

Georg Wötzer

Der Computer hilft beim Erfinden von Musik-
zu meinem Programm "GESTALT 1"

Will man über ein Computerprogramm schreiben, so scheint dies eine Sache zu sein, die sich fast völlig im Bereich des Objektiven, Nachprüfbaren, Rationalen befindet. Das mag für die Darstellung der technischen Seite des Problems auch zutreffen, nicht aber für dessen Auswahl. In der Kunst- und wohl nicht nur dort- werden Problemstellungen oft bestimmt von vielerlei subjektiven Faktoren, Vorlieben, Zufällen und vielem mehr. Deshalb muß zunächst über die subjektive Seite des zu behandelnden Problems gesprochen, muß insbesondere die Frage beantwortet werden, warum ich dieses Programm produziert habe, ehe ich auf technische Einzelheiten eingehe. Das heißt also, daß ich den musikalischen Rahmen kurz skizzieren muß, innerhalb dessen ein solches Computerprogramm seine Aufgabe zu erfüllen hat. Auf der Grundlage dieses subjektiven musikalischen Rahmens wird dann jeder von uns selbst entscheiden, ob auf die Denkmachine Computer als Kompositionswerkzeug mit ihren gewaltigen Möglichkeiten verzichtet werden sollte- oder nicht: dann wohl nicht, wenn sie ein musikalisches Konzept erst ermöglicht, dessen Realisierung 'zu Fuß' scheitern würde. Daher erlaube ich mir zunächst einige Bemerkungen über mein eigenes Komponieren.

Das kompositorische Vorgehen, welches sich mir als das 'effektivste' herausgestellt hat, läßt sich in vier Arbeitsphasen unterteilen:

- 1) Erfindung des Gesamtablaufs, Identifizierung von Grundmaterialien;
- 2) Schicht- und modulweise Ausarbeitung derselben; Querverbindungen;
- 3) Anordnung der Grundmaterialien im Sinne des Gesamtablaufs; Verknüpfungen; übergeordnete Strukturierungen;
- 4) Freie Ausarbeitung

Das Programm GESTALT 1 gehört der Phase 2) an, d.h., aufgrund der Eingabe einer einzigen musikalischen Gestalt entwickelt es eine Reihe weiterer aus einander hervorgehender und somit auf einander bezogener musikalischer Gestalten. Diese können dann auf vielfältige Weise weiter verarbeitet werden. Sie repräsentieren das gestaltliche und strukturelle Fundament des ganzen Stücks. Die Maschine ermöglicht also ein musikalisches Konzept, welches auf der Vorstellung und Erzeugung eines 'Kontinuums' innerhalb jeder denkbaren Organisationsebene basiert. Jedes Element eines musikalischen Parameters, aber auch jeder komplexe musikalische 'Moment' (= Gestalt) ist als Teil einer 'Skala' definiert und dadurch in seiner Beziehung zu den anderen Teilen derselben Skala sowie zu anderen Skalen beschreibbar. Komposition wird klangliche 'Beschreibung' dieses Kontinuums, Klangprozeß frei auskomponierter Algorithmus.

Doch wie ist 'musikalische Gestalt' hier definiert, wie erfolgt die Eingabe der musikalischen Daten? Die Eingabeparameter sind:

- 1) zeitliche Ausdehnung der Gesamtgestalt
- 2) Anzahl der Elemente (Töne, Geräusche)
- 3) Anzahl der Ereignispositionen ('Anschläge')
- 4) Vertikale Tiefe jeder Ereignisposition (Einklang, Mehrklang)
- 5) Länge jedes Elements

aus: Georg Vöhrer, 'Kulturmüll für die Kulturbühne' (1984)

6) Tonhöhe bzw. Helligkeitsbewertung jedes Elements¹

Nach der Eingabe der Daten bzw. dem Laden einer Datei mit Eingabedaten erfolgt optional die Zuordnung und entsprechende Weiterverarbeitung der Ausgangswerte. Die Optionen beziehen sich nur auf die vertikale und die Zeit-Struktur, Längen und Tonhöhen/Helligkeiten werden vom Programm zunächst mitgeführt ohne separate Verarbeitung. Ich werde dieses alsbald begründen.

Es gibt drei vertikale Optionen: jede Eingabegestalt wird entweder dem vertikalen Abfolgetyp 'abnehmende vertikale Tiefe'=vertikale 'Ausschwing'-Charakteristik, 'zunehmende vertikale Tiefe'=vertikale 'Einschwing'-Charakteristik, und 'konstante vertikale Tiefe'= vertikale 'Sustain'-Charakteristik zugeordnet (über diese Optionen wird weiter unten übrigens eingehender berichtet werden).

Desgleichen im Zeitbereich (Ereignispositionen): jede Gestalt wird entweder als accelerando, rallentando oder als zeitlich konstant definiert, d.h., die einzelnen 'Anschläge' sind dann alle gleich weit voneinander entfernt (auch hierzu später weitere Details!).

Aus der Kombination der Vertikal- und der Zeitcharaktere ergeben sich neun Konstellationen. Diese erzeugen jeweils eine bestimmte Anzahl von neuen Gestalten, die, hintereinander gereiht, als Elemente einer Art 'Gestaltskala' gelten können und im Sinne eines vorhandenen, definierten Gestaltkontinuums dann auch kompositorisch verfügbar sind. Würde man nun auch noch den Tonhöhen/Helligkeits-, oder den Klangfarben-, Lautstärke- oder Hüllkurvenbereich zusätzlich denselben Modifikationen unterwerfen wie die Vertikale und die Ereignispositionen, erhielte man ein geradezu unübersehbares Arsenal an Grundgestalten bzw. Optionen.²

Hier nun eine Zusammenfassung der Wahlmöglichkeiten:

- 1) Vert(ikal)-Charakteristik Ausschwing (=abnehmend in der vertikalen Tiefe)+Zeit-Charakteristik Rall(entando)
- 2) Vert-Charakteristik Ausschwing + Zeit-Charakteristik Konst(ant)
- 3) Vert-Charakteristik Ausschwing + Zeit-Charakteristik Acc(elerando)

¹ Hier muß natürlich erwähnt werden, daß weitere musikalische Parameter wie z.B. Lautstärke oder Klangfarbe mühelos hinzugefügt werden können; sie werden dann gleich behandelt wie die Tonhöhe. Allerdings erhöht sich dabei der nicht geringe Speicherbedarf des Programms noch mehr!

