardware gegen Plug-ins“ ein Ende absehbar ist.

2. Digitale Grundlagen

2.1. Technik

Eine essentielle Hürde, die es zwischen analoger und digitaler Technik zu überwinden gilt, ist die diskrete Darstellung sich kontinuierlich verändernder Werte. Soll beispielsweise eine kontinuierlich verlaufende Sinuswelle für einen mit diskreten Werten arbeitenden Rechner aufbereitet werden, müssen regelmäßige Stichproben genommen werden, und zwar mit einer Rate, die – ähnlich der nötigen Anzahl an Bildern pro Sekunde, um Bewegung zu empfinden – dem Menschen den Eindruck einer Kontinuität vermittelt. „Sampling always produces numbers that are an incomplete representation of the analogue original. But the amount of incompleteness can be made insignificant and unimportant with careful design“ (RUSS, 2009, S. 56). Tatsächliche Kontinuität würde aber nach einer unendlichen zeitlichen Auflösung verlangen. „The grain size on photographic film or the noise level in an electronic circuit will prevent any real-world system from being truly continuous“ (RUSS, 2009, S. 101f). Das für die Digitalisierung von Audio unumgängliche Prinzip des *Nyquist-Shannon-Theorems*, welches besagt, dass die *Abtastrate* (*Samplingrate*, nach *Sample* [englisch für „Stichprobe“]) für eine für uns ausreichend präzise Annäherung an das originale Signal in digitaler Form mindestens doppelt so groß sein muss, wie die höchste abzubildende Frequenz, lässt sich vereinfacht anhand einer einfachen Sinusschwingung erklären. Werden nicht zumindest zwei Proben innerhalb eines Schwingungszyklus entnommen, kann der Verlauf nicht mehr rekonstruiert werden. Folglich hat sich für die Audio CD

eine Samplingrate von 44.1KHz durchgesetzt. Eine höhere Rate bringt zwar keine vermehrten hörbaren Informationen, vereinfacht jedoch den technischen Aufbau von Wandlern (RUSS, 2009, S.61f). Wie viele mögliche Werte für eine Abtastung pro Samplevorgang zur Verfügung stehen, wie hoch aufgelöst die Dynamik des Signals also abgetastet wird, bestimmt die *Bit-Tiefe*. Die Länge einer der Computertechnik zugrunde liegenden binären Zahlenfolge, auch *Wort*, von einem Bit (zusammengesetzt aus dem englischen *binary digit*) ermöglicht die Werte 0 oder 1. Bei zwei Bit stehen bereits 4 mögliche Zusammenstellungen bereit: 00, 11 sowie die Permutationen 01 und 10. Die für die Audio-CD übliche Bit-Tiefe von 16 Bit für ein Stereo-Signal beherbergt 65536 (2^{16}) unterschiedliche Werte (WATKINSON, 1995, S. 3).

Eine ähnliche Diskrepanz zwischen kontinuierlich und diskret findet in der Klangerzeugung statt. Ein analoger Oszillator erzeugt fortdauernde Schwingungen. In der Welt des Computers müssen diskrete Werte, die den Verlauf einer Schwingung simulieren, in zumindest jener Geschwindigkeit abgerufen werden, die keine sprunghafte Veränderung zwischen zwei Werten hörbar macht. Dafür ist der Zusammenstellung dieser in Tabellen eingetragenen Zahlen keine physikalische Grenze gesetzt (siehe Punkt 4.3.2).

2.2. Nomenklatur

Analoge Geräte der Tonstudioteknik arbeiten mit kontinuierlichen Signalen, die Bauprinzip-bedingt Schwankungen unterliegen. Digitale Hardware verarbeitet diskrete Werte und ermöglicht einfachere Speicherung und verlustfreies Abrufen von Parametern. Die Umwandlung in ein analoges Audiosignal am Ende der Signalkette mithilfe eines Digital-Analog-Wandlers ist dennoch nötig, um die Ausgabe hörbar zu machen. Hybride versuchen die Vorteile beider Bereiche zu vereinen.

Obwohl Computer aus digitaler Hardware bestehen und man mit einem allgemeinen Begriff wie *Musikcomputer* die Problematik der genaueren Unterscheidung umgehen kann (ENDERS, 1997, S. 209), wird in dieser Arbeit zwischen den beiden Begriffen unterschieden. Ein Computer, oder Rechner, ist ein Gerät für verschiedenste unterschiedliche Aufgaben, also eine „general-purpose device“ (RUSS, 2009, S. 381), wohingegen eingebettete Computer- und *DSP*-Chips in digitaler Hardware Lösungen für

spezifische Probleme anbieten. DSP steht für *Digital Signal Processor*: „a specialised microprocessor chip which was produced in order to carry out the complex numerical calculations which were needed to enable audio coding algorithms to be developed“ (RUSS, 2009, S. 16). So wird ein digitaler Synthesizer kein Textdokument erstellen können, dafür aber in Bezug auf Musikproduktion effizienter arbeiten, als sein virtuelles Pendant am PC. Allerdings reduziert die Rechenfähigkeit moderner PC-Systeme die Notwendigkeit von DSPs zur Klangsynthese (RUSS, 2009, S. 16).

DAW steht für *Digital Audio Workstation*. Obwohl sich viele unterschiedliche Geräte für diesen Titel qualifizieren würden, tragen ihn grundsätzlich Computersysteme inklusive installierter Audio-Hardware und -Software. Unentbehrlich hierfür ist das Audio-Interface, um Signale aufnehmen, aufbereiten und verarbeiten zu können sowie Sequencer-Software (siehe Punkt 6.2) für das Audio- und MIDI-Arrangement. Der Computer sorgt unter anderem für Rechenleistung, Speicherplatz und Anzeige am Bildschirm. Praktisch kein professionelles Musikstudio kommt heutzutage noch ohne DAWs aus, wenngleich die Intensität deren Einsatzes vom Skizzenblock über Verwaltungsapparat bis hin zum kompletten Studio „in-the-box“, also in einem Gerät, reicht.

Auf die spezifische Unterscheidung zwischen *IBM PC* und *Apple Macintosh*, sowie Laptop und *Macbook* wird in dieser Arbeit nicht eingegangen. So werden hier mit dem Begriff PC auch Apple Computer mit entsprechendem Betriebssystem beschrieben und Laptop soll – sofern nicht anders angegeben – als Überbegriff für alle mobilen Rechner dienen.

2.3. Geschichte

Noch bevor digitale Klangerzeugung eine Aufgabe für extra dafür konstruierter Geräte war, programmierte Max Mathews mit *MUSIC 1957* die erste Software, die eine direkte Klangsynthese am Computer ermöglichte (MANNING, 2004, S. 187). Mittlerweile werden alle Versionen der Serie in dem Überbegriff *MUSIC N* zusammengefasst. Viele Programmiersprachen zur Klangerzeugung – wie auch *Csound* – stammen davon ab (MIRANDA, 2002, S. 9). Erst die Entwicklung von *DSPs* lagerte die digitale Klangsynthese auf externe Systeme aus und leitete die Geburtsstunde digitaler Synthesizer ein, wie wir sie kennen. Zu den ersten Modellen zählen unter anderen der *PPG 1003* (1976), das *NED*

Synclavier (1979), und der *Fairlight CMI* (1979). Der *Yamaha DX7* (1983) wird öfters als der erste kommerziell erfolgreiche voll-digitale Synthesizer genannt (RUSS, 2009, S. 84). Bereits 1972 bauten Edward Fredkin und Marvin Minsky das möglicherweise erste digitale Musikinstrument, den *Triadex Muse*. Es handelt sich hierbei aber eher um eine Kompositionshilfe als um einen Synthesizer (GEFFEN, 2001).

2.4. Der Computer komponiert

Kaum ein Studio zur Musikproduktion kommt heute ohne Computer aus. Auf der Bühne gehören Notebooks auch bereits zum Alltag: sie haben sich als Klangerzeuger etabliert. Selbst der Begriff „Instrument“ liegt nahe, vor allem wenn Controller wie Masterkeyboards im Spiel sind, auch wenn durch die vielfältigen Möglichkeiten eine Kategorisierung nach alten Maßstäben schwer fällt. Langsam geht auch das Stigma verloren, dass, was aus dem Computer käme, nur dieser selbst bestimmen und der Mensch seine kreativen Kompetenzen abgeben würde. Dies trifft, entgegen Jochen Ebmeier, ebenso wenig auf das Genre des *Techno* zu (EBMEIER, 1999, S. 129). Wenngleich es sehr wohl die Möglichkeit gibt, den Computer Zahlenfolgen aus einem „chaotischen Zustand Zug um Zug [in] ein von zuvor programmierten Arbeitsanweisungen abhängiges Maß von Ordnung“ bringen zu lassen. Stehen die Zahlen mit musikalischen Parametern in Verbindung, so könnte man anhand des Endergebnisses meinen, der Rechner habe mithilfe des Programmierers komponiert (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 268). Die Eigenständigkeit des Gerätes sei dabei allerdings dahingestellt.

Ein Problem für die vorherrschende Ansicht, wie musikalische Komposition zu erfolgen hat, stellen Loops und Presets (siehe Punkt 7.2.1) dar. Loops sind vorgefertigte, meist mehrtaktige Soundfolgen, die nahtlos aneinander gereiht werden können – besonders für Rhythmussektionen geeignet. Genau genommen besteht kaum ein Unterschied darin, ob ein Percussionist als Studiomusiker gebeten wird, seinen eigenen Beitrag zu leisten, oder ein von ihm auf CD-ROM bereitgestelltes Pattern eingesetzt wird, abgesehen davon, dass die Einzigartigkeit verloren geht, sofern das Material für die Allgemeinheit zugänglich ist. Mit Presets, also von Musikern und Technikern vorgefertigten Einstellungen für Synthesizer oder Effektgeräte verhält es sich genauso. Der Computer selbst hat dabei keinen kreativen Einfluss. Möglicherweise wäre für eine reine Abfolge

von Loops und den exklusiven Einsatz von Presets die Bezeichnung „Collage“ angebracht, die wohl aber auch einer gewissen Komposition bedarf.

Dass ein Rechner allen Beteiligten einer Musikproduktion – angefangen von Komponisten über Instrumentalisten bis hin zu Tontechnikern und Produzenten – die Arbeit erleichtern kann, steht fest. Der Tatsache, dass mittlerweile mit geringem monetären Aufwand und beschränktem technischen Wissen ansprechende Musik produziert und im Internet der breiten Maße zur Verfügung gestellt werden kann, steht weiterhin ein gewisser Qualitätsanspruch gegenüber – bloß die Konkurrenz ist härter geworden, sich abzuheben.

3. Was ist ein Plug-in?

Unter dem Begriff *Plug-in* (auch Plugin, Plug-In bzw. Plug In), übernommen von der englischen Bezeichnung für „einstecken“ (*to plug in*), versteht man „ein Software-Modul für bestimmte zusätzliche Funktionen“ (ENDERS, 1997, S. 239). Erstmals 1987 ermöglichte das Datenbank-Programm *Hypercard* seinen Benutzern, die vorhandenen Funktionen mit eigenem Programmcode über eine virtuelle Schnittstelle zu erweitern. Mit dem Ausdruck *Plug-in* wurde das gleiche Prinzip erst 1988 im Zeichen-Programm *SuperPaint* betitelt (RUSS, 2009, S. 384). Durch eine Verbreitung von 98% (ADOBE SYSTEMS INCORPORATED, 2009) kaum mehr von modernen Computern mit Internet-Anschluss wegzudenken ist zum Beispiel jene kleine Erweiterung, die dafür verantwortlich ist, dass Webbrowser bestimmte interaktive Animationen und Videos darstellen können, wie sie etwa als Werbeeinblendungen zu finden sind (der klassische Banner in Form des *Animated GIF* stirbt definitiv aus) oder im Filmarchiv der Plattform *Youtube* zur Verfügung gestellt werden: der *Adobe Flash Player*. Die Möglichkeit Software über eine frei zugängliche Plug-in-Schnittstelle zu erweitern öffnet die Entwicklung für Ideen versierter Benutzer und kommerzieller Drittanbieter.

Die Entstehung von Plug-in-Systemen kann als Entwicklung objektorientierter Programmierung gesehen werden, in der Programmzeilen in Objekte zusammengefasst werden, die nach bestimmten Regeln interagieren und übersichtlicher, effizienter und einfacher zu bearbeiten sind. Sind Änderungen am Plug-in notwendig, kann der Programmkern unangetastet bleiben. Sollen die erweiterten Funktionen auch für ein

anderes Programm oder gar eine andere Plattform zur Verfügung stehen, so kann die Portierung nahtloser vonstattengehen.

Softwarebasierte Studioteknik wird zwar zumeist auch als eigenständig lauffähiges Programm ausgeliefert (*Standalone*), findet ihre Verwendung aber wohl hauptsächlich als Plug-in eingebunden in Hostsoftware, welche ihrer ebenso gebräuchlichen Bezeichnung *Sequencer* (siehe Punkt 6) längst entwachsen ist, stellt sie doch in der Regel insbesondere unter Berücksichtigung der von Haus aus mitgelieferten Plug-ins bereits ein komplettes virtuelles Studio zur Verfügung. Der Markt bietet eine unerschöpfliche Anzahl an virtuellen Instrumenten, Entzerrern, Kompressoren, Hallgeräten, Verstärkern und sonstigen vorstellbaren Programmen, um Sound auf Computerebene zu erstellen und zu bearbeiten. Bisher besteht die Mehrheit an verfügbaren Plug-ins aus Nachbildungen bereits zuvor als Hardware existierender Modelle oder Instrumente, wobei zumeist Simulationen analoger Geräte und akustischer Instrumente eher im Zentrum der Diskussion stehen, als jene digitaler beziehungsweise elektrischer Pendants. Doch genau so möglich sind völlig neukonzipierte Systeme, die als Hardware in der Form bisher nicht realisiert wurden oder gar undenkbar waren. Die Grenze zwischen einem selbstständigen virtuellen Instrument und einer Simulation durch Computertechnik ist nicht klar gezogen. So sieht man Plug-ins ihre Verwandtschaft zu Hardware nicht zuletzt durch aus Gewohnheit übernommene Nomenklatur der einzelnen Elemente an. Doch wo der *Native Instruments FM7* Synthesizer ein zwar erweitertes, aber eindeutiges Abbild des „meistverkauften elektronischen Musikinstrument[s] überhaupt“ (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 304), des *Yamaha DX7*, ist, so kann man den Nachfolger *FM8* bereits eher als vollwertig eigenständiges virtuelles Instrument anerkennen, selbst wenn dieser zum Vorgänger kompatibel ist und die gleiche Grundidee der *FM-Synthese* zur Klangerstellung dahintersteht.

4. Wie arbeiten Plug-ins?

Für die Realisierung als Plug-in von sowohl als Hardware existierenden Vorlagen als auch originärer softwarebasierter Studioteknik lassen sich derzeit fünf grundsätzliche Themengebiete in Bezug auf die digitale Klangsynthese festmachen (4.2 – 4.6). Um den Leser mit den technischen Möglichkeiten von Software vertrauter zu machen, folgt im

Punkt 4.1 eine kleine grundlegende Einführung in das Programmieren von Computer-Befehlen.

4.1. Die Sprache des Computers

Computer sind grundsätzlich nichts anderes als Rechenmaschinen mit audiovisueller Rückmeldung. Sie erhalten Instruktionen in Form von binären Zahlenfolgen. Um den Entwicklern den unmenschlichen Umgang mit diesem Code zu ersparen, wurden abstrahierte Programmiersprachen entwickelt, die zur Anwendung von einem *compiler* oder *interpreter* für die zentrale Recheneinheit des Computers übersetzt werden (MIRANDA, 2002, S. 9). Software besteht also aus einer Abfolge von Rechenaufgaben, die durch die Eingaben des Benutzers ausgeführt werden.

Zur Anwendung kommen sowohl Programmiersprachen, die für allgemeine Aufgaben erstellt wurden, als auch solche, die spezifische Gebiete abdecken. Die für die Programmierung von Musikapplikationen angepasste Sprache *Csound* stellt beispielsweise bereits einen vorgefertigten Befehl *osc* zur Verfügung, um einen *table lookup oscillator* zu definieren, also einen Tongenerator, der Schritt für Schritt die Einträge einer Tabelle abarbeitet – das Grundprinzip eines virtuellen Oszillators (MIRANDA, 2002, S. 9, 16). Wie man sieht werden oftmals komplexere Rechenaufgaben in kurzen Begriffen zusammengefasst – einmal definiert, ist es möglich, ein Konstrukt mehrfach einzusetzen (ein Vorteil des objektorientierten Programmierens, vgl. Punkt 3.).

Um den Code in einzelne Bereiche zu unterteilen, können in vielen gängigen Sprachen öffnende (z.B.: `<name>`) und schließende (z.B.: `</name>`) sogenannte *Tags* niedergeschrieben werden, die auch verschachtelbar sind – wie Klammern einer mathematischen Formel. Zu Beginn eines Programms sind meist globale Parameter definiert. Ein sturer Ablauf der Befehle von Anfang bis Ende würde kaum Interaktivität von Software zulassen, daher werden logische Systeme eingesetzt, die den Programmierer die Möglichkeiten geben zu bestimmen, welcher Code in welcher Reihenfolge ausgeführt wird. So können Rechenroutinen in Abhängigkeit bestimmter Umstände gestartet und somit verschiedene Pfade innerhalb der Programmzeilen verfolgt werden (*if* Umstand a tritt ein *then*, oder *while* Umstand b tritt nicht ein *do*)

(MIRANDA, 2002, S. 11f). Die ab nun folgenden Codebeispiele sollen sowohl in die Programmieretechnik als auch in die entsprechende Klangsynthese einen Einblick gewähren.

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsoundOptions>
    -odac -iadc
  </CsoundOptions>
  <CsoundInstruments>
    sr = 44100
    kr = 4410
    ksmps = 10
    nchnls = 1
    0dbfs = 1

    instr 1
      kamp = ampdbfs(p4)
      kcps = cpspch(p5)
      ifn = 1
      asignal oscil kamp, kcps, ifn, iphs
      out asignal
    endin
  </CsoundInstruments>
  <CsoundScore>
    f 1 0 16384 10 1
    i 1 0 3 0.5 8.00
    e
  </CsoundScore>
</CsoundSynthesizer>
```

Bsp.1 – Csound, Grundlage des Klangbeispiels 01.wav (Code: Löwenstein, 2009)

Das erste in der Sprache *Csound* geschriebene, sehr einfach gehaltene Codebeispiel (Bsp. 1) gibt, sofern ausgeführt, ein drei Sekunden andauerndes, eingestrichenes c mit einer Lautstärke von -3 dB_{FS} in mono bei einer Abtastrate von 44.1 KHz als einfachen Sinus aus. Den gesamten Code umschließt der grundsätzlich definierende Tag `<CsoundSynthesizer>`. In den `<CsoundOptions>` sind der Audio-Ausgang (`-odac` ist der festgelegte Begriff für den im Betriebssystem ausgewählten Ausgang des Standard-Audiohosts) und der Audio-Eingang (`-idac` steht analog dazu für den als Standard definierten Eingang) bestimmt. Die beiden folgenden Bereiche stellen den Kern eines Csound-Codes dar: Das Orchester `<CsoundInstruments>` sowie die Partitur `<CsoundScore>`. Bevor nun die spezifischen Eigenschaften des ersten und in diesem Beispiel einzigen

Instruments *instr 1* an die Reihe kommen, müssen grundlegende Parameter gesetzt werden, die für sämtliche Instrumente ihre Gültigkeit besitzen. Dies sind in diesem Fall die Abtastrate *sr* von 44100 Hz, die Kontrollrate *kr*, das Verhältnis zwischen diesen beiden Werten *ksmps*, die Anzahl der Kanäle *nchnls* und den Wert für die in der digitalen Audiowelt gängigen 0 dB_{FS} Grenze *0dbfs*. Die Kontrollrate dient dazu, bestimmte Werte, die keine Auflösung von 44.1 KHz benötigen, gröber aufgelöst zu behandeln (hier also zehnmal gröber), um Rechenleistung einzusparen.

Für die Lautstärke des Instruments 1 wird nun der Begriff *kamp* gewählt. Dieser bewirkt, dass sich die Amplitude nur im Tempo der zuvor festgesetzten Kontrollrate ändern kann (daher *kamp*). Definiert wird er als durch das vom Code vorgegebene Verfahren *ampdbfs* behandelte, vierter Parameter in den Notationzeilen *i* – das wäre in diesem Beispiel also *-3*. *ampdbfs* wandelt diesen, in der für die Musikindustrie üblichen dB_{FS} Skala gehaltenen Wert, in einen für das ausführende Programm des CSound-Codes nach Industrienormen (VERCOE, 2009, S. 36) geeigneteren Bereich zwischen *-1* und *1* um (daher *0dbfs = 1*). Natürlich lässt sich der gewünschte Wert auch direkt ohne *ampdbfs*-Umwandlung eingeben (*-3* dB_{FS} entsprechen dann etwa *0.7*). Bei der Frequenz wird ähnlich programmiert: *kcps* (*cps* steht für *cycle per second*) wird wie zuvor *kamp* nicht sofort absolut festgelegt, sondern durch den variablen fünften Parameter in den Notationszeilen *i* definiert. Die Umrechnung *cpspch* wandelt wiederum programmierfreundlichere Werte in Hz um. Dabei steht *8.00* für das eingestrichene *c* (also 256 Hz), *8.01* für das *cis'* oder *9.02* für das *d''*, und so fort. Der Eintrag *ifn* legt die Nummer der Tabelle fest, aus der Daten für den Oszillator bezogen werden. Sind nun also diese Variablen definiert, können sie als Argumente verwendet werden. Die Zeile *asignal oscil kamp, kcps, ifn* generiert nun also ein Audiosignal, welches durch einen Oszillator per Tabelle 1 entsteht, der den eingegebenen Werten der Amplitude und Frequenz folgt. Die Zeichenfolge nach dem *a* kann frei gewählt werden. Damit dieses Signal auch tatsächlich ausgegeben wird, folgt der Befehl *out asignal*. Daraufhin wird der Bereich des Instruments mit *endin* beendet.

Im Bereich der Notation *<CsScore>* wird mit *f* eine Tabelle erzeugt, die bestimmten Regeln folgt, welche zwecks Übersichtlichkeit nicht näher erläutert werden. Diese Tabelle füttert also nun den Oszillator, der durch den Befehl *oscil* das Audiosignal *asignal* erzeugt. Die bisher fehlenden Werte für Amplitude und Frequenz sind bei der

tatsächlichen Notierung des einzigen Tones angeführt. Dieser wird mit *i* eingeleitet. Danach folgen die Zahl des Instruments (1), der Zeitpunkt des Anschlags in Sekunden (0), die Tondauer (3), die Lautstärke in dB_{FS} (-3) und die Tonhöhe (8.00). In der gleichen Art und Weise lassen sich natürlich auch Akkorde und Tonfolgen notieren. Mit *e* wird die Partitur beendet.

Für einen drei Sekunden andauernden Sinuston mag dieser Code aufwändig erscheinen, doch ist der Tongestaltung in dieser Form kaum eine Grenze gesetzt, wie die folgenden Beispiele der vier Grundtypen elektronischer Klangerzeugung nach Michael Dickreiter auf einfachster Ebene anzudeuten versuchen: „der additive, der selektive, der reproduzierende und der synthetisierende Typ“ (Dickreiter, 1997, S. 91).

4.2. Programmierte analoge Klangsintese und -bearbeitung

In diesen Bereich fallen einerseits programmierte Adaptionen gängiger Syntheseformen, die bei analogen elektrischen und elektronischen Instrumenten üblich sind. Signalgeneratoren stellen einfache Wellenformen als Basis zur Verfügung, die durch den Einsatz simpler bis hin zu komplexer Modifikationsarten zusammengestellt und beeinflusst werden. Andererseits sind hier jene Signalwege im Programmcode nachgebildet, die in den kontinuierlich verarbeitenden Bauteilen analoger Hardware zur Klangformung zum Einsatz kommen. Werden tatsächlich sämtliche signalführenden Einzelteile eines analogen Gerätes detailliert nachgebildet, spricht man von *Component Modeling*. Dies sind unter anderem Entzerrer, Kompressoren, Hallgeräte und Verstärker als eigenständige Geräte oder als Bestandteil von Mischpulten. Für die Abbildung akustischer Instrumente als Plug-in ist dieses Verfahren generell am wenigsten geeignet. Die Rechenleistung moderner Computer erweitert dabei aber klarerweise die Möglichkeiten früherer Jahre. Die folgenden Auflistungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

4.2.1. Additive Synthese

Die alternative Bezeichnung *Fourier-Synthese* offenbart den technischen Hintergrund der additiven Synthese: das *Fourier-Theorem*. Danach „läßt sich jede beliebige

Klangstruktur aus Sinusschwingungen zusammensetzen, da jede Schwingungsform als Summe sinusförmiger Teilschwingungen zu verstehen ist“ (ENDERS, 1997, S. 145). Wie von akustischen Instrumenten gewohnt lassen sich so Klänge erstellen, innerhalb derer zu einem Grundton – abhängig von der Anzahl an Oszillatoren – beliebig viele harmonische oder unharmonische Obertöne stoßen. Wenn man bedenkt, dass für vielschichtige Klänge jeder Teilton eine separate Hüllkurve, also einen dynamischen Verlauf verlangt, so vermag man die Grenzen analoger und die Perspektiven digitaler additiver Synthese zu erkennen.

Der Code in Beispiel 2 erzeugt additiv einen glockenartigen Ton:

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsoundOptions>
    -odac -iadc
  </CsoundOptions>
  <CsoundInstruments>
    sr = 44100
    kr = 4410
    ksmps = 10
    nchnls = 1
    0dbfs = 1

    gisinus ftgen 1, 0, 16384, 10, 1
    gifrqs ftgen 2, 0, 16384, 10, 0
    giamps ftgen 3, 0, 16384, 10, 0

    instr 1
      kamp = ampdbfs(p4)
      kcps = cspch(p5)
      index = 0
      icnt = 10

      loop:
        iamp = 1 / (index+1)
        ifreq = (index + 1) ^ 1.1
        tablew iamp, index, giamps
        tablew ifreq, index, gifrqs
        index = index + 1
        if (index < icnt) igoto loop

      asignal adsynt kamp, kcps, gisinus, gifrqs, giamps, icnt
      out asignal
    endin
  </CsoundInstruments>
</CsoundScore>
```

```

        i 1 0 3 -12 8.00
        e
    </CsScore>
</CsoundSynthesizer>

```

Bsp.2 – Csound, Grundlage des Klangbeispiels 02.wav (Code: Löwenstein, 2009)

Der erste Unterschied zum vorangegangenen Beispiel befindet sich nach den Definitionen für sämtliche Instrumente. Damit die Tabellen während der Klangerzeugung flexibler manipuliert werden können – in diesem Fall per Addition durch *adsynt* (eine wie *osc* vordefinierte Rechenroutine, um den Code abzukürzen; der Effekt des Begriffs wäre bei entsprechendem Aufwand theoretisch auch „von Hand“ nachzubilden) – werden sie bereits im Orchester mit dem Befehl *ftgen* (fungiert analog zum *f* in Bsp.1) generiert. Die Tabelle *gisinus* enthält die für einen Sinus notwendigen Daten, *gifrqs* wird in Abhängigkeit zum Grundton die Teiltöne beherbergen und *giamps* in Relation zur Amplitude des Grundtons deren Lautstärken behandeln (die Einträge in *gifrqs* bzw. *giamps* werden mit *kcps* bzw. *kamp* des durch *gisinus* generierten Sinus multipliziert; 1 würde die gleiche Lautstärke bzw. Frequenz bedeuten, 0.5 die halbe, und so fort). Die nächste Neuerung stellt die variable *icnt* dar. Sie wird für den Befehl *adsynt* verlangt und legt die Anzahl der zu addierenden Partialtöne des Instruments fest. Der Eintrag *index* ist für den anschließende Schleife *loop* von Bedeutung. Er wird zuerst auf den Wert 0 gesetzt und bei jedem Durchlauf des Loops erhöht ($index = index + 1$). Das Ende der Schleife ist erst dann erreicht, sobald der *index* im Vergleich zur Teiltonanzahl *icnt* nicht mehr kleiner ist – also im Wert übereinstimmt beziehungsweise die Schleife demnach zehn Mal durchlaufen wurde. Davor wird der Ablauf des Codes jedes Mal durch den Befehl *igoto* unterbrochen und zu Beginn des *loop* wieder fortgeführt.

