

Kodierung musikalischer Objekte und Prozesse

Seminar: Musikinformatik
Florian Grothe
2009

1. EINLEITUNG	3
2. KOORDINATENRÄUME DES MUSIKWISSENS	3
2.1. REALITÄTSEBENE	4
2.2. KOMMUNIKATIONSEBENE	4
2.3. ZEICHENSYSTEM (SEMIOSIS)	4
3. KODIERUNG VON EINFACHEN MUSIKALISCHEN OBJEKTEN	5
3.1. KODIERUNG AUF NEUTRALER EBENE: MUSIK	5
3.2. KODIERUNG AUF EBENE DER SCHÖPFER UND HÖRER: SOUND-EVENTS	6
3.3. KODIERUNG AUF DER MENTALEN EBENE: NOTE-EVENTS	9
4. KONSTRUKTE FÜR KOMPOSITION UND ANALYSE NACH MAZZOLA	10
4.1. AKKORDE	10
4.2. GRUPPEN	11
4.3. AKKORDSEQUENZEN	11
5. KODIERUNG IN DER PRAXIS	11
5.1. MUSIC N	11
5.2. MIDI	13
6. ANDERE ANSÄTZE	15
6.1. KLASSIFIZIERUNG VON MUSIKINSTRUMENTEN NACH HORNBOSEL UND SACHS	15
6.2. OBJECT CODING OF HARMONIC SOUNDS USING SPARSE AND STRUCTURED REPRESENTATION	15
6.3. OBJECT CODING OF MUSICAL AUDIO USING BAYESIAN HARMONIC MODELS	16
7. FAZIT	16
8. QUELLEN	16

1. Einleitung

In diesem Artikel geht es um die Kodierung von musikalischen Objekten, die Abgrenzung zwischen verschiedenen Ebenen der Musik. Außerdem werden zwei neuartige Ansätze zu Kodierung von Musik vorgestellt.

Des Weiteren werden zwei Beispiele für die Kodierung aus der Praxis vorgestellt.

2. Koordinatenräume des Musikwissens

Mazzola[1] betrachtet den Musikbegriff nicht als Ganzes, sondern unterscheidet ihn in drei Dimensionen, bzw. Ebenen. Diese sind die Realitätsebene, die Kommunikationsebene sowie die Ebene des Zeichensystems, die jeweils wieder in drei Bereiche eingeteilt sind. Daraus ergibt sich die Topographie des Musikwissens, ein Raum aus 27 Koordinaten. Nur mit Hilfe dieses topographischen Rasters lässt sich, laut Mazzola, differenziert über Musik diskutieren. Diese Ebenen werden im Folgenden kurz erläutert.

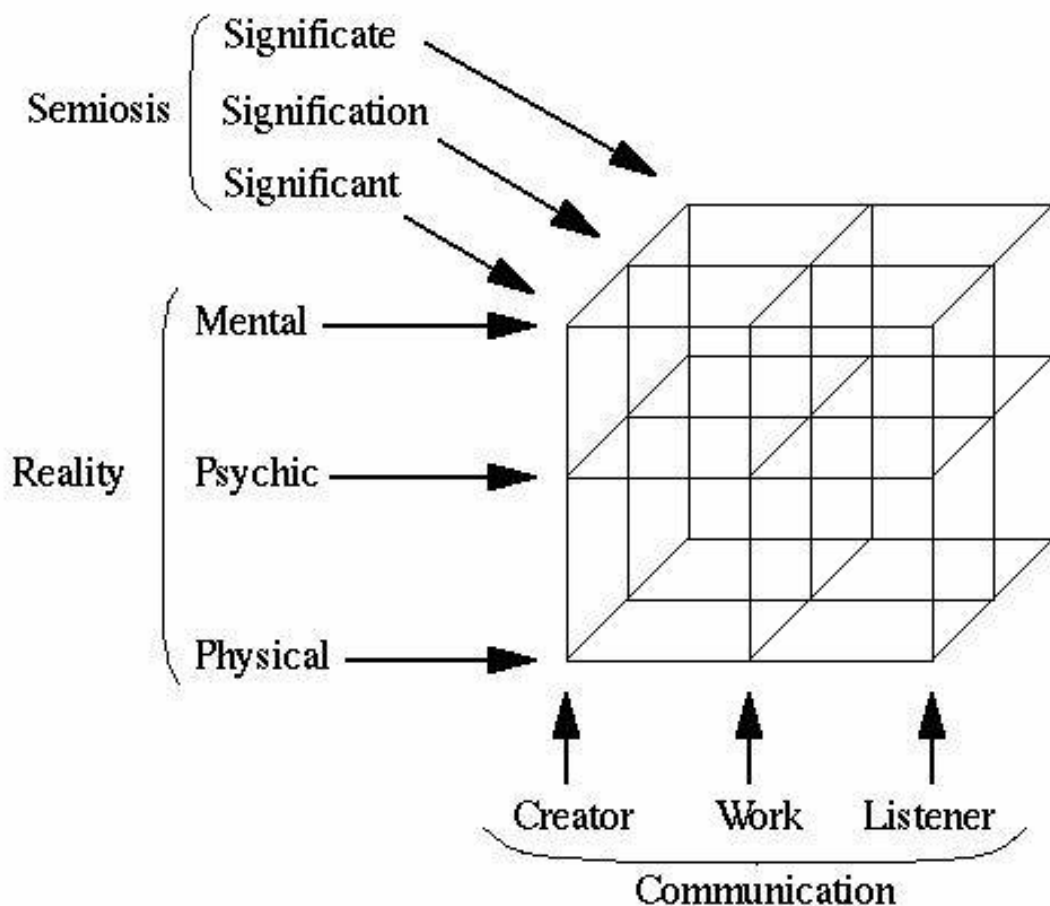


Abbildung 1

2.1. Realitätsebene

Die Realitätsebene teilt sich in den physischen, den psychischen und den mentalen Bereich auf.