² Im übrigen lassen sich neue Optionen auch dadurch erreichen, daß man z.B. eine zweite Eingabeprozedur mit dazugehörigen Feldern einrichtet für Substitutionen des Ausgangsmaterials, sukzessive verteilt auf die Zahl der möglichen Gestalten; dies wird dann bewerkstelligt durch eine Prozedur, die an die ursprünglichen Ergebnisprozeduren angehängt wird. Oder man installiert vor der Ergebnisausgabe zwei Prozeduren, die über einen Faktor die Ereignispositionen und, separat davon, die Längen dehnen oder stauchen, je nach Absicht. Weiter lassen sich Prozeduren für Spiegelungen, Filterungen, Permutationen u.dgl.m. in ähnlicher Weise anbringen. Notenbeispiele für Substitutionen und zeitliche Stauchungen/Dehnungen befinden sich am Schluß des Beitrags.

- 4) Vert-Charakteristik Einschwing (=zunehmend in der vertikalen Tiefe) + Zeit-Charakteristik Acc
- 5) Vert-Charakteristik Einschwing + Zeit-Charakteristik Konst
- 6) Vert-Charakteristik Einschwing + Zeit-Charakteristik Rall
- 7) Vert-Charakteristik Sustain (=gleichbleibend in der vertikalen Tiefe) + Zeit-Charakteristik Konst
- 8) Vert-Charakteristik Sustain + Zeit-Charakteristik Rall
- 9) Vert-Charakteristik Sustain + Zeit-Charakteristik Acc

Nachdem ich über Eingaben und Optionen berichtet habe ist es an der Zeit, den Aufbau des Programms zu erläutern. Die Programmstruktur ist im Grunde zweiteilig: am Anfang befindet sich das Hauptprogramm, das aber eigentlich nichts weiter tut, als der Reihe nach Unterprogramme (=Prozeduren) aufzurufen, also den Programmablauf zu steuern. Und jedes abgearbeitete Unterprogramm kehrt an die Stelle unmittelbar hinter dem Prozeduraufruf, also wieder ins Hauptprogramm, zurück, das schliesslich nach Abarbeitung aller Prozeduren das Gesamtprogramm ordnungsgemäß beendet. Somit befinden sich im zweiten, sehr viel längeren Programmteil, alle Prozeduren und Funktionen. Dieser zweite Teil ist für alle Details zuständig, von der Daten-Eingabe über deren Berechnungen bis zur Ausgabe der Ergebnisse mittels graphischer Darstellung am Bildschirm oder Speicherung auf Diskette oder MIDI-Ausgabe für Notenausdruck und/oder Abhören über einen Synthesizer.

Nun erscheint es mir wichtig, zwei kleinere aber wesentliche Programmteile aufzuzeigen und ausführlich zu kommentieren. Vielleicht vermittelt sich so ein Einblick in das Umsetzen musikalischer Ideen in Algorithmen.³

Das setzt aber wieder eine kurze Beschreibung meiner diesbezüglichen musikalischen Konzeption voraus, damit der Sinn der technischen Maßnahmen begriffen werden kann.

Der erste Hauptpunkt unseres Interesses sei die vertikale Strukturierung. Hierbei möchte ich an die oben dargestellten vertikalen Optionen erinnern, also an die vertikale 'Einschwing'-, 'Ausschwing' - und 'Sustain'-Charakteristik. 'Ein'- und 'Ausschwing'-Charakteristik verhalten sich prinzipiell spiegelbildlich zueinander, werden im Programm aber nicht rückläufig auseinander sondern unabhängig voneinander erzeugt; daher sind ihre Ergebnisse variierte Spiegelbilder. Beide weisen, sowohl von der Gestaltskala her als auch von einer einzelnen Gestalt aus betrachtet, vertikale sowie positionsmäßige Zunahmen oder Abnahmen auf, lassen sich daher als 'dynamisch' klassifizieren.

Zum Beispiel beginnt die Gestaltskala 'Einschwing-Charakteristik' mit einer einstimmigen Gestalt aber vielen Ereignispositionen, entwickelt sich hin zur vertikalen Verteilung und Ereignispositions-Anzahl der eingegebenen Gestalt (sofern in dieser mindestens eine Position dabei ist mit vertikaler Tiefe größer 1) und endet in ei-

³Die folgenden Programm-Beispiele sind für einen professionellen Informatiker alles andere als eine intellektuelle Herausforderung. Jedoch richtet sich dieser Beitrag vor allem an meine Berufskollegen (Musiker), die überwiegend leider weder Erfahrungen und Kenntnisse besitzen im Programmieren noch Vorstellungen davon haben, wie mit einem Computer eine Musik erzeugt werden kann, die vor allem von Menschen gespielt werden soll und eigentlich sonst keinerlei elektronischer Apparate zu ihrer Ausführung bedarf.

ner Gestalt, bestehend aus drei Ereignispositionen mit zunehmender vertikaler Tiefe.

Umgekehrt beginnt die Gestaltskala 'Ausschwing-Charakteristik' mit drei Ereignispositionen, deren erste mindestens eine vertikale Tiefe besitzt, die doppelt so groß ist wie die der zweiten Position; die vertikale Tiefe der zweiten Position wiederum ist größer/gleich der vertikalen Tiefe der dritten Position. Dann beginnt der umgekehrte Prozeß zur Gestaltskala 'Einschwing-Charakteristik': die vertikalen Tiefen der einzelnen Positionen werden zunehmend reduziert, d.h., die Einzelelemente in die Horizontale geklappt, bis eine Gestalt erreicht ist, die nur noch aus einstimmigen Ereignissen besteht, deren Anzahl gleich der Zahl der Elemente überhaupt ist (siehe Nbsp. 2-9, etc).

