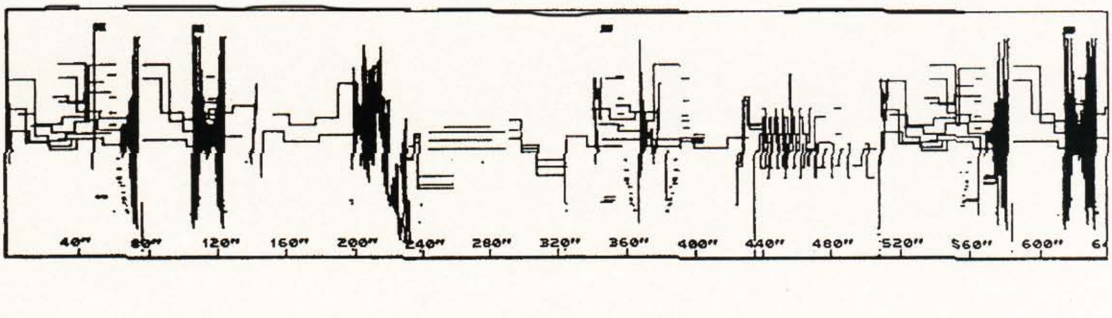
INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE MUSIK

AN DER HOCHSCHULE FÜR MUSIK UND DARSTELLENDE KUNST IN GRAZ

BERNHARD LANG

DIMINUENDO

ÜBER SELBSTÄHNLICHE VERKLEINERUNGEN



SONDERBAND ZUR RINGVORLESUNG

" DIE KLANGWELT AM RAND DER DATENAUTOBAHN "

BEITRÄGE ZUR ELEKTRONISCHEN MUSIK 7

IMPRESSUM

Herausgeber:	Robert Höldrich Institut für Elektronische Musik (IEM) an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Graz © 1996
Redaktion:	Robert Höldrich, Andreas Weixler
Satz:	Ferdinanda Anhofer
Druck:	Druckwerk Graz, Druckerei Khil
Erscheinungsort:	Graz, Österreich
Kontaktadresse:	Institut für Elektronische Musik (IEM) an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Graz Jakoministr. 3-5 A - 8010 Graz, Österreich Tel.: ++43/ +316/ 389 - 7010 (Sekretariat) Fax: ++43/ +316/ 389 - 7008
Titelblatt:	Graphik aus der Komposition "Natté" von Helmut Dencker mit freundlicher Genehmigung des Komponisten.

Bisher erschienen folgende "Beiträge zur elektronischen Musik":

BEM **1**	HARALD FRIPERTINGER	**ENUMERATION IN MUSICAL THEORY**	1992
BEM **2**	GREGOR WIDHOLM	**HOLOGRAPHIE, CAD UND MODALANALYSE IM DIENSTE DER MUSIK**	1993
BEM **3**	HELWIG BRUNNER	**DER NACHTIGALLENGESANG IN DER EUROPÄISCHEN KUNSTMUSIK**	1994
BEM **4**	NORBERT SCHNELL	**GRAINY - GRANULARSYNTHESE IN ECHTZEIT**	1995

Sonderbände zur Ringvorlesung “Die Klangwelt am Rand der Datenautobahn”:

BEM **5**	KARLHEINZ ESSL	**STRUKTURGENERATOREN Algorithmische Komposition in Echzeit**	1996
BEM **6**	ROBIN MINARD	**SOUND INSTALLATION ART**	1996

Die Reihe "Beiträge zur Elektronischen Musik" stellt Arbeiten des Instituts für Elektronische Musik Graz zu den Themenbereichen Akustik, Computermusik, Musikelektronik und Medienphilosophie vor. Dabei handelt es sich meist um Ergebnisse von Forschungsarbeiten am Institut oder um überarbeitete Vorträge von Institutsmitarbeitern.
Darüber hinaus soll hier eine Diskussionsplattform zu den genannten Themen entstehen.
Beiträge können auch eine Beschreibung von Projekten und Ideen sein, die sich in Entwicklung befinden und noch nicht fertiggestellt sind.