Hören wir Musik, sprechen wir von der akustischen Realität. Dies betrachtet man als physischen Bereich, bei dem die Musik lediglich in Form von Schallwellen auf das Ohr treffen.

Hinter dem, was physikalisch auf das Ohr trifft, steht die Partitur, in symbolischer Notation oder als mentales Model, welches dem Hörer verborgen bleibt, da die symbolische Notation nicht präzise genug ist um das mentale Model wieder zu geben.

Außerdem hat die Musik eine psychische Komponente, die widerspiegelt, was der Komponist, Interpret und Hörer mit dem Stück assoziieren, bzw. welche Gefühle mit dem Stück verbunden werden.

2.2. Kommunikationsebene

Die zweite Ebene, die wir betrachten ist die Kommunikationsebene. Laut dem Psychologen Schulz von Thun[2], ist es nicht möglich nicht zu kommunizieren. Somit ist Musik auch Mitteilung, hat einen Inhalt und eine Botschaft. Wie jede Mitteilung hat Musik auch einen Sender und einen Empfänger und ein Übertragungsmedium. Da Musik eine Form der Kunst ist, bedienen wir uns der Theorie der künstlerischen Kommunikation, wie sie von Jean Molino definiert wurde. Hier heißen die drei Komponenten Poiesis, neutrales Niveau und Aesthesis.

Die Poiesis ist der Schaffensprozess, da Kunst ja immer von jemandem erzeugt wird. Im allgemeinen Kommunikationsmodell entspräche dies dem Sender.

Das musikalische Werk ist das Resultat der Poiesis und damit ein eigenständiges Objekt, welches unabhängig des Herstellungsprozesses betrachtet werden muss. Dies ist das neutrale Niveau. Im allgemeinen Kommunikationsmodell entspricht es dem Übertragungsmedium.

An dritter Stelle der Kommunikationsebene steht die Aesthesis oder der Empfänger. Ein wiedergegebenes Werk wird gehört, verstanden und beurteilt. Die Aesthesis ist somit massiv von der Wahrnehmung geprägt.

2.3. Zeichensystem (Semiosis)

Die dritte Dimension entspricht der Ebene der Bedeutungsfähigkeit. Diese Dimension ist für das weiter führende Thema von geringerer Bedeutung. Aber der Vollständigkeit halber wird sie kurz beschrieben. In der Semiosis ist die musikalische Struktur weitgehend irrelevant. Die Musik fungiert hier ‚nur‘ als Ausdrucksebene. Als Beispiel eignet sich eine

beliebige Nationalhymne. Die Melodie hat in keiner Weise Einfluss auf die Bedeutung der Hymne. Aber die Hymne steht als Zeichen für Verbundenheit, für Nationalität oder Stolz und kann für jeden auch eine Andere Bedeutung haben.

Die Musik hat eine Ausdrucksebene, Inhaltsebene und ist damit bedeutungsfähig. Oder anders ausgedrückt: „Musik hat Zeichencharakter und deshalb auch eine Bedeutung.“

„Ein Zeichen ist“, laut Ferdinand Saussure[3], „etwas, was auf eine bestimmte Weise für etwas anderes steht.“

Ein Zeichen besteht immer als Gesamtheit seiner drei Teile, Ausdruck | Relation | Inhalt.

3. Kodierung von einfachen musikalischen Objekten

3.1. Kodierung auf neutraler Ebene: Musik

Auf der Neutralen Ebene ist das musikalische Werk eine einzige Luftschwingung. Ein Datenträger (CD, LP) ist lediglich eine digitale oder analoge Spur dieser Schwingung. Im Kontext der Informatik wird nun die Digitalisierung der Luftschwingung als Beispiel für das Kodieren auf dieser Ebene gezeigt.