In der Schleife selbst werden pro Durchgang jeweils ein Wert für die Partialton-Tabelle *gifrqs* und die Amplituden-Tabelle *giamps* generiert (*ifreq* und *iamp*) und geordnet nach *index* eingetragen (*tablew iamp index giamps* und *tablew ifreq index gifrqs*). Sowohl *ifreq* als auch *iamp* steht in Abhängigkeit zum *index*. Die insgesamt 10 Einträge der Tabelle *giamps* werden durch die Definition $iamp = 1 / (index + 1)$ von 1 ausgehend also immer kleiner ($1/2, 1/3, 1/4, \dots$), was zur Folge hat, dass die Amplitude jedes Teiltones nach oben hin stets niedriger wird. Die Werte für die Frequenzen der Teiltöne in *gifrqs* hingegen werden durch die Codezeile $ifreq = (index + 1) ^ 1.11$ immer höher. Der in diesem

Beispiel gewählte Exponent ist für die unharmonischen Obertöne und den daraus resultierenden Glockencharakter verantwortlich.

Nach dem letzten Durchlauf des Loops wird das additive Signal *asignal* mithilfe des Befehls *adsynt* und den zuvor definierten Argumenten in der entsprechenden Grammatik (*Syntax*) generiert und per *out asignal* ausgegeben. Die $-12 \text{ dB}_{\text{FS}}$ in der Partitur beziehen sich wie erwartet nur auf *kamp*, also die Amplitude des Grundtons. Durch die Addition der Teiltöne ist also mit einem lauterem Signal am Ausgang des Audiogerätes zu rechnen.

Der Klang der berühmten *Hammond*-Orgeln basiert auf additiver Synthese. 1935 von Laurens Hammond als kostengünstiger und platzsparender Ersatz für herkömmliche Pfeifenorgeln für US-amerikanische Kirchenkonzipiert, hielten sie erst in den 1950ern durch den vermehrten Einsatz im Jazz als bedeutendes Musikinstrument Einzug in die Musikgeschichte. Die durch Elektromagnetismus generierten Teiltöne 1-6 und 8 können anhand der Stellung zugehöriger Zugriegel beliebig gemischt werden (ENDERS, 1997, S. 120f). Abgesehen von elektrischen Orgeln halten sich Verbreitung und kommerzieller Erfolg jener Hardware-Synthesizer, wie den *KAWAI K5000*, die hauptsächlich auf das Prinzip additiver Synthese setzen, aber in Grenzen. Auf Software-Basis ist neben den zahlreichen Emulationen der *Hammonds* (insbesondere jene von *Native Instruments* aus dem Jahre 2000) der *VirSyn Cube 2* zu nennen, der durch seine Morphing- und Resynthese-Funktionen erstmals das Potenzial additiver Synthese ansatzweise auszuschöpfen scheint. Der *Native Instruments Reaktor*, ein softwarebasierter modularer Synthesizer, ist zwar dank der Leistungsfähigkeit moderner Computer auch in der Lage, komplexe additive Synthese zu produzieren, bietet aber diesbezüglich in der Bedienung kaum innovative Vorteile gegenüber analogen modularen Synthesizern.

4.2.2. Subtraktive Synthese

„Bei der subtraktiven bzw. selektiven Klangsynthese wird das Klangspektrum einer Schwingung mit einem Filter verändert, indem ein bestimmter Frequenzbereich mehr oder weniger stark unterdrückt wird und die in diesen Bereich fallenden Teilschwingungen entsprechend gedämpft werden“ (ENDERS, 1997, S. 145).

Als Grundlage bietet es sich also an, obertonreiche Wellenformen zu wählen. Die *Dreiecksschwingung* bietet eine geringe Anzahl an schwachen ungeraden harmonischen Obertönen. Die *Rechteckschwingung* beherbergt mehrere stärker ausgebildete harmonische Obertöne ungerader Zahl. Die meisten Angriffspunkte bietet die *Sägezahnschwingung* mit sowohl ungeraden als auch geraden harmonischen Teilschwingungen (RUSS, 2009, S. 109).

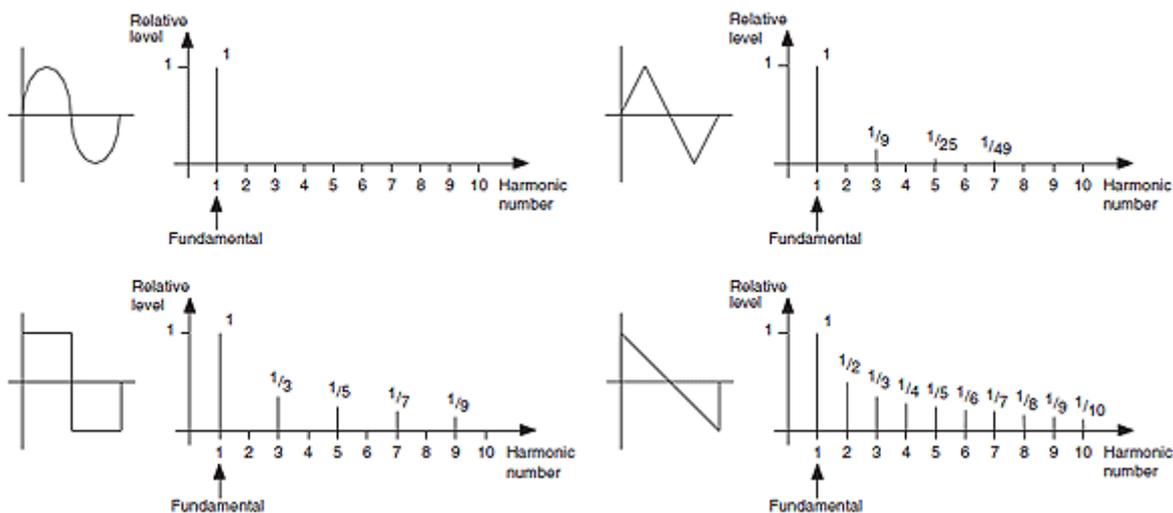


Abb. 1 – Wellenformen (Abb. aus: RUSS, 2009, S. 109ff)

Synthesizer wie beispielsweise der *Moog Minimoog* oder der *KORG MS-20* stellen zusätzlich Rauschgeneratoren (*Noise*) zur Verfügung. Weißes Rauschen enthält alle Frequenzen des Hörbereiches in gleichmäßiger Verteilung, wodurch es für das menschliche Ohr sehr höhenlastig erklingt, da Oktaven in höheren Lagen im Vergleich zu niedrigeren weit mehr Energie beinhalten (z.B.: zwischen 400 und 800 Hz bzw. zwischen 4000 und 8000 Hz). Rosa Rauschen vermittelt einen ebenmäßigeren Höreindruck, da die Schallintensität entsprechend der Verteilung der Frequenzgruppenbreiten im menschlichen Gehör ab 500 Hz mit -3dB pro Oktave abnimmt (ENDERS, 1997, S. 250).

Alle vier gängigen Filtertypen lassen sich – wie bei dem *KORG MS-20* Synthesizer – mit lediglich zweien davon realisieren: *Highpass*- und *Lowpass*-Filter. Der *Highpass* lässt ab einer Eckfrequenz (*Cutoff Frequency*) mehr oder weniger alle Frequenzen passieren, der

Lowpass bis zu einer eben solchen. Werden beide gleichzeitig eingesetzt, ohne einander zu überlappen, so erhält man einen *Notch*-Filter, der nur ein bestimmtes Frequenzband abschwächt. Überschneiden sich *Highpass* und *Lowpass*, so bildet sich in der Schnittmenge ein *Bandpass*-Filter, der den ausgewählten Frequenzbereich durchlässt.

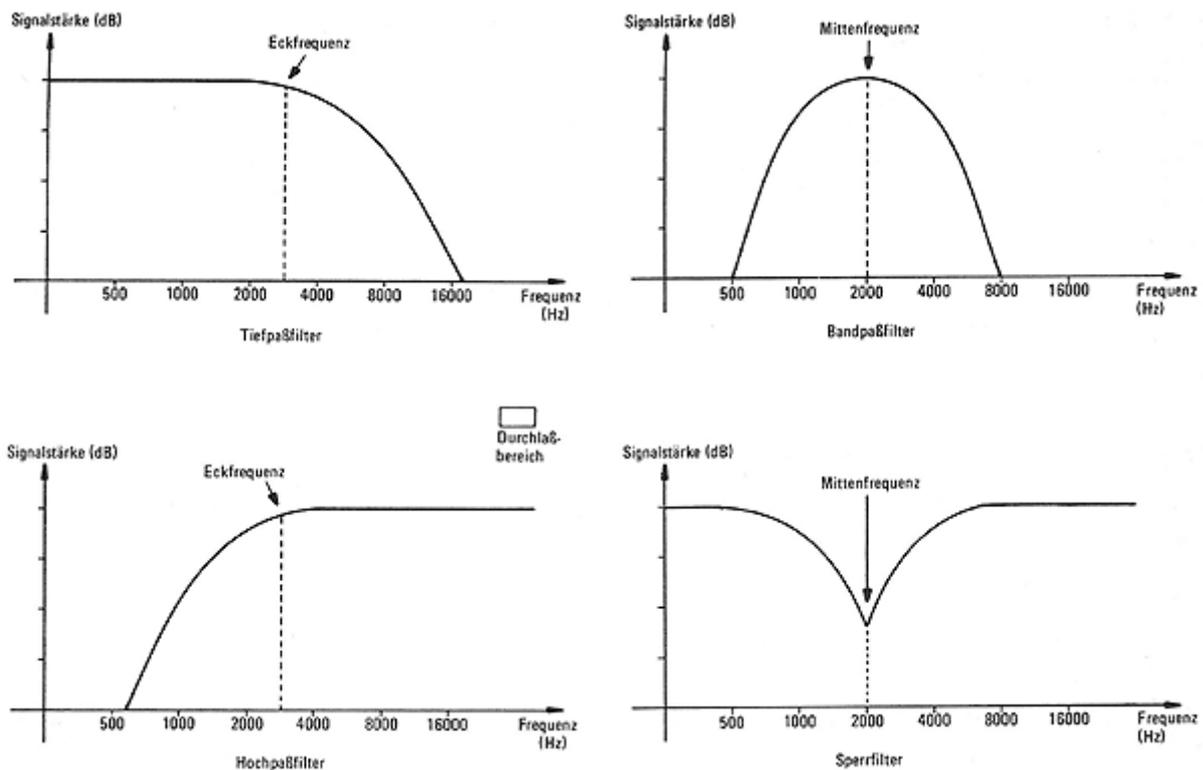


Abb. 2 – Filtercharakteristiken (Abb. aus: ENDERS, 1997, S. 100f).

Da es sich bei analogen Filtern um elektrische Bauteile mit wesentlichen Ansprechverzögerungen handelt, tritt um die Eckfrequenz eine zum Teil regulierbare Flankensteilheit von zumeist -6 bis -24dB/Oktave auf (DICKREITER, 1997, S. 355). Digitale und insbesondere am PC berechnete Filter genießen im Gegensatz zur analogen Technik ungeahnte Freiheiten. So lassen sich unterschiedlichste Formen programmieren, die zuvor höchst aufwändig oder gar undenkbar waren. Der *Focusrite Liquid Mix*, auf den in Punkt 4.6 sowie 7.2.7 genauer eingegangen wird, bietet aus der Welt der Hardware abgebildete Filter, die sich zu einzigartigen *Hybrid Super EQs* beliebig kombinieren lassen (FOCUSRITE, 2009).

Beispiel 3 macht sich die selektive Klangerzeugung zunutze:

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsoundOptions>
    -odac -iadc
  </CsoundOptions>
  <CsoundInstruments>
    sr = 44100
    kr = 4410
    ksmps = 10
    nchnls = 1
    0dbfs = 1

    instr 1
      kamp = ampdbfs(p4)
      kcps = cpspch(p5)
      iwave = p6
      ifn = 1
      kcf = p7
      kq = p8
      asignal vco kamp, kcps, iwave, ifn
      asigfilt lowpass2 asignal, kcf, kq
      out asigfilt
    endin
  </CsoundInstruments>
  <CsoundScore>
    f 1 0 16384 10 1
    i 1 0 3 -3 8.00 1 500 100
    e
  </CsoundScore>
</CsoundSynthesizer>
```

Bsp.3 – Csound, Grundlage des Klangbeispiels 03.wav (Code: Löwenstein, 2009)

Ein resonierender Lowpass-Filter wirkt auf das Sägezahnsignal eines Oszillators, woraus ein grundsätzlich dumpfes c', allerdings mit einer Resonanz bei 450 Hz erklingt. Diesmal erleichtert der Befehl *vco* das Erstellen eines Sägezahnoszillators: die Variable *iwave* bestimmt einfach die gewünschte Wellenform (der Wert 2 stünde beispielsweise für eine Rechtecksschwingung). *kcf* ist der zum Lowpass-Filter *lowpass2* zugehörige Parameter für die Eckfrequenz, *kq* bestimmt den *Q-Faktor*, also die Flankensteilheit zwischen 1 und 500. Nachdem der obertonreiche Klang *asignal*, dessen Spektrum im Rahmen der selektiven Synthese mithilfe von Filtern beeinflusst werden soll, per *vco* mit den üblichen Parametern *kamp*, *kcps* und *ifn* sowie *iwave* erstellt wurde, wird er durch den Lowpass-Filter *lowpass2* geführt und zum neuen Signal *asigfilt*, das anschließend ausgegeben wird.

Die subtraktive Synthese ist das bedeutendste Prinzip der Klangerzeugung analoger Synthesizer, da sie im Verhältnis zu ihrer klanglichen Bandbreite mit dem geringsten Aufwand durchführbar ist. Modulare Synthesizer sind aufgrund ihres freiwählbaren Aufbaus von Oszillatoren, Filtern, Verstärkern usw. zu mehr fähig, als bloß subtraktiver Synthese, dennoch stellt diese den Hauptbestandteil ihrer Funktionen dar. Im Bereich der Software besitzt der modulare *Native Instruments Reaktor* (Abb. 3) eine Vorreiterrolle.

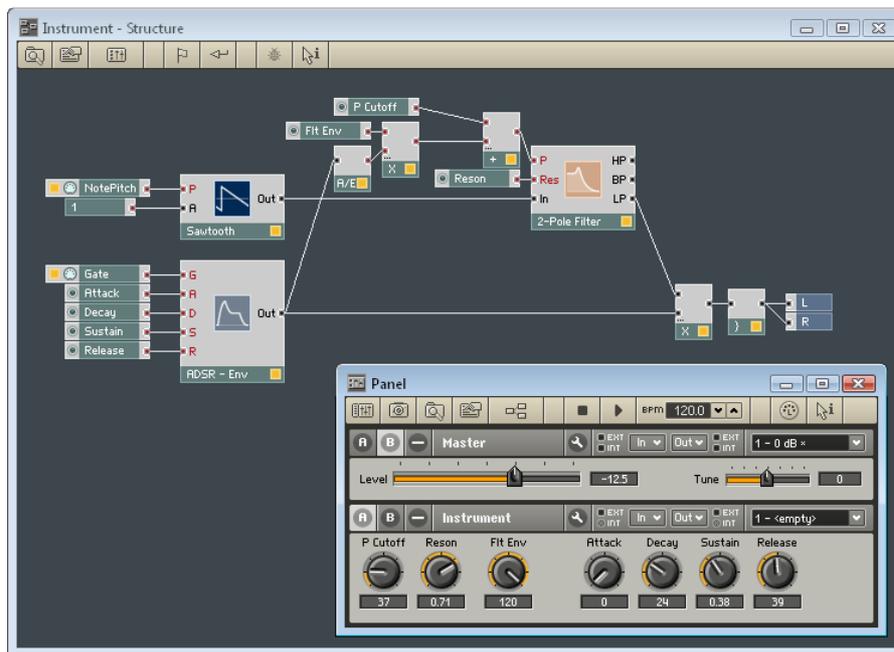


Abb.3 – Native Instruments Reaktor (Screenshot aus der Anwendung Native Instruments Reaktor 5.1.1.5.2)

Zu den bedeutendsten Vertretern seiner Ära im Bereich der subtraktiven Synthesizer zählt der *Moog Minimoog*. Er wurde als kompakte Performance-Variante des von Dr. Robert Moog seit den 1960er Jahren hergestellten modularen Systems entwickelt. „Moog is generally, and appropriately, credited for taking the synthesizer out of the university laboratory and putting it in the hands of musicians” (MIDI MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2008). Der Aufwand, Patchkabel zur Verbindung einzelner Module einsetzen zu müssen, sollte beim Minimoog vermieden werden. Bis heute zählt der *Minimoog* zu den berühmtesten Synthesizern überhaupt. Doch was macht seine Besonderheit aus? Dr. Robert Moog dazu: „Most synthesists agree that the Minimoog’s

sound sets it apart from all other brands, but no scientist or engineer can pin down the difference in sound to something that can be measured. I believe that the Minimoog sound comes from a balance of several factors: the warm, low-order distortion introduced by the VCF and the VCAs, the rapid attack times of which the contour generators are capable, the small amounts of noise in the oscillators that keep them from locking together at very small frequency differences, and the frequency response of the instrument as a whole. I also believe that musicians like the Minimoog because its controls have a comfortable feel: The keyboard isn't mushy, the switches are easy to hit, the knobs are large and smooth-acting, and the left-hand wheels fit the natural hand motions. [...] In this respect, we performed like artists rather than engineers" (VAIL, 2000, S. 165f). Unter anderem der Erfolg des *Minimoogs* veranlasste zahlreiche Firmen (zum Beispiel *KORG*, *Roland*, *Oberheim*, *Yamaha*, *ARP*, *Sequential Circuits*, u.v.m.) ähnliche Produkte zu bauen.

Die französische Software-Schmiede *Arturia* hat sich auf die Emulation analoger Synthesizer spezialisiert und bietet mithilfe der *True Analog Emulation*, („Arturia's exclusive technology which accurately reproduces tone, waveshape, tuning and other detailed characteristics of an analog synthesizer“ ARTURIA, 2009), virtuelle Versionen einiger der berühmtesten analogen Synthesizer der Musikgeschichte als Plug-in an. Darunter die Modelle *Moog Minimoog* (1970), *Moog Modular* (ab 1963), *Yamaha CS-80* (1976), *ARP 2600* (1970) sowie *Sequential Ciruits Prophet-5* (1978).

KORG hingegen hat sich dazu entschlossen, ihre Instrumente selbst nachzubilden, um dadurch einen neuen Kundenkreis zu gewinnen. Unter den analogen Klassikern wurden der legendäre *MS-20* (1978), der *PolySix* und der *Mono/Poly* (beide 1981) als Plug-in realisiert. Mehr dazu in Punkt 7.2.6.

4.2.3. Sonstige Synthese-Formen

Einige Varianten zur Klangsynthese werden eher zusätzlich zu anderen Formen eingesetzt. Beispielsweise die Amplituden-Modulation, bei der eine Schwingung (Modulator) die Amplitude einer anderen (Trägerfrequenz) moduliert. Befindet sich die modulierende Frequenz im für den Menschen hörbaren Bereich, so entsteht statt eines Tremolos ein völlig neuer Klang, der sowohl die Trägerfrequenz, als auch je eine

Frequenz zuzüglich beziehungsweise abzüglich der Modulator-Frequenz (Seitenbänder), nicht aber den Modulator selbst, enthält (RUSS, 2009, S. 158). Bei der Ring-Modulation werden nur Seitenbänder ausgegeben. Durch das zumeist unharmonische Verhältnis derselben und der Abwesenheit einer dominierenden Trägerfrequenz ist ein Grundton praktisch nicht bestimmbar (ANWANDER, 2001, S. 111). Zu einer weiteren harmonischen Klangquelle in Maßen hinzugefügt, verleiht die Ring-Modulation allerdings einen verzerrenden, metallischen Charakter. Da die Frequenz-Modulation erst in der digitalen Domäne wirklich zur Geltung gekommen ist, wird ihr Prinzip erst in Punkt 4.3.1 beschrieben. Die Resynthese analysiert ein Signal und versucht mittels geeigneter Syntheseformen anhand gewonnener Parameter die Vorlage nachzuahmen (z.B.: *Hartmann Music Neuron Synthesizer*, *VirSyn Cube 2*). Auch der *Vocoder* fällt in diese Sparte. Dieses 1939 entwickelte Gerät analysiert mit Hilfe von Filtern die menschliche Stimme (oder sonstige Klangquellen) und steuert mit den Ausgangssignalen die Filterbank eines zweiten, künstlichen Klangerzeugers. Die Zischlaute werden dabei von einem Rauschgenerator bereitgestellt (DICKREITER, 1997, S. 370f).

4.2.4. Analoge Klangbearbeitung

Geräte zur Klangbearbeitung werden grundsätzlich für zwei Bereiche eingesetzt. Auf der einen Seite müssen qualitativ unzufriedenstellende Aufnahmen aufgebessert werden. Unerwünschte Geräusche und Frequenzen werden herausgefiltert (Rauschen, Brummen, Resonanzen) oder zu geringe Aufnahmepegel durch Kompression kompensiert. Auf der anderen finden sie ihren Einsatz zur künstlerischen Gestaltung des Ausgangsmaterials. Eigenschaften wie Klangfarbe, Dynamik und Räumlichkeit einzelner Signale oder der gesamten Mischung können nach gewünschten Kriterien angepasst werden.

Zu den drei wichtigsten Vertretern zählt der *Entzerrer* (oder *Equalizer*). Er stellt eine Ansammlung der bereits in Punkt 4.2.2 besprochenen Filter dar. Die Amplitude einzelner Frequenzbänder wird so verstärkt oder abgesenkt. Damit lassen sich zwar Störgeräusche und Resonanzen herausfiltern, aber es kann auch die Obertonstruktur sauberer Signale definiert werden. Zu höhenlastige Klänge können scharf und unangenehm auf das Ohr einwirken, zu basslastige eher dumpf und verwaschen. Außerdem sind Entzerrer unverzichtbar, um verschiedene Signale wie Gesang, Bass,

Percussion und sonstige Begleitung im Mischvorgang homogen zusammenzufügen, sodass jeder Klang seinen Bereich im Klangspektrum einnehmen kann, ohne in der Masse unterzugehen.

Der *Kompressor* spielt die Hauptrolle in dem sich aktuell auf dem Höhepunkt befindlichen *Loudness War*, dem Wettstreit nach dem lautesten möglichen Höreindruck in der Populärmusik. Er begrenzt die Dynamik eines Signals, indem pegelintensive Anteile abgeschwächt werden und anschließend das gesamte Signal wieder verstärkt wird. „Das führt bei Sprache [...] zu einer besseren Verständlichkeit besonders bei Nebengeräuschen. Aus der modernen U-Musik- und Popmusikproduktion ist der Kompressor nicht wegzudenken, auch hier soll er das Klangbild intensivieren und verdichten. Bei anspruchsvollen Produktionen mit großer Dynamik (E-Musik, Hörspiel) hebt der Kompressor allerdings auch das Rauschen, vor allem der Mikrofone an und verringert so den Störpegelabstand“ (DICKREITER, 1997, S. 410).

Hallgeräte werden eingesetzt, um die Räumlichkeit eines Signals zu verändern. Vor deren Entwicklung mussten gewünschte Raumanteile bereits bei der Aufnahme durch die Auswahl der Lokalität eingefangen werden. Dies gehört bei klassischer Musik durch die spezifische gewohnte und für diesen Zweck auch hervorragende Akustik der Konzertsäle der Welt immer noch zur Tagesordnung. In der Populärmusik waren für bestimmte Effekte oder die räumliche Positionierung einzelner Instrumente im Mix eigene Hallräume und Echokammern notwendig. „In the late 1940's, there were few studios that had the luxury of a room designed specifically for reverberation. In the Civic Opera Building in Chicago, at that time the home of Universal Recording Studios, Bill Putnam, was using his favorite men's room as a reverberation, or echo chamber. [...] In New York, Columbia Records was using a stairwell to generate reverberation for artistic value in the making of pop records. Meanwhile, WBBM in Chicago was using the space in the spire of the Wrigley Building dome for reverberation“ (SWEDIEN, 2003, S. 25f). Nach und nach entstanden stilistische sowie technische Freiheiten, sodass realistische Abbildungen oder physikalische Grenzen weniger wichtige Rollen spielten. So kommt es beispielsweise in Aufnahmen vor, dass Hallfahnen – entgegen der physikalischen Gesetze – an den Beginn eines akustischen Ereignisses gestellt werden (dazu wird das Signal von hinten nach vorne gespielt, mit Hall angereichert und anschließend wieder umgedreht). Heute werden Signale zumeist eher trocken, also mit geringer

Rauminformation aufgezeichnet, um höchstmögliche Flexibilität bei der nachträglichen Bearbeitung durch künstliche Hallräume in Form von Hardware oder Plug-ins zu wahren.

Analoge Hallgeräte treten in drei Varianten auf, die nach dem gleichen Prinzip arbeiten: Schall wird in elektromagnetische Spannung gewandelt, die einen beweglich befestigten Festkörper zur Schwingung anregt. Die auftretenden Reflexionen und Verzögerungen werden durch piezoelektrische Wandler wieder aufgenommen und ausgegeben. Wird dieses Signal dem trockenen Original beigemischt, entsteht ein räumlicher Eindruck. Die Varianten unterscheiden sich hauptsächlich durch das Material des Festkörpers. Dabei können Hallplatten, Hallfolien und Hallfedern unterschieden werden (DICKREITER, 1997, S. 386ff).

1992 veröffentlichte die Firma *Waves* mit dem *Q10 Paragraphic Equalizer* das erste Audiosignal bearbeitende Plug-in (WAVES AUDIO, 2006). Seitdem werden zahlreiche eigenständige und emulierende Entwicklungen zu softwarebasierten Eingriffen mit Entzerrern, Kompressoren, Hallgeräten und Effektgeräten (Delay, Phaser, Flanger, Exciter, Stereo Imager usw.) angeboten. Vor allem die programmiertechnische Nachbildung ganzer Kanalzüge berühmter analoger Mischpulte von *SSL* findet in der Welt der Musikproduktion regen Anklang.

4.3. Programmierte digitale Klangsynthese und -bearbeitung

Ende der 1970er Jahre hielt die digitale Technik Einzug in die Welt der Studioteknik. Als Erweiterung analoger Hardware war sie ursprünglich in hybriden Systemen vorzufinden, um Parameter der analogen Synthese digital zu steuern (RUSS, 2009, S. 205). So war der *Sequential Circuits Prophet 5* im Jahre 1978 der erste Synthesizer, dessen sämtliche Parameter digital gespeichert und abgerufen werden konnten (VAIL, 2000, S. 173). Zwei Jahre zuvor konnte sich der *Oberheim OB-4* zumindest bereits einige Einstellungen merken (BECKER, 1990, S. 52). Daneben beherbergt dieser Bereich aber auch jene Synthese-Formen, die sich aufgrund ihrer Komplexität erst durch den Einsatz digitaler Hardware (damit sind hier nach Punkt 2.2 also Geräte gemeint, für deren Funktionieren kein PC notwendig ist) oder Computer durchgesetzt haben (auch *Direkte Klangsynthese* genannt [ENDERS, 1997, S. 146]). Es lassen sich nun entweder aus

einfachen Signalen weit komplexere Wellenformen bilden, oder gleich wesentlich anspruchsvollere Ausgangsformen kreieren.

4.3.1. Frequenz Modulation

Die Frequenz Modulation Synthese beschäftigt sich mit der Modulation einer Frequenz (*Trägerfrequenz, Carrier*) durch eine andere (*Modulator*), wobei sich beide im für den Menschen hörbaren Bereich befinden. Findet die Modulation unterhalb der Hörschwelle statt, so ist sie als Vibrato wahrzunehmen. Befindet sie sich darüber, so stellen sich tiefgreifendere Ergebnisse ein. Je höher die Amplitude des Modulators, desto mehr Seitenbänder, also Teiltöne über und unter der Trägerfrequenz entstehen (Carrierfrequenz minus und plus Modulatorfrequenz bzw. ihre Vielfachen) (RUSS, 2009, S. 259). Der Modulator selbst tritt im Output nicht auf. Wenn Träger und Modulator in einem harmonischen Verhältnis zueinander stehen, treten nur harmonische Teiltöne auf. Ist das Verhältnis unharmonisch, so sind es auch die daraus entstehenden Seitenbänder, die den für die FM Synthese berühmten glockenähnlichen Klang verursachen. Die grundlegenden Wellenformen von Carrier und Modulator können den Klang zwar maßgeblich beeinflussen, spielen aber besonders bei der etablierten Yamaha-DX-Serie nur eine untergeordnete Rolle, da durch die Synthese selbst theoretisch beliebige Wellenformen gebildet werden können und so der Einfachheit halber mit mehreren, Sinuswellen ausgebenden Operatoren gearbeitet wurde.

Das vierte Beispiel soll die Kategorie des synthetisierenden Typs rein elektronischer Klangerzeuger abdecken (Dickreiter, 1997, S. 91):

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsoundOptions>
    -odac -iadc
  </CsoundOptions>
  <CsoundInstruments>
    sr = 44100
    kr = 4410
    ksmps = 10
    nchnls = 2
    0dbfs = 1
```

```

instr 1
iatt = 0.1
idec = 0.05
islev = 0.7
irel = 0.5
aenv madsr iatt, idec, islev, irel
kenv expsegr 32, 0.8, 1, 1, 4, 1, 32
kenv2 expseg 1, 1, 1, 1, 0.97, 1, 1.03, 0.5, 1, 5, 2, 10, 1.95
kamp = ampdbfs(p4)
kcps = cpspch(p5)
kcar = 1
kmod = 0.51*kenv2
kndx = 2*kenv
ifn = 1
idlt = 0.05
khp = 1000
asignal foscili kamp, kcps, kcar, kmod, kndx, ifn
asigfilt tone asignal, khp
adelay delay asigfilt, idlt
outs asigfilt*aenv, adelay*aenv
endin
</CsInstruments>
<CsScore>
f 1 0 16384 10 1
i 1 0 16 -12 7.09
i 1 0 16 -12 8.00
i 1 0 16 -12 8.04
i 1 0 16 -12 8.07
e
</CsScore>
</CsoundSynthesizer>