Beiträge bzw. Anfragen über bisher erschienene Artikel richten Sie bitte an umseitige Kontaktadresse.

Wir hoffen, daß die Schriftreihe "Beiträge zur Elektronischen Musik" eine Anregung für Ihre wissenschaftliche und künstlerische Arbeit bietet.

Robert Höldrich & Andreas Weixler
(Redaktion)

The series "Beiträge zur Elektronischen Musik" (contributions to electronic music) presents papers by the Institute of Electronic Music Graz on various topics including acoustics, computer music, music electronics and media philosophy. The contributions present results of research performed at the institute or edited lectures held by members of the institute.

The series shall establish a discussion forum for the above mentioned fields. Articles should be written in English or German. The contributions can also deal with the description of projects and ideas that are still in preparation and not yet completed.

Submissions and inquiries concerning already published articles should be sent to the address mentioned on the previous page.

We hope that the series "Beiträge zur Elektronischen Musik" will provide thought-provoking ideas for your scientific and artistic work.

Robert Höldrich & Andreas Weixler
(the editors)

Vorwort des Herausgebers

Der österreichische Komponist Bernhard Lang arbeitet seit vielen Jahren mit dem Institut für Elektronische Musik zusammen. Entstanden sind in dieser Zeit sowohl Tonbandkompositionen als auch Werke für Instrumente und Live-Elektronik. Neben seiner Tätigkeit als Komponist widmet sich der Autor auch der theoretischen Formulierung und programmtechnischen Umsetzung von algorithmischen
Kompositionstechniken.

Der vorliegende "Beitrag zur Elekronischen Musik" entstammt zwar nicht direkt der Veranstaltungsreihe "Die Klangwelt am Rand der Datenautobahn", die im Sommersemester 1995 am IEM Graz stattgefunden hat. Dennoch wurde er in die Reihe der dieser Ringvorlesung gewidmeten Sonderbände aufgenommen, da Lang's Gedanken die Diskussionen während der Seminare immer wieder geprägt haben. Seine Gegenüberstellung von computergenerierter Struktur einerseits und Komposition von Instrumentalmusik mit traditionellen Instrumenten und Techniken andererseits erscheint mir eine interessante Ergänzung zu Karlheinz Essl's "Strukturgeneratoren" (BEM 5).

Nach Abschluß der Sonderreihe wird den gesammelten Artikeln eine CD mit Tonbeispielen beigelegt werden. Bis zu diesem Zeitpunkt finden sich die Beiträge samt MIDI- und Audiofiles unter `http://www.mhsg.ac.at/iem/bem/bem_dt.htm`

Die Herstellung dieser Publikation wurde von den Musikkuratoren des Bundesministers für Wissenschaft und Kunst unterstützt.

Robert Höldrich

BERNHARD LANG

DIMINUENDO

Über selbstähnliche Verkleinerungen

Abstract

Im vorliegenden Text möchte ich einen Algorithmus vorstellen, der Teil eines größeren Programmes zur computerunterstützten Komposition ist, an dem ich seit 1988 arbeite: CADMUS, Computer Aided Design for Musical Applications.
Die Darstellung des Algorithmus soll allerdings nicht für sich stehen, sondern auch die Problematik und Methodik der Einbindung von Programmierarbeit in den Kompositionsvorgang behandeln.
Der Algorithmus betrifft eine spezielle Facette des musikalischen Raumbegriffs, nämlich die Diminution von Intervallen. Vor der Behandlung dieses speziellen Diminutionsbegriffs soll auf den Diminutionsbegriff im geschichtlichen Zusammenhang eingegangen werden.
Dann werde ich kurz außermusikalische Anregungen aus Mathematik und Physik darstellen, wobei ich hier keineswegs Anspruch auf das völlige Verständnis oder die Übernahme wissenschaftlicher Ideen erhebe, sondern diese vielmehr als freie Bezugspunkte musikalischer Phantasien verwende.
Darauf folgt die Beschreibung der selbstähnlichen Diminutionen im Detail.
Den Abschluß bildet eine kurze Zusammenfassung und der Versuch einer Wertung für den kompositorischen Bereich.