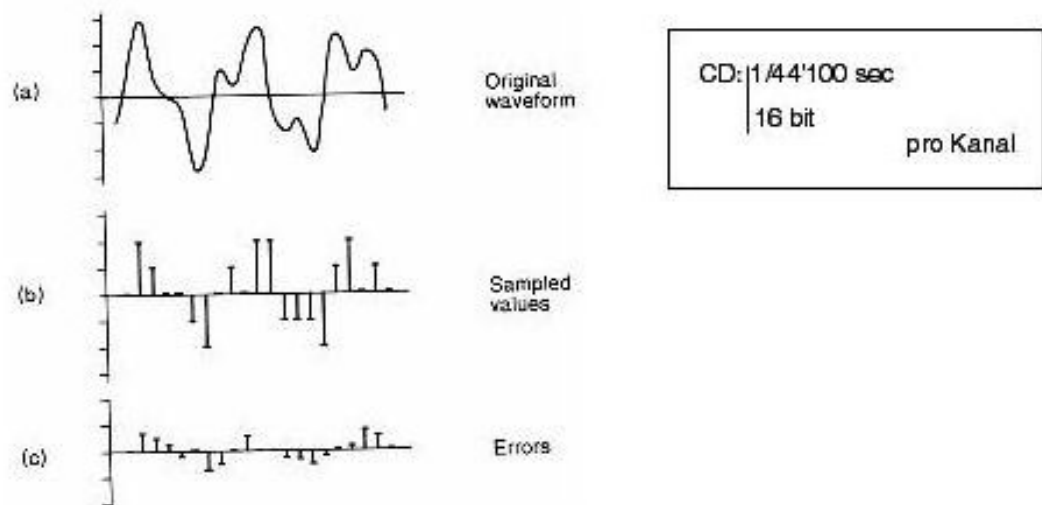


Abbildung 2.1

Die Analoge Luftschwingung wird in diskreten Zeitabständen abgetastet. [Abbildung 2.1] Bei der CD geschieht dies 44.100 mal pro Sekunde. Dieser Vorgang wird Diskretisierung genannt. Außerdem wird der, aus unendlich vielen Werten bestehende, Wertebereich der Schwingungsauslenkung quantisiert. In [Abbildung 2.2] Beispielfhaft dargestellt ist die 1-Bit-Quantisierung, die lediglich zwei approximierte Werte (0 und 1) kennt. Und die 4-Bit-Quantisierung, die 16 Werte

zwischen 0 und 15 kennt. Für die CD wird eine 16-Bit-Quantisierung, welche eine Feinheit von 65.536 Werten ergibt.

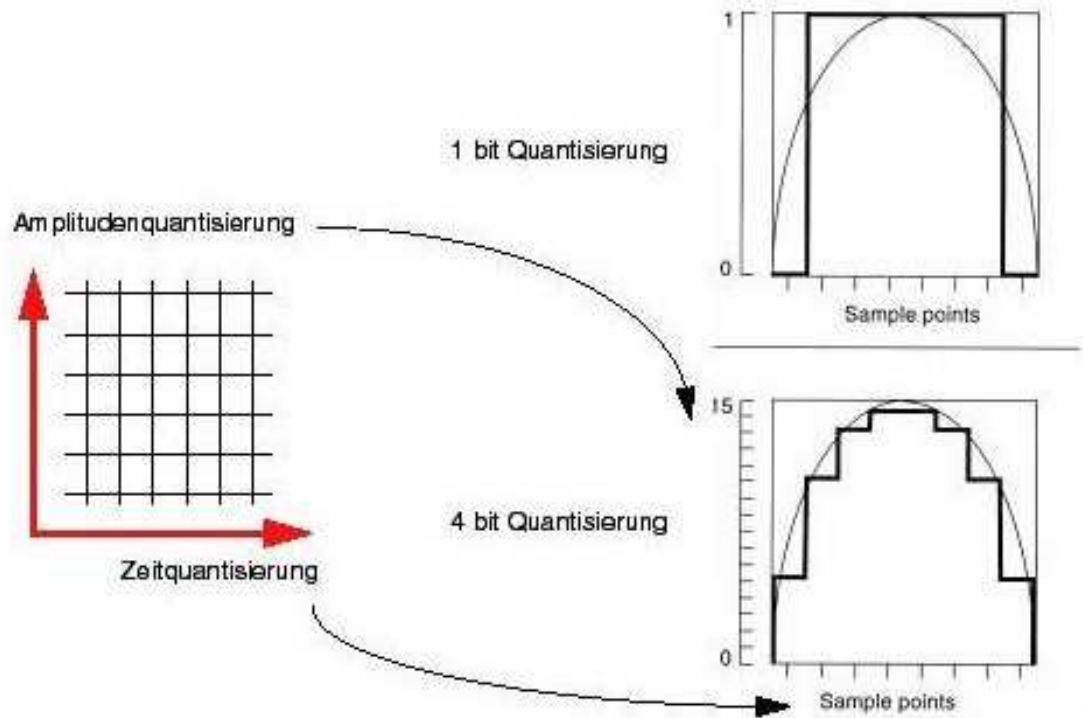


Abbildung 2.2

3.2. Kodierung auf Ebene der Schöpfer und Hörer: Sound-Events

Im Gegensatz zur neutralen Ebene wird das Gesamtwerk aus der Sicht des Schöpfers/ Empfängers als Liste von Sound-Events zusammengesetzt bzw. zerlegt. Da die Zerlegung nicht eindeutig realisierbar ist, aus technologischen wie auch hörphysiologischen Gründen, nehmen wie im Folgenden an, wir hätten ein Sound-Event isoliert, wie etwa von einem Klavier oder einer Gitarre.

Dieses Sound-Event nehmen wir als eine kurzfristige Auslenkung $x(t)$ des Luftdrucks, die von der Zeit t abhängt wahr. Diese Sichtweise ist noch eine neutrale Beschreibung, da sie auf keiner eindeutigen Konstruktionsvorschrift beruht.