```

Bsp.4 – Csound, Grundlage des Klangbeispiels 04.wav (Code: Löwenstein, 2009)

Es handelt sich um einen per Frequenz Modulation Synthese (FM Synthese) erstellten Klang, der sich durch fortlaufende Änderungen maßgeblicher Variablen mit Hilfe einfacher mathematischer Funktionen in sich organisch bewegt. Außerdem wird er mit einer *Hüllkurve*, einem *Delay* und einem *Tiefpassfilter* ausgestattet. Eine gängige Form der Hüllkurve besteht aus einem Einschwingvorgang (*Attack*), einer ersten Abklingphase (*Decay*) bis zum Haltewert (*Sustain Level*) und einem Ausschwingvorgang (*Release*). Ein *Delay* (englisch für *Verzögerung*) löst ein Signal verzögert erneut aus.

Die Variable *kenv* entsteht aus einer per *expsegr* erstellten, exponentiellen Kurve (*exp*), bestehend aus mehreren Segmenten (*seg*) und einem abschließenden Release-Teil (*r*). In Beispiel 4 startet *kenv* beim Wert 32 und erreicht in 0.8 Sekunden 1. Nach diesem ersten

Segment führt die Kurve nach einer weiteren Sekunde zum Wert 4. Dort verharrt *kenv* bis zur Beendigung des Tons in der Partitur oder der eventuellen Midi-Eingabe. Die letzten beiden Einträge bestimmen danach die Dauer (1 Sekunde) bis der finale Wert 32 erreicht wird.

kenv2 entsteht ähnlich, doch fehlt der Release-Teil (*expseg*). So laufen die Werte wie bei *kenv* Segment für Segment durch, bis der letzte Eintrag (1.95) erreicht wird. Dort verharrt er allerdings nicht, sondern verläuft in der gleichen Attitüde des letzten Segments gegen Unendlich, beziehungsweise 0. Das geschieht in Beispiel 4 bei Tonereignissen ab einer Dauer von zusammengerechnet 18.5 Sekunden.

Die beiden oben beschriebenen Kurven finden nun in zwei von drei Variablen der FM Synthese Verwendung. Der Wert der Carrier-Frequenz *kcar* steht in direktem Verhältnis zur Grundfrequenz *kcps*. Ebenso die Modulations-Frequenz *kmod*. Diese erhält den unharmonischen Wert 0.51, um dem Endergebnis mehr Farbe zu verleihen. Per Multiplikation manipuliert wird sie durch *kenv2*. In der ersten Sekunde bleibt sie also konstant bei gut der Hälfte der Trägerfrequenz. Danach sinkt und steigt sie leicht, bis zur schlussendlichen Verringerung nach 0. Währenddessen ändert sich die Anzahl der entstehenden Seitenbänder (*kndx*). Von zu Beginn $2*32$ sinkt diese rasch auf $2*1$, was einen harten, fast perkussiven Anschlag ergibt. Danach hellt sich der Klang durch die Anhebung der Seitenbänder auf $2*4$ deutlich auf. Beim Release kehrt der Wert wieder schließlich auf seinen hohen Ursprung zurück. Durch die beiden Kurven *kenv* und *kenv2* bleibt der Klang also ständig in Bewegung.

Für den späteren Delay-Effekt wird nun die Verzögerungszeit *idlt* definiert. Der ebenso folgende Lowpass-Filter greift wie in Beispiel 3 auf seine Kennfrequenz *khp* zurück. Der Begriff *foscili* erstellt nun anhand seiner festgelegten Argumente das Frequenzmodulierte Signal *asignal*. Mit *delay* wird aus *asignal* ein verzögertes Signal *adelay* gewonnen. Zum Schluss wiederum werden das gefilterte, mit einer Hüllkurve ausgestattete Signal am linken, und das verzögerte Pendant am rechten Kanal ausgegeben. Die Signale enden übrigens zeitgleich, da für beide nach Ende des Erklings von *asignal* (nach 16 Sekunden) der Release-Befehl eintritt. Im Bereich der Partitur, also zwischen dem öffnenden und schließenden CsScore-Tag (<CsScore>...</CsScore>), ist diesmal ein gehaltener Am⁷-Akkord definiert.

Den Siegeszug der FM Synthese in den 1980er Jahren führte *Yamaha* vor allem mit dem *DX7* (1983) an, auch wenn dieser genaugenommen die mathematisch eng verwandte Phasen Modulation verwendet, die bei gleichem Prinzip Vorteile mit sich bringt. Die glockenähnlichen oder metallischen Klänge sind sein Markenzeichen. Die Umsetzung des erweiterten virtuellen Modells *Native Instruments FM7* (2001) ist mittlerweile selbst zum Klassiker unter den Plug-ins geworden (AMAZONA, 2006).

4.3.2. Wavetable Synthese

Die Wavetable Synthese setzt bei der Ebene des in Punkt 2.1 beschriebenen Grundprinzips digitaler Klangerzeugung an. Unter einer *Wavetable* versteht man also eine Tabelle, die mit den Werten eines Zyklus' einer Schwingungsform gefüllt ist. Wird diese periodisch abgerufen, erhält man die gespeicherte Schwingung (ENDERS, 1997, S. 362). Kann nun während der Klangerzeugung zwischen verschiedenen Wavetables und damit Schwingungsformen gewechselt werden, so spricht man von Wavetable Synthese.

Die ersten Wavetable Synthesizer baute Wolfgang Palm (*PPG*) Ende der 1970er Jahre, allerdings war er mit der Qualität und Durchsetzungskraft der in nur 8 bit aufgelösten digitalen Wellenformen unzufrieden, sodass er schließlich den *PPG Wave 2* mit analogen Bauteilen zum Hybrid ausstattete (VAIL, 2000, S. 203). Das mag auch der Grund sein, warum Martin Russ die Wavetable Synthese, eine im Prinzip grundlegend digitale Form der Klangerzeugung, in das Kapitel *Making Sounds with Hybrid Electronics* verlagert (RUSS, 2009, S. 216).

Den vorläufigen Höhepunkt fand der Einsatz verschiedener Wavetables in Form der Vektor Synthese. Hierbei kann das Mischverhältnis mehrerer Wavetable-Oszillatoren durch einen Joystick, der sich in einem zweidimensionalen Koordinatensystem bewegt, in Echtzeit verändert werden. Berühmte Beispiele hierfür sind der *Sequential Circuits Prophet VS* (1986), den *Arturia* als Software-Synthesizer realisiert hat, und die *KORG Wavestation* (1990), die von KORG selbst nachgebildet in der *KORG Legacy Collection Digital Edition* als Plug-in und Standalone erhältlich ist. Zuvor war sie zusätzlich zu emulierten Analog-Synthesizern in der *KORG Legacy Collection*, heute auch als *KLC-1* abgekürzt, zu finden, bis die virtuellen Instrumentensammlungen in *Digital Edition* und *Analog Edition* unterteilt wurden.

4.3.3. Granular Synthese

Die Granular Synthese erstellt Klänge, die aus einer Ansammlung von kürzesten Samples besteht. Bernd Enders stuft sie deshalb als „Klangsynthese innerhalb von Sample-Editoren“ ein (ENDERS, 1997, S. 117). Um Störgeräusche zu vermeiden, muss die Hüllkurve dieser *Grains* mit einer Länge im Millisekunden-Bereich entsprechend angepasst werden. Die Granular Synthese ist eine jener Synthese-Formen, die bisher nur in Form von PC-Software realisiert sind und noch kein Äquivalent in der Welt digitaler Hardware haben. Unter den Programmen, die gezielt über entsprechende Funktionen verfügen (theoretisch machbar aber nicht zumutbar ist ein manuelles Verfahren in jeder arrivierteren Wave Editing Software wie *Steinberg Wavelab*), befinden sich der *Native Instruments Absynth* und *Reaktor*, *Propellerhead Reason* sowie *Symbolic Sound Kyma*.

4.3.4. Digitale Klangbearbeitung

Bei der Virtualisierung geht das unterschiedliche Prinzip zwischen ursprünglich analoger und digitaler Hardware verloren. Emulationen analoger Geräte aber versuchen die durch elektrische Bauteile verursachten Ungenauigkeiten und dynamischen Eigenheiten, die den gewünschten Klang hauptsächlich auszumachen scheinen, so gut wie möglich nachzukonstruieren. Die digitalen Vorväter sind dagegen einfacher zu portieren, wobei auch hier zumindest Wandler für den Audio-Input und -Output verbaut werden mussten, die den Gesamtklang beeinflussten, was wiederum virtuell nachgebildet werden sollte. Die scheinbar geringsten Schwierigkeiten dürfte es beim softwarebasierten Nachbau älterer digitaler Hallgeräte geben. Diese arbeiten mit Hallalgorithmen, die problemlos in Software implementiert werden können und für deren Berechnung die Leistung aktueller Computer-Hardware ausreicht.

4.4. Sampling

Sampling steht grundsätzlich für das in Punkt 2.1 eingeführte Verfahren analoge Signale digital zu speichern. Als Klangsynthese versteht man demnach das Abspielen aufgenommener Klangabfolgen aus einem Speicher. Obwohl diese aus vielen Samples im technischen Sinne bestehen, hat sich der Begriff Sample ebenfalls für klangliche

Ausschnitte im Bereich von etwa einer halben bis dutzenden Sekunden durchgesetzt. Waren in der Vergangenheit sowohl die Dauer als auch die Qualität der Samples aufgrund des vergleichsweise hohen Platzbedarfs beschränkt, ist davon heute in Anbetracht des günstigen und übermäßigen Angebots an Speicherplatz keine Rede mehr. „Storage on hard disks has seen a halving of cost every 12 months or so for years” (RUSS, 2009, S. 328). So ist es beispielsweise nicht mehr unbedingt notwendig den quasistationären Abschnitt eines länger angehaltenen Tons eines gesampelten Instruments aus einem kurzen, periodisch abgespielten Abschnitt zusammensetzen (*Looping*) oder den vollen Tonumfang aus nur wenigen Stichproben pro Oktave durch unterschiedliche Abspielgeschwindigkeiten aufzufüllen (*Pitch Shifting*), um Speicherplatz einzusparen.

Im letzten Beispiel wird mit Csound-Code ein reproduzierender Synthesizer nachgebaut, der für die gesamte Klaviatur einen gespeicherten Ausgangsklang benutzt:

```
<CsoundSynthesizer>
  <Csoptions>
    -odac -iadc
  </Csoptions>
  <CsInstruments>
    sr = 44100
    kr = 4410
    ksmps = 10
    nchnls = 2
    0dbfs = 1

    instr 1
      kamp = ampdbfs(p4)
      kcps = cpspch(p5)
      ifn = 1
      ibas = 261.63
      imod1 = 1
      iatt = 0.2
      idec = 0.01
      islev = 0.99
      irel = 0.5
      aenv madsr iatt, idec, islev, irel
      alsignal, arsignal loscil kamp, kcps, ifn, ibas, imod1
      outs alsignal*aenv, arsignal*aenv
    endin
  </CsInstruments>
  <Cscore>
    f 1 0 0 1 "organ.wav" 0 0 0
```

```

i 1 0 5 -3 8.00 0.3 0.7
e
</CsScore>
</CsoundSynthesizer>

```

Bsp.5 – Csound, Grundlage des Klangbeispiels 05.wav (Code: Löwenstein, 2009)

Bei der Ausführung erklingen beide Kanäle der Stereo-Audiodatei *organ.wav* (deshalb *nchnls = 2*). Die Variable *ibas* enthält die Frequenz des Grundtons des Samples. Von dort aus wird es je nach *kcps* schneller oder langsamer abgespielt, wodurch sich logischerweise auch seine Dauer ändert. Um die in der Partitur gewünschte Tondauer beizubehalten, muss das Sample demnach geloopt werden. Informationen zu speziellen Loop-Eigenschaften einer Audio-Datei können sich in ihrem *Header* befinden, also im nicht erklingenden Datenteil zu Beginn jeder Datei (*head*, englisch für Kopf), der grundlegende Eigenschaften festlegt. Sind diese nicht vorhanden, so ist die Variable *imod1* mit dem Wert *1* für eine einfache Aneinanderreihung oder *2* für *Forward & Backward Looping* zu definieren, bei dem der Klang abwechselnd in beide Richtungen gespielt wird (VERCOE, 2009, S. 1053). Zusätzlich wird der relativ statische Klang der Orgel noch mit einer einfachen Hüllkurve mit Einschwing-, Abschwingvorgang, gehaltenem Ton und Ausschwingvorgang ausgestattet. Da sich die hierfür benötigten Parameter wie Attack (*iatt*), Decay (*idec*), Sustainlevel (*islev*) und Release (*irel*) nicht während des Erklingens einer Note ändern, sind sie als Initialisierungsvariablen, also Variablen, die sich ausschließlich in der Rate der Initialisierung des Instruments ändern können (NEUKOM, 2005, S. 235f), mit dem Prefix *i* realisiert. Danach wird per *madsr* eine midifähige Hüllkurve *aenv* mit den zuvor genannten Argumenten erstellt, da die mit *adsr* erstellten Envelopes für die Midieingabe nicht geeignet sind (VERCOE, 2009, S. 1087). Damit werden die Ausgangssignale zum Schluss in Form einer Multiplikation verknüpft. Der Befehl *loscil* (für *Loop Oszillator*) generiert nun ein Signal für den linken Kanal (*alsignal*) und eines für den rechten (*arsignal*) aus einer mit den Sampledaten gefüllten Tabelle. *outs* gibt anschließend beide aus.

In der Partitur *<CsScore>* muss mit *f* eine Tabelle für die Audio-Datei *organ.wav* erstellt werden, wobei an dieser Stelle wie schon zuvor die Erläuterungen sich nicht im Detail verlieren sollen. Die *i*-Zeile bewirkt nun ein sechs Sekunden andauerndes Signal mit Einschwing- und Ausschwingvorgang, bestehend aus einer geloopten, ursprünglich drei Sekunden langen Audiodatei.

4.4.1. Synthese

S&S, kurz für *Sampling and Synthesis*, spielt aufgenommene Klänge nicht nur ab, sondern beeinflusst deren Klang zusätzlich mit Filtern, Hüllkurven und Effekten. Diese Form der Synthese ist in vielen hybriden Synthesizern zu finden, genannt *Rompler* – nach Wieland Samolak eine Abwandlung von ROM-Player, bei dem Samples aus einem nicht beschreibbaren Speicher gelesen werden (*read only memory*) (ANWANDER, 2000, S. 162). Außerdem stellen die Rompler auch die Grundlage jener Geräte dar, die allgemein oft *Keyboard* genannt werden. Dies ist zwar „ein Begriff, der eigentlich nur aussagt, daß ein Gerät eine Klaviatur besitzt. Sehr oft wird darunter aber ein Alleinunterhalter-Keyboard mit Begleitautomatik und Rhythmusgerät verstanden. Solche Instrumente klingen zwar nicht unbedingt schlecht (sie benutzen meist das Rompler-Prinzip), aber sie haben nichts mit einem Synthesizer zu tun“ (ANWANDER, 2000, S. 163). Abgesehen von Modellen, die den Klang der Samples zusätzlich nach dem S&S-Prinzip verändern können – und dazu sind die meisten, wenn auch nur oberflächlich, fähig. Es handelt sich dabei bloß um eine äußerst beschränkt wandelbare Art der Synthese.

4.4.2. Geschichte

Vor der digitalen Speichermöglichkeit kamen Draht und später Magnetband zum Einsatz (RUSS, 2009, S. 186). Schon 1949 baute Harry Chamberlin den *Rhythmate 40*, einen rhythmischen Begleiter, der seine Klänge von Tonbändern bezog (RUSS, 2009, S. 337). In den 1960er Jahren baute er den gleichen technologischen Ansatz in das *Chamberlin* ein – der direkte Vorfahre des britischen Nachbaus *Mellotron* (1963). Jede der 35 Tasten steuert dabei jeweils ein eigenes Band und seinen Lesekopf. Ohne die Möglichkeit, den Klang – abgesehen von der Lautstärke – zu beeinflussen, qualifiziert sich das Mellotron nicht als Synthesizer. Da sich je nach Tastendruck aus mechanischen Gründen die Lautstärke des abgespielten Samples geringfügig dosieren lässt, gilt es jedoch als erstes Keyboard mit polyphonem Aftertouch, also der Funktion, auch nach dem Hinunterdrücken der Tasten aus dem Ruhezustand den Klang nachträglich verändern zu können (VAIL, 2000, S. 230). Die berühmteste Aufnahme mit Beteiligung des Mellotrons ist wohl *Strawberry Fields* von den *Beatles* (ALDERMAN, 2009). Die Flöten eingangs stammen von einem dem Instrument mitgelieferten Tonbandset – ein Band enthielt drei unterschiedliche Klänge von etwa 8 Sekunden Dauer. Da sich die eigene Herstellung

passender Sets als schwierig erweist, fallen Mellotrons eher in die Kategorie der *Sample-Replayer* (ähnlich *Rompler*, siehe Punkt 4.4.1), als in die der wahren *Sampler* (siehe Punkt 4.4.3) (RUSS, 2009, S. 188).

Der erste Synthesizer mit Sampling-Funktion war bereits ein digitales Gerät: der *Fairlight CMI* (1979). CMI steht für Computer Musical Instrument. Eine Hybridform der in Punkt 2.2 getrennten Bereiche von Computern und digitaler Hardware. Deutlich wird das in Anbetracht der Tatsache, dass der Rechner des CMI mit anderer Software auch separat durch *Remington Office Machines* vertrieben wurde. Aber auch die auf die Gegenwart umgemünzt vergleichbare *KORG OASYS* Workstation setzt auf allgemeine Computer-Bauweise (BELL, 2005). Beide haben Funktionen fernab eines reinen Synthesizers gemeinsam, die in Punkt 6.1 näher erläutert werden.

4.4.3. Sampler

Als Sampler bezeichnet man Geräte, die sich auf das Aufnehmen, Abspielen und Bearbeiten von Klangereignissen spezialisieren. Dabei kann es sich um notenweise gesampelte Instrumentenklänge genauso handeln, wie über gespielte bzw. gesungene Phrasen, Wortfetzen oder sonstige Geräusche, die ursprünglich möglicherweise in keinerlei musikalischem Kontext stehen (Autohupen, zerbrechendes Glas, usw.). Die Entstehung des Hip Hop ist eng mit dieser Technik verknüpft, wie auch mit den Drumcomputern der 1970er und 1980er Jahre.

Die synthetische Herstellung von rhythmischer Begleitung oder – moderner ausgedrückt – Beats verlief historisch von geschnittenen und geloopten Magnetbändern über analoge Elektronik und digitaler Hardware bis hin zum Computer (RUSS, 2009, S. 336ff). Den großen Durchbruch brachten Rhythmusmaschinen als Erzeuger analoger perkussiver Klänge, die in beliebiger Zusammenstellung als Pattern programmiert werden konnten (*Sequencing*), bis die Klangerzeugung zunehmend in Form von Samples aus dem digitalen ROM-Speicher stammte, wie bei dem *Linn LM-1* (1979). Ohne aber die Möglichkeit, selbst produzierte Klänge aufzunehmen und wiedergeben zu können, handelt es sich dabei also um *Sample-Replayer*. Bis heute sind allerdings analoge Modelle wie die *Roland TR-808* (1979) und *TR-909* (1984) ein fixer Bestandteil in der Produktion von Populärmusik. Der Rapper und Musikproduzent Kanye West widmete der zurzeit wohl

berühmtesten Drummaschine sogar ein ganzes Album (*808s & Heartbreak*), auf dem sie in jedem Song zum Einsatz kam (REID, 2008).

Eine Weiterentwicklung von Drumcomputern, die auch in der Hip Hop-Szene aufblühte, ist eine Sampler-Sequencer-Kombination mit anschlagssensitiven Pads, also kleinen quadratischen Flächen, die mit den Fingern gespielt werden können, um die gespeicherten Klänge anzusteuern. Weit verbreitet sind Modelle aus der *AKAI MPC* Serie (*Music Production Center*). Sie wurden, wie schon das *MPC 60* (1988), von Roger Linn designt, der bereits mit der *Linn 9000* (1984) in seiner alten Firma *Linn Electronics* den Grundstein legte (VINTAGE SYNTH EXPLORER, 2009).

Das Erbe der digitalen Hardware treten folglich Software-Sampler an, ohne dabei ihre Ahnen zu leugnen. In wahrscheinlich jeder Grundausstattung sind Samples der legendären TR-808 und TR-909 Drummachines enthalten. Der Einsatz originaler analoger Klangerzeuger mag selbst abseits rein nostalgischer Gründe reizvoll sein, digitale Sampler hingegen bieten gegenüber softwarebasierten Plug-ins eher nicht genügend vertretbaren Charme, um sie trotz geringerer Features sowie höherem Aufwand hinsichtlich Platz, Strom und Wartung weiterhin einzusetzen.