In this short text I will present an algorithm, which in itself is part of a larger program implementing various functions for Computer Aided Design for Musical Applications, shortly called CADMUS.
The description of this algorithm should not stand alone. It will be presented within its context of development and its actual usage within the compositorial process.
The algorithm deals with diminuition, a term which relates to the way intervals can be processed within the musical notion of space. The term diminuition will be described both in its general historical context and in the special sense it is used by the algorithm.
This algorithmic usage of diminuition will be compared with various ideas dating from the fields of mathematics and physics. This will be done in a very free, playful way, without claiming full understanding of those very complex issues which inspired me.
The intial concept for considering diminuitions was the idea of interval substituion using the so-called partial-series.[1]
The resulting software functions can be iterated, therewith creating multi-layered data with growing complexity. This iteration of diminuitive functions showed very interesting results, which open a new field for experimentation and research. The functions can be applied to both horicontal-melodic and vertical-harmonic interval structures. By combining both kinds of diminuition in a matrix, musical data with similar properties in melody and harmony is created.
After a detailed description of the various forms of self-similar diminuitions, a short summary will provide a preliminary valuation of the algorithm's compositorial usage.

[1]not to be confused with harmonic series!

Inhaltsverzeichnis

“Puzzle: A Typogenetical Self -Rep

Now that the rules of Typogenetics have been fully set out, you may find it interesting to experiment with the game. In particular, it would be most interesting to devise a self - replicating strand.”[2]

[2] Hofstadter GEB, S. 512

Einleitung

Seit ich 1993 mit der Entwicklung des Konzepts der selbstähnlichen Substitutionen begonnen habe, hat sich meine Einstellung bezüglich der Funktion und Bedeutung dieses und ähnlicher Algorithmen innerhalb des kompositorischen Prozesses wesentlich verändert. Diese Veränderung wurde allerdings sicherlich auch durch die intensive Verwendung der Algorithmen selbst bewirkt. Bevor ich auf diesen Wandel im einzelnen eingehe, zunächst Allgemeines zum vorliegenden Text.

In der derzeitigen Situation der zeitgenössischen Komposition ist wie in anderen künstlerischen Disziplinen ein verstärkter Einsatz von Computertechnologie festzustellen. Dieser reicht von der Verwendung von Notationsprogrammen, Strukturgeneratoren bis zur Klangverarbeitung und Klangerzeugung. Hier soll auf einen speziellen Fall eines Strukturgenerators eingegangen werden.

Ich meine, daß es vor allem strukturerzeugende Programme sind, deren Einsatz eine innere Veränderung des Kompositionsprozesses bewirken könnte. Weder Notationsmaschinen noch Klanggeneratoren legen die Entwicklung neuer musikalischer Systeme oder Verfahren a priori nahe. Wie ich es selbst an mir und auch bei anderen ähnlich verfahrenden Komponisten feststellen konnte, kann die Arbeit am Strukturgenerator, sei es seine Programmierung oder seine bloße Übernahme, sehr eng mit dem Kompositionsprozeß verschmelzen. Dies führt zu einer faszinierenden und nicht zuletzt daher inspirierenden Amalgamierung der Bereiche. Dabei kann kompositorisches Denken durch die Begegnung mit algorithmischen Formulierungen musikalischer Lösungen wesentlich angeregt, verändert und vielleicht erneuert werden.[3]

Diese Erneuerung muß nicht unbedingt in der Erfindung neuer Techniken bestehen, sie kann sich auch im ästhetischen Ansatz, im musikalischen Denken vollziehen.
Dennoch tritt der Komponist in einen Diskurs ein, sobald er die Differenz zwischen maschinenorientiertem und psychologistisch- intuitivem musikalischen Denken in etwelcher Form in seiner Arbeit realisiert. Er sieht sich mit zwei Schriften konfrontiert, deren eine ihren Ursprung und ihre Spiegelung außerhalb seiner selbst im formalisierten Objekt hat, die andere hingegen in seiner Persönlichkeit und ihrer Irregularität und Unschärfe, in ihrer Nichtfaßlichkeit und Erratik verwurzelt liegt.