Das Sound-Event, wird wie folgt konstruiert. Es wird eine Wave $W_f(t)$ angegeben, welche eine periodische Funktion der Zeit ist. Es gibt also eine Periode P , so dass immer $W_f(t + P) = W_f(t)$ gilt. Die Frequenz f ist $f = 1/P$. Die Standarddarstellung der Wave $W_f(t)$ nutzt die Fourier-Zerlegung in Sinus-Funktionen, bei der die Wave-Funktion aus Sinusfunktionen gebildet wird. $W_f(t) = \sin(2\pi \cdot f \cdot t) + \dots$

Dann wird eine Hüllfunktion $H(t)$ angegeben. Sie definiert in welchem Maß das Sound-Event innerhalb der definierten Höchstwerte an- und abschwillt. Die Hüllfunktion $H(t)$ ist normiert, so dass sie zwischen $t = 0$ und $t = 1$ positive Werte bis maximal 1 hat. Vorher und nachher den Wert 0. Aus $H(t)$ wird die tatsächliche Hüllkurve gebildet, die die Grenzen des Sound-Events bestimmt.

Das Sound-Event soll zur Einsatzzeit e beginnen, eine Einsatzdauer d haben und nach $e + d$ beendet sein. Des Weiteren hat die Schallschwingung eine maximale Auslenkung des Normalluftdrucks, welche die Amplitude A der Funktion darstellt. Diese drei Parameter bilden den Support (Träger) des Sound-Events $S = (e, d, A)$. Die durch das Tripel S definierte tatsächliche Hüllkurve lautet dann $H_s(t) = A \cdot H((t - e)/d)$

Nun erhalten wir das Wellenpaket des Sound-Events $x(t) = H_s(t) \cdot W_f(t)$. Die Zeitfunktion hängt also von den Parametern (e, f, A, d, H, W) ab. Wobei e, f, A, d die geometrischen Parameter sind, die es erlauben das Sound-Event im geometrischen Raum darzustellen. Wogegen das Paar $F = (H, W)$ Farbparameter heißt, da es ausschlaggebend für die Klangfarbe des Events ist.

Die Parameter f und A werde an die menschliche Hörphysiologie angepasst. Daraus ergibt sich die Lautstärke $l = 20 \cdot \log_{10}(A/A_0) + b$, die an die menschliche Hörschwelle ($A_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^2$) angepasst wird. Und die Tonhöhe $h = u \cdot \log_{10}(f) + v$.

Es ergibt sich also das Sound-Event $x(e, h, l, d; F)$. Diese Darstellung ist massiv poetisch, da neben dem Träger $S = (e, d, l)$ nichts neutral ist. Daraus ergibt sich die Kodierung von Note-Events.