Die Gestaltskala 'Vertikale Sustain-Charakteristik' weist ebenfalls gewisse Entwicklungsmomente auf, indem sie vom einen Extrempunkt '1 Ereignisposition mit vielstimmigem Akkord' zum andern Extrempunkt 'viele Positionen mit nur einstimmigen Ereignissen' reicht. Dazwischen können aber Gestalten liegen, deren Ereignisse ebenfalls immer dieselbe vertikale Tiefe aufweisen, also z.B. aus vier Dreiklängen oder drei Vierklängen bestehen, d.h., von konstanter, 'statischer' vertikaler Struktur sind. Die Eingabegestalt wird dann im Lichte der Ergebnisse der Sustain-Gestaltskala einer der erzeugten Gestalten zugeordnet, d.h., im Gegensatz zu den beiden 'dynamischen' Vertikal-Charakteristiken, bei denen die vertikale Verteilung der Eingabegestalt erhalten bleibt, wird bei der 'statischen' Vertikal-Charakteristik die eingegebene Gestalt vertikal und zeitlich fast immer durch eine neu errechnete substituiert. Doch sei dies hierzu genug Information.

Ich will mich nämlich auf ein bestimmtes Problem, und zwar im Zusammenhang mit der Programmierung der beiden 'dynamischen' Vertikal-Charaktere konzentrieren: die sukzessive Reduktion der vertikalen Tiefe der eingegebenen Gestalt bis zur Einstimmigkeit. Meine musikalische Vorstellung dabei ist, proportional zur Reduktion der vertikalen Tiefe die Anzahl der Ereignispositionen zu erhöhen; am Ende hätten wir dann eine maximal große Folge von Ereignissen jedoch mit der minimalen vertikalen Tiefe=1, d.h., nur noch Einklänge (s.o.).

Vor dem Listing (Sprache: GFA-Basic 3.00) seien indes einige Variablen erklärt:

Das Feld `vert%` repräsentiert die vertikale Tiefe der Eingabe-Ereignispositionen; die Variable `element_zahl%` wurde in einer früheren Prozedur bereits errechnet, `anzahl%` ist die Anzahl der Ereignispositionen. Alle unterstrichenen Partien sind Kommentare!

```
PROCEDURE index_und_vert_tiefe
  REM :Einrichtung eines Indexes für jede Ereignisposition
  -----
  DIM index%(element_zahl%), index_eingabe%(element_zahl%)
  FOR i=1 TO anzahl%
    index%(i)=i
    index_eingabe%(i)=i
  NEXT i
  REM :Ermittlung der Positionen mit vertikaler Tiefe>1
  -----
  sowie die Anzahl solcher Positionen
  -----
  2 Ersatzfelder für diese Ereignisse sowie für deren
  -----
```

Index

```
DIM vert_ers%(element_zahl%), index_ers%(element_zahl%),  
c%=0  
FOR i=1 TO anzahl%  
  IF vert%(i)>1      !Wenn vertikale Tiefe >1,dann erhöhe c%  
    INC c%  
    vert_ers%(c%)=vert%(i) !Einrichtung eines Felds mit Klän-  
                           gen,deren vert.Tiefe >1 ist  
    index_ers%(c%)=index%(i) !Entsprechende Einrichtung eines  
                              Ersatz-Indexes  
  ENDIF  
NEXT i  
RETURN
```

PROCEDURE groessen_sortier

REM :Ermittlung der maximalen vert.Tiefe über Sortier-

algorithmus

QSORT vert_ers%(),c%+1,index_ers%() !Das oben eingerichtete
Feld mit Vert-Klängen>1 wird ab 1(sonst ab 0!! ,0 aber
nicht belegt,wäre also falsch!!)bis c% sortiert;dazu
ebenfalls Mitsortierung von index_ers%()-Feld,sonst
falscher Index !!

max_tiefe%=vert_ers%(c%) !Am Ende des nach der vertikalen Tiefe
hin sortierten Feldes befindet sich das Feldelement
mit der größten vert.Tiefe;dieses erhält den entschei-
denden Wert max_tiefe%,der die Zahl der Reduktionen
bestimmt.