[3] Vor allem durch die individuelle Verfügbarkeit von Computern wird diese Begegnung gefördert und erleichtert. Die alte Trennung zwischen Ingenieuren bzw. Programmierer und Musiker kann somit leichter fallen, zumal es letzterem jetzt möglich geworden ist, selbst Programmier - und Installationsarbeiten in kleinem, aber effizienten Rahmen abzuwickeln. Dadurch vereinfacht sich auch die weiterführende Kommunikation mit Ingenieuren im Fall einer fortgeschrittenen Anwendung.

Jeder, der das erste Mal die Faszination algorithmischen Denkens erlebt hat, wird sich erinnern, wie sehr diese so erzeugte Schrift Ansprüche auf Absolutheit und Trans - bzw. Überpersonalität erhebt. Sie enthebt den Komponisten nach dem Entwurf des Algorithmus vieler Entscheidungen, sie löst das Problem der Rechtfertigungen, da sie sich in ihrer Objektivität selbst rechtfertigt. Es ist eine Ingefangennahme durch ein Bild, die sowohl Wege eröffnet und erleichtert, aber auch, und das entspricht meiner persönlichen Erfahrung, Wege verbirgt und verschließt.
Daher ist es für mich von entscheidender Bedeutung geworden, die zweite Schrift wieder in die Komposition einzubringen, den Diskurs zwischen den beiden Schriften zu eröffnen, um dadurch aus der Geschlossenheit eines perfekt funktionierenden Systems zu entkommen.

1. Der Diminutionsbegriff in der Musikgeschichte

Ich beziehe mich hier auf diverse Lexika, vornehmlich jedoch auf den Artikel 'Diminution' von Hans Engel.

Dort werden folgende Bedeutungen des Diminutionsbegriffes unterschieden:

- Diminution als Bezeichnung. der Notationskunde: hier bezeichnet der Begriff die Möglichkeit, proportionale Verzerrungen der Notenwerte notationstechnisch darzustellen. Als Komplement erscheint hier die Augmentation.
- Diminution als Bezeichnung in der Fugenlehre: bedeutet das Erscheinen des Themas in verkürzten Werten.
- Diminution als Bezeichnung der Verzierungslehre.

Diminution leitet sich vom lat. ‘diminuere’ = zerspalten/zerkleinern ab:

"Diminution bedeutet [demnach] Zerkleinerung, Zerlegung eines Tones in mehrere aufeinanderfolgende Töne, in eine Folge von kürzeren Tönen".[4]

Zwischen dem 14. und 19. Jahrhundert ist Diminution ein Synonym für Koloratur,Verzierungslehre und überhaupt für Ornamentik.

Diminutionen werden dabei vornehmlich durch
- Tonrepetition
- Umspielung eines Tones
- Ausfüllung eines Zwischenraumes von Tönen

bewerkstelligt.
Besonders die letztere Form wird für das Folgende wichtig werden.

Diminution war von Beginn der Musikgeschichte an ein notwendiger Teil der Melodiebildung, keineswegs bloß zufällige oder redundante Beigabe. Sie steht, etwa in der Entwicklung des Organums, an der oft wenig beachteten Grenze zwischen Improvisation und determinierter Komposition.
Improvisierte Diminution gehört so als unverzichtbarer Bestandteil zur Gesangspraxis der Zeit.

[4] Engel, MGG, S. 489

Im 14. und 15. Jahrhundert findet eine Kanonisierung der Diminutionsformeln in den Lehrbüchern statt. Die verschiedenen Möglichkeiten der Diminution werden nach den auszufüllenden Melodieintervallen, den Diminutionsintervallen geordnet. Man kann hier bereits eine Erstarrung der ursprünglich frei gestalteten Diminutionen zu Formeln und Manieren feststellen.