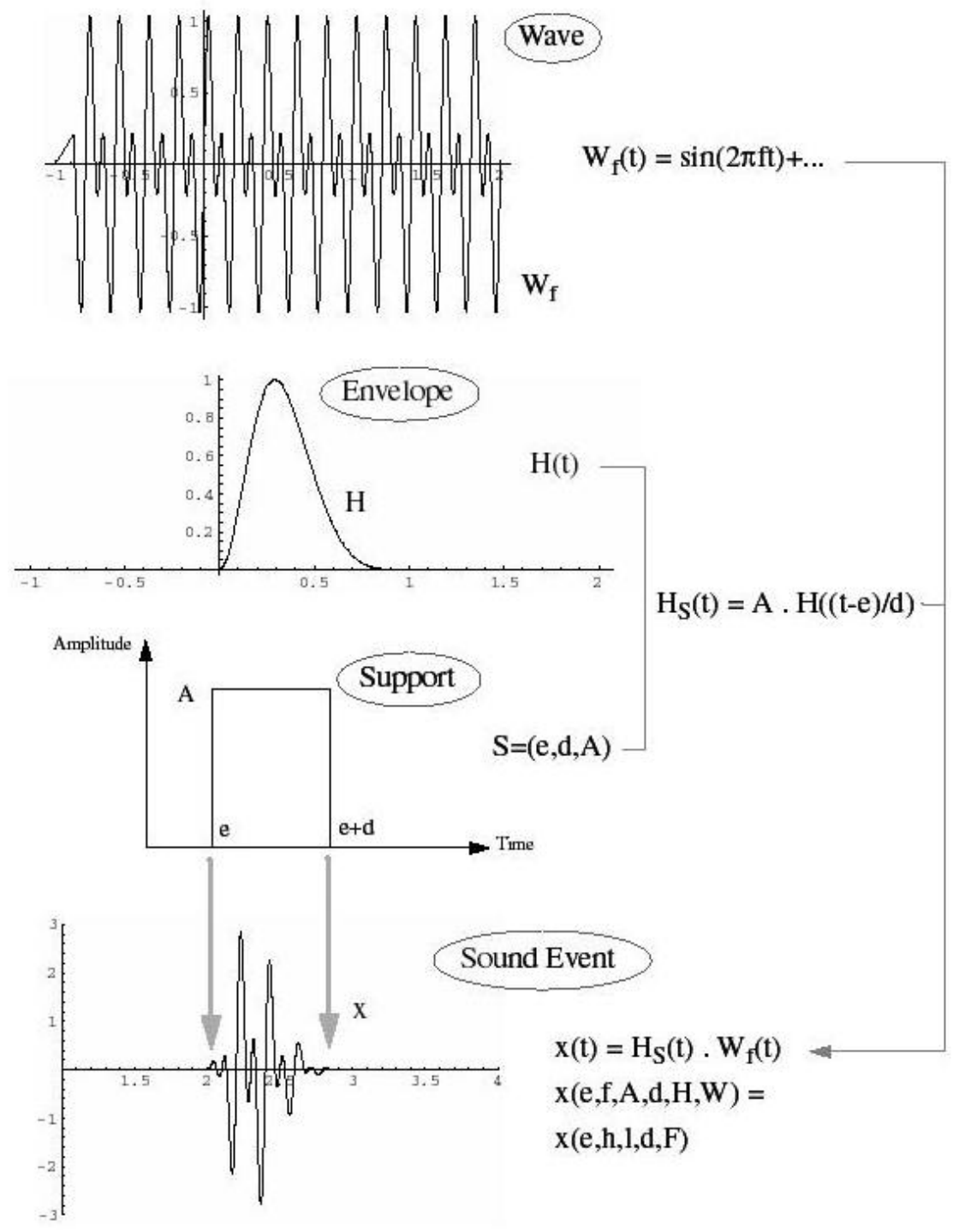


Abbildung 3.1

3.3. Kodierung auf der mentalen Ebene: Note-Events

Ein Note-Event entspricht einem Objekt auf der mentalen Realitätsebene, das in der Partitur als Note beschrieben wird. Eine in der Partitur gesetzte Note X wird beim Performen auf ein Sound-Event abgebildet, da es bei der Wiedergabe vom Interpreten interpretiert wird $P(X) = x$. Der Interpret hat ja nicht das mentale Modell vor sich sondern nur die textuelle Repräsentation. Man muss die Parameter von x auf der mentalen Ebene kodieren. Dies schreibt man dann:

$$X = \text{PianoNote}(E, H, L, D)$$

Oder man nutzt die gängige Darstellung als Pianola-Balken [**Abbildung 3.2**], bei der sich die geometrischen Parameter auch in der geometrischen Ausdehnung des Balkens widerspiegeln. Die Dauer D als Länge des Balkens, die Einsatzzeit E als Lage auf der X-Achse, die Tonhöhe H als Lage auf der Y-Achse und die Lautstärke L auf der Z-Achse. Die Klangfarbe zu dem Namen PianoNote wird hier als Textur auf dem Balken dargestellt.

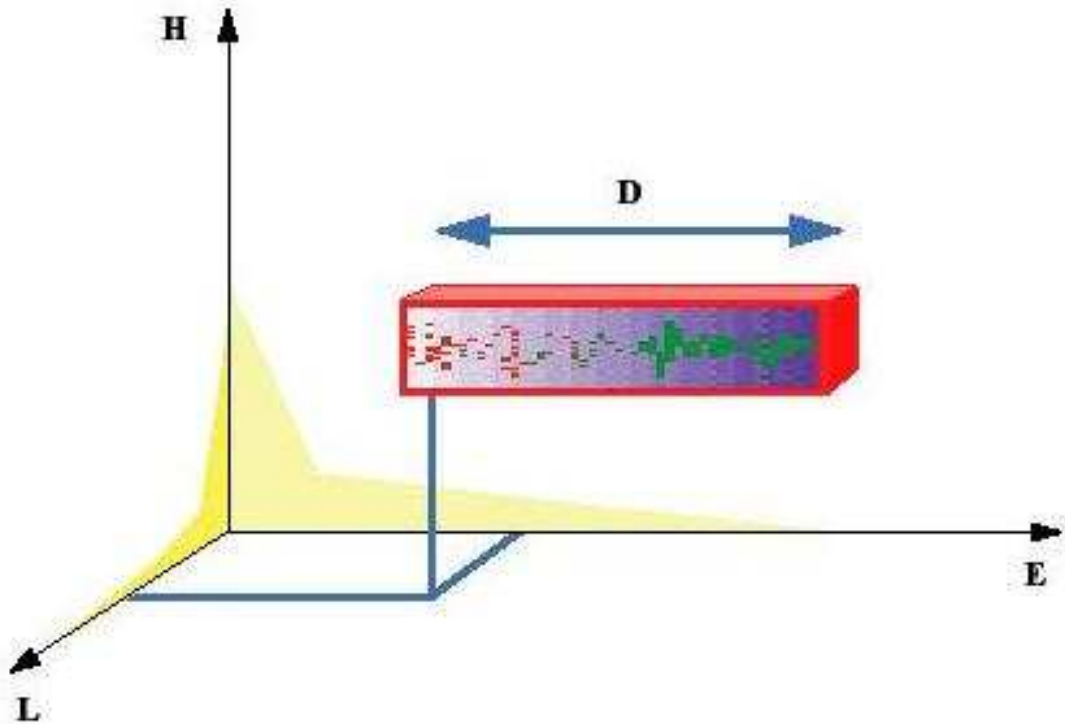


Abbildung 3.2

Die mentalen Parameter E, H, L, D kodieren wir als reelle Zahlen, „PianoNote“ wird als Wort kodiert, welches auf das Instrument (Klangfarbe) verweist. Der Parameter L (die mentale) Lautstärke wird in

der Partitur zunächst in rein textueller Form notiert: mf, pp, fff. Diese wird zur Kodierung in Zahlenwerte überführt und ist nicht absolut. Die Lautstärke hängt also von der Kalibrierung ab.