RETURN

PROCEDURE decrem_increment

REM :Nun ist das Vert.-Feld der Größe nach sortiert

IF max_tiefe%>1 Falls Element dabei ist>1

dann :Dekrementierung aller vert-Elemente>1, Inkrementierung

aller dazugehörenden Indices;Wh-Zahl:max_tiefe%-1;Erwei-
terung d.vert%()-arrays auf dim(element_zahl%),da sich

```
-----  
die Anzahl der Positionen um die Zahl der von den Vert.-  
-----  
Elementen>1 abgezogenen Elemente erhöht.  
-----  
DIM vert_2%(element_zahl%),index_stand%(c%*element_zahl%)  
FOR i=1 TO anzahl%  
  vert_2%(i)=vert%(i) !Ubergabe d.Eingabe-arrays an Ersatz-  
-----  
  array(vert_2%)  
-----  
NEXT i  
  DIM vert_mod%(max_tiefe%,element_zahl%),  
  index_mod%(max_tiefe%,element_zahl%)  
  DIM ind%(element_zahl%)  
  red_wert%=max_tiefe%-1 !Bestimmt die Anzahl der Reduktions-  
-----  
  runden;diese enden so,daß die letzte Reduktion von  
  max_tiefe% den Wert 1 ergibt,also bei max_tiefe%-1!  
  -----  
  FOR i=1 TO red_wert% !Reduktionsrunden-Zahl  
  -----  
    FOR j=1 TO anzahl%  
      IF vert_2%(j)>1 !Wenn vert_2%j)>1 ist(ab 2-KLang),  
      -----  
        vert_2%(j)=vert_2%(j)-1 !dann wird die vert.Tiefe um 1  
        -----  
        verringert  
        -----  
        index%(j)=index%(j)+1 !Gleichzeitig wird der Index  
        -----  
        erhöht,da sich die Zahl der Positionen entspre-  
        -----  
        chend erhöht.  
        -----  
        ind%(j)=index%(j) !Ersatzfeld zum Sortieren  
        -----  
    ENDIF  
    vert_mod%(i,j)=vert_2%(j)!Ubergibt veränderte Werte  
    -----  
    neuem Feld  
    -----  
    index_mod%(i,j)=index%(j)!Ebenso veränderten Index  
    -----  
  NEXT j  
  @ind_sortier(anzahl%,ind%()) !Nach der Schleife erfolgt ein  
  -----  
  Aufruf der Index-Sortier-Prozedur;Ubergaben wird  
  -----  
  anzahl% sowie das modifizierte (Ersatz-)Indexfeld  
  -----  
  index_stand%(i)=ind%(anzahl%) !Am Ende des sortierten  
  -----  
  Feldes befindet sich als größte Zahl des sortierten
```

Felds die Anzahl der Positionen pro Reduktion.Dabei

muß noch einmal an die obige Bedingung erinnert

werden:der Ablauf berücksichtigt momentan erst

alle Vert.-Elemente >1,also 2-Klänge u.größer.

NEXT i
ENDIF

max_ind_stand%=index_stand%(red_wert%)!Wird unten

benötigt zur Berechnung der tatsächlichen Positions-

anzahl pro Reduktion

diff_element_zahl%=element_zahl%-max_ind_stand% !Wird unten

ebenfalls benötigt zur Berechnung der tatsächlichen

Positionsanzahl pro Reduktion

RETURN

PROCEDURE pos_reduktion

REM :Auffüllen aller Lücken - nicht belegte vert_2%()-Elemente

werden auf 1 gesetzt bei durchgehendem Index;

Ausgabe Reduktion,Index,Tiefe;

Neukonstitution des Felds vert%(element_zahl%)

DIM vert_neu_1%(max_tiefe%,element_zahl%),

index_neu_1%(max_tiefe%,element_zahl%)

DIM pos_zahl%(element_zahl%)

REM :Vorbereitung der Positionierungen;Ermittlung der Anzahl

d.Positionen pro Reduktion

FOR i=1 TO red_wert%

pos_zahl%(i)=index_stand%(i)+((i/red_wert%)

*diff_element_zahl%) !ergibt die Anzahl der Positionen pro Red.

NEXT i

max_pos_anzahl%=pos_zahl%(red_wert%)!Ergibt die Zahl der Posi-

tionen der letzten Reduktion.

FOR i=1 TO red_wert%

FOR j=1 TO pos_zahl%(i)

index_mod%(i,j)=j !Neuer Index für jede Ereignis-Pos.

IF vert_mod%(i,j)=0 !Falls Feldelement innerhalb der

```
-----  
Schleife nicht belegt ist(=0),  
-----  
vert_mod%(i,j)=1 !wird vert.Tiefe mit 1(=1-stimmig)  
-----  
festgelegt.  
-----  
ENDIF  
vert_neu_1%(i,j)=vert_mod%(i,j) !neues Ergebnisfeld  
-----  
index_neu_1%(i,j)=index_mod%(i,j)!neuer Index  
-----  
NEXT j  
NEXT i  
RETURN
```

```
PROCEDURE ind_sortier(anz%,VAR feld%())!Sortier-Prozedur(s.o.)  
-----  
wird von e.oben stehenden Prozedur aufgerufen  
-----  
QSORT feld%(),anz%+1  
RETURN
```

Nun ist eine Hälfte des Problems gelöst ist, nämlich die Reduktionen der vertikalen Tiefe ausgehend von der Eingabegestalt. Der andere Teil der Aufgabe, die Eingabegestalt vertikal so aufzuschichten, daß am Schluß drei Ereignispositionen vorhanden sind, deren vertikale Tiefe zum Teil wesentlich größer ist als bei der Eingabegestalt-übrigens wieder eine ästhetische Prämisse ohne technische Begründbarkeit-ist erheblich komplizierter zu programmieren; die genaue Beschreibung dessen würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen.

Der zweite Punkt unserer detaillierteren Betrachtung widmet sich der Programmierung einer Zeitstruktur. Und zwar soll diese so beschaffen sein, daß alle Zeitpositionen gleich weit voneinander entfernt liegen, also der Zeit-Charakteristik 'konstant' angehören. Um das Verständnis zu erleichtern, erfolgt die Darstellung des Listings als Kombination 'Vert.-Ausschwing' + 'Zeit-konstant', d.h., wir können einige der obigen Variablen im folgenden Unterprogramm weiterverwenden.