4.4.4. Sampling Techniken

Sampler sind besonders dazu geeignet, Musik in Form von Collagen zu erstellen. Zum Beispiel kann ein Rhythmus-Pattern oder Loop gesampelt, in seine Einzelteile zerlegt und neu zusammengefügt werden. Dabei können die Samples also zugeschnitten, gestreckt bzw. gestaucht und ihre Tonhöhe verändert werden. Soll ein Klang länger andauern, dabei aber die Tonhöhe beibehalten, so spricht man von *Time-Stretching*. Dabei müssen Werte innerhalb des Samples hinzugefügt werden. Soll der Klang beispielsweise doppelt so lange dauern, wird entweder jeder abgetastete Parameter verdoppelt oder durch Interpolation erstellt, was bedeutet, dass ein Wert zwischen zwei anderen approximiert und eingefügt wird. Das gleiche Prinzip wird angewandt, soll ein Sound die Tonhöhe verändern, ohne aber die Abspieldauer zu beeinflussen (*Pitch Shifting*). Ein nach oben transponierter Ton wird also schneller abgespielt, um die Frequenz zu erhöhen und anschließend per *Time-Stretching* auf die ursprüngliche Länge gestreckt. Doch gerade hier ist die Überlegenheit von Software gegenüber dem

zurückgegangenen Hardware-Segment besonders stark zu spüren. „The loop is one of the evolving areas of sampler technology, especially in the live performance context. The rapid evolution of computer software, as opposed to sampler hardware, has resulted in loops seeing quick adoption on computers, whilst hardware samplers have lagged behind. The end result has been that hardware samplers had almost completely disappeared by the mid-2000s, whilst computer-based sample replay and loop-based music generation had exploded in popularity and availability” (RUSS, 2009, S. 333). Hört man zeitgenössischen Hip Hop, erkennt man rasch die loopbasierte Arbeitsweise der Produzenten. Sampling eignet sich aber auch für den Live-Betrieb auf der Bühne, da bei richtiger Bedienung ein Pattern eingespielt, aufgenommen und nahtlos als neues Sample in einer Schleife abgespielt werden kann (*Re-Sampling*). So lassen sich nach und nach verschiedene Teile eines Stückes in beliebigen Zusammensetzungen übereinander legen und arrangieren. Um die Hände für Instrumente frei zu haben, können die wichtigsten Funktionen der meisten digitalen Geräte mit Foot-Switches, also Fußpedalen gesteuert werden. Die Technik eröffnet völlig neue Möglichkeiten für Alleinunterhalter. Diese können nun jedes erdenkliche Instrument zu einer Performance mischen, ohne sie tatsächlich gleichzeitig spielen zu müssen beziehungsweise Effekte erzielen, die selbst bei mehreren Akteuren auf der Bühne ohne Sampling nicht denkbar wären. Oder aber sie greifen – für die Rhythmusgruppe etwa – auf bereits gespeicherte Samples zurück. Letzteres ist dann als Mischform anzusehen, da zwar Klänge vorbereitet sind, das Arrangement und eventuell sogar die Komposition hingegen live geschehen. Eine Kategorisierung erweist sich hier als problematisch, denn die Grenzen sind fließend.

4.4.5. Sampling Software

Gängige Sampler auf Softwarebasis sind *Native Instruments Kontakt*, *Steinberg Halion*, *Emagic EXS24* sowie *Tascam Gigasampler*. Der Markt an Sample-Sammlungen auf CD und DVD ist unüberschaubar. Schlagzeug-Sets, Ethnische Klänge, Effekt-Sounds, Spielzeug-Melodien, Gospel-Aufnahmen, Geräusche für Film und Fernsehen – es gibt sprichwörtlich nichts, was es nicht gibt. Einerseits steht den Komponisten und Produzenten so die Welt offen, andererseits birgt der Vorgang, Sample-Libraries Klang für Klang durchzuhören, die Gefahr, sich mehr damit als mit der Musik- oder Tonproduktion selbst zu beschäftigen. „The wide availability of pre prepared sounds for

samplers is analogous to the patches that are available for software-based analogue modular synthesizers. In both cases, most users make only minor changes to the sounds which have been created by a few highly skilled individuals“ (RUSS, 2009, S. 29). Ähnlich verhält es sich also auch bei *Presets* (oder *Patches*) von Synthesizern, die abgegrast werden, ohne den Versuch zu starten, den gewünschten Klang selbst zu formen (mehr dazu in Punkt 7.2.1).

4.4.6. Gesampelte Instrumente als Plug-in

Als Synthesizer durch den technischen Fortschritt erstmals in der Lage waren, Samples in für damalige Verhältnisse ansprechender Qualität wiederzugeben, mussten sie im Gegensatz zu heute nicht dem realen Vorbild, sondern der bis dahin üblichen synthetischen Nachahmung standhalten. Und da konnten sie in Bezug auf realitätsnahen Klang nur gewinnen, selbst wenn der Speicherplatz und demnach auch die Auflösung der Samples äußerst begrenzt vorhanden waren. Erst erweiterte Spielweisen oder Programmiermöglichkeiten können ein virtuelles Instrument, das auf Samplewiedergabe beruht, in die klangliche Nähe der Originale bringen. Und die erfordern zumeist noch mehr Samples. Einerseits für die unterschiedlichen Lautstärken: Da sich das Obertonspektrum des Klangs beispielsweise einer angeschlagenen Klaviersaite je nach aufgewendeter Kraft anders entwickelt, reicht es nicht aus, die Lautstärke eines einzigen Samples entsprechend der Anschlagsstärke anzupassen.

Andererseits für allerlei während des Spielens des Instruments auftretende Geräusche. Die Mechanik der Tasten oder Pedale kann akustisch abgebildet werden. Je nach Pedalstellung schwingen auch Saiten mit, die nicht angeschlagen werden. Das variable Abstrahlverhalten bei geöffnetem oder geschlossenem Flügel bietet schließlich Gestaltungsmöglichkeiten. Und dabei wartet das hier als Beispiel dienende Klavier im Vergleich zu anderen Klangerzeugern nur mit einer beschränkten Anzahl an unterschiedlichen Spielweisen auf. Anders verhält es sich bei Streich- und Blasinstrumenten. Der Aufwand, eine möglichst authentische Wiedergabe zu produzieren, steigt gewaltig und hat mit der relativ statischen Wiedergabe von Samples von S&S Synthesizern nur mehr wenig gemein. Außerdem kommt man um zusätzliche Programmierung nicht herum, womit sich ein vielseitiges Live-Spiel noch nicht zufriedenstellend verwirklichen lässt.

Den größten Schritt in diese Richtung geht wohl die österreichische Firma *Vienna Symphonic Library*. Ihre international vielfach ausgezeichneten *Vienna Instruments*, hauptsächlich bestehend aus Orchester-Instrumenten, beherbergen mittlerweile über eine Million Samples (VSL, 2009c, S. 1). Anders als eine reine Sample Library, die massenhaft Klänge mehr oder weniger Stück für Stück zur Verfügung stellt, werden die Aufnahmen der *VSL* mit einer intelligenten Player Software angesteuert, die durch Performance Detection-Algorithmen in Echtzeit die richtigen Samples passend zur entsprechenden Spielweise auswählen soll – „als könnte das Software-Instrument Gedanken lesen“ (VSL, 2009b, S. 7). Eine weitere klangliche Besonderheit der *Vienna Instruments*, die es dem virtuellen Orchester erlaubt, Klangfolgen noch realitätsnäher abzubilden, ist die Idee des Gründers und Geschäftsführers der *Vienna Symphonic Library*, Herbert Tucmandl, neben Einzeltönen ebenso gängige Tonverbindungen aufzuzeichnen (VSL, 2009c, S. 1).

Neben der Königsdisziplin Orchester erfreut sich das Klavier großer Beliebtheit bei Herstellern samplebasierter virtueller Instrumente. Hier sind besonders *Synthogy Ivory*, *Steinberg The Grand 3*, *Native Instruments Akoustik Piano* und *VSL Vienna Imperial* zu nennen. Letzteres benötigte zur Aufnahme nicht einmal mehr einen Pianisten, wurde doch ein computergesteuerter Bösendorfer Flügel eingesetzt. Durch dessen *CEUS*-Technologie wurden erstmals „bis zu 100 Velocities [...] pro Taste und Spielweise aufgenommen. [...] Kein Pianist, wie geübt auch immer, wäre in der Lage, 100 gleichmäßig abgestufte Velocities von Pianissimo bis zu Fortissimo zu spielen, und diese dann auch noch gleichmäßig dazupassend in den Spielweisen mit gedrückten Pedalen zu wiederholen“ (VSL, 2009d, S. 2).

Selbst das komplexeste bisher bekannte Instrument – die menschliche Stimme – hat bereits Einzug in die Welt der samplebasierten virtuellen Instrumente gefunden. Mithilfe des Programms *Wordbuilder* lässt sich mit der *East West Quantum Leap Symphonic Choirs Library* sogar Sprache simulieren.

4.5. Physical Modeling

Bei *Physical Modeling* wird nicht versucht, den Klang als solchen zu synthetisieren, sondern die physikalische Entstehung zu modellieren (NEUKOM, 2005, S. 357). Das in

Punkt 4.2 angesprochene *Component Modeling* folgt einem ähnlichen Ansatz. Dabei werden klangbildende Vorgänge auf die Ebene grundlegender Elemente verlegt, deren Wechselwirkungen auf einen Impuls hin untersucht und mit dem Computer rechnerisch nachgebildet (NEUKOM, 2005, S. 499). Der Impuls kann beispielsweise das Zupfen einer Saite, das Anblasen eines Mundstückes oder das Anschlagen eines Klangstabes sein.

Begibt man sich beim Modellieren auf die niedrigste Ebene, jene von Einzelpunkten, die einander beeinflussen, so spricht man vom *Feder-Masse-Modell*. Um die fließenden Kräfte durch Schwingung zwischen den einzelnen Einheiten zu simulieren, ist jede Masse über zumindest eine virtuelle Sprungfeder mit anderen verbunden. Eine Saite kann so beispielsweise als Kette von gekoppelten Punkten dargestellt werden, eine Membran als Matrix (MIRANDA, 2002, S. 81). Das Verfahren der *Waveguide Synthese* geht bereits von Wellen aus, die entlang eines Leiters, wie beispielsweise einer Saite oder einer Luftsäule innerhalb eines Rohres, laufen und sich durch Reflexion und Absorption entsprechend aufschaukeln, bis sie abklingen. Es eignet sich daher hauptsächlich für die Simulation von Saiteninstrumenten sowie Blech- und Holzbläsern (SMITH III, 2006, S. 1). Eine gezupfte Saite verursacht einen Impuls in beide Richtungen, bis ein Teil der Energie an den Enden absorbiert und der Rest reflektiert wird. In weiterer Folge entstehen Bewegungen, die für das jeweilige Instrument charakteristisch sind. Ähnliches gilt für Schwingungen innerhalb des Rohres eines Blasinstruments. Technisch wird dies mit Verzögerungstrecken (*delay lines*) und Filtern realisiert. Die Filter übernehmen die Energieabsorption und Klangformung durch Endstücke oder Resonanzkörper. Die Verzögerungseinheit, die ein eingehendes Signal speichert, ausgibt und verzögert erneut aussendet, ist für die Simulation der Reflexionen zuständig. Die Dauer der Verzögerung entspricht der Zeit, die vergeht, nach der ein reflektiertes Signal erneut vom ursprünglichen Startpunkt aus startet (MIRANDA, 2002, S. 75f). Das Verhalten vibrierender Medien wird auch mit dem Einsatz eines *Cellular Automata lookup tables* simuliert. Hierbei werden nach einem Impuls zufällig angeordnete Daten eines *Wavetables* durch mathematische Vorgänge nach und nach in eine bestimmte Ordnung gebracht – vergleichbar mit einem unharmonischen Anschlagsgeräusch, das zu einem harmonischen Klang verläuft (MIRANDA, 2002, 77f). Ebenfalls zur Simulation von vibrierenden Festkörpern geeignet ist die *Karplus-Strong-Synthese*. Dabei wird ein Rauschen oftmals über eine Verzögerungskette durch ein Tiefpassfilter geschickt, welches jeweils zwei Signale mittelt, wodurch nach und nach unharmonische

Frequenzen wegfallen, bis schlussendlich ein Grundton übrig bleibt, dessen Amplitude gegen 0 geht (NEUKOM, 2005, S. 593).

Ein großer Vorteil von per *Physical Modeling* hergestellten Klängen ist die relativ einfache, kontrollierbare und in Echtzeit während des Spiels einsetzbare Veränderbarkeit durch Eingriff in die in Vielzahl zur Verfügung stehenden, allerdings heikel zu behandelnden Parameter. Beim Variophon beispielsweise, einem elektronischen Blasinstrument, das per Impulsformungssynthese akustische Vorbilder simuliert, können maßgebliche Parameter durch den Blasdruck, der mithilfe eines Blaswandlers erfasst wird, vom Instrumentalisten auf relativ natürliche Art und Weise spontan reguliert werden (ENDERS, 1997, S. 342). Dadurch sind lebendigere Live-Performances möglich. Außerdem können per *Physical Modeling* ebenso Instrumente simuliert werden, die zwar grundsätzlich realen Vorbildern ähneln, jedoch besondere, möglicherweise experimentelle Eigenschaften besitzen: Sei es ein speziell geformter Resonanzkörper für ansonsten herkömmliche Saiten oder besonders kunstvoll geformte Blasinstrumente. Außerdem hält sich der für die Installation notwendige Speicherplatz gerade im Vergleich zu großen Sample-Bibliotheken in Grenzen.

Autor Florian Anwander sieht schon im Jahr 2000 die Zukunft der Synthesizertechnik im Prinzip des *Physical Modeling*, wobei nach seiner Meinung das „Nachmachen alter Technik angesichts der wahren Möglichkeiten dieses Synthesepinzips vergeudete Energie ist“ (ANWANDER, 2000, S. 163). Doch in der Zwischenzeit verhalf der steigende Speicherplatz verfügbarer Computersysteme den aufwendigen Sample-Libraries zur Hochblüte. Der Einsatz von Samples war mangels Prozessorleistung auch schon in der Vergangenheit selbst trotz vorerst geringer Audio-Auflösung sicherer als sonstige Synthese-Formen, wenn Realitätsnähe im Vordergrund stehen sollte. Der erste kommerziell verfügbare *Physical Modeling* Synthesizer, der *Yamaha VL1*, war 1994 durch seine *Waveguide Synthese* zwar eine echte Revolution – gerade in Bezug auf synthetische Blasinstrumente –, allerdings aufgrund des Preises nicht massentauglich (RUSS, 2009, S. 376). Heutige Computer erlauben es mit Hilfe von geeigneter Software, komplexes Modellieren physikalischer Prozesse durchzuführen. Im Bereich der für die Musikproduktion relevanten Plug-ins sind *Arturias* Blechbläser (*BRASS*), *AASs* Saiteninstrumenten (*String Studio*) und *Modartts* Klavier (*Pianoteq*) zu nennen. „The hammer of a piano is one example of the complexity of characteristics that needs to be

considered [...]. The hammer is accelerated by the piano action and hits the string. It then moves the string away from its rest position, but this is cushioned by the felt; therefore, the transfer of energy does not happen instantaneously. Although the felt is being compressed by being pressed against the string, the string itself is starting to vibrate. The hammer continues to move the string away from the rest position until the tension in the string is equal to the force expended by the hammer, and the string then moves back towards its rest position, and the hammer bounces off. This is not a simple 'step of change' transfer of energy to a resonator, but a coupled system where the string is part of the driver and the resonator; and the felt acts to smooth the transfer of energy to the string both when the hammer hits the string and when it bounces away from the string" (RUSS, 2009, S. 287).

Den vorläufigen Höhepunkt dieser Entwicklung stellt aber wieder ein Hardware-Gerät dar: das 2009 vorgestellte *Roland V-Piano*. Es handelt sich um ein Stage-Piano mit *Physical Modeling* Technologie. So können spezifische Eigenschaften von Saiten, Hämmern, Dämpfern, Resonanzboden und Rahmen in jener Form angepasst werden, wie sie in Klavieren in den vergangenen Jahrhunderten bis heute eingesetzt wurden. Aber auch physikalisch unmögliche Eigenschaften können virtuell verbaut werden (ROLAND, 2009). Eine detaillierte grafische Rückmeldung der Anpassungen und einfachere Dateneingabe ist per USB auch am Computer möglich, aber nicht zwingend notwendig. Ein solch flexibles und vielseitiges digitales Klavier könnte – gerade auf der Bühne im Vergleich zu herkömmlichen Geräten oder akustischen Vertretern – ungewohnte und unerwartete Einsatzgebiete erschließen.

4.6. Impulsantwort und Faltung

Die Grundidee der folgenden Technik zur Klangformung besteht darin, die akustischen Eigenschaften eines Systems, beispielsweise eines Raumes, auszumessen und auf ein davon unabhängiges Signal zu rechnen. Um die hierfür notwendigen Daten zu gewinnen, muss die akustische Antwort des Systems auf einen Impuls, zum Beispiel der Nachhall, aufgenommen werden. Dafür reicht ein kurzer Impuls oder ein *weißes Rauschen*, also ein Geräusch, das alle hörbaren Frequenzen in statistisch gleicher Lautstärke in sich vereint, aus (ENDERS, 1997, S. 249). Anschließend werden die Produkte der Werte der Impulsantwort mit jenen eines möglichst trocken aufgenommenen Signals, das die

akustischen Eigenschaften des Systems erhalten soll, addiert (NEUKOM, 2005, S. 640). Um den Rechenaufwand zu reduzieren kann die Multiplikation beider Signale anstatt in der zeitlichen Darstellung im Frequenzbereich vollzogen werden. Für diese als *Schnelle Faltung* bezeichnete Technik ist also ein Transfer der Daten des Signals in das Frequenzspektrum notwendig, aus dem wiederum zeitabhängige Stichproben gewonnen werden. Grundlage dafür ist die *Fast Fourier Transformation* (siehe Erläuterung zum *Fourier-Theorem* in Punkt 4.2.1) (NEUKOM, 2005, S. 139). Das zuvor trockene Signal verhält sich nun annähernd so, als würde es von dem System abhängig erklingen. Eine im Studio aufgenommene Trompete kann so künstlich in die Wiener Karlskirche verlegt werden. Der so erzeugte Nachhall (*Faltungshall*) ist aber auf die beiden Positionen und Ausrichtungen des Impulserzeugers und der Aufnahmevorrichtung festgelegt. Für mehrere Standpunkte, seien es die verschiedenen Reihen für das Publikum eines Konzertsaales, die unterschiedlichen Positionierungen spezifischer Orchesterinstrumente oder spezifisches Abstrahlverhalten, sind ebenso viele Impulsantworten notwendig.

Die Firma *Vienna Symphonic Library*, die sich der perfekten Orchestersimulation verschrieben hat, setzt mit dem Programm *Vienna MIR* (steht für *Multi-Impulse Response*) den bisher aufwändigsten Maßstab. Die bis dato verfügbaren fünf Säle des Wiener Konzerthauses wurden mit insgesamt über 11.000 Impulsantworten erfasst (VSL, 2009e). Daher kann für jedes Instrument in verschiedenen Zusammenstellungen des Orchesters jener Platz im Raum ausgewählt werden, den man als Zuhörer persönlich im Saal selbst auch wahrnehmen würde – oder man experimentiert mit noch nie Dagewesenem, ohne Musiker bezahlen zu müssen. Für den bisher realistischsten Klang sorgt die Modellierung des Abstrahlverhaltens: „Das nach hinten gerichtete Horn hat eben ein anderes räumliches Abstrahl-Profil als zum Beispiel die nach vorne schmetternde Trompete. Die MIR-Engine berücksichtigt diese richtungsabhängigen Klangunterschiede, und Sie hören daher unser virtuelles Solohorn genau so, wie wenn es auf der von Ihnen bestimmten Stelle auf der Bühne stünde“ (VSL, 2009a, S. 2).

Zu den ursprünglichen Raumsimulationen per Faltung haben sich mittlerweile auch Systeme wie legendäre Entzerrer und Kompressoren gesellt. Deren Verhalten jedoch ist komplexer zu berechnen als jenes eines linearen, zeitinvarianten Systems wie eines Raumes (NEUKOM, 2005, S. 138). Daher sind die Ergebnisse auch durch notwendige

Einsparungen mangels Rechenkraft beispielsweise per Interpolation, also der Annäherung an Werte zwischen zwei Stichproben, generell weniger überzeugend. Einerseits sind dabei an die unzähligen Einstellungsmöglichkeiten aller Regler eines Equalizers und andererseits an die nicht-linearen Veränderungen des Signals durch einen Kompressor auf der Zeitachse zu denken.

Der *Focusrite Liquid Mix*, eine externe DSP-Einheit für den Computer, bietet Entzerrer und Kompressoren als Plug-ins, die auf per Faltung simulierten Hardware-Geräten beruhen. Die Daten werden durch die von *Sintefex Audio* patentierte *Dynamic Convolution* Technik bereitgestellt. Abhängig von Eigenschaften des Eingangssignal wie der Amplitude und dem Input des Benutzers, also beispielsweise die Stellungen von Drehreglern, werden jeweils passende Impulsantworten ausgewählt (KEMP, 1997). Da schließlich jedes einzelne analoge Studiogerät geringfügig anders klingt, als seine baugleichen Mitstreiter desselben Herstellers, bietet die Bedienungsanleitung eine Dokumentation der zur Datengewinnung verwendeten Entzerrer und Kompressoren inklusive der Seriennummer an.

Die Plug-in-Sammlung *Nebula 3* von *Acustica Audio* wartet zusätzlich mit ausgemessener Effekt-Hardware wie Phaser, Flanger, WahWah- und Hallgeräten auf. Die zugrundeliegende *Diagonale Volterra Kernel Faltung* (FARINA, ET. AL., 2007, S. 2) ist effizienter zu berechnen und erlaubt dadurch einen geringeren Abstand zwischen den einzelnen Messungen, zwischen welchen mithilfe eines trickreichen Interpolations-Algorithmus weich gemorpht, also nahezu stufenlos gewechselt werden können soll (FARINA, ET. AL., 2007, S. 5).

5. Formate und Schnittstellen

Die Konventionen, wie Daten innerhalb einer Datei aufbereitet sind oder Kommunikation über Schnittstellen geführt wird, nennt man Formate beziehungsweise Protokolle. Letztere sind für den Benutzer zweitrangig, da man den Datenfluss ohnehin nicht ohne weiteres unmittelbar verfolgen kann. Das *IP-Protokoll* beispielsweise sorgt für die Datenübertragung im Internet. Formate hingegen sind augenscheinlicher. Jedes Dateiformat besitzt eine Endung aus zumeist drei Buchstaben, die mit einem Punkt vom Dateinamen getrennt ist (z.B.: Brief.doc oder Bild.jpg). Auch wenn diese in modernen

Betriebssystemen standardmäßig nicht mehr in dieser Form angezeigt wird, ist das Format an einem Symbol oder in weiterführenden Menüs beziehungsweise Anzeigen ersichtlich. Mittlerweile gibt es bei vielen gängigen hauptsächlich visuell orientierten Formaten durch moderne Betriebssysteme die Möglichkeit einer Miniaturansicht, sodass das Symbol einer Datei bereits eine Vorschau zu deren Inhalt bietet.

Ab und an müssen Formate und Protokolle neuesten Anforderungen entsprechend angepasst werden. Beispielsweise reicht die Konvention des im Moment vorherrschenden IP-Protokolls (*IPv4*) nur für eine beschränkte Anzahl an Internetadressen aus, sodass für die Zukunft eine neue Version namens *IPv6* entwickelt werden musste, die zwar bereits von den meisten modernen Systemen unterstützt aber vergleichsweise noch kaum genutzt wird (GUNDERSON, 2008, S. 5). Auffallender ist gegebenenfalls die fehlende Unterstützung von Formaten wie beispielweise *docx*, einer modernen Erweiterung des von *Microsoft* in der Textbearbeitungs-Programmreihe *Word* benutzten *doc* (für Dokument). Um ein solches Dokument anzeigen zu können, muss die neueste Version der *Word* Software oder ein frei verfügbares Plug-in für ältere Versionen installiert werden.

Je nach Hersteller können Programme aber auch mit mehreren vergleichbaren Dateiformaten unterschiedlicher Herkunft umgehen. So kann aufwändige, hochentwickelte Software oftmals Dateien für den gleichen Zweck, die mit einfacheren Mitteln erstellt wurden, öffnen und weiterverarbeiten. So öffnet, um bei dem einfachen Beispiel der Textverarbeitung zu bleiben, das weit verbreitete *Microsoft Word* auch die schlichten *txt* (für Text) und *rtf* (für Rich Text Format) Formate, wohingegen ein simpler Texteditor mit den technischen Möglichkeiten eines *doc* in Bezug auf Textformatierung (Stichwort Tabellen, Grafiken, etc.) nichts anfangen kann und eine entsprechende Datei entweder fehlerhaft oder gar nicht darzustellen vermag. Probleme mit der Kompatibilität und einheitlichen Normen ziehen sich wie ein roter Faden durch die Geschichte der Technik. Erst seit wenigen Jahren sind IBM-kompatible Computer und die *Apple Macintosh* Pendanten technisch einander näher gerückt. Als aktuelle Beispiele sind die EU-weite Vereinheitlichung von Handy-Aufladegeräten und die daraus resultierende Diskussion über einheitliche Stecker zum ‚Auftanken‘ elektrisch betriebener Autos zu nennen. Damit auch elektronische Musikinstrumente und

Studiogeräte verschiedener Hersteller miteinander kommunizieren können, bedarf es ebenfalls eines Protokolls und einer passenden Hardware Schnittstelle.

5.1. MIDI

5.1.1. Geschichte

MIDI steht für *Musical Instrument Digital Interface*. Die ursprüngliche Idee war es, spannungsgesteuerte Musikinstrumente – eventuell unterschiedlicher Bauart – auf digitaler Ebene zu verbinden, um eine gegenseitige Steuerung zu gewährleisten. Nicht also fertige Klänge, sondern lediglich Steuerdaten waren die Basis der Kommunikation untereinander. Nach vereinzelt Alleingängen – also proprietären Verbindungsmöglichkeiten verschiedener Geräte eines bestimmten Herstellers – konnten sich renommierte Hersteller nach ursprünglicher Initiative *Dave Smiths*, Präsident von *Sequential Circuits* (MANNING, 2004, S. 266), im Jahre 1983 schlussendlich auf die MIDI 1.0 Spezifikation einigen, die eine Hardware-Schnittstelle und das zugehörige Protokoll beinhaltet (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 372f). Erstmals verbaut wurde ein MIDI Hardware Interface im *Sequential Circuits Prophet-600* im Jahre 1983 (ENDERS, 1997, S. 175). Bis heute hat sich das Protokoll nicht wesentlich verändert, doch anstelle von 5-poligen MIDI-Steckern werden durch die Konzentration diverser MIDI-Anwendungen auf dem Computer nun vermehrt USB-Kabel eingesetzt. Da der PC und/oder das daran angeschlossene Audio-Interface zumeist als Schaltzentrale mit erweiterten Konfigurationsmöglichkeiten in Bezug auf MIDI fungiert, gehören aufwändige MIDI-Patchbays, die den Datenfluss zwischen Eingabe- und Ausgabegeräten in die richtigen Bahnen lenkt, überwiegend der Vergangenheit an.