Aus der Partitur aus [Abbildung 3.3] erhalten wir also eine Note PianoNote(2.875, 67, mf, 0.125)

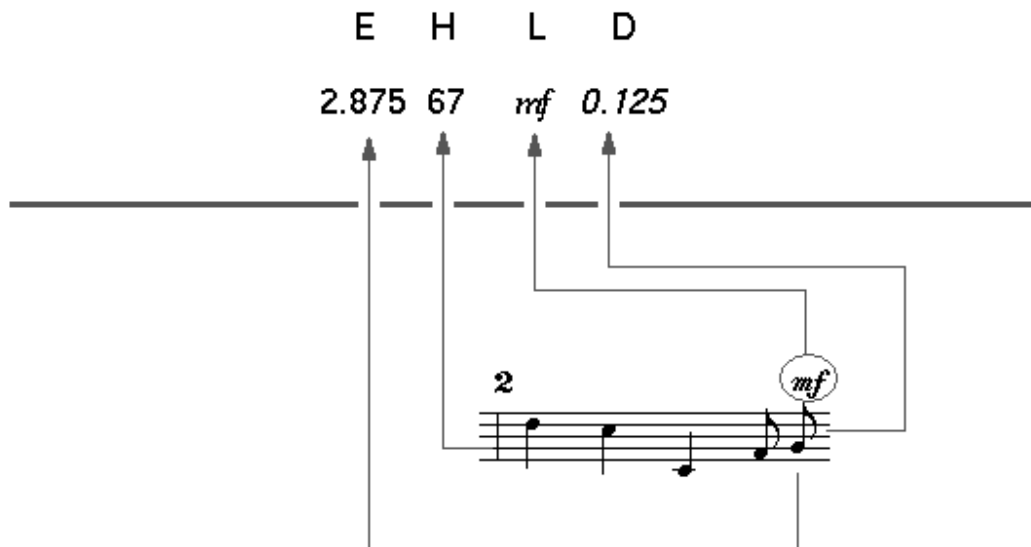


Abbildung 3.3

4. Konstrukte für Komposition und Analyse nach Mazzola

Einzelne Note-Events reichen für die Komposition und Analyse nicht aus. Daher werden im Folgenden Konstrukte, wie Akkorde, Gruppen und Tonfolgen erläutert.

Es ist zulässig zur Beschreibung musikalischer Objekte weitere Parameter hinzuzufügen, oder weg zulassen. Somit könnte man eine Pause als Pause(E, D) beschreiben oder einen Taktstrich als Taktstrich(E).

4.1. Akkorde

Ein Akkord in einer Partitur kann als Menge von PianoNote Objekten darstellen.

Akkord{PianoNote} Dies sagt aus, dass der Objekttyp Akkord aus Mengen von Objekten des Typs PianoNote besteht. Einen einzelnen Akkord würde man dann wie folgt schreiben.

$$A = \text{Akkord}\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$$

Wobei $X_1 \dots X_n$ Noten des Akkordes A sind. Diese Notation setzt allerdings voraus, dass die Einsatzzeiten, sowie die Dauer aller Noten gleich ist. Diese Schwierigkeit wird mit Hilfe der Gruppenbildung umgangen.

4.2. Gruppen

Wir stellen Gruppen wie folgt dar $\text{PianoGruppe}\{\text{PianoNote}\}$, damit kann man einzelne Gruppen mit einem bezeichnenden Namen versehen. Legatobogen(PianoGruppe), Staccato(PianoGruppe), usw.

Wir nutzen dies um das Problem von Oben zu umgehen. Wir definieren eine $\text{EinsatzGruppe}\{\}$ mit einer Menge von Note-Events, mit der Ausnahme, dass die Einsatzzeit herausgenommen wird. Wir erhalten also eine $\text{EinsatzGruppe}\{\text{Note}(H, L, D)\}$ Nun bauen wir einen Akkord aus einer Liste von (Einsatzzeit, EinsatzGruppe)-Paaren auf:

$$A = \text{Akkord}([\text{E}, \text{EinsatzGruppe}\{\text{Note}(H, L, D)\}])$$

Wird es nötig Akkorde mit Noten unterschiedlicher Länge zu kodieren wird auch noch der Parameter D extrahiert und der Akkord aus einer Liste von Tripeln (Einsatzzeit, Dauer, EinsatzGruppe) zusammengesetzt.

$$A = \text{Akkord}([\text{E}, D, \text{EinsatzGruppe}\{\text{Note}(H, L)\}])$$

4.3. Akkordsequenzen

Akkordsequenzen werden als Liste von Akkorden kodiert. $\text{Akkordsequenz}[\text{Akkord}]$, wobei ein Objekt dann diese Form annimmt:

$$\text{Akkordsequenz}[\text{Akk1}, \text{Akk2}, \dots, \text{Akkn}]$$

5. Kodierung in der Praxis

Im Folgenden werden zwei Beispiele aus der Praxis erläutert, bei denen die vorgestellten Kodierungsarten genutzt werden.

5.1. Music N

Music N ist eine Familie von Repräsentationssprachen. Sie unterscheidet grundsätzlich zwei Dateitypen. Zum einen das Orchestra-

File, welches die Instrumentendefinitionen enthält und auf der anderen Seite, das Score-File, welches die Notenlisten, die Wave- und Envelopetabellen enthält. Diese beiden Dateien werden in einem Soundsyntheseprogramm zusammen geführt und daraus Sound-Events generiert, welche wiederum in ein Sound-File geschrieben werden.