Exemplarisch sei die Diminutionsschule “La Fontegara” von Silvestro Ganassi[5] zitiert. Ganassi differenziert hier die Diminutionen nach dem Grad der Varietas, also des Variantenreichtums:

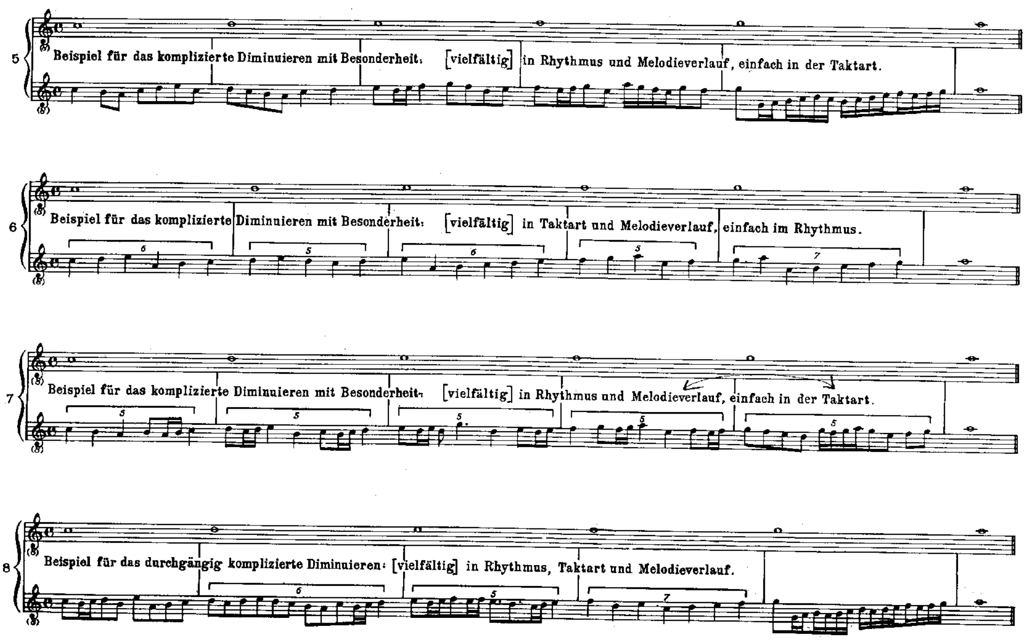


Abb. 1: Beispiel für eine Intervalldiminution aus “La Fontegara”

Ausgangspunkt ist bei Ganassi eine zu diminuierende Tonfolge in längeren Werten, im obenstehenden Beispiel etwa in ganzen Noten.
Bemerkenswert ist die unterschiedliche metrische Unterteilung der Ausgangswerte, wobei er u. a. Diminutionen der Zeitwerte in den Proportionen 5:4,6:4,7:4 behandelt.

[5]Venedig 1535

2. Der Begriff der 'Selbstähnlichen Diminutionen´

Ich stieß bei der Lektüre von Allan Fortes 'Introduction to Schenkerian Analysis' gleich zu Beginn auf den Diminutionsbegriff, später auch auf das Konzept der Strukturebenen Vorder-, Mittel-, und Hintergrund.

Der Diminutionsbegriff läßt sich einerseits also als improvisatorische Intervallauffüllung im Vordergrund, also in kleineren Werten, verstehen.
Andererseits bedeutet Diminution als Komplementärbegriff zur Augmentation die proportional deformierte Kopie einer zeitlichen Gestalt.

Es stellt sich hier die zunächst spekulative Frage, ob nicht eine Diminutionsform denkbar wäre, die beiden Auffassungen entspräche. Anders formuliert: ist ein melodischer Verlauf vorstellbar, der unabhängig von der betrachteten Strukturebe (eben Vorder-, Mittel- und Hintergrund) die gleiche Gestalt zeigt. Die Ursprungsintervalle der Diminution müßten dann in den rhythmischen und melodischen Verkleinerungen der ausfüllenden und verzierenden ´passagi´ wieder erkennbar werden. Somit würde der Schenkersche Gedanke realisiert werden, daß 'various aspects of large -scale structure are often mirrored in the small'.[6]
Ich möchte solche Diminutionsformen im weiteren als ‘Selbstähnliche Diminutionen’ bezeichnen.