Damit MIDI-Instrumente – hauptsächlich Sample-Player in Form von Home-Keyboards oder PC-Soundkarten – nicht nur Daten austauschen können, sondern dabei auch noch ähnlich klingen, also ein vergleichbares Set an Stimmen beziehungsweise Instrumenten benutzen, wurde 1991 der General MIDI Standard (*GM*) geschaffen (HEWLETT, ET. AL., 1997, S. 44). Er legt fest, auf welcher Position im Speicher welcher grundsätzliche Klang zu ertönen hat. Wird also auf Keyboard A ein Arrangement mit Flügel (*Piano 1*), Geige (*Violin*) und Kontrabass (*Acoustic Bass*) erstellt, so soll dieses auf Keyboard B ähnlich klingen. Folgt letzteres allerdings nicht dem GM-Standard, so hat das womöglich eine

unzumutbare Zusammenstellung von Klängen zur Folge. Man stelle sich vor, der mehrstimmige Klavier-Part würde von einem Oboen-Sound übernommen, oder die Violine von einem Schlagzeug gespielt werden.

5.1.2. Technik

Wie bereits in Punkt 5.1.1 erwähnt, handelt es sich bei MIDI nicht um akustische, sondern um steuernde Signale. Mit diesem Hintergrund lässt sich dem lange verbreiteten Vorurteil, MIDI würde „schlecht klingen“, leicht entgegen. Es kommt natürlich auf die Klangerzeuger an. Waren früher günstige Soundkarten-Chips für das Resultat eines abgespielten MIDI-Arrangements beispielsweise auf dem in den 1980ern und 1990er stark wachsenden Markt der Computerspiele verantwortlich, so lassen sich heute dank der gesteigerten Rechenleistung aktueller Hardware-Komponenten moderner Computer theoretisch qualitativ hochwertige, komplexe Plug-ins ansteuern. Andererseits ist MIDI für PC Spiele schon lange kein Thema mehr, da durch die verminderte Speicherplatz-Problematik Audioaufnahmen in CD-Qualität oder datenreduzierter mp3-Form mitgeliefert werden können. Dies allerdings schränkt die Flexibilität des kontextbezogenen Musikeinsatzes ein.

Der Inhalt von einem MIDI Signal kann in zwei grundlegende Bereiche unterteilt werden: *Channel Messages* und *System Messages*. Erstere beinhalten kanalbezogene Informationen über Programm, also welcher Klang gewählt wird, Noten und klangverändernde Maßnahmen. Letztere hingegen beschreiben globale, also auf das gesamte System zutreffende Parameter. Ein MIDI Event wird mit zwei bis drei MIDI Bytes definiert: einem Statusbyte und bis zu zwei Datenbytes. Ein MIDI Byte enthält 10 Bits. Dies sind die in der Informatik üblichen 8 sowie einem Start- und Stopbit zur Fehlerkorrektur (MANNING, 2004, S. 275). Abgesehen von den beiden umrahmenden Bits legt das letzte Bit (links; Bits werden von rechts nach links gelesen) eines Bytes mit dem Wert 1 oder 0 fest, ob es sich um ein Status- oder Datenbyte handelt. Bits Nummer zwei bis vier eines Statusbytes legen den Befehl fest. Das kann beispielsweise ein *NOTE_ON* oder *NOTE_OFF* Befehl sein, der bestimmt, ob ein Ton beginnt beziehungsweise endet, oder ein *CONTROL CHANGE* Befehl, der besagt, dass eine der verfügbaren klangbeeinflussenden Maßnahmen aktiviert werden soll. Die restlichen vier Bits des Statusbytes definieren einen der 16 Kanäle, den der Befehl betrifft. Denn mit

vier binären Bits, die also lediglich den Wert 1 oder 0 enthalten können, lassen sich 2^4 Permutationen darstellen und demnach 16 unterschiedliche Kanäle ansteuern.

Angenommen das Statusbyte eines MIDI Events enthält den *NOTE_ON* Befehl, so bestimmt das erste zugehörige Datenbyte die Tonhöhe und das zweite die Anschlagsstärke. Dafür stehen jeweils 128 unterschiedliche Werte zur Verfügung, da sich bei den sieben freien Bits eines Datenbytes 2^7 unterschiedliche Zusammenstellungen darstellen lassen. Folglich sind auch für *CONTROL CHANGE* 128 klangverändernde Elemente mit jeweils 128 Stellungen möglich. *CC#64*, das Sustain-Pedal, benötigt hingegen nur deren zwei. Die Werte 0 bis 63 bedeuten für das Pedal die Ruheposition, 64-127 den aktivierten Zustand.

Da es sich bei MIDI um eine serielle Schnittstelle handelt, die Daten also hintereinander und nicht parallel transferiert werden, sorgt die Übertragungsgeschwindigkeit von 31250 Baud (31250 bit/Sekunde) für einen möglichst reibungslosen Ablauf. Wird dieser Rahmen durch eine zu rasche Abfolgen von MIDI Events dennoch ausgeschöpft, müssen sich Bytes „anstellen“, was im Extremfall hörbare Verzögerungen zur Folge haben kann (MANNING, 2004, S. 274).



Abb. 4 – Notation (Abb.: Löwenstein, 2009)

Das Äquivalent der in Abbildung 4 aufgezeichneten Note als MIDI Events könnte von rechts nach links folgendermaßen aussehen:

Hexadezimal (ohne startbit/stopbit):

0	90	42	7F
12	80	42	7F

Abb.5 – MIDI Signal Hexadezimal (Abb.: Löwenstein, 2009)

```

Binär:

0      1011111110  1010000100  1100100000
12     1011111110  1010000100  1100000000
      ┌──────────┐ ┌──────────┐ ┌──────────┐
      │ Datenbyte 2 │ │ Datenbyte 1 │ │ Statusbyte │
      └──────────┘ └──────────┘ └──────────┘

      Anschlag 127      Note 66      NOTE_ON Kanal 1 (Nr. 0)
      Loslassen 127     NOTE_OFF

⏱Zeit (dezimal)   Bytesorte   Startbit/Stopbit (0/1)

```

Abb.6 – MIDI Signal Binär (Abb.: Löwenstein, 2009)

Wann innerhalb einer MIDI Signalkette welche Events tatsächlich ausgelöst werden, wird relativ in Bezug auf die jeweils vorangegangenen Events mithilfe der tempoabhängigen *MIDI Timing Clock* festgelegt, die mit mindestens 24 ppq arbeitet (*pulses per quarter*) (DAVIS, ET. AL., 1990, S. 396). Im Gegensatz zur Anschlagstärke spielt die Geschwindigkeit des Loslassens einer Taste bei kaum einem Synthesizer eine Rolle (zweites Datenbyte des *NOTE_OFF* Events). Daher werden in der Regel anstatt des *NOTE_OFF* ein weiteres *NOTE_ON* Event mit der Anschlagsstärke 0 gesendet (MANNING, 2004, S. 271).

5.1.3. Einsatz

Mithilfe von MIDI lässt sich also beispielsweise ein Klangerzeuger über die Tastatur eines anderen, mit MIDI-Kabel verbundenen Synthesizers steuern. Auf der Bühne hat dies zur Folge, dass sich der Keyboarder einer Band nicht mehr hinter einem Turm von Synthesizern verstecken muss, sondern mit geschickter Konfiguration Platz sparen kann. Durch die rasante technische Entwicklung geht das auf heute bezogen so weit, dass eine Klaviatur ohne eigene Klangerzeugung (*MIDI Masterkeyboard*) sämtliche auf einem schlanken Notebook verfügbaren Synthesizer-Plug-ins eben dafür heranziehen kann. Sollen allerdings live Eingriffe in den Klang vorgenommen werden, reichen die Tasten als Controller nicht mehr aus. Das MIDI-Protokoll beherbergt daher zahlreiche zusätzliche Parameter wie Lautstärke, Panorama, Portamento, Sostenuto und viele mehr. Natürlich könnten diese per Maus und Tastatur direkt am oben erwähnten Notebook gesteuert werden, doch führten bereits etablierte, ergonomische

Gewohnheiten sowie Vorteile der mausunabhängigen Steuerung mit beiden Händen anstatt mithilfe herkömmlicher Computer-Eingabegeräte zur Entwicklung von dedizierten MIDI Controllern, die – mit Elementen wie Fadern, Drehreglern, Tastern, Shuttle-Wheels und digitalen Anzeigen – den Zugriff dazu erleichtern. Dennoch bleibt das MIDI-Protokoll eng mit der Klaviatur verknüpft. Erweiterte Möglichkeiten der Klangsteuerung, wie sie von Saiten- oder Blasinstrumenten bekannt sind, können nur umständlich oder gar nicht nachgebildet werden. Der Vergleich zur Problematik präziser Aufzeichnung von Musik per westlicher Notation drängt sich grundsätzlich auf, wenngleich sich mit geschicktem Einsatz verschiedener Parameter per MIDI eine authentischere Abbildung erreichen lässt. Dennoch handelt es sich bei letzterem ebenso um ein „notenbezogenes System“ (ANWANDER, 2000, S. 115), das gewisse Einschränkungen mit sich bringt.

Im Studio ermöglichte die Kommunikation zwischen Instrumenten und Studiogeräten neue Herangehensweisen in der Musikproduktion insbesondere in Bezug auf dominierend elektronisch produzierte Genres. „MIDI has played a major role in the development of electronic music since 1983“ (RUSS, 2009, S. 66). MIDI ermöglichte ebenso die Entstehung von Rack-Synthesizern oder *Expandern*, also Klangerzeugern, die ohne Klaviatur die Größe von herkömmlichen Studiogeräten im Rack-Format (üblicherweise standardisierte 19“ breit) haben und über MIDI angesteuert werden. Der Weg vom Rack-Synthesizer zum Plug-in ist folglich kein weiter (RUSS, 2009, S. 186). Der Siegeszug des Computers im Musikstudio wurde nicht zuletzt durch das MIDI-Protokoll massiv unterstützt (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 361). „Sequencers, sampling, digital drum machines, dedicated computer control, ultimately a complete revolution within the recording industry... it is hard to imagine that any of these technologies or developments would have occurred, or certainly have been as wide-reaching, without the glue of MIDI“ (MIDI MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2008).

5.1.4. Alternativen

Obwohl MIDI schon seit bald 30 Jahren existiert hat sich bisher keine Alternative flächendeckend durchgesetzt. Möglicherweise liegt das daran, dass die vorhandenen Potentiale für die meisten Benutzer ausreichen. Kritikpunkte hingegen sind der geringe Datendurchsatz und die mangelhafte Auflösung. Allerdings kann man letztere so

erweitern, wie es auch ursprünglich für den Controller *Pitch Bend* vorgesehen war: Eine Verschachtelung zweier Datenbytes und damit 128^2 (16384) mögliche Abstufungen, also eine Auflösung von 14bit (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 391f).

Der vielversprechendste potenzielle Nachfolger heißt *Open Sound Control (OSC)* und wurde beziehungsweise wird weiterhin an der *University of California* in Berkeley im *Center for New Music and Audio Technology (CNMAT)* entwickelt. Das Protokoll soll schneller, präziser, flexibler, leichter verständlich und für moderne Netzwerktechnologie optimiert sein (CNMAT, 2009).

mLAN, kurz für *Music Local Area Network*, ist ein von Yamaha entwickeltes Protokoll für sowohl Audio- als auch Midisignale über die *IEEE 1394* Schnittstelle, besser bekannt unter dem Namen *Firewire*. Beworben wird diese Technologie ins Besondere damit, dass man Unmengen an Kabel einsparen könnte, da per *mLAN* über ein einziges *Firewire*-Kabel theoretisch mehr als 100 Kanäle von Audiosignalen in CD-Qualität oder Steuerdaten geleitet werden können (YAMAHA, 2000). Sowohl der Einsatz als auch der Bekanntheitsgrad beziehungsweise Status in der Musikproduktion von *mLAN* hält sich seither in Grenzen.

Neue Entwicklungen hinsichtlich der Kommunikation zwischen digitalen Musikinstrumenten bergen aber die Gefahr, dass sich die großen Hersteller auf keinen gemeinsamen Standard einigen können und jeder seinen eigenen Weg geht, was dem Prinzip der Kommunikation wenig zuträglich wäre. „MIDI [...] provided a brief ‚Golden Age‘ period of ubiquitous inter-connectivity: one that we may never see again“ (RUSS, 2009, S. 331).

5.2. VST

5.2.1. Geschichte

Die virtuelle Schnittstelle *Virtual Studio Technology (VST)* wurde erstmals 1996 von der Firma *Steinberg Media Technologies* in ihrem Software-Sequencer *Cubase VST* eingebaut und ein Jahr später als offener Standard für Drittentwickler zur Verfügung gestellt (STEINBERG, 2009b), die sich allerdings an Lizenzbedingungen zu halten haben (STEINBERG, 2009a). Vorerst konnten so virtuelle Klangformer in Echtzeit am PC

eingesetzt werden, 1999 kamen mit *VST 2.0* softwarebasierte Klangerzeuger dazu (STEINBERG, 2009b). „VST ermöglicht die Integration virtueller Effektprozessoren und Instrumente in die Arbeitsumgebung. Das können Software-Nachbildungen von Hardware-Effektgeräten und Musikinstrumenten sein, aber auch neue kreative Effekteinheiten für Ihr VST-System. Die Integration in die Host-Anwendung erfolgt nahtlos. Ob virtueller Drummer, Software-Sampler oder Hall-PlugIn: Sie alle werden direkt in den VST-Mixer der Hostapplikation eingebunden.

Da diese Verbindungen virtuell sind, gibt es auch keinen Audio- oder MIDI-Kabelsalat. Die VST-Module haben die Klangqualität der besten Hardware-Effekte und sind doch wesentlich flexibler. Alle Funktionen eines VST-Effektprozessors oder -Instruments sind direkt steuerbar und automatisierbar, entweder mit der Maus oder mit einem externen Hardware-Controller“ (STEINBERG, 2009c). VST läutet also nicht nur dem Namen nach die Geburtsstunde des virtuellen Studios ein. Das obige, kundenorientierte Zitat spricht auch wesentliche Bereiche an, die in Punkt 7 näher kritisch beleuchtet werden müssen: Kreativität, Integration, Klangqualität, Flexibilität und Steuerung.

2006 unterstützen Steinbergs aktuelle Sequencer bereits *VST3*, das 2008 für Drittentwickler zugänglich gemacht wurde. Bisher blieb der große Durchbruch der erweiterten Technologie allerdings verwehrt, seien doch die Vorteile zu gering. „We haven't seen any compelling reason to support VST3 since VST 2 is capable of doing pretty much all that VST3 can do. VST3 is largely a somewhat improved API to talk to VST's with very little gain to the end user or host developer. It would be way too much work for us to support with no known gains. [...] I have spoken to other DAW vendors and VST developers who unanimously agree that there is no gain to VST3.“ (BORTHWICK, 2008)

5.2.2. Alternativen

AU (Audio Units): Entwickelt von *Apple Computer* und als Teil der *Core Audio Engine* seit *Mac OS X* direkt ins Betriebssystem integriert. Im Gegensatz zu VST findet man AU durch diese Einbindung ausschließlich auf *Apple* Systemen.

DX (DirectX): Entwickelt von *Microsoft* und 1995 erstmals im Betriebssystem *Windows 95* unter dem Namen *Windows Games SDK* integriert. Wie der Name verrät, wurde

DirectX schon damals als Programmierschnittstelle für Spiele konzipiert, als die es sich bis heute in der letzten Veröffentlichung als Version 11 hält. Genau wie AU sucht man DX auf fremden Betriebssystemen vergeblich. Für den Audio-Bereich relevant werden DX Instrumente (audio) und DX Effekte (audio) unterschieden.

RTAS (*Real Time Audio Suite*) / TDM (*Time Division Multiplex*): RTAS ist eine von *Digidesign (Protools)* entwickelte, proprietäre Schnittstelle für die hauseigene Sequencer-Software und somit nicht frei verfügbar. Parallel dazu steht TDM, das bei der Kommunikation zwischen Host und DSP-Erweiterungskarten von *Digidesign* zum Einsatz kommt, also an Hardware gebunden ist.

LADSPA (*Linux Audio Developers Simple Plugin*) / DSSI (*DSSI Soft Synth Instrument*): Mit LADSPA für Audio-Effekte und dem darauf basierenden DSSI für Audio-Instrumente ist seit 2000 der erste Schritt in Richtung freier Software-Schnittstellen für *Linux* getan. Dennoch kann *Linux* weiterhin berechtigter Weise als Stiefkind in der Audio-Produktion angesehen werden.

6. Sequencer

Festgelegte Sequenzen arrangieren und abspielen konnten in beschränkter Weise bereits seit dem frühen Mittelalter Automaten diverser Bauarten. Stiftwalzen oder perforierte Bänder, die mit Wasser, Dampf oder Uhrwerken in Bewegung gebracht und mechanisch oder pneumatisch abgetastet werden, sind allerdings schwierig herzustellen, es fehlt ihnen an Flexibilität und ihre im musikalischen Sinne abstrakte Struktur lässt kaum auf einen möglichen resultierenden Klang schließen. Die elektrische Steuerung und in weiterer Folge die elektronische Computertechnologie revolutionierte auch die Arbeitsweisen und Möglichkeiten der Musikproduktion.

6.1. Hardware

Die ersten analogen, elektrischen Sequencer in den 1960ern und -70ern waren aus Ermangelung finanzierbarer höher auflösender Technik *Step-Sequencer* (aus dem englischen *step* für ‚Schritt‘), wo also zu Beginn 8- oder 16-teilige Sequenzen in Form von Steuerspannungen gespeichert werden konnten. Schwierigkeiten in Bezug auf die

Kontrolle der Tonhöhe der einzelnen *Steps* veranlassten die Hersteller hierfür auf digitale Schaltungen und demnach hybride Technik zurückzugreifen (RUSS, 2009, S. 346). In Übereinstimmung mit der Nomenklatur in Punkt 2.2 fallen aber auch jene digitalen Sequencer in diesen Abschnitt, die nicht auf Computern für verschiedene allgemeine Aufgaben laufen, sondern ihren festgelegten Platz einzig und allein in einem dezidierten Hardware-Gerät finden. In der Folge steigerten sich bei digitalen Hardware-Sequencern Funktionsumfang und insbesondere Speicherplatz. MIDI löste nach und nach die Steuerspannungen (*CV*) ab und standardisierte Speichermedien wie die Floppy-Diskette vereinfachten den Austausch von Sequencer-Daten. Der Wunsch, Klangerzeuger und Sequencer enger zu verknüpfen führte zu der Einführung von *Workstations*. Dies sind Synthesizer mit integrierten Möglichkeiten zur Aufnahme, Bearbeitung und dem Arrangement von mehrstimmigen Daten. Obwohl die meisten Basisfunktionen heute auch günstige Einsteigergeräte beispielsweise für Kinder besitzen, werden diese gemeinhin als *Keyboard* bezeichnet, wohingegen *Workstations* in der gehobenen Preisklasse mit höherem Anspruch hinsichtlich Umfang, Flexibilität und Komplexität angesiedelt sind. Der Aufstieg des Heim-PCs beziehungsweise Notebooks inklusive Software-Sequencern, genügend Speicherplatz und diversen günstigen MIDI-Steuereinheiten, machte die *Workstation* zu einer vom Aussterben bedrohten Gattung.

6.2. Software

Spätestens seit Beginn des 21. Jahrhunderts für nahezu jeden der westlichen Welt im eigenen Heim selbstverständlich, musste Anfang der 1980er noch ein Name für jene privaten Computer etabliert werden, die nicht in großen Firmen oder an der Universität zu finden waren: der Begriff des *Heimcomputers* war geboren, und darunter findet sich der ab 1982 hergestellte, „meistverkaufte Computer überhaupt“ – der *Commodore C64* (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 361). Obwohl für komplexe Klangerzeugung und –aufnahme noch zu schwach, reichte die Leistungskraft dieses und vergleichbarer Geräte wie des *Atari 1040 ST* oder des *Apple II* für die Steuerung von Synthesizern aus. Die ersten Sequencer-Programme leiteten die bis dato andauernde, große Revolution der Musikproduktion ein. Darunter *Jellinghaus Scorewriter*, *C-Lab Supertrack*, *Steinberg Multitrack* und *Passport MIDI/4* (RUSCHKOWSKY, 1998, S. 361ff). Als mit der Zeit neben MIDI auch Audiospuren durch Harddisk-Recording und diverse Plug-ins zur

Klangformung zur Verfügung standen, formten sich die ursprünglich lediglich steuernden Programme zu umfangreichen virtuellen Musikstudios. Selbst dann, wenn heute eventuell aus ideologischen Gründen nicht auf analoge Mischpulte und Tonbänder verzichtet wird, so finden Software-Sequencer zumindest in bestimmten Phasen einer Produktion dennoch Einzug in den Prozess. Sogar die Betitelung *Pro Tools Engineer* (benannt nach dem im Profi-Bereich weit verbreiteten Programm) für jene Kräfte, die in Studios allein für die Arbeit mit dem Sequencer angestellt werden, ist verbreitet (RECORDING ACADEMY, 2008, S. 3). So können die computertechnischen Errungenschaften genutzt werden, selbst wenn ein Komponist oder Produzent damit persönlich lieber nichts zu tun haben will. Der Sequencer muss also nicht gezwungenermaßen im Mittelpunkt stehen, sondern kann ebenso als Archiv oder Organisator dienen, aus dem heraus weiterhin hauptsächlich zentrale analoge Elemente versorgt werden.

Heute sind Software-Sequencer in einer kaum überschaubaren Anzahl in verschiedensten Ausführungen hinsichtlich des Funktionsumfangs und der Plattformen zu finden. Den meisten eins sind die grundlegenden Möglichkeiten Audiomaterial aufzunehmen und per MIDI-Daten Klangerzeuger anzusprechen. Mittlerweile beinhalten die am meisten verbreiteten Programme bereits eine beachtliche Anzahl an hauseigenen Plug-ins, sodass allein mit dem Erwerb eines Sequencers Musik produziert werden kann. Auch anständige *Freeware*, also gratis erhältliche Programme – gerade im Sinne des in den letzten Jahren stark aufblühenden *Open Source*-Gedankens, der zum Ziel hat, Programmcode für die Allgemeinheit zur Weiterentwicklung offen zur Verfügung zu stellen – sind zu Hauf im Internet zu finden. Die klingendsten Vertreter im Bereich der Sequencer, die sich zum Teil im professionellen Studiobetrieb etabliert haben, sind *Digidesign Pro Tools*, *Apple Logic*, *Steinberg Cubase* bzw. *Nuendo*, *Cakewalk Sonar*, *Ableton Live* und *Propellerhead Reason*. Obwohl *cockos Reaper* gerne als leistungsstarke Freeware gepriesen wird, handelt es sich dabei genaugenommen um eine gratis erhältliche Testversion, die nach Ablauf der Testperiode von 30 Tagen zwar uneingeschränkt weitergenutzt werden kann, man aber dafür eigentlich eine Lizenz erwerben muss (COCKOS, 2009).

Das oberflächliche User-Interface der meisten Sequencer erscheint als virtuelles Spiegelbild von Mehrspur-Bandmaschinen mit vertikaler Zeitachse (RUSS, 2009, S. 388).

Ableton Live – ursprünglich für den Live-Betrieb konzipiert – wartet zusätzlich mit flexibleren Ansätzen auf. *Propellerhead Reason* geht den Weg der Kreativität durch Beschränkung (siehe Punkt 7.2.2): Optisch verwirklicht als virtuelles Studiorack inklusive modellierter Verkabelung gibt es weder eine VST-Schnittstelle noch Harddisk-Recording. Die kompakte Struktur lädt allerdings verstärkt zum Experimentieren ein, als sich mit der Verwaltung seines virtuellen Musikstudios kümmern zu müssen.

7. Praxis

7.1. Klang

7.1.1. Erweiterte Möglichkeiten durch fortgeschrittene Technik

Simulationen von rein digitalen Geräten bieten theoretisch das gleiche Potenzial, oft klingen Plug-in und Outboard bei gleichen Einstellungen aber nicht identisch. Ein eindrucksvolles Beispiel bietet der Vergleich des *Yamaha DX7* mit dem *Native Instruments FM7*. Durch den Einsatz der digitalen FM Synthese mit diskreten Werten ausgestattet, findet man bei beiden Synthesizern Sounds, die praktisch ebenbürtig klingen. Andere jedoch haben einen sehr stark unterscheidbaren Klangcharakter, der allerdings – zur Verteidigung des Vergleichs – gerade bei der FM Synthese recht schnell passieren kann. Anstatt aber auf den in bestimmten Situationen auftretenden klanglichen Differenzen des FM7 in Bezug auf die DX7-Sounds herumzureiten, zeigt der selbsternannte Synthesizerspezialist (BAUM, 1999) und Autor Peter Gorges die immens erweiterten Möglichkeiten des virtuellen Instruments auf. Obwohl Name und Optik auf eine reine Emulation des Hardware Vorbilds deuten, liegen „seine eigentlichen Stärken [...] genau in den Punkten, wo die schmerzlichen Limitationen des DX aufgehoben werden.“ Außerdem „emuliert der FM7 [...] auch gleich die ganze Familie mit: DX7-II, DX7s, DX11, TX81Z, DX21, DX27, DX100 oder TX802.“ Er „ersetzt jeden der kompatiblen Yamaha-Synthesizer vollständig, wenn es um die reinen Voices geht.“ „Die Handhabung ist göttlich“, da die unflexiblen, vorgegebenen Algorithmen der Operatoren durch eine frei verschaltbare Matrix ersetzt wurden. „Die Hüllkurven des FM7 sind dem DX haushoch überlegen“ (GORGES, 2001, S. 18ff). Auf Wunsch lässt ein Quality-Regler die 32-bit Auflösung des virtuellen Instruments auf geringere, wenn man so will „authentischere“ Werte zurückschrauben. Zusätzlich erhöht sich – wie üblich –

die verfügbare Stimmenzahl beträchtlich: von 16 auf 64. Man möge sich also selbst ein Bild machen, wie sehr Unterschiede von Klängen gleicher Programmierung da noch ins Gewicht fallen. Es läuft zwangsläufig auf eine Geschmacksfrage hinaus. Und das Urteilsvermögen lässt sich bekanntlich durch Vorurteile mächtig beeinflussen. Handfeste, aussagekräftige Studien mit Blindvergleichen gibt es nicht. In Anbetracht der Tatsache, dass es unter Hardware Geräten identer Bauart ebenso zu geringfügigen klanglichen Unterschieden kommt und Objektivität eine Referenz betreffend unmöglich gewährleistet werden kann, ist und bleibt die persönliche Präferenz am Ende ausschlaggebend. Und wer kann voraussagen, ob in Zukunft, im Gegensatz zu heute, tendenziell – wohl auch durch Gewohnheit – schlanke Software mit intelligenten, vielseitigen Controllern den klobigen Geräten der Vergangenheit vorgezogen werden wird?