Die Orchestra-Language benutzt die Beschreibung, welche bereits aus der Beschreibung von Sound-Events bekannt ist. Mit dem kleinen Unterschied, das die Hüllkurven- wie auch die Wavebeschreibungen aus dem Score-File bezogen werden.

Das Score-File enthält die normierte Hüllkurve in [Abbildung 5.1] mit f1 gekennzeichnet sowie die Beschreibung der Wave f2 als Fourier-Synthese. Außerdem beinhaltet die Score-Language die Liste der Sound-Events, welche durch die Parameter p1 bis p7 beschrieben wird. Dabei stehen die Parameter für:

- p1 = Instrument
- p2 = Einsatzzeit
- p3 = Dauer
- p4 = Frequenz
- p5 = Amplitude
- p6 und p7 sind Filterdaten

```

/*
Function definitions in the form:
Fname, start time, table size, function generator type, arguments
*/
f1 0 1024 line_segment (0 0) (256 1) (512 .5) (768 .5) (1024 0);
f2 0 1024 fourier 11 (1 .4) (2 .3) (3 .05) (4 .06) (5 .04)
(6 .04) (7 .03) (8 .04) (9 .02) (10 .03)
(11 .01);

/* Instr. Start Dur. Freq. Amp. Filt.cutoff Filter
ID time frequency slope
p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7
*/
i1 0 1.0 440.0 2000 4100 6;
i1 1.0 1.0 560.0 2000 3000 5;
i1 1.0 2.0 440.0 2000 2050 4;
i1 2.0 2.0 880.0 10000 9000; 3;

```

Abbildung 5.1

5.2. MIDI

MIDI steht für Musical Instrument Digital Interface. Es handelt sich hierbei um einen Standard, bei dem MIDI-Geräte, wie Computer, Synthesizer und andere digitale Geräte über eine definierte Schnittstelle mittels MIDI-Messages kommunizieren können.

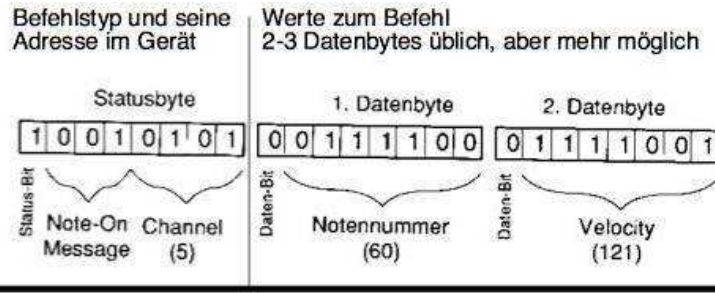
Die MIDI-Kommunikation erfolgt dabei über MIDI-Kabel, es gibt folgende Anschlussmöglichkeiten. MIDI-Out als Signalausgang eines Gerätes, MIDI-In als Signaleingang und MIDI-Thru zum durchschleifen. Die Übertragung erfolgt seriell.

Die Botschaften enthalten Befehle an anzusteuernde Instrumente. Jede MIDI-Message besteht aus 10-Bit Wörtern, die immer mit einer 0 beginnen und mit einer 0 enden. Der eigentliche Inhalt besteht somit immer aus einem Byte. Wie auch hier dargestellt. Die Struktur einer MIDI-Botschaft kann man auf **[Abbildung 5.2 (oben)]** erkennen. Sie besteht aus einem Statusbyte und zwei bis drei Datenbytes. Zu unterscheiden am führenden Bit, welches bei Statusbytes den Wert 0 hat und bei Datenbytes den Wert 1 hat. Das Statusbyte gibt die Art des Befehls, wie auch die Adresse an. Die Datenbytes spezifizieren den Befehl. Es wird zum Beispiel im Statusbyte mitgeteilt, das Kanal 1 sein Instrument spielen soll. Die Datenbytes spezifizieren dann die Tonhöhe und die Lautstärke.

[Abbildung 5.2 (mitte)] zeigt außerdem die Message-Hierarchie, diese teilt sich wie folgt auf:

- Channel Voice: Nachrichten die einzelne Kanäle betreffen
- Channel Mode: Betreffen das Zusammenspiel der Kanäle
- System Exclusive: Herstellerspezifische Nachrichten
- System Common: Systemeinstellungen, Position im aktuellen Stück
- System Realtime: Zeitinformationen, Timing Clock

Welcher Faktor aber wesentlich ist, für die Erwähnung in diesem Artikel ist die Tatsache, das auch hier eine Instrumentendatenbank existiert, die beschreibt, wie ein Instrument klingt und auf der anderen Seite die Liste von Note-Events, die beschreibt in welcher Tonhöhe zu welcher Zeit gespielt werden soll. Hier in Form von MIDI-Messages.