Folgendes Beispiel aus einer weiteren Diminutionslehre von Antonio Brunelli soll den Gedanken verdeutlichen:[7]

[6] Vgl. Forte, ISA, S. 235 f

[7] Vgl. Antonio Brunelli, Varii Esercitii 1614, S. 4

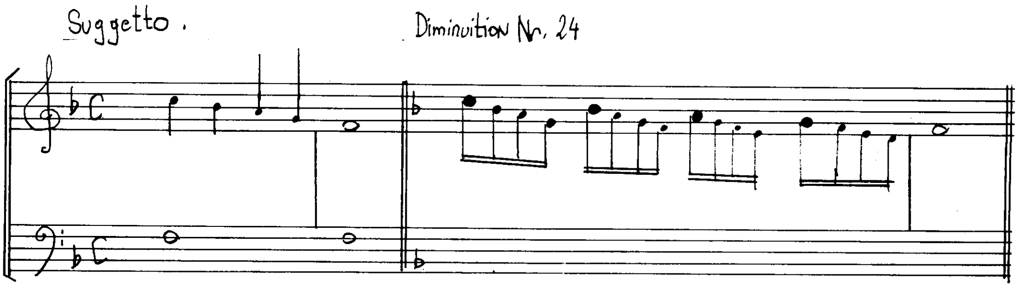


Abb. 2: Beispiel für eine Diminution, welche die Ausgangsintervalle ähnlich wiederkehren läßt.

Zuerst wird hier links die Ausgangsformel dargestellt, dann folgt rechts der Vorschlag für die Diminutionen; für mich war bei der Wahl dieses Beispieles wesentlich, daß die Diminutionen hier im speziellen der Gestalt der Ausgangsformel sehr ähnlich sind.

Ist die Möglichkeit eines solchen musikalischen Gebildes einmal demonstriert worden, läßt sich das Prinzip von drei auf beliebig viele Strukturebenen erweitern.

Die ähnliche Wiederkehr einer Gestalt auf verschiedenenr Strukturebenen zeigte für mich eine gewisse Affinität zur Struktur fraktaler Gebilde und Generatoren, wie sie von Mandelbrot und anderen mit dem Begriff Selbstähnlichkeit beschrieben wurden.
Ich will hier nochmals betonen, daß ich diese Affinität per analogiam, also im Sinne eines Übersetzungsversuches zwischen zwei an sich inkompatiblen Bereichen herstelle.

Ich will damit nicht die fraktale Struktur der von Schenker dahingehend untersuchten Werke behaupten. Vielmehr ging es mir um die kompositionstechnische Entwicklung eines Generators, der dieses Konzept in brauchbare musikalische Strukturen übersetzen könnte.

Fraktale Generatoren für kompositorische Zwecke stehen bereits in kommerzieller Musiksoftware zur Verfügung. Diese Generatoren projizieren Wertematrizen fraktaler Bilder auf die bescheidene Punktmenge von 128, 256 oder 512 Tonhöhen- oder Dauerwerten. Dabei bleibt die Frage bestehen, ob diese Transformationen jene Relationen von Selbstähnlichkeit, die in der fraktalen Geometrie so augenscheinlich werden, tatsächlich musikalisch auf eine wenigstens annähernd so evidente Weise repräsentieren können.

Ich suchte also nach einem Konstruktionsprinzip, das in nicht-trivialer Weise komplexe Operationen wie selbstähnliche Diminutionen mit einer begrenzten Tonmenge sinnvoll darstellen

könnte.
Ich wollte zudem keinen vollständig determinierten Algorithmus, der mich aller Entscheidungen über den Kompositionsverlauf völlig enthob, sondern ein Verfahren, das gegebenenfalls auch dem freien, improvisatorischen, ich möchte etwas frei sagen, chaotischen Aspekt des