Analoge Geräte zu simulieren birgt weitere Aufgaben, da bei den originalen Vorlagen die Elektrizität direkter in das Verfahren der Tonerzeugung involviert ist. Spannungs- oder auch Temperaturschwankungen resultieren in Klangänderungen. Gerade Röhren produzieren viel Abwärme und verschleißen, was sich wiederum auf den Charakter eines Instruments auswirken kann. Und Röhrenverstärker sind – zumindest heute – ohnehin nicht dazu da, das Signal so authentisch wie möglich zu verstärken, sondern tragen wesentlich zur Klangformung bei.

Die Parallele Vinylschallplatte versus *Compact Disc (CD)* drängt sich auf: Die CD ist in der Lage, Signale fehlerfreier abzubilden, wodurch aber für das menschliche Ohr über Jahrzehnte gewohnte Charakteristika verloren gingen, oftmals zusammengefasst unter dem Begriff „Wärme“ – ein Ziel, nach dem die meisten Produzenten und dadurch gleichzeitig die Plug-in-Hersteller streben. Tatsächlich definiert ist der Ausdruck allerdings nicht. Einerseits sind das Frequenzspektrum und die Transienten ausschlaggebend. Es geht also um „ein Klangbild mit molligen Tiefmitten, runden Höhen, einer ausgewogenen Time-Domain ohne heftige Impulse in den Höhen“ (BIEGER, 2009f, S. 86). Diese Eigenschaften sind nicht exklusiv analoger Gerätschaft vorbehalten. Jedoch fällt im Zusammenhang mit „Wärme“ oft auch der Begriff „Lebendigkeit“, „und hier können dann [...] die Nichtlinearitäten guter analoger Technik ins Spiel kommen“ (BIEGER, 2009f, S. 86). Jene Nichtlinearitäten wie die weiter oben bereits erwähnte Temperaturabhängigkeit, Spannungsschwankungen, Ungenauigkeiten

bei der Verarbeitung, Bauteiltoleranz bei der Fertigung und Verschleiß. Summieren sich diese oftmals nur geringen Unreinheiten, so verleihen sie dem Klang einen eigenen Charakter. Für softwarebasierte Klangerzeugung ist der Spielraum diesbezüglich weit geringer beziehungsweise muss erst gezielt erarbeitet werden.

Verstärkt hat sich die zunehmende Abwehrreaktion gegenüber dem neuen Medium durch mangelhafte Anpassung des Ausgangsmaterials Anfang der 1980er Jahre. Als kalt und hart wurde der neue Sound empfunden, da neben den „klanglich und technisch längst überholten ersten Wandlergenerationen“ oftmals die gleiche Mischung auf CD gepresst wurde, die man Jahre zuvor auch in Vinyl geschnitten hatte. Die war aber prinzipbedingt „entsprechend entzerrt [...], um den Höhenabfall beim Schnitt vor allem im Innendiameter auszugleichen“ und daher landeten „auf der CD [...] einfach von vorne herein viel zu viele Höhen“ (BIEGER, 2009e, S. 70). Um möglicherweise unangenehme Unterschiede zum gewohnten Vinyl zu erklären und zu rechtfertigen, wurde im Booklet einer von *Warner Bros. Records Inc.* vertriebenen CD folgender Text angebracht: „The music on this Compact Disc was originally recorded on analog equipment. We have attempted to preserve, as closely as possible, the sound of the original recording. Because of its high resolution, however, the Compact Disc can reveal limitations of the source tape“ (GRATEFUL DEAD, 1974). Einen vergleichbaren theoretischen Ansatz gibt es in Bezug auf die Präzision von Aufnahmen, die bereits von vornherein auf digitaler Ebene vollzogen wurden: „Many people have argued that the reason we notice harshness in some digital recordings is that digital audio recording is more accurate than analog. Their claim is that the accuracy of digital recording reveals the harshness in our sources, since digital recording doesn't compress (mellow out) high frequencies as does low speed (15 IPS) analog tape. Accuracy, they say, is why we have regressed to tube and vintage microphones. But I say this is only a half-truth, since most of these arguments come from individuals who have not been exposed to the sound of good digital recording equipment, which is not only accurate, but can even be warm and pretty“ (KATZ, 2002, S. 201), meint etwa der Mastering Engineer Bob Katz.

Heute ist die Situation vergleichbar mit dem Bereich der visuellen Medien der vergangenen Jahrzehnte, wo die originale Quelle (zum Beispiel 35mm Film) stets hochwertiger auflöste, als das Consumer Medium zuhause (zum Beispiel LaserDisc, BetaMax, VHS, Video 2000, VCD, DVD) auch aufgrund beschränkter Anzeigegeräte

wiederzugeben vermochte. Während das vom modernen professionellen Musikstudio bezogene Audio-Material (zum Beispiel in 24bit bei 96kHz) für die CD (16bit bei 44.1kHz) immer noch qualitativ beschnitten werden muss (von der Datenreduktion für gängige Formate wie *mp3* ganz zu schweigen), können mittlerweile in *Full-HD* (volle *High Definition* Auflösung von 1920 zu 1080 Bildpunkten) erstellte Produktionen in gleicher Qualität per *Blu-Ray Disc* auch im Wohnzimmer abgespielt werden. Die *mp3*-Revolution des 21. Jahrhunderts scheint die Notwendigkeit höheraufgelöster Ton-Formate vorerst obsolet gemacht zu haben, wenngleich es diese zwar gibt (*DVD Audio*, 24bit bei 48kHz), sie sich am Markt aber nicht durchsetzen konnten.

Auch die ersten elektronischen Instrumente fanden durch den fremdartigen Klang und die ungewöhnliche Bedienung bei Kritikern Ablehnung. Das Instrument *Ondes Martenot* aus dem Jahr 1928 „verfügt [...] aber auch über eine herkömmliche Klaviatur und entfernt sich daher nicht ganz so weit von den Usancen bisheriger Spieltechniken wie etwa das Trautonium oder andere elektronische Musikinstrumente der zwanziger und dreißiger Jahre“ (VOIGT, 2003, S. 308f). Zusätzlich dürften ungewohnte Instrumentenbezeichnungen zur Abschreckung beigetragen haben – anders, als bei der Hammondorgel: „Man wählte auch wohl mit Bedacht als Namen für das Instrument nicht etwa eine von der neuartigen Tonerzeugung abgeleitete Bezeichnung wie z.B. Magneton, sondern den bisher den majestätischen und beeindruckenden Kircheninstrumenten vorbehaltenen Terminus Orgel. So wurde die Hammondorgel, jedenfalls von der breiten Masse, der allseits vertrauten und geschätzten Kategorie der Pfeifenorgel und ihrem Klang zugeordnet, was zur Akzeptanz der Hammondorgel sicherlich in erheblichem Maß beitrug“ (VOIGT, 2003, S. 309). Die Verbindung zu bisher Bekanntem findet man auch in der Klanggestaltung elektronischer Instrumente wieder. So konzentrierte man sich bei massentauglichen Geräten eher auf die Imitation gängiger akustischer Vertreter, als auf die Kreation „völlig eigenständiger Klänge mit neuartiger Namensgebung“ (VOIGT, 2003, S. 309).

7.1.2. Sättigung und Lautheit

Einige Plug-ins versuchen der unerwünschten Makellosigkeit und dadurch beklagter Charakterlosigkeit ihres Klanges mit „Analog“-Einstellungen entgegenzuwirken, die den Sound per Schwebungen, höherem Rauschanteil und Bandsättigungs-Simulation

„anfetten“ sollen. Der softwarebasierte *KORG MS-20* enthält einen in der Hardwareversion natürlich nicht notwendigen Drehregler mit der Beschriftung „Analog“. Der *PSP Audioware Vintage Warmer* soll das Signal durch virtuelle Sättigung kräftiger und lauter machen. Im Gegensatz zu digitalen Verzerrungen, sind analoge oftmals erwünscht, da sie „Druck“ machen, also die Lautheit, den empfundenen Pegel, erhöhen. Eine Eigenschaft, die zwar schon seit Beginn der Tonaufzeichnung gesucht wird, aber in den vergangenen 10 bis 15 Jahren massiv von Bedeutung gewonnen hat. Der Musiker, Tontechniker und Autor Hannes Bieger sieht die Angst vor weiteren, fatalen Umsatzrückgängen in der Musikindustrie als Grund, „dass bei vielen Major-Produktionen nicht mehr die Musik selbst der entscheidende Faktor ist, auf den am Ende alle schauen, sondern ein simpler technischer Parameter: Die Lautheit des Materials“ (BIEGER, 2009b, S. 82). Ursprünglich musste auf ausreichend Rauschabstand geachtet werden, also dass sich das Signal vom Grundrauschen der Aufnahmetechnik und des Mediums genug abhob, um eine ansprechende Dynamik gewährleisten zu können. In modernen Produktionen fällt dieser Faktor kaum noch ins Gewicht. Außerdem wurde „laute Musik schon immer mit guter Musik assoziiert“ (BIEGER, 2009b, S. 82). Vergleichstests von Hörbeispielen lassen sich durch unterschiedliche Lautstärken recht einfach manipulieren, da lautere Signale meist als besser empfunden werden, auch wenn es sich eigentlich um dasselbe Material mit der gleichen inhärenten Lautheit handelt (SHURE, 2008). In der Vergangenheit wie heute sollten sich Musikwerke von anderen abheben. Die in der Regel fix eingestellte Lautstärke der Jukeboxes konnten durch entsprechende Lautheit der Aufnahmen ausgereizt werden, um sich trotz des Umgebungslärms und eines möglichen Gewöhnungseffekts des menschlichen Ohrs durchzusetzen. Ähnliches gilt für das Radio, wobei heute aggressive Kompressoren und Limiter die unterschiedlichen Stücke stark angleichen (BIEGER, 2009e, S. 74). Das gleiche Prinzip des Hervorstechens gilt für die quälend lauten Werbeunterbrechungen vieler Fernsehsender.

Neben einem solchen „Analog“-Regler, der natürlich an der Vorlage nicht zu finden ist, wurde der *MS-20* wie der oben erwähnte *FM7* zusätzlich mit erweiterten Funktionen ausgestattet. Diese befinden sich nicht nur abseits der detailgetreuen Abbildung des Originals am Bildschirm in erweiterten, verschachtelten Menüs, sondern vergleichbar mit einem Modul modularer Synthesizer in Form von vier Spalten extra angebrachter virtueller Drehregler. Diese erleichtern nicht nur die Handhabung, wie es etwa erhöhte

Polyphonie oder die für Programme selbstverständlichen Preset-Funktionen tun, sondern ermöglichen völlig neue Klangkreationen. Der mit der Software einst mitgelieferte Hardware-MIDI-Controller – eine um etwa 20% verkleinerte Version des Synthesizers – bietet die neuen Leisten an Drehknöpfen allerdings nicht, um die gefühlte Authentizität zu wahren (mehr dazu in Punkt 7.2.6).

7.1.3. Klangunterschiede

Dass sich Plug-ins, die einem Vorbild nachempfunden sind, zumeist trotz akribischer, detaillierter Simulation dennoch klanglich von den Originalen unterscheiden, kann anhand ausgewählter Tonbeispiele rasch ausgemacht werden. Die Frage, was nun diesen Unterschied genau ausmacht und ob dieser schlussendlich wertbar oder lediglich Geschmackssache ist, kann nicht so einfach beantwortet werden. Vor allem ist das Einsatzgebiet entscheidend. So werden die Eigenschaften von Plug-ins oftmals bei starken Eingriffen beziehungsweise extremen Einstellungen bemängelt. So kommt es bei vielen virtuellen Equalizern im Zuge starker Höhenanhebungen zu Verzerrungen niedriger Nachbarfrequenzen, Klirren und aufdringlichem Zischen sowie Aliasing-Artefakten in den hohen Frequenzen (HUMID, 2006, S. 94). Der Hardware *KORG Mono/Poly* klingt im Vergleich zum Plug-in in höheren Frequenzbereichen "offener und konturierter" (LÖSENER, 2007, S. 69) und sobald man manchen virtuellen Klangerzeugern Klänge unter 100 Hz entlocken will, "funktionieren die meist nicht mehr" wie erwartet (BRINKMANN, 2006, S. 46). Überhaupt erlauben analoge Geräte extremere Einstellungen, wenn in ein Signal intensiv eingegriffen werden soll (STÖSSL, 2009, S. 39) beziehungsweise wirken sich die gleichen Einstellungen bei Hard- und Software bei letzterer schwächer aus: "So hatte das Ausgangssignal eines Silverface-Urei bei gleichen Einstellungen und gleicher Pegelreduktion eine um satte 8-10 dB höheren RMS-Pegel als das Liquid-Mix-Signal" (BIEGER, 2007b, S. 63f). Plug-ins "tun sich [...] mit dem, was man 'Klangfärbung' nennt, generell immer noch etwas schwer" und oftmals möchte man "gerne noch drastischer in den Klang eingreifen können" und "muss [...] den klanglichen Effekt bisweilen mit der Lupe suchen" (BIEGER, 2008, S. 52). Sie agieren tendenziell "soft", "harmlos" (BIEGER, 2009a, S. 57) und "sehr kontrolliert" (GRECH-MARGUERAT, 2006, S. 28). Außerdem fehlt es eventuell "etwas an Präsenz und Durchsetzungskraft" (BIEGER, 2009a, S. 47), wobei Originale "einfach die schöneren und

lebendigeren Sättigungseffekte" produzieren (BIEGER, 2006, S. 79) und "bissiger, druckvoller" agieren - "einfach den gewissen Hauch knackiger, den 'gut' von 'großartig' trennt (BIEGER, 2007a, S. 71).

Andererseits gibt es „Signale, bei denen der Unterschied zwischen Plug-in und Analoghardware so klein ausfällt, dass er im Mix nicht mehr relevant sein dürfte" (BIEGER, 2007c, S. 66). Die Klangunterschiede zwischen dem *Sequential-Circuits Prophet-V* und seinem virtuellen Pendant von *Arturia* beispielsweise "sind minimal, zum Teil auf unterschiedliche Parameterskalierungen zurückzuführen und letztlich eher Geschmacksache" (NIES, 2006, S. 75). Eine der Ursachen für die klanglichen Unterschiede zwischen Hardware und Plug-ins könnte in der Rechenkraft der PCs beziehungsweise der verfügbaren Auflösung der Daten zu finden sein. So hat der Grundklang der Emulation der beiden Synthesizer *KORG Polysix* und *MS-20* als Erweiterung der DSP-gestützten *KORG OASYS* Workstation "deutlich mehr Substanz und wirkt im Spektrum lebendiger und reicher", als die Plug-in-Umsetzung für den PC im Rahmen der *Legacy Collection* (GERKE, 2007, S. 63). Ein als hochwertig eingestuftes Equalizer Plug-in, das nicht unter den gängigen Mängeln virtueller Simulationen leidet, rechnen das eingespeiste Signal intern auf 192 kHz hoch, um dann präziser und fehlerfreier eingreifen zu können (HUMID, 2006, S. 94). Der Produzent Jimmy Douglass macht das Problem der in seinen Augen mangelnden Soundqualität von digitalen Instrumenten folgendermaßen fest: "Die unendlich vielen Moleküle auf dem Magnetband gegenüber der endlichen Sampling-Rate - das mag mehr sein, als wir mit unserem menschlichen Gehör hören können, aber digital ist eben endlich" (DOUGLASS, 2007, S. 108). Obwohl der Mensch also höhere Auflösungen als auf CD oder DVD möglich kaum beim Endprodukt als qualitativ höher wahrzunehmen in der Lage ist, bringen eben diese erhebliche Vorteile bei der Klangmanipulation im Zuge der Produktion, gerade wenn unzählige bearbeitete Spuren summiert werden.

7.1.4. Plug-ins und Hardware in Symbiose

Bleibt noch die Möglichkeit, das eventuell unzureichend gefällige Signal eines Plug-ins durch analoge, klangbearbeitende Hardware zu leiten. Eine hybride Praxis, die in modernen Musikstudios Gang und Gäbe ist, da virtuelle Effektgeräte noch nicht den Status ihrer klangerzeugenden Pendants innehaben: hier gilt es die größten „Analog-

vs.-Digital-Schlachten“ (BIEGER, 2009e, S. 45) noch zu gewinnen. Obwohl eine interne digitale Signalkette die Audioqualität weniger beeinflussen dürfte, als ein Signal für externe Hardware mehrmals wandeln zu müssen (RUSS, 2009, S. 335), könnte genau das den Charakter eines Klanges die möglicherweise entscheidende, gewünschte Prägung verleihen. Der Mixing Engineer Manny Marroquin mischt und produziert sowohl mit Plug-ins (ins Besondere von *Waves*) als auch mit Hardware-Geräten. Die Vocals in *Stronger* von Kanye West schickte er zum Beispiel in einem Abschnitt unorthodoxer Weise durch einen virtuellen Gitarrenverstärker, frei nach dem Motto: „Was gut klingt, ist gut“. Die Kickdrum wiederum läuft im Verlauf des Songs sowohl durch Plug-ins als auch durch die mischpulteigene Kompression und Entzerrung und findet ihren Weg zusätzlich durch separates Outboard-Equipment (TINGEN, 2008, S. 38f).

In einem dichten Arrangement sind virtuelle Instrumente je nach Einsatzgebiet sehr schwierig bis gar nicht von echten zu unterscheiden. Ein weiterer hybrider Ansatz bietet sich an: Das Vermischen von softwarebasierten und herkömmlichen Instrumenten, wie man es bereits oft bei orchestraler Filmmusik antrifft. Reicht das Budget nicht für ein volles Orchester aus – und das tut es mittlerweile fast nur mehr bei den teuersten Hollywood-Produktionen –, so wird der Score beispielsweise mit VSL eingespielt und programmiert. Anschließend können Aufnahmesessions mit lediglich einer geringen Anzahl an Musikern mit dem Material verbunden werden. Das Ohr orientiert sich an wenigen, pikanten zweifellos „echten“ akustischen Merkmalen und das „falsche“ klangliche Fundament fügt sich wunderbar ein. „Wunderbarerweise reicht schon ein einziger Musiker aus, um die Wahrnehmung von den unechten Elementen abzulenken. Ich kenne viele Komponisten, die sich aus diesem Grund bemühen, mindestens einen Musiker in ihrer Produktion zu haben“ (FUCHS, 2009, S. 49).

Oder aber man geht einen eigenständigeren Weg und schöpft die gegebenen Möglichkeiten kreativ aus: „Ich versuche nicht, etwas darzustellen, was es nicht gibt, sondern ich versuche, kreativ mit dem umzugehen, was da ist. [...] Ich finde es sogar gut, dass man jedes Instrument beliebig nah heranholen kann. Da kriegt man jedes Detail mit, wenn man möchte. In echten Orchestermischungen hat man dann zwar die Räumlichkeit, verliert aber trotz Stützmikrofonen viele Details“ (GRIMM, 2009, S. 51) meint etwa der deutsche Filmkomponist Andreas Grimm in Bezug auf Techniken, die

per programmiertem Orchester möglich sind. Das gleiche Prinzip trifft genauso auf Synthesizer und klangbearbeitende Geräte zu. Allerdings muss erst die Eigenständigkeit virtueller Systeme in das Bewusstsein sowohl der Musiker als auch – wenn auch zum sicherlich geringeren Anteil – der Konsumenten Einzug finden, um Produktionen nicht mehr nach Kriterien wie „klingt echt“ oder „klingt wie aus der Konserve“ zu beurteilen, sondern danach, ob sie passen und den gewünschten Effekt erzielen oder eben nicht. Der Konsument macht sich diesbezüglich wahrscheinlich geringere Sorgen als Produzenten und Musiker. Wer bestimmt den Standard, dem nachgelaufen wird? Wie sehr bringt ein wettbewerbsmäßiger Vergleich zwischen Original und Simulation die Komposition oder Produktion tatsächlich weiter? Die Antwort auf solche und ähnliche Fragen könnte im Bereich der Esoterik zu finden sein, deren Einfluss aber keineswegs kleingeredet werden sollte, wie Punkt 7.2.8 zu erläutern versucht. Außerdem sollten selbst Plug-ins, die ein Hardware-Pendant möglichst detailgetreu zu simulieren versuchen, als eigenständiges Produkt wahrgenommen werden.

Der in Hollywood etablierte Filmkomponist Hans Zimmer sagte in Bezug auf den Machtkampf zwischen Hardware und Plug-ins: „Es klingt schon anders, aber das macht nichts. Es muss auch anders klingen. Es ist schön, dass es anders klingt. Es muss ja nicht alles dasselbe sein. Ich weiß nicht, ob es besser klingt. [...] *Dark Knight* ist alles [U-he] *Zebra 2* oder richtige analoge Synthesizer. [...] Erst mal die Qualität von dem Klang ist toll. Aber [Urs Heckmann] hat sich nie hingesetzt und versucht, einen *Moog* nachzumachen. Es ist etwas Eigenständiges, aber er versteht die Qualität, die untergründige Qualität, die es eben wirklich geben soll“ (ZIMMER, 2009, Teil 3/4, 4:34-5:47). Hans Zimmer setzt in seiner Arbeit neben herkömmlichen Orchesteraufnahmen bekanntlich ebenso gerne intensiv Samples und Synthesizer-Klänge ein.

7.2. Handling und Kreativität

7.2.1. Fehlerkorrektur

Obwohl es sowohl bei Plug-ins als auch bei Hardware um die gleichen grundsätzlichen Verfahren geht, Musik zu produzieren, ermöglicht ein virtuelles Studio andere Zugänge. Es gilt nicht mehr unbedingt, kostbares Tonband zu sparen und die Recordingssession behutsam zu planen – die Anzahl der aufgenommenen Takes wird lediglich durch den

Speicherplatz begrenzt, und der ist heutzutage so günstig wie nie, sodass spontan geradezu alles aufgenommen werden kann (RUSS, 2009, S. 405). Aber auch eine Ebene früher, bereits bei der Komposition, erleichtert der Computer die Arbeit und stellt weniger Ansprüche an den Komponisten. So können beispielsweise rasch notierte Stimmen eines Streichquartetts sofort ohne zusätzliche, womöglich teure Musiker in Form von MIDI-Daten, die im Sequencer an entsprechende Plug-ins gesendet werden, korrekturgehört werden, noch bevor ein einziges Blatt Papier verschwendet wurde. Fehler werden also geringfügiger bestraft, was sich in eventuell aufkommender Nachlässigkeit äußern könnte – auch bei der Aufnahme, sofern MIDI-Daten aufgezeichnet werden. Diese können nachträglich hinsichtlich Tonhöhe, Anschlagsstärke und so weiter manipuliert oder gar entfernt werden. Auch in der Interpretationsforschung können Aufnahmen berühmter Musiker computerunterstützt anhand von MIDI-Daten analysiert und verglichen werden (ENDERS, 2005, S. 35).

Irgendwann scheint die Grenze zwischen musikalischer und technischer Kreativität zu verschwimmen. Dies war zwar durch die – wie der Begriff bereits sagt – Tontechnik schon von Anbeginn der Musikaufzeichnung und -produktion der Fall, jedoch steigt dieser Bereich durch die Technisierung der Studios in immer höhere Sphären. Selbst, wenn man meint, Zeit mit der Technik zu verschwenden, die man in ‚die Musik‘ investieren sollte, sind beide Sparten in der Musikproduktion untrennbar miteinander verbunden. „We had lots of problems. Things went haywire and everyone got frustrated because we were working with samples and synth sounds and Pro Tools and not with Live musicians, and shit would keep breaking down and nobody would know how to fix it. We’d be sitting there relying on one machine, and I’d be thinking, «This is fucked». So we had a lot of uphill battles. But we got through it” (CICCONE, 1998, S. 74) erzählt etwa Popstar Madonna über die ungewohnte Studioarbeit mit William Orbit für ihr Album *Ray of Light*. Den Computer, das „Herzstück mathematisch-numerischer Musikverarbeitung“, könnte man also in musikalischer Hinsicht als Höhepunkt dessen ansehen, was bereits im 6. Jahrhundert vor Christus durch die Entdeckungen des Pythagoras von Samos begonnen hat (ENDERS, 2005, S. 21).

7.2.2. Kreativität durch Beschränkung

Moderne softwarebasierte Musikstudios bieten Möglichkeiten, von denen Komponisten, Musiker und Produzenten vor 20 Jahren nicht zu träumen wagten. Dennoch wurde auch damals und noch viel früher kreative, kunstvolle und technisch versierte Musik produziert. Es sei jedem selbst überlassen abzuwägen, ob seine Fantasie und Kreativität mit der Begrenzung des Verfügbaren wächst oder eingeschränkt wird. Jedenfalls liegt die Vermutung nahe, dass die Versuchung groß ist, dutzende Plug-ins mit lediglich geringem Eingriff in Bezug auf die klangsteuernden Parameter nach einem geeigneten Sound abzugrasen, als sich mit einem Synthesizer intensiv zu beschäftigen, um ein ähnliches Ziel zu erreichen. Aber auch Hardware kann auf das Problem der grenzenlosen Möglichkeiten stoßen – Stichwort Modulare Synthesizer. Man befindet sich hierbei auf einer elementareren Ebene der Klangerstellung und umgeht dadurch vom Hersteller aufoktroyierte Voreinstellungen, was nicht notwendigerweise vorteilhaft sein muss. „The user is fully occupied trying to hold everything about what is happening in their head: a simple VCO–VCF–VCA setup with a couple of EGs can be spread over more than a dozen modules and 20 or more patch-leads” (RUSS, 2009, S. 175). Der semimodulare *KORG MS-20* bietet grundsätzlich innen fest verkabelte Signalwege, die sich durch optionale Patchkabel an der Vorderseite beeinflussen lassen. Der elementaren Basis der Klangerzeugung noch näher kommt man mit dem *Fairlight CMI*. „Programmers used the light pen to draw sound waveforms and amplitude envelopes for each harmonic” (VAIL, 2000, S. 218).