Message-Hierarchie

Message				
Channel		System: Statusbyte = 1111...		
Channel Voice	Channel Mode	System Exclusive	System Common	System Real Time

hex	Statusbyte	Datenbyte	Message
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 121 0vvvvvvvv = 0	Reset all Controllers
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 122 0vvvvvvvv = 0/127	Local Control Off/On
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 123 0vvvvvvvv = 0	All Notes Off
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 124 0vvvvvvvv = 0	Omni Mode Off
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 125 0vvvvvvvv = #Kanäle	Omni Mode On
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 126 0vvvvvvvv = 0	Mono Mode On Poly Mode Off
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc = 127 0vvvvvvvv = 0	Poly Mode On Mono Mode Off

hex	Statusbyte	Datenbyte	Message	Beschreibung
\$8n	1000nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvvv	Note Off	kkkkkkk: Key # vvvvvvvv: Velocity
\$9n	1001nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvvv	Note On	kkkkkkk: Key # vvvvvvvv: Velocity
\$An	1010nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvvv	Polyphonic Key Pressure	kkkkkkk: Key # vvvvvvvv: Velocity
\$Bn	1011nnnn	0ccccccc 0vvvvvvvv	Control Change	ccccccc: Controller # vvvvvvvv: Value
\$Cn	1100nnnn	0pppppppp	Program Change	pppppppp: Program #
\$Dn	1101nnnn	0vvvvvvvv	Channel Pressure	vvvvvvvv: Pressure
\$En	1110nnnn	01111111 0mmmmmmmm	Pitch Bend	11111111: LSB Wert mmmmmmmm: MSB Wert

Abbildung 5.2

6. Andere Ansätze

6.1. Klassifizierung von Musikinstrumenten nach Hornbostel und Sachs

Die Idee der Beschreibung von Instrumenten an hand von gewissen Parametern ist nicht neu, so haben Hornbostel und Sachs schon im Jahr 1914 versucht alle Instrumente der Welt nach ihren Eigenschaften zu klassifizieren. Hier am Beispiel einer einfachen Tröte:

- 4 - an aerophone
- 42 - the vibrating air is enclosed within the instrument
- 423 - the player's lips cause the air to vibrate directly (as opposed to an instrument with a reed like a clarinet, or an edge-blown instrument, like a flute)
- 423.1 - the player's lips are the only means of changing the instrument's pitch (that is, there are no valves as on a trumpet)
- 423.12 - the instrument is tubular, rather than being a conch-type instrument
- 423.121 - the player blows into the end of the tube, as opposed to the side of the tube
- 423.121.2 - the tube is bent or folded, as opposed to straight
- 423.121.22 - the instrument has a mouthpiece

Die Eigenschaften allein reichen natürlich noch nicht aus, hierzu müsste man diesen Eigenschaften Klangeigenschaften hinzufügen, die wiederum Parametrisiert werden müssten.

6.2. Object Coding Of Harmonic Sounds Using Sparse And Structured Representation[4]

Bei diesem Verfahren der Kodierung wird ein musikalisches Objekt anhand eines Wörterbuches kodiert. Dieses Verfahren ist noch sehr experimentell. Es wird also ein Wörterbuch erstellt, welches die Töne eines Musikinstrumentes oder mehrerer Instrumente enthält. Beim Kodieren eines Musikstückes, welches von CD oder einem anderen Datenträger wiedergegeben wird, werden Ähnlichkeiten zu den im Wörterbuch vorhandenen Instrumenten gesucht. Die größte Übereinstimmung wird notiert und von dem zu kodierenden Signal abgezogen. Der Rest wird erneut verglichen. Dies wird bis zu einer festgelegten Anzahl an Durchläufen wiederholt. Dann wird der nächste Bereich betrachtet.

Durch dieses Verfahren lassen sich bis heute ein- sowie zweistimmige Musikstücke mit einer Datenrate von nur 2kbs kodieren und

es wird eine sehr hohe Qualität erzielt, zum Teil besser als andere Verfahren die das Signal mit Hilfe von Sinuszerlegung kodieren.

6.3. Object Coding Of Musical Audio Using Bayesian Harmonic Models[5]

Auch dieses Verfahren versucht Musikobjekte mit extrem niedrigen Bitraten zu kodieren. Es bedient sich dabei an Methoden aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung, des Mathematikers Thomas Bayes.

Der Bayesische Filter ist selbstlernend und basiert auf Worthäufigkeiten. Er trifft dann Vorraussagen über folgende Wörter bzw. Wortsequenzen. Ein Beispiel das den sonst gebräuchlichen Nutzen des Filters zeigt, ist die Spamerkennung von eMails. Dieser Filter wird genutzt um Vorraussagen, über Tonfolgen zu machen.

7. Fazit

Es ist ein großer Bedarf an Forschung in dem Bereich der Kodierung von Musikobjekten. Es gibt viele Ansätze aber die meisten sind noch lange nicht ausgereift. Es gibt also viele Chancen Pionierarbeit zu Leisten und neue Konzepte zu entwickeln.

8. Quellen

- [1] Guerino Mazzola: Elemente der Musikinformatik, Birkhäuser Verlag 2006
- [2] Friedemann Schulz von Thun: Miteinander reden:1, Rowohlt 2006
- [3] Ferdinand Saussure: Course de linguistique générale (1916). Payot, Paris 1922
- [4] Grégory Cornuz, Emmanuel Ravelli, Pierre Leveau, Laurent Daudet: OBJECT CODING OF HARMONIC SOUNDS USING SPARSE AND STRUCTURED REPRESENTATIONS, *Proc. of the 10th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-07), Bordeaux, France, September 10-15, 2007*
- [5] Emmanuel Vincent, Mark D. Plumbley: LOW BITRATE OBJECT CODING OF MUSICAL AUDIO USING BAYESIAN HARMONIC MODELS, *Center for Digital Music, Department of Electronic Engineering, Queen Mary, University of London, London E1 4NS, 2006*