Unterstrichene Textpartien sind übrigens wieder Kommentare.

```
PROCEDURE red_pos_konst  
DIM rel_pos_1(red_wert%,max_pos_anzahl%)  
for i=1 To red_wert% !Anzahl der Reduktionsrunden  
for j=1 TO pos_zahl%(i) !Anzahl der Positionen pro Red.-Runde  
rel_pos_1(i,j)=((j-1)/pos_zahl%(i))*ausdehnung ! Das ist  
die Formel, von 0-Position aus berechnend!!  
next j  
next i  
RETURN
```

Damit sei der ästhetische und technische Teil meiner Darlegungen beendet. Nun folgen noch die Musikbeispiele als Demonstration. Die Eingabegestalt ist aus Anton Webern, op 27,1; Takt 1-4, gewählt (Nbsp.1). Die Wirkungsweise der Gestaltverarbeitung ist an diesem einfacheren Objekt natürlich evidenter als an einem komplexen. Ande-

rerseits wurde dieses Programm gerade für komplexe Gestalten entwickelt und kann erst dort seine Fähigkeiten voll entfalten.
NBsp.1:Webern,op27,1(Takt1-4)

Anton Webern, Op. 27



Gewählt wurde die Gestaltcharakteristik Nr.3(=vertikal 'aus-schwingend',die Ereignispositionen im Accelerando).Hierbei sind acht Gestalten möglich:die erste Gestalt besteht aus drei Akkorden mit abnehmender vertikaler Tiefe, die letzte Gestalt aus zwölf einstimmigen Ereignissen.Die siebte Gestalt entspricht in ihrer vertikalen Struktur genau dem Webernschen Original(2-Klang/1-Klang/2-Klang/1-Klang/2-Klang/1-Klang/2_Klang/1-Klang). Vier verschiedene Darstellungsmodi sind möglich :
1)als ausführliches Ergebnislisting;2)als graphische Darstellung des Tonhöhen bzw.Helligkeits-sowie des Zeitablaufs;3)als graphische Darstellung vor allem der vertikalen Tiefen-und Zeitstruktur;und 4)als normale von einem Notationsprogramm erzeugte Partitur (Nbsp.2-8).⁴

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl.Gestalten(incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

Gest.Nr: 1 Zahl d. Pos : 3

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position : 0.00	Länge 0.50	Ton : e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position : 0.00	Länge 0.50	Ton : f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 1	El.Nr: 5	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 1	El.Nr: 6	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : c#2	Helligk.: 73
Pos-Nr: 1	El.Nr: 7	Position : 0.00	Länge 0.50	Ton : bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position : 1.50	Länge 0.50	Ton : a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 2	El.Nr: 2	Position : 1.50	Länge 0.25	Ton : eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 2	El.Nr: 3	Position : 1.50	Länge 0.25	Ton : d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position : 2.25	Länge 0.25	Ton : c1	Helligk.: 60
Pos-Nr: 3	El.Nr: 2	Position : 2.25	Länge 0.25	Ton : g#1	Helligk.: 68

Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 1



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 1



Notentext

Nbsp. 2 Pos=0



A musical score for two staves, labeled 'wco_1'. The top staff is in treble clef and the bottom staff is in bass clef. The time signature is 3/16. The score consists of six measures, numbered 1 through 6. The notation includes various rhythmic values and accidentals.

4 Beim Vergleich von Ergebnislisting und ausgedruckter Partitur werden sich immer wieder Ungereimtheiten ergeben, vor allem in der Zeitnotation. Diese lassen sich oft mildern durch die Wahl der richtigen Quantisierung; es empfiehlt sich jedoch, alle Daten zu prüfen und nach den eigenen Bedürfnissen um- oder auszu-notieren, notfalls von Hand auf der Grundlage der Darstellung des Notationsprogramms sowie des Ergebnislistings (siehe hierzu auch Nbsp. 18a und 18b).

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl. Gestalten (incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

Gest.Nr: 2 Zahl d. Pos : 4

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 1	El.Nr: 5	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 1	El.Nr: 6	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : c#2	Helligk.: 73
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position :	1.25	Länge	0.50	Ton : bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 2	El.Nr: 2	Position :	1.25	Länge	0.50	Ton : a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position :	2.00	Länge	0.25	Ton : eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 3	El.Nr: 2	Position :	2.00	Länge	0.25	Ton : d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 3	El.Nr: 3	Position :	2.00	Länge	0.25	Ton : c1	Helligk.: 60
Pos-Nr: 4	El.Nr: 1	Position :	2.38	Länge	0.25	Ton : g#1	Helligk.: 68
Pos-Nr: 4	El.Nr: 2	Position :	2.38	Länge	0.50	Ton : e2	Helligk.: 76

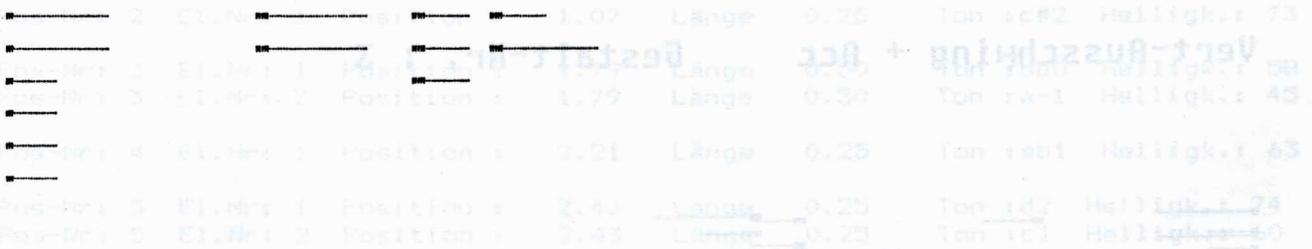
Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 2



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 2



Notentext

Nbsp. 3

Pos=0

wco_2

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl. Gestalten (incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

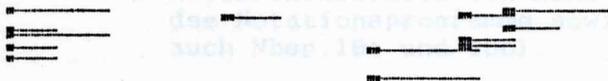
Gest.Nr: 3 Zahl d. Pos : 5

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 1	El.Nr: 5	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position :	1.07	Länge	0.25	Ton : c#2	Helligk.: 73
Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position :	1.79	Länge	0.50	Ton : bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 3	El.Nr: 2	Position :	1.79	Länge	0.50	Ton : a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 4	El.Nr: 1	Position :	2.21	Länge	0.25	Ton : eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 4	El.Nr: 2	Position :	2.21	Länge	0.25	Ton : d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 4	El.Nr: 3	Position :	2.21	Länge	0.25	Ton : c1	Helligk.: 60
Pos-Nr: 5	El.Nr: 1	Position :	2.43	Länge	0.25	Ton : g#1	Helligk.: 68
Pos-Nr: 5	El.Nr: 2	Position :	2.43	Länge	0.50	Ton : e2	Helligk.: 76