7.2.3. Standardisierung

Obwohl standardisierte Kommunikations-Protokolle und Dateiformate im Produktionsalltag erhebliche Vorteile bieten, erweist sich die Einführung des General MIDI Standards als nicht unumstritten. „This means that otherwise serious professional instruments will also have sounds that are meant to be a bird tweet, a telephone ring, a helicopter and applause in their sample set. History dictates the inclusion of instruments like key-click organs, harpsichords, accordions and some now-unusual percussion sounds—all of which have become somewhat clichéd. Some manufacturers have used synthesis to create these sounds, but the results can be very different to the GM standard samples, which can be exploited by a synthesist, of course“ (RUSS, 2009, 223f). „The

many GM sound sets that are produced by manufacturers are all intended to sound as similar as possible, so that a MIDI file created using one GM device will sound much the same when played back using another GM expander. This extends to how they combine together, how they respond to MIDI performance controllers such as pitch bend, velocity and volume. The result is a largely uniform range of instruments that can reproduce the same sounds in a predictable way“ (RUSS, 2009, 438). Man könnte meinen, Synthesizer geben durch die General MIDI Spezifikation einen Teil ihrer eigenen Seele auf. Obwohl jeder für die Musikproduktion geeignete Soundkarten-Chip mit einem GM-Set aufwartet, spielt diese Spezifizierung für Plug-ins keine Rolle mehr.

7.2.4. Presets

Ein entscheidender Vorteil von Plug-ins gegenüber analogem Outboard-Equipment ist die Fähigkeit Presets, also gesammelte Einstellungen aller Parameter, speichern zu können, was jedem Engineer im Zuge eines „Total Recall“ (englisch für „totale Erinnerung“; Wiederherstellung sämtlicher gespeicherter Parameter für alle in die Produktion involvierten Instrumente und Gerätschaften) Unmengen an Zeit sparen kann. „Erst die Umstellung von meinem alten Hardwarestudio auf das reine computergestützte Studio hat mir dann endlich das hundertprozentige Total Recall gebracht, was früher eher eine Art ‚Russisches Roulett‘ war.“ (CRETU, 2006, S. 20) meint dazu der Komponist und Produzent Michael Cretu, Mastermind des Musikprojekts *Enigma*, der die Hilfe des Computers bei in der Vergangenheit aufwendigen und lästigen Arbeiten gerne annimmt. Motorisierte digitale Mischpulte vermögen bis zu einem gewissen Grad das Gleiche zu leisten, solange es sich lediglich um einen Mischvorgang von bereits angelegten Audiospuren ohne zusätzlich eingeschleifte Hardware handelt, die nicht extra entsprechend eingestellt werden muss. Andere Engineers wiederum vertrauen auf den altbackenen Weg, da sich bei der manuellen Neuadjustierung von Fadern und Drehreglern zum Fortführen einer sich in Arbeit befindlichen, zuvor beiseitegelegten Produktion eventuelle Fehler aufdecken oder neue Wege finden lassen und die Kontrolle nicht an den Computer abgegeben wird, um eventuell entstehende Nachlässigkeiten zu vermeiden.

Presets werden und wurden aber selbstverständlich auch für digitale Hardware vom Hersteller angefertigt und als *Factory Presets* (RUSS, 2009, S. 457) mitgeliefert.

Beispielsweise ist ein bestimmter, aus dem Speicher abrufbarer Klang eines digitalen Synthesizers ebenso ein Preset der dem Instrument zugrundeliegenden Parameter, selbst wenn Samples im Spiel sind. Die Anzahl dieser voreingestellten Sounds (auch *Patches* oder *Voices*) war ursprünglich durch den geringen Speicherplatz früher Systeme allerdings stark beschränkt. Neben dem eher spärlichen Platz für eigene Kreationen, war die Klangbibliothek im Laufe der Zeit eventuell durch auswechselbare Erweiterungsmodule (etwa Disketten) entsprechend ausbaubar, wodurch ein neuer Markt an Sounddesignern erschlossen wurde. Mit dem Aufkommen von MIDI und erschwinglichen Heimcomputern kam die Möglichkeit auf, Klänge auf den PC zu speichern beziehungsweise davon abzurufen. Der Computer fungierte dabei nicht nur als erweiterter Speicher oder Archiv, sondern vermochte durch programmierte Editoren die Sounderstellung teils erheblich zu erleichtern. Heute spielt bei Plug-ins die Größe des Speicherplatzes in Bezug auf Presets keine Rolle mehr und auch die größten Sample-Libraries finden mittlerweile auf für den Anwender finanzierbaren Festplatten im Terabyte Bereich ausreichend Platz. Um dieser Flut Herr zu werden, bieten manche Programme an, ihren Presets *Metadaten* oder *Tags* zu verleihen, also kategorisierende Zusatzinformationen, nach denen die Sounds sortiert und durchsucht werden können.

Die immense potentielle Verfügbarkeit von vorgefertigten Sounds steigert allerdings die Chance für den Musiker für seine Produktionen geeignete Klänge zu finden, ohne selbst den Zusammenhang der Parameter verstehen zu müssen und senkt den kreativen Arbeitsaufwand.

7.2.5. Haptik und Präzision

Der wahrscheinlich größte Vorteil von Outboard-Geräten gegenüber Software-Plug-ins ist die Haptik. Fader, Regler und Schalter können mit den Fingern bewegt werden. Außerdem sind mehrere Parameter simultan veränderbar, was sich beim Einsatz von Filtern, beim Überblenden zweier Spuren oder beim Anheben beziehungsweise Absenken der Lautstärke ganzer Gruppen bemerkbar macht. Theoretisch ist also ein Zugriff auf 10 Fader gleichzeitig möglich – durch nur eine Person. Ein großes Mischpult erlaubt demnach naturgemäß mehr als zwei Händen zur gleichen Zeit Bearbeitungen durchzuführen. Für eine einzige Maus ein Ding der Unmöglichkeit, der es obendrein oft

an Präzision mangelt, welche man allerdings durch das Eingeben diskreter Zahlenwerte wiederum viel eher erreichen kann, als es menschliche sensorische und optische Fähigkeiten erlauben.

7.2.6. MIDI-Controller

Wo die Maus an ihre Grenzen stößt, schaffen mittlerweile diverse MIDI-Controller Abhilfe. Dies sind Eingabegeräte, deren mechanische Funktionen sich an herkömmlichem Audio-Equipment orientieren (Fader, Drehregler, Pads, Taster, Joysticks, Wheels, etc.). Jedoch werden durch die Positionsveränderung der Regler oder das Betätigen der Schalter lediglich MIDI-Daten ausgelöst und je nach Verkabelung an andere Geräte oder den Computer über die MIDI-Schnittstelle weitergeleitet. So reicht die Spanne von einfachen Fader- und Drehregler-Boxen (z.B.: *Doepfer Pocket Dial*), bis hin zu motorisierten, mit LCD-Anzeigen ausgestatteten und technologisch ausgereiften Geräten, die Software und Hardware praktisch zu einer Einheit verschmelzen lassen (z.B.: *Mackie Control Universal Pro*, *Cakewalk V-Studio 700*). Gerade in diesem Bereich steht die Entwicklung alles andere als still (z.B.: die elegante Controller-Serie *MC-Mix* von *Euphonix*, oder das Schlachtschiff *System 5-MC* derselben Firma). Auch wenn neben MIDI als Protokoll bereits vermehrt hochauflösendere und schnellere Varianten im Einsatz sind, bleibt das Prinzip gleich.



Abb. 7 – Doepfer Pocket Dial: Ein einfacher, robuster Controller mit Endlos-Drehreglern aus dem Jahr 2001. (Abb.: aus Doepfer Musikelektronik, 2009b)



Abb. 8 – Euphonix System 5-MC: Ein einer großen Mischkonsole nachempfunderer DAW-Controller mit mehreren Bildschirmen, Tastatur, Trackball und detaillierter Beleuchtung. (Abb.: aus Euphonix, 2009)

Aber auch die Maus hat natürlich Vorteile. Beispielsweise ist man mit ihr gerade bei Dropdown-Menüs, die auf den zumeist kleinen Bildschirmen der Controller erst gar nicht dargestellt werden können, besser aufgehoben, als per Taster oder Drehknopf die einzelnen Einträge des strukturell gleichen Menüs durchsteppen zu müssen.

Abgesehen von Allround-Controllern für die allgemeinen Aufgaben des DAW-Hosts (Mischpult, Arrangement, Navigation, Plug-in-Management) gibt es auf dem Markt auch speziell zugeschnittene Steuerungseinheiten. So wurde die bereits erwähnte *Korg Legacy Collection*, die unter anderem den *MS-20* als Plug-in enthält, ursprünglich mit einem MIDI-Controller ausgeliefert, der abgesehen von der reduzierten Größe (kleinere Tasten, 3,5mm Klinke anstatt 6,35mm Klinke als Steckverbindungen, Gesamtausmaße auf 84% reduziert) ein täuschend echtes Ebenbild des Vorbilds dieser Simulation darstellt. Die (eventuell ehemaligen) Besitzer des *MS-20*, die dem Plug-in eine Chance geben wollen, werden diesen Controller zu schätzen wissen. Aber auch Neulinge werden sich damit einfacher spielen und schneller zu Recht finden können. Außerdem ist die *KORG Legacy Collection* für viele vielleicht sogar überhaupt die einzige Möglichkeit, solche analogen Legenden per virtueller Annäherung in ihre Produktionen einzubauen. „Three classic synths rise from the grave sounding very much alive“ (AIKIN, 2005, S. 46) beschreibt Autor Jim Aikin die Verfügbarkeit dieser analogen Klassiker in virtueller Form: als Wiederauferstehung. Und so wird auch jungen Musikern so gut wie möglich jenes Gefühl vermittelt, das jene vergangener Jahrzehnte beim Umgang mit den Originalen hatten. Alleine die Spielweise, mit der rechten Hand die Tasten zu betätigen während die Linke an den Drehknöpfen schraubt, bietet hervorragende Vorteile hinsichtlich der Ausdrucksmöglichkeiten des Instruments. Oder aber man spielt einen lange nachschwingenden beziehungsweise automatisch oder per Pedal gehaltenen Ton und nimmt anschließend mit beiden Händen Einfluss auf seinen Charakter. Varianten die ohne Controller nur automatisiert durchführbar sind, die Parameteränderungen also schon im Vorhinein programmiert wurden. So eine Automation im Sequencer bietet ungeahnte Vorteile hinsichtlich der Komplexität der Änderungen gegenüber dem Live-Spiel insbesondere gegenüber reiner Hardware.



Abb. 9 – KORG MS-20 Controller: Teil der ersten, nicht weitergeführten Korg Legacy Collection zur möglichst authentischen Steuerung des zugehörigen Plug-ins. (Abb.: aus KORG, 2010)



Abb. 10 – Doepfer d3: Modulares Masterkeyboard für Orgel-Plug-ins. (Abb.: aus DOEPFER, 2009a)

Weiters sind die zahlreichen softwarebasierten Abbildungen der unsterblichen Hammond Orgel mit ihren Manualen und Zugriegeln relativ authentisch mit dem *Doepfer d3* steuerbar. Gesampelte Drumsounds, beispielsweise jene der Programme *FXpansion BFD*, *Toontrack Drumkit from Hell*, *Native Instruments Battery* oder *XLN Audio Addictive Drums*, können ebenso möglichst originalgetreu per MIDI-Drumset angesteuert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die hierfür verwendeten Pads beim Anschlag selbst nicht zu viel Lärm produzieren, die verwendeten Materialien die Handgelenke schonen und das generelle Spielgefühl dem eines akustischen Schlagzeug ähnelt. Die Firmen *Roland* und *Yamaha* bieten seit vielen Jahren die etabliertesten solcher *E-Drums* an. Vorreiterrolle dabei haben sicherlich die nicht mehr fortgeführten elektronischen Drumkits von *Simmons*, die ins Besondere durch die ungewöhnliche, hexagonale Form der Pads in den 1980ern Kultstatus erlangten. Zwar ist es durchaus möglich, gefällige, menschlich klingende Schlagzeug-Arrangements zu programmieren, doch geht die Produktion mit einem erfahrenen Drummer auf *E-Drums* sicherlich schneller von der Hand. Allerdings ist auch hier ähnlich der Automation von Synthesizern „Unmenschliches“ programmierbar, was also kein Schlagzeuger jemals spielen könnte. Es kommt eben darauf an, was gewünscht wird. Auch hybride Verfahren, beispielsweise die Korrektur von zu ungenau oder falsch eingespielten MIDI-Daten, sind üblich.



Abb. 11 – Simmons SDS 9: MIDI-fähiges E-Drumset. Die Eingabe erfolgt wie bei akustischen Drums mit Sticks auf Oberflächen, die MIDI-Daten erzeugen und an den Drumsynthesizer weiterleiten. (Abb.: aus STORK, ET. AL., 2009)



Abb. 12 – Roland TD-20KX: Das modernste Roland E-Drumset aus der V-Drums Serie mit üppiger Ausstattung. (Abb.: aus ROLAND, 2010)

Der herkömmlichste Vertreter eines MIDI-Steuergerätes mit Vorbild aus dem Bereich der akustischen Instrumente ist in Form des Masterkeyboards zu finden, das von einfacher Ausführung mit einem Umfang von nur wenigen Oktaven bis hin zu echter Hammermechanik mit 88 Tasten erhältlich ist (z.B.: *Doepfer LMK4+*). Die Klaviatur war schon früh fixer Bestandteil von Synthesizern und ist davon nicht mehr wegzudenken, obwohl sie genaugenommen den musikalischen Fähigkeiten eines Synths gegensätzlich gegenüber steht. „The organ-type keyboard that is used as the major controller on many synthesizers seems to have been chosen for all the wrong reasons. Whilst early synthesizers were monophonic, the keyboard is naturally polyphonic since it is all too easy to play more than one key at the same time. The only opportunities for expressive control using the keyboard are attack velocity when the note is initially pressed and after-touch or key pressure once it has been pressed, which means it does not match the continuous and the diverse expression capabilities of a synthesizer. But the keyboard was easy to wire up to produce simple control voltages and triggers for testing the first synthesizer, and this is probably why it was adopted” (RUSS, 2009, S. 473). Obwohl man mittlerweile auch ein Theremin zur MIDI-Daten-Gewinnung und demnach Steuerung von Plug-ins einsetzen kann und immer wieder originelle Neuentwicklungen wie etwa der *Reactable* die Bedienung von digitalen Musikinstrumenten revolutionieren soll, steht die Klaviatur fest verankert und praktisch unangefochten an erster Stelle. Doch das vermehrte Aufkommen von Multitouch-fähigen Oberflächen, wie beispielsweise bei *Apples Ipod Touch* oder *Iphone*, könnte in naher Zukunft die Steuerung von Plug-ins, Sequencern und PCs im

Allgemeinen nachhaltig verändern. Der *JazzMutant Lemur*, genau genommen ein OSC-Controller, geht diesen Weg, der durch die Flexibilität einer für jede Situation veränderbaren, zweidimensionalen Darstellung auf der grafischen Steuerungsoberfläche besticht.



Abb. 13 – Reactable: Ein Tisch mit grafischer Multi-Touch-Oberfläche und symbolischen Bausteinen, die von einem Kamera-System erfasst werden, miteinander musikalisch interagieren und von mehreren Benutzern gesteuert werden können. (Abb.: REACTABLE SYSTEMS, 2010)

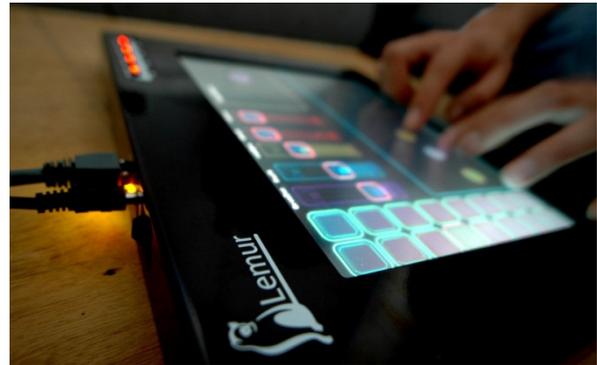


Abb. 14 – JazzMutant Lemur: Ein flexibler Controller mit grafischer Multi-Touch-Oberfläche, die mithilfe eines Editors selbst nach den eigenen Bedürfnissen gestaltet werden. (Abb.: JAZZMUTANT, 2010)

7.2.7. Verschmelzung von Soft- und Hardware anhand ausgewählter Beispiele

Vergleichbar funktionieren moderne Ableger von *MPCs*, die ihre berührungsempfindlichen Pads nur noch zur PC-Steuerung anstatt des maschineneigenen Samplings nutzen. *Native Instruments* geht mit *Maschine* (ebenso wie mit *Kore*) einen zukunftssträchtigen Weg, der Soft- und Hardware noch enger miteinander verschmelzen lassen soll. Dabei ist die Hardwareeinheit so üppig ausgestattet und exakt auf die zu steuernde Software ausgerichtet, dass ein Arbeitsfluss ohne nötigen Blick auf den Bildschirm des Computers möglich sein soll. Ohne PC ist die externe Steuerung aber nicht lauffähig, da sie keinerlei Rechenleistung zur Verfügung stellt. *Maschine*, ein Gerät, das wie eine *MPC* aussieht und dessen Software auch in etwa vergleichbar funktioniert, ist also immer noch ein Plug-in mit Hardwarecontroller, doch soll es durch eine gefühlte Unabhängigkeit vom Rechner, den man im Idealfall während des Komponierens oder der Live-Performance weder bedienen noch sehen muss, praktisch als reine Hardware mit all den über die Jahre eingepflanzten Vorteilen wahrgenommen werden. Dennoch ist man nicht vor Systemabstürzen, Viren und

regelmäßig notwendigen Updates gefeit und bis die Möglichkeit besteht einigermaßen spontan mit *Maschine* zu arbeiten, muss das Betriebssystem des PCs oder Laptops vollständig gebootet (hochgefahren, gestartet) und die entsprechende Software gestartet sein. Umstände, die eventuell die Kreativität einschränken können. Möchte man spontan eine Idee festhalten, sind Bandgeräte oder Harddiskrecorder weit schneller einsatzbereit und kurzfristig gesehen zuverlässiger als ein PC. Aus dem Stehgreif wenige Akkorde zum Besten zu geben geht – ganz abgesehen von akustischen Instrumenten – immer noch einfacher und rascher mit einem Synthesizer plus Verstärker, als mit Plug-ins.

Ein gewöhnlicher, eher standardisierter MIDI-Controller hat den Vorteil, dass damit unterschiedliche Anwendungen gesteuert werden können. Man muss jedoch eventuell die jeweiligen Parameter einzeln zuweisen und „Schablonen“ entwickeln. Dies führt unweigerlich dazu, dass ähnliche Funktionen bei verschiedenen Plug-ins an unterschiedliche Regler des MIDI-Steuergerätes geheftet werden, wodurch ein homogener Arbeitsfluss zwischen Controller und Plug-in erschwert wird. *Native Instruments Kore* versucht diesbezüglich Abhilfe zu schaffen. *Kore* ist wieder eine integrierte Soft- und Hardware Kombination: der Controller spiegelt das Plug-in wider, das wiederum als eigener virtueller Plug-in-Host dient, sodass man mit ihm allein praktisch alle gängigen Funktionen ohne Blick auf den Computer Bildschirm oder Griff zur Maus bedienen können soll. Das Besondere hinsichtlich eines möglichst intuitiven Workflows ist dabei ein verallgemeinertes *User Interface*, also die optische Schnittstelle zur Bedienung zwischen Plug-in und Benutzer. Der Plug-in-Host soll demnach verschiedene Plug-ins mit unterschiedlichen User Interfaces zu einer generischen Steuerung zusammenfassen, die schlussendlich mit dem Hardware-Controller vollzogen werden kann. So können die gängigsten Parameter wie Lautstärke, Verteilung im Stereofeld (Pan), Filterfunktionen (z.B.: Frequenz, Güte) etc. beim Einsatz verschiedener virtueller Instrumente jeweils mit dem gleichen Drehregler bedient werden.

Durch *Kore* gehostete Plug-ins nehmen in etwa die Rolle eines Moduls innerhalb eines modularen Synthesizers an, wodurch es einen großen kreativen Vorteil gegenüber herkömmlicher Hardware zu leisten vermag: es ist möglich die Klänge und Charakteristika einzelner Plug-ins zu vereinen sowie zwischen selbst festgelegten

Klangmustern praktisch stufenlos zu wechseln, wobei die Parameter – ähnlich einer Interpolation – automatisch angepasst werden. Dafür notwendig ist lediglich ein, wenngleich sehr leistungsstarker, Computer. Auf die Welt der Hardware umgelegt würde dies Unmengen an Kabel sowie Merk- und Fingerfertigkeit mehrerer Personen gleichzeitig bedeuten.



Abb. 15 – Native Instruments Maschine Controller: Der einem AKAI MPC nachempfundene Controller steuert das Plug-in und will dem Benutzer dabei das Gefühl vermitteln, ein eigenständiges Hardware-Musikinstrument zu bedienen. (Abb.: aus Amazona, 2009)



Abb. 16 – Native Instruments Kore 2 Controller: Die Beleuchtung dient nicht nur dem Komfort in dunklen Umgebungen sondern gibt zusätzlich zu den Bildschirmen des Controllers und des PC-basierten Plug-in-Hosts Rückmeldung über den Status der Parameter. (Abb.: aus Native Instruments, 2010)

Der *Liquid Mix* von *Focusrite* ist ein DSP-gestütztes Plug-in-System. Das heißt also im Gegensatz zu einer reinen Steuereinheit übernimmt das Gerät auch die Rechenleistung des dazugehörigen Programmes – ein weiterer Schritt in Richtung Verschmelzung von Plug-in und Hardware, was aber durch den Transfer vom PC zum DSP-Chip und zurück eine nicht unerhebliche Laufzeitverzögerung (Latenz) mit sich bringt, die einen Live-Einsatz stark einschränkt und das Anwendungsgebiet des Geräts daher vornehmlich auf den Studio-Einsatz reduziert, wo angenehmerweise automatischer Latenzausgleich als Feature des Sequencers schon seit mehreren Jahren Standard ist. Das Plug-in selbst wartet mit Simulationen von über 60 klassischen Kompressoren und Equalizern nach berühmten Vorbildern wie *Fairchild*, *Neve*, *SSL* etc. auf, deren Daten – wie in Punkt 4.6 erläutert – mithilfe von Impulsantworten und Faltung gewonnen wurden. Vorlagen zu bereits in Punkt 4.2.2 beschriebenen *Hybrid Super EQs* können als *Snapshot* (englisch für Schnappschuss), vergleichbar einem *Preset* – man verzichtet offenbar gewollt auf diesen wie in Punkt 7.2.1 beschrieben nicht ausschließlich positiv behafteten Begriff –,

gespeichert und durch die äußerst geringe Datengröße von weniger als 10kB über das Internet mit anderen *Liquid Mix* Benutzern getauscht werden.



Abb. 17 – Focusrite Liquid Mix DSP Controller: Rechenkraft durch DSP-Chip und Controller mit Endlos-Drehreglern, Tastern und Anzeige in einem. Möchte man das Plug-in allerdings lieber mit Maus und Tastatur steuern, muss die Box dennoch mit der DAW verbunden sein. (Abb.: aus Focusrite, 2009)

7.2.8. Esoterik

Faktoren, die das Klangergebnis einer Produktion theoretisch unmerklich oder gar nicht beeinflussen, auf die jedoch dennoch – wie auf einen Glücksbringer – nicht verzichtet wird, werden gerne in den Bereich der Esoterik sortiert. Doch bei jedem kreativen Prozess hat der Gemütszustand einen erheblichen Anteil, wie das teils geradezu intime Gefühl bei der Musikproduktion mit dem eigenen, selbst gekauften und vielleicht sogar getauften Instrument, das man auswendig kennt und lieben gelernt hat. Solch eine persönliche Verbindung zu einem Plug-in erscheint abstrakter und austauschbarer. Der Komponist und Produzent Dieter Falk spricht den Persönlichkeitswert an, durch den sich Outboard-Geräte auch aufgrund des finanziellen Faktors von Plug-ins unterscheiden: „Viele heutige Plug-ins leisten tolle Dinge, und ich benutze sie auch gerne, aber dezent. Wahrscheinlich nehme ich die teuren Outboard-Teile nur deshalb, weil sie mich damals so viel Geld gekostet haben“ (FALK, 2006, S. 52).

Auch vermittelt das eigenständige Verkabeln und Starten eines Synthesizers wesentlich mehr Macht, als es ein im Verhältnis relativ langsam startender Computer inklusive Updates, Backups und anderen Sicherheitsroutinen zu tun vermag und eventuell das Gefühl aufkommt, der PC spielt eher mit dem Benutzer als umgekehrt. Bis aufwändige Hardware-Setups jedoch einsatzbereit sind, kann ebenso eine dem Bootvorgang

vergleichbare Zeit vergehen. Passende Optik ist wie bei Hardware auch virtuell für die Glaubwürdigkeit eines Produktes hilfreich. Ein Vintage-Plug-in kommt natürlich ohne allerlei analoger Anzeigen samt beweglicher Nadeln und aufleuchtender Röhren kaum aus.

Dem Konsumenten der Musik allerdings kann das, sofern die Musik gefällt, freilich egal sein. Der endgültige Sound muss ihn berühren, egal, wie er einst in der Produktionsphase entstanden ist. Doch fließt der esoterische Faktor auch direkt in das Endprodukt ein, sodass er zur Musik wie auch zum Komponisten und dem Produktionsteam dazugehört.

7.2.9. Paradigmen

“Analogue synthesizers offer the rapid and often intuitive production of sounds, but they have intrinsic non-linearities, distortions and inconsistencies, which can contribute to their characteristic ‘sound’. If the speed of use and the available sounds are suitable, then the limitations may not matter. Digital synthesizers can provide a wider range of techniques, some of which are very powerful at the cost of complexity and difficulty of understanding. But they do not suffer from the built-in imperfections of analogue circuitry, and therefore these may need to be simulated, which adds to the task of controlling the synthesis and makes them less intuitive. The creative possibilities offered by digital synthesis are obtained at the expense of the detail required in setting up and controlling them” (RUSS, 2009, S. 256). Mit Plug-ins verhält es sich wieder anders, da schließlich auch analoge Klangerzeuger auf digitaler Ebene simuliert werden. Die intuitive Steuerung kommt hierbei zumeist erst mit Controllern zustande. Komplexeste Einstellungen wiederum können mithilfe von Editoren vorgenommen werden. Für das grundsätzliche Fehlen von analogen, klangbildenden Unzulänglichkeiten müssen also auch bei virtuellen Instrumenten zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden – sofern erwünscht. Und diese dürften noch nicht authentisch genug sein, da der ‚Kampf‘ Plug-ins gegen Hardware offenbar immer noch andauert und der Klang das Hauptargument analoger Befürworter darstellt. Der Mixing Engineer Dan Grech-Marguerat beispielsweise, verantwortlich für die Mixes der *Scissor Sisters*, setzt im Einklang mit seinen soundtechnischen Präferenzen so viele Vintage-Geräte wie möglich ein: „Ich liebe elektronische Musik und halte Computer für tolle

Werkzeuge, aber wenn man Live-Instrumente aufnimmt, gibt es eine simple Regel: Je mehr Analog-Equipment du einsetzt, desto besser wird der Sound“ (GRECH-MARGUERAT, 2006, S. 27).

7.3. Verfügbarkeit und Einsatz

7.3.1. Preis

Prinzipiell sind Plug-ins billiger zu erstehen als vergleichbare Hardware und zusätzlich einfacher zu erhalten. Und zwar bequem von zuhause aus entweder direkt als Download oder im Online-Vertrieb. Andererseits ist der Wertverlust bei virtuellen Instrumenten weit rascher als bei Hardware zu spüren, wogegen die Hersteller mit Rabattsystemen kämpfen, sodass eine oftmals jährlich neuerscheinende, überarbeitete Version für Kunden des Vorgängers günstiger zu erhalten ist. Der Sammlerwert, durch den so mancher analoger Schatz selbst für Profistudios unbezahlbar bleiben kann, entfällt bei softwarebasierter Technik ebenso, was sich durch die oftmals relativ leichte Kopierbarkeit vor allem bei Programmen bis etwa 2003 – und die Bestrebungen jegliche Schutzmechanismen auszuschalten dauern an – in Zukunft kaum ändern lässt. Hinsichtlich steigender Miet- und Strompreise lässt sich die Effizienz eines Studios durch Plug-ins erhöhen (schlanker, stromsparender). Dafür sind aber starke und auch zuverlässige Rechner notwendig, wobei Plug-ins ohne Verschleißteile dann beinahe wartungsfrei sind, abgesehen von Updates und eventuellen PC-Problemen. Das Zitat Madonna Ciccones in Punkt 7.2.1 verdeutlicht wie abschreckend DAWs auf vor allem ältere Produzenten wirken können, die eventuell weniger computertechnisch begabt sind und einfach nur wie gewohnt auf gutem alten Wege Musik produzieren wollen. Natürlich existieren auch Plug-ins in ungewohnten Preisklassen. Einem etwa 9.000 € teuren *VSL Symphonic Cube* muss man dann eben die Miete eines Aufnahmesaales, eventuell des nötigen Recording-Equipments und nicht zuletzt die Gage eines Symphonieorchesters entgegen rechnen – womit im Bereich ‚Verfügbarkeit‘ bereits ein großer Vorteil der Plug-ins zu sehen ist, allerdings abhängig davon, welchen Weg die Produktion einschlagen will.

7.3.2. Bühne

Durch die Einführung von MIDI konnten mehrere Synthesizer mit nur einer Klaviatur angesteuert werden. Die Folge war die Einführung tastenloser Klangerzeugermodule im Rackformat. „Once the idea of having sound generation separate from the keyboard and performance controls had become established, then moving the synthesizer module from the rack to inside the computer itself was readily accepted” (RUSS, 2009, S. 186). Auf der Bühne spielen Plug-ins den Vorteil der örtlichen Flexibilität voll aus – auch die Verkabelung hält sich in Grenzen. Allein mit Laptop, Audio-Interface und Midi-Masterkeyboard beziehungsweise MIDI-fähigen Pads kann man bereits beeindruckende Performances abliefern. Beliebt sind One-Man-Loop-Shows, bei denen – wie der Name verspricht – eine einzelne Person stets live, auch mit akustischen Instrumenten, Samples aufnimmt und gemeinsam mit bereits vorhandenen, beispielsweise für Drums, in Loops zu einem Song arrangiert – ohne Computer und entsprechende Software in der heutigen Form undenkbar. Das oben angesprochene Masterkeyboard eines DAW-Setups bietet mit Hilfe von Plug-ins Zugriff auf eine schier unbegrenzte Anzahl an Sounds, wobei eine universelle Verwaltung, beispielsweise durch *Native Instruments Kore* die Steuerung von Parametern verschiedenster Synthesizer vereinfacht – gerade für Live-Situationen ein unschlagbarer Vorteil gegenüber herkömmlichen Hardware-MIDI-Setups. Sollte ein Performer in die Verlegenheit kommen, ein und dasselbe Instrument in verschiedenen Stimmungen spielen zu wollen, wären Live zwei Ausführungen vonnöten. Mit einer softwarebasierten Flügelsimulation wie beispielsweise *Synthogy Ivory* können per Mausclick verschiedenste Stimmungen abgerufen werden. Allerdings werden computergestützte Systeme auf der Bühne aufgrund der Absturzgefahr und der eingeschränkten Möglichkeit darüber spontan hinweg zu improvisieren immer noch gerne gemieden.

7.3.3. Homerecording

Gerade für das Homerecording, also die Musikproduktion in den eigenen vier Wänden abseits eines etablierten Studios, bieten Plug-ins Simulationen von seltenen und/oder teuren Vintage-Geräten, mit denen die meisten Hobbyisten oder Talente als Outboard vielleicht ihr gesamtes Leben lang nicht in Berührung kommen werden. Nicht zuletzt Plug-ins haben das Homerecording revolutioniert. Selbst mit beschränkten Budgets und

Räumlichkeiten sind Produktionen möglich, die sich nicht notwendigerweise von in Profiumgebung produzierter Musik unterscheiden lassen. Auch die Eingrenzung auf bestimmte Genres fällt immer geringer aus.

8. Fazit und Ausblick

Technik verändert das Leben. Im Gegensatz zum reinen Musizieren stehen bei der Aufnahme und Produktion von Musik technische Mittel im Vordergrund. Diese haben im vergangenen Jahrhundert den Weg von der Mechanik bis zur Computertechnik vollzogen. Schon früh waren im Musikstudio Arbeitsweisen möglich, die eine Aufnahme von einer Live-Performance wesentlich unterscheidbar machen konnte. So vermochten beispielsweise selbst die Beatles bestimmte Songs, in denen dominante Merkmale auf technischen Raffinessen beruhten, nicht mehr adäquat auf der Bühne zu präsentieren. Die Technik kann also bereits Teil der Komposition sein. Seitdem etwa ab dem 21. Jahrhundert auch komplexe Klangerzeugung im Computer möglich ist, welcher zumeist gleichzeitig bereits für das Arrangement eingesetzt wird, und so Komposition, Klangbearbeitung und Arrangement noch enger miteinander verflochten sind, sind in vielen Genres die während einer Musikproduktion auftretenden Arbeitsphasen kaum noch vernünftig voneinander zu trennen.

Die Musikproduktion hat sich zweifellos vereinfacht, was nicht bedeutet, dass Talent und handwerkliches Geschick nicht immer noch herausstechen. Doch was mit geringem Budget und stark beschränkter Manpower vom Bereich des Homerecordings in Richtung der Charts drängt wäre noch vor 15 Jahren völlig undenkbar gewesen. In vielen anderen Bereichen des Berufslebens – ob multimedial oder nicht – verhält es sich ähnlich. Know-How wird über das Internet greifbarer und der Computer nimmt samt geeigneter Software den Platz von früher für Anfänger unbezahlbaren Maschinen oder Experten ein.

Der Computer, der seit den 1950ern von Zimmergröße im Extremfall bis hin zu beinahe unbemerkbarer, oftmals geschickt integrierter Ausdehnung geschrumpft ist, soll der eigentlich zu verrichtenden Arbeit immer weniger scheinbar im Weg stehen, sondern diese still und unsichtbar unterstützen. Ein Weg dabei ist es, dem Menschen natürliche Vorgänge, die durch den PC unterdrückt zu sein schienen, wieder zu bringen, ohne auf

den Rechner zu verzichten. Tablets, also Oberflächen, die dem User per Stift erlauben, direkt in den PC zu zeichnen oder die aufkommenden Multitouch-Oberflächen, die die virtuell dargestellten Objekte greifbarer und ihre Manipulation intuitiver machen soll, zeigen den Weg. Im Bereich der Musikproduktion sind es die mittlerweile weit verbreiteten Controller, die die offenbar intuitiveren und dem Menschen aus der Vergangenheit vertrauten Bewegungsabläufe „trotz Computer“ ermöglichen. Die Zusammenschließung von Hard- und Software-Herstellern war eine logische Folge: *Yamaha* und *Steinberg*, *Roland* und *Cakewalk*. Beide Fraktionen vereinen ihre Kräfte und profitieren – zugunsten der Kunden beziehungsweise kreativer Umsetzung künstlerischer und tontechnischer Ideen. Die Zukunft der äußerst erfolgreichen deutschen Firma Native Instruments wird sich weisen. Berühmt geworden durch Software, besteht 70% ihres Umsatzes bereits aus in virtuelle Studios integrierte Hardware (REICHERT, 2009).

Computer werden immer leistungsstärker – ein Ende ist nicht absehbar. Durch die ständig erweiterten Fähigkeiten, vor allem in Bezug auf Software, die die neugewonnene Leistung auszuschöpfen versuchen und hinsichtlich der Bedienung, wird der PC seinen Ruf als „kalte, unmenschliche Maschine“ ablegen. Sobald Rechner und virtuelle Studios für sämtliche arbeitenden Generationen zu Selbstverständlichkeit werden und die Vorteile gegenüber analoger Technik massiv überwiegen, könnte der Kampf „Analog gegen Digital“ beziehungsweise „Hardware gegen Plug-ins“ zu Ende gehen.

„Die Musikproduktion hat den Weg ins Virtuelle vollzogen. An dessen Ende stehen wieder anfassbare Instrumente, die zum Spielen anregen. ‚Wir sind erst am Anfang einer Entwicklung, in der sich die reale mit der virtuellen Welt vermischt‘, prophezeit Mate Galic. Das Studio als Instrument – das propagierte der Produzent Brian Eno schon 1979. Mit der Vielfalt miteinander agierender Hard- und Software wird seine Vision wahr“ (REICHERT, 2009).

9. Quellenverzeichnis

9.1. Bibliographische Quellen

- Aikin, Jim: *Korg Legacy Collection*, in: Virtual Instruments, Ausgabe 2/2005. Virtual Instruments Inc., Sherman Oaks, 2005.
- Anwander, Florian: *Synthesizer*. PPV Presse Project Verlags GmbH, Bergkirchen 2000.
- Becker, Matthias: *Synthesizer von gestern*. MM-Musik-Media-Verlag, Augsburg 1990.
- Bieger, Hannes: *Focusrite Liquid Mix*, in: Sound & Recording, Ausgabe 08/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 74-79
- Bieger, Hannes: *TG Chandler Limited EMI TG12413 Limiter Plug-ins*, in: Sound & Recording, Ausgabe 04/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 70-71
- Bieger, Hannes: *Focusrite Liquid Mix 2.0*, in: Sound & Recording, Ausgabe 10/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 62-64
- Bieger, Hannes: *Waves API Collection*, in: Sound & Recording, Ausgabe 12/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 64-66
- Bieger, Hannes: *URS Classic Console Strip*, in: Sound & Recording, Ausgabe 01/2008. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2008. S. 51-52
- Bieger, Hannes: *Waves JJP Collection*, in: Sound & Recording, Ausgabe 03/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 56-57
- Bieger, Hannes: *Time To Deliver – Folge 36: Loudness War (1)*, in: Sound & Recording, Ausgabe 07/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 80-82
- Bieger, Hannes: *Softtube Spring Reverb & Tube Delay*, in: Sound & Recording, Ausgabe 08/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 46-47
- Bieger, Hannes: *Time To Deliver – Folge 38: Loudness War (2)*, in: Sound & Recording, Ausgabe 08/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 73-75
- Bieger, Hannes: *Time To Deliver – Folge 38: Loudness War (3)*, in: Sound & Recording, Ausgabe 09/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 69-71
- Bieger, Hannes: *Was ist Wärme?*, in: Sound & Recording, Ausgabe 10/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 86
- Brinkmann, Thomas: *Lucky Hands*, in: Sound & Recording, Ausgabe 04/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 40-50

- Ciccione, Madonna: *Madonna chooses dare*, in: Spin, Ausgabe 4/1998. John Rollins, 1998. S. 70-76
- Cretu, Michael: *Enigma – Michael Cretu*, in: Sound & Recording, Ausgabe 11/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 18-26
- Davis, Gary; Jones, Ralph: *Sound Reinforcement Handbook*. Hal Leonard Publishing Corporation, Milwaukee 1990.
- Dickreiter, Michael: *Handbuch der Tonstudiotchnik*. Band 1. K. G. Saur Verlag KG, München 1997.
- Dickreiter, Michael: *Handbuch der Tonstudiotchnik*. Band 2. K. G. Saur Verlag KG, München 1997.
- Douglass, Jimmy: *Jimmy Douglass mischt Sexyback von Justin Timberlake*, in: Sound & Recording, Ausgabe 11/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 104-111
- Ebmeier, Jochen: *Michael Jackson. Das Phänomen*. Atlantis Musikbuch-Verlag, Mainz 1999.
- Enders, Bernd: *Lexikon Musikelektronik*. Atlantis Musikbuch-Verlag, Mainz 1997.
- Enders, Bernd: *Mathematische Musik – musikalische Mathematik*. PFAU-Verlag, Saarbrücken 2005.
- Fak, Dieter: *Der Popstars-Macher*, in: Sound & Recording, Ausgabe 12/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 48-52
- Fuchs, Peter: *Orchestersound: real vs. virtuell*, in: Sound & Recording, Ausgabe 3/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 47-51
- Gerke, Martin: *Korg OASYS OS 1.2 und Legacy Collection*, in: Sound & Recording, Ausgabe 1/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 62-63
- Gorges, Peter: *Native Instruments FM7*, in: Keyboards, Ausgabe 12/2001. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2001. S. 18-20
- Grateful Dead: *The Best of Skeletons from the Closet*. Warner Bros. Records Inc., 2005. Booklet, S. 2
- Grech-Marguerat, Dan: *Scissor Sisters*, in: Sound & Recording, Ausgabe 12/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 20-29
- Grimm, Andreas: *Interview mit Filmmusikkomponist Andreas Grimm*, in: Sound & Recording, Ausgabe 3/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 50-51
- Hewlett, Walter B.; Selfridge-Field, Eleanor; et. al.: *MIDI*, in: Beyond MIDI. MIT Press, Cambridge 1997.
- Humid, Bob: *Universal Audio Precision Mastering Bundle*, in: Sound & Recording, Ausgabe 6/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 93-95
- Katz, Bob: *Mastering Audio: The Art and the Science*. Focal Press, Oxford 2002.
- Lösener, Bernhard: *Korg Mono/Poly – Legacy Collection Analog Edition 2007*, in: Sound & Recording, Ausgabe 5/2007. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2007. S. 66-69
- Manning, Peter: *Electronic and Computer Music*. Oxford University Press, Oxford 2004.
- Miranda, Eduardo Reck: *Computer Sound Design*. Focal Press, Oxford 2002.
- Neukom, Martin: *Signale, Systeme und Klangsynthese: Grundlagen der Computermusik*. Peter Lang Verlag, Bern 2005.

Nies, Joker: *Arturia Prophet V*, in: Sound & Recording, Ausgabe 5/2006. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2006. S. 72-75

Ruschkowski, André: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*. Reclam Verlag, Stuttgart 1998.

Russ, Martin: *Sound Synthesis And Sampling*. Focal Press, Oxford 2009.

Stork, Dieter; Lösener, Bernhard: *Simmons SDS 9 (*1985)*, in: Sound & Recording, Ausgabe 4/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 136-138

Stössl, Niko: *Paradigmenwechsel: Audioproduktion im „Tonstudio 2.0“*, in Sound & Recording, Ausgabe 9/2009. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2009. S. 36-39

Swedien, Bruce: *Make Mine Music*. MIA Press, Sarpsborg 2003.

Tingen, Paul: *Manny Mariquin mischt Kanye West*, in: Sound & Recording, Ausgabe 01/2008. MM-Musik-Media-Verlag, Köln, 2008. S. 34-39

Vail, Mark: *Vintage Synthesizers*. Miller Freeman Books, San Francisco 2000.

Voigt, Wolfgang: *Zum Problem der Akzeptanz und der "natürlichen" Klangwirkung elektronischer bzw. mechanisch - elektronischer Musikinstrumente*, in: Systemische Musikwissenschaft. Festschrift Jobst Peter Fricke zum 65. Geburtstag hrsg. von Wolfgang Auhagen, Bram Gätjen und Klaus Wolfgang Niemöller 2003. S. 307-312

9.2. Internetquellen

Adobe Systems Incorporated: *Adobe Flash Player*. <http://www.adobe.com/de/products/flashplayer/>, Zugriff: 02.09.2009

Alderman, John: *Interview with Mellotron Documentary Filmmaker Dianna Dilworth*. <http://rhizome.org/editorial/2344>, Zugriff: 15.09.2009

Amazona: *News: Native Instruments kündigt FM8 an*. 2006. http://www.amazona.de/index.php?page=29&file=1&news_id=31&do=detail, Zugriff: 18.01.2010

Amazona: *Test: Native Instruments Maschine*. 2009. http://www.amazona.de/index.php?page=26&file=2&article_id=2228&page_num=3, Zugriff: 18.01.2010

Arturia: *TAE*. <http://www.arturia.com/evolution/en/products/v-collection/tae/intro.html>, Zugriff: 07.09.2009

Baum, Christian: *MEMI-Interview: Peter Gorges*. 1999. <http://www.memi.com/makers/hwsw/article/pginterv.html>, Zugriff: 20.10.2009

Bell, Matt: *KORG OASYS*, in: Sound On Sound, März 2005. <http://www.soundonsound.com/sos/mar05/articles/korgoasys.htm>, Zugriff: 15.09.2009

Borthwick, Noel: *RE: Sonar 8 not VST3 compatible?*
<http://forum.cakewalk.com/tm.aspx?high=&m=1504455>, Zugriff: 07.10.2009

CNMAT: *Introduction to OSC*. <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>, Zugriff: 15.10.2009

Cockos Incorporated: *Purchase*. <http://www.reaper.fm/purchase.php>, Zugriff: 10.12.2009

Doepfer Musikelektronik: *Modular Organ Masterkeyboard d3*. 2009. <http://www.doepfer.de/D3.htm>,
 Zugriff: 18.01.2010

Doepfer Musikelektronik: *Pocket Dial*. 2009. <http://www.doepfer.de/pd.htm>, Zugriff: 18.01.2010

Euphonix: *News Releases. New EuCon for Euphonix MC-Pro and System 5-MC DAW Controllers*. 2009.
<http://www.euphonix.com/pro/news/?id=127>, Zugriff: 18.01.2010

Farina, Angelo; Farina, Adriano: *Realtime auralization employing a not-linear, not-time-invariant convolver*. 2007. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14352>, Siehe Anhang.

Focusrite: *Liquid Mix*. http://focusrite.com/products/liquid/liquid_mix/, Zugriff: 06.09.2009

Geffen, Paul: *Triadex Muse Simulator Home Page*. 2001. <http://www.trovar.com/muse/muse.html>, Zugriff: 12.09.2009

Gunderson, Steinar H.: *Global IPv6 statistics*. 2008. http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-57/presentations/Colitti-Global_IPv6_statistics_-_Measuring_the_current_state_of_IPv6_for_ordinary_users_7gzD.pdf, Zugriff: 17.01.2010

JazzMutant: *Lemur. Pictures*. 2010. http://www.jazzmutant.com/lemur_gallery_pics.php, Zugriff: 18.01.2010

Kemp, Michael J.: *United States Patent 7,034,194. Audio effects synthesizer with or without analyzer*.
<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fmetahtml%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=1&p=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=7,039,194.PN.&OS=pn/7,039,194&RS=PN/7,039,194>,
 Zugriff: 15.12.2009

KORG: *Korg Legacy Collection*. 2010. <http://www.korg.de/produkte/fruehere-modelle/legacy-collection-produktinfo/legacy-collection-produktinfo-2.html>, Zugriff: 18.01.2010

MIDI Manufacturers Association: *Tutorial: History of MIDI*.
http://www.midi.org/aboutmidi/tut_history.php, Zugriff: 22.09.2009

Native Instruments: *KORE2_Controller_04.png*. http://www.native-instruments.com/uploads/pics/KORE2_Controller_04.png, Zugriff: 18.01.2010

Reactable Systems: *Reactable*. 2010. <http://www.reactable.com/reactable/>, Zugriff: 18.01.2010

Recording Academy, The: *Engineer GRAMMY Award Eligibility Crediting Definitions*. 2008.
http://www2.grammy.com/PDFs/Recording_Academy/Producers_And_Engineers/Engineer_Definitions.pdf,
 Zugriff: 17.01.2010

Reichert, Kolja: *Die Ton-Angeber*, in: Der Tagesspiegel vom 16. August 2009.
<http://www.tagesspiegel.de/kultur/pop/Kreuzberg-Native-Instruments;art971,2874053>, Zugriff: 15.09.2009

Reid, Shaheem: *Kanye West's 808s & Heartbreak Album Preview: More Drums, More Singing, 'No Typical Hip-Hop Beats'*. 2008. http://www.mtv.com/news/articles/1597139/20081015/west_kanye.jhtml, Zugriff: 17.09.2009

Roland Corporation: *V-Piano*. 2009. <http://www.roland.com/V-Piano/>, Zugriff: 21.12.2009

Roland Corporation: *TD-20KX*. 2010. <http://www.roland.com/products/en/TD-20KX/index.html>, Zugriff: 18.01.2010

Shure Incorporated: *Myth Busters Vol. 1*. 2008. http://www.shure.de/ProAudio/MagazinesAndNewsletters/ShureNotes/de_pro_shurenotes_faq_4, Zugriff: 17.01.2010

Smith III, Julius O.: *A Basic Introduction to Digital Waveguide Synthesis*. Stanford 2006. <https://ccrma.stanford.edu/~jos/swgt/swgt.pdf>, Zugriff: 21.12.2009

Steinberg Media Technologies: *3rd Party Developer*. http://www.steinberg.net/de/company/3rd_party_developer.html, Zugriff: 05.10.2009

Steinberg Media Technologies: *Die Steinberg Story*. http://www.steinberg.net/de/company/steinberg_company_history.html, Zugriff: 04.10.2009

Steinberg Media Technologies: *Unsere Technologien*. http://www.steinberg.net/de/company/steinberg_technology.html, Zugriff: 04.10.2009

Vercoe, Barry, et. al.: *The Canonical Csound Reference Manual. Version 5.10*. 2009. http://downloads.sourceforge.net/project/ksound/ksound5/ksound5.10/Csound5.10_manual_pdf.zip?use_mirror=mesh, Zugriff: 22.12.2009

Vienna Symphonic Library: *Die neue Dimension des Raumes*. 2009. http://vsl.co.at/downloader.asp?file=/press/vsl09_MIR_Flyer_de.pdf, Zugriff: 18.01.2010

Vienna Symphonic Library: *Mit Leidenschaft fürs Detail*. 2009. http://vsl.co.at/downloader.asp?file=/press/vsl09_katalog09_de.pdf, Zugriff: 18.01.2010

Vienna Symphonic Library: *Orchesterklang im 21. Jahrhundert*. 2009. Siehe Anhang.

Vienna Symphonic Library: *Vienna Imperial*. 2009. http://vsl.co.at/downloader.asp?file=/press/vsl09_VIP_Flyer_de.pdf, Zugriff: 18.01.2010

Vienna Symphonic Library: *Vienna MIR*. 2009. <http://vsl.co.at/de/211/497/1687/455/1287.htm>, Zugriff: 15.12.2009

Vintage Synth Explorer: *Linn Electronics Linn 9000*. <http://www.vintagesynth.com/linn/linn9000.php>, Zugriff: 17.09.2009

Watkinson, John: *An Introduction to Digital Audio*. Butterworth-Heinemann, Oxford 1995.

Waves Audio: *Company Background*. <http://www.waves.com/Content.aspx?id=358>, Zugriff: 08.09.2009

Yamaha Corporation: *Yamaha to Launch mLAN Licensing Campaign*. <http://www.global.yamaha.com/news/2000/20000720.html>, Zugriff: 15.10.2009

9.3. Videoquellen

Zimmer, Hans: *VIDEO-INTERVIEW: HANS ZIMMER*. 2009.

http://www.amazona.de/index.php?page=26&file=2&article_id=2530, Zugriff: 27.10.2009

9.4. Anhang

9.4.1. Inhalt der beiliegenden CD

/ Csound Sound Beispiele

- 01.wav
- 02.wav
- 03.wav
- 04.wav
- 05.wav

/ PDFs

- 241-AES123_convolution.pdf (FARINA, ET. AL., 2007)
- Colitti-Global_IPv6_statistics_-_Measuring_the_current_state_of_IPv6_for_ordinary_users_.7gzD.pdf (GUNDERSON, 2008)
- Csound5.10_manual.pdf (VERCOE, ET. AL., 2009)
- Engineer_Definitions.pdf (RECORDING ACADEMY, 2008)
- smith.j.o_2006_a_basic_introduction_to_digital_waveguide_synthesis.pdf (SMITH III, 2006)
- vi09_mainstream.pdf (VIENNA SYMPHONIC LIBRARY, 2009c)
- vsl09_katalog09_de.pdf (VIENNA SYMPHONIC LIBRARY, 2009b)
- vsl09_MIR_Flyer_de.pdf (VIENNA SYMPHONIC LIBRARY, 2009a)
- vsl09_VIP_Flyer_de.pdf (VIENNA SYMPHONIC LIBRARY, 2009d)

/ readme.txt

9.4.2. Zusammenfassung

Nach einer kurzen Einführung in die technischen Grundlagen der digitalen Musikproduktion wird das Prinzip von Plug-ins und ihren verschiedenen musikalischen Einsatzgebiete in den Bereichen Klangsynthese und Klangbearbeitung mithilfe einfacher Programm-Code-Beispiele erläutert. Danach werden gängige Formate und Schnittstellen sowie die Grundlagen von Sequencern behandelt. Anschließend werden verschiedene Antwortmöglichkeiten auf die Frage aufgezeigt, warum sich hardware-basierte Studioteknik in ihren Klangeigenschaften von vergleichbarer Studio-Software unterscheidet. Des Weiteren wird das Handling von Plug-ins, zum Beispiel mit Controllern, und seine Auswirkungen auf die Kreativität beschrieben. Weitere Vor- und Nachteile im Einsatz von virtuellen Instrumenten führen zu einem kurzen Ausblick auf die nahe Zukunft und das Potential der digitalen Musikproduktion.

9.4.3. Lebenslauf

Klemens Löwenstein

Geboren am 23. März 1984 in Wien.

Seit 1989: Unterricht in Jazzklavier und Jazztheorie an der J. G. Albrechtsberger Musikschule Klosterneuburg bei Dr. Mag. Erich Piplics

2002: Matura mit ausgezeichnetem Erfolg am BG/BRG Klosterneuburg

2003-2004: Studium der Medieninformatik an der Technischen Universität Wien

Seit 2004: Studium der Musikwissenschaft an der Universität Wien