Tonhöhen/Helligkeitsablauf

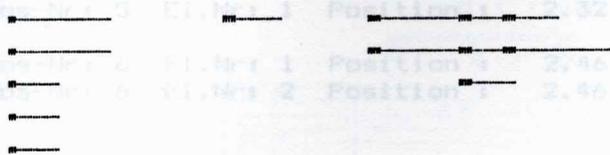
Vert-Ausschwing + Acc

Gestalt-Nr. : 3



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 3



Notentext

Nbsp. 4

Pos=0



Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl. Gestalten (incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

Gest.Nr: 4 Zahl d. Pos : 5

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton : f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 1	El.Nr: 5	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton : f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position :	1.07	Länge	0.25	Ton : c#2	Helligk.: 73
Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position :	1.79	Länge	0.50	Ton : bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 3	El.Nr: 2	Position :	1.79	Länge	0.50	Ton : a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 4	El.Nr: 1	Position :	2.21	Länge	0.25	Ton : eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 5	El.Nr: 1	Position :	2.43	Länge	0.25	Ton : d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 5	El.Nr: 2	Position :	2.43	Länge	0.25	Ton : c1	Helligk.: 60

Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 4



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 4



Notentext

Nbsp.5

Pos=0
→

meo_4

A musical score for piano, labeled 'meo_4'. It consists of two staves (treble and bass clef) with a 3/16 time signature. The score is divided into six measures, numbered 1 through 6. The notation includes various notes, rests, and dynamic markings.

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl.Gestalten(incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

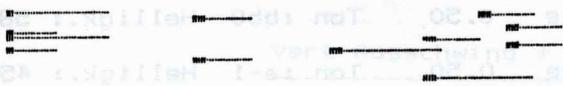
Gest.Nr: 5 Zahl d. Pos : 6

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position : 0.00	Länge 0.50	Ton : e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position : 0.00	Länge 0.50	Ton : f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position : 0.00	Länge 0.25	Ton : g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position : 0.94	Länge 0.25	Ton : f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 2	El.Nr: 2	Position : 0.94	Länge 0.25	Ton : c#2	Helligk.: 73

Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position :	1.61	Länge	0.50	Ton :bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 4	El.Nr: 1	Position :	2.05	Länge	0.50	Ton :a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 4	El.Nr: 2	Position :	2.05	Länge	0.25	Ton :eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 5	El.Nr: 1	Position :	2.32	Länge	0.25	Ton :d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 6	El.Nr: 1	Position :	2.46	Länge	0.25	Ton :c1	Helligk.: 60
Pos-Nr: 6	El.Nr: 2	Position :	2.46	Länge	0.25	Ton :g#1	Helligk.: 68

Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 5



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 5



Notentext

Nbsp. 6

Pos=0



wco_5

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 7

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl. Gestalten (incl Eingabe-Gest) : 8

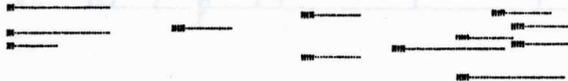
Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

Gest.Nr: 6 Zahl d. Pos : 7

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton :e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton :f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton :b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position :	0.83	Länge	0.25	Ton :g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 3	El.Nr: 1	Position :	1.46	Länge	0.25	Ton :f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 3	El.Nr: 2	Position :	1.46	Länge	0.25	Ton :c#2	Helligk.: 73
Pos-Nr: 4	El.Nr: 1	Position :	1.90	Länge	0.50	Ton :bb0	Helligk.: 58
Pos-Nr: 5	El.Nr: 1	Position :	2.20	Länge	0.50	Ton :a-1	Helligk.: 45
Pos-Nr: 5	El.Nr: 2	Position :	2.20	Länge	0.25	Ton :eb1	Helligk.: 63
Pos-Nr: 6	El.Nr: 1	Position :	2.38	Länge	0.25	Ton :d2	Helligk.: 74
Pos-Nr: 7	El.Nr: 1	Position :	2.47	Länge	0.25	Ton :c1	Helligk.: 60
Pos-Nr: 7	El.Nr: 2	Position :	2.47	Länge	0.25	Ton :g#1	Helligk.: 68

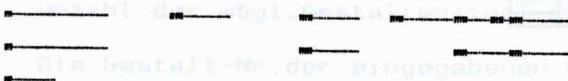
Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 6



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 6



Gest.Nr: 5 Zahl d. Pos : 6

Pos-Nr: 1	El.Nr: 1	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton :e2	Helligk.: 76
Pos-Nr: 1	El.Nr: 2	Position :	0.00	Länge	0.50	Ton :f1	Helligk.: 65
Pos-Nr: 1	El.Nr: 3	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton :b0	Helligk.: 59
Pos-Nr: 1	El.Nr: 4	Position :	0.00	Länge	0.25	Ton :g1	Helligk.: 67
Pos-Nr: 2	El.Nr: 1	Position :	0.83	Länge	0.25	Ton :f#0	Helligk.: 54
Pos-Nr: 2	El.Nr: 2	Position :	0.83	Länge	0.25	Ton :c#2	Helligk.: 73

Notentext

Nbsp. 7

Pos=0

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl.Gestalten(incl Eingabe-Gest) : 8

Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

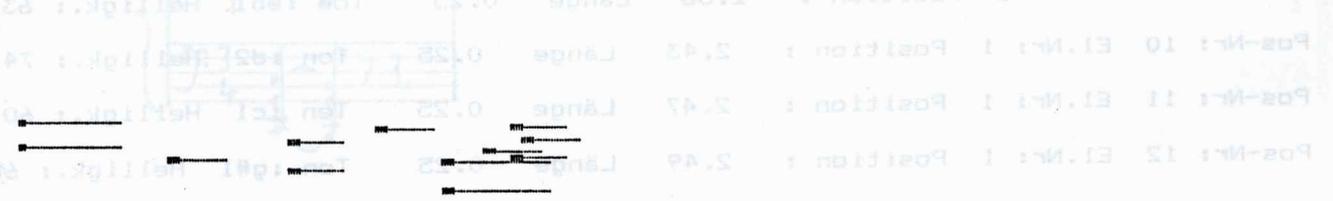
Gest.Nr: 7 Zahl d. Pos : 8

Pos-Nr	El.Nr	Position	Länge	Ton	Helligk.
1	1	0.00	0.50	e2	76
1	2	0.00	0.50	f1	65
2	1	0.75	0.25	b0	59
3	1	1.33	0.25	g1	67
3	2	1.33	0.25	f#0	54
4	1	1.77	0.25	c#2	73
5	1	2.08	0.50	bb0	58
5	2	2.08	0.50	a-1	45
6	1	2.29	0.25	eb1	63
7	1	2.42	0.25	d2	74
7	2	2.42	0.25	c1	60
8	1	2.48	0.25	g#1	68

Tonhöhen/Helligkeitsablauf

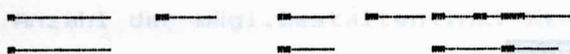
Vert-Ausschwing + Acc

Gestalt-Nr. : 7



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 7



Nbsp. 8 Pos=0

Notentext

wco_7

Ergebnislisting

Vert-Ausschwing + Acc

Anzahl der mögl. Gestalten (incl Eingabe-Gest) : 8

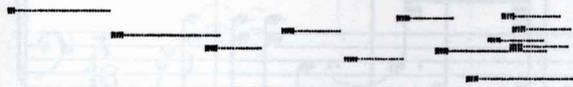
Die Gestalt-Nr der eingegebenen Gestalt ist : 7

Gest.Nr: 8 Zahl d. Pos : 12

Pos-Nr	El.Nr	Position	Länge	Ton	Helligk.
1	1	0.00	0.50	e2	76
2	1	0.54	0.50	f1	65
3	1	0.99	0.25	b0	59
4	1	1.37	0.25	g1	67
5	1	1.68	0.25	f#0	54
6	1	1.92	0.25	c#2	73
7	1	2.12	0.50	bb0	58
8	1	2.26	0.50	a-1	48
9	1	2.36	0.25	eb1	61
10	1	2.43	0.25	d2	71
11	1	2.47	0.25	c1	60
12	1	2.49	0.25	g#1	68

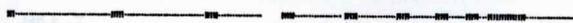
Tonhöhen/Helligkeitsablauf

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 8



Vertikale Tiefenstruktur

Vert-Ausschwing + Acc Gestalt-Nr. : 8



Notentext

Nbsp. 9 Pos = 0

wcc_8

Nun kann man aber, wie vorhin schon erwähnt wurde, diese acht Gestalten einem weiteren Verarbeitungsprozeß unterwerfen, und zwar z.B. der sukzessiven Substitution der Webernschen Ausgangsgestalt. Wählt man sich als Zielgestalt den Anfang vom 2. Satz aus Beethovens Klaviersonate op. 7 (Nbsp. 10), gewinnt man zu den bisherigen Modifikationen Vertikal-→Horizontal bzw. Accelerando-Anordnung nicht nur die sukzessive Substitution einer Gestalt durch eine andere hinzu, sondern als neue eigene Wahrnehmungsebene den Übergang von nicht-tonaler nach tonaler Struktur (Nbsp. 11-18).
Nbsp. 10: Beethoven, op. 7, 2 (Takt 1)

Largo, con gran espressione.

4
3
8
5
3
4
0
68

wes_1

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 12

wes_2

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 13

wes_3

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 14

wes_4

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 15

wes_5

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 16

wcs_E

1 2 3 4 5 6

Nbsp. 17

wcs_7

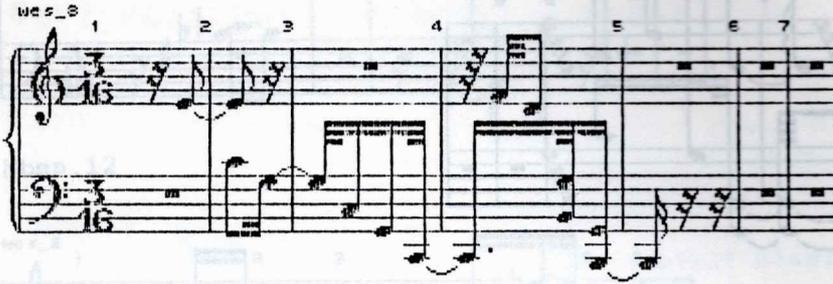
1 2 3 4 5 6

Nbsp. 18a

wcs_8

1 2 3 4 5 6 7

bsp.18b Identisch mit Nbsp.18a,nur in einfacherer ,leichter lesbarer Quantisierung,dafür aber weniger genau(siehe Fußnote 4).



Ebenso lassen sich,sowohl bei den modifizierten Original-wie auch bei den Substitutgestalten,einfache aber wirkungsvolle zeitliche Manipulationen vornehmen.So wurden bei der folgenden Reihe von acht Gestalten,die eigentlich identisch sind mit Nbsp.2-9,einerseits die Ereignispositionen jeder Gestalt sukzessive gedehnt, andererseits die Längen der einzelnen Töne sukzessive verkürzt, und zwar gemäß folgender Faktor-Reihen:

Positionsdehnungen

Längenstauchungen

Faktor:

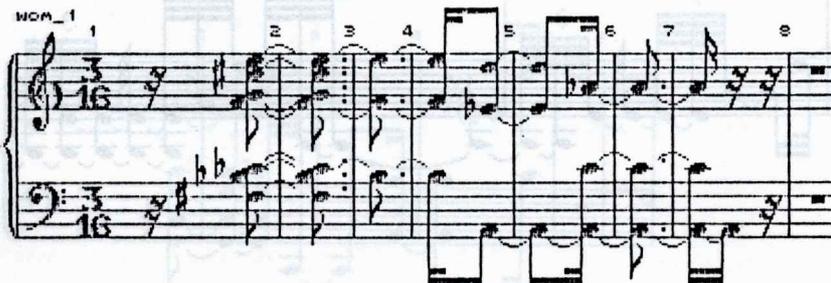
Faktor:

- 1.5-->
- 2 -->
- 2.5-->
- 3 -->
- 3.5-->
- 4 -->
- 4.5-->
- 5 -->

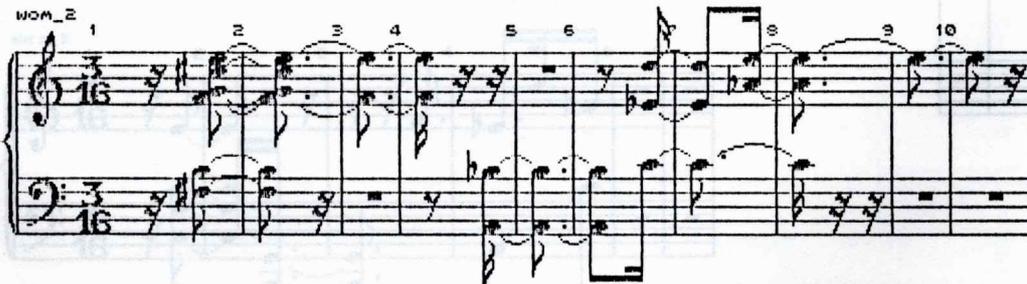
- Gestalt 1(Nbsp.19)
- Gestalt 2(Nbsp.20)
- Gestalt 3(Nbsp.21)
- Gestalt 4(Nbsp.22)
- Gestalt 5(Nbsp.23)
- Gestalt 6(Nbsp.24)
- Gestalt 7(Nbsp.25)
- Gestalt 8(Nbsp.26)

- <--5
- <--4.5
- <--4
- <--3.5
- <--3
- <--2.5
- <--2
- <--1.5

Nbsp.19



Nbsp.20



Nbsp. 21

WOM_3

Nbsp. 22

WOM_4

Nbsp. 23

WOM_5

WOM_5

Nbsp. 24

WOM_5

Zum Schluss dieses Beitrags sei noch vermerkt, das selbstredend
 anstelle lempflicher Tonhöhen genauso auf Geräusche und Klang-
 ereignisse freudweiser Art verwendet werden können. Einzige Voraus-
 setzung für die Materialisierung durch das Programm ist die
 selbstbestimmte mit MIDI-Werten verrechnete Materialität.
 Ich hole nun dem Leser dieses Beitrags über Mögliche
 Materialgewinnung und Strukturierung mit Hilfe des Comput-
 er eine winzige Vorstellung vermittelt zu haben. Die Grenzen, die
 bei gewakkt sind, sind mittlerweile nicht mehr hardware-
 sich heute nahezu jeder von uns mindestens einen Comput-
 er oder zwei Megabyte Speicherkapazität leisten kann. Es
 eher bedingt durch mangelndes Wissen vieler Musiker im Umgang mit
 dieser neuen, dem künstlerischen Denken nur nachgelagerter Tech-
 nologie. Vor allem aber werden sich die Grenzen dort aufhalten
 wo der Komponist über die Techniken des (eigenen) Komponierens
 nicht so gründlich nachgedacht hat, um diese dann algorithmisch
 in Form von Programmcode zu übersetzen, wo die
 an sich eine (empfindungs-technische)
 dieser Art, die sich als wichtig erweisen kann.
 und so haben sich komplexe ästhetische Verfahren als
 der zusetzen, immer komplexer werdenden Kriterien zu können.

aus: Rainer Gehring
 Computergraphische Reaktionen
 auf "Nachdenken" von Georg Wötzer

WOM_7

WOM_7

Nbsp. 26

WOM_8

WOM_8

Zum Schluß dieses Beitrags sei noch vermerkt, daß selbstredend anstelle temperierter Tonhöhen genauso gut Geräusche und Klangereignisse irgendeiner Art verwendet werden können. Einzige Voraussetzung für die Materialakzeptanz durch das Programm ist dann eine selbstdefinierte, mit MIDI-Werten verrechnete Materialskalierung.

Ich hoffe nun, dem Leser dieses Beitrags über Möglichkeiten der Materialgewinnung- und Strukturierung mit Hilfe des Computers eine winzige Vorstellung vermittelt zu haben. Die Grenzen, die uns hierbei gesetzt sind, sind mittlerweile nicht mehr hardware-bedingt, da sich heute nahezu jeder von uns mindestens einen Computer von einem oder zwei Megabyte Speicherkapazität leisten kann. Sie sind eher bedingt durch mangelndes Wissen vieler Musiker im Umgang mit dieser neuen, dem künstlerischen Denken nur scheinbar ganz fremden Technologie. Vor allem aber werden sich die Grenzen dort auftun, wo der Komponist über die Techniken des (eigenen) Komponierens nicht so gründlich nachgedacht hat, um diese dann algorithmisch formulieren zu können, oder noch provozierender ausgedrückt - wo die Reflexion über das Technische nicht Grundlage auch der inhaltlichen Seite des Kunstprodukts ist. Stellt man sich als Komponist aber den technischen Problemen des musikalischen Kunstwerks, entwickelt man also vor allem seine (kompositions-)technische Phantasie weiter, ist dies nicht nur eine der wichtigsten Bedingungen für künstlerische Qualität, sondern auch eine Voraussetzung dafür, die gewaltigen Möglichkeiten der Denkmaschine Computer nutzen und so neue, subjektive komplexe ästhetische Welten als Widerschein der äusseren, immer komplexer werdenden kreieren zu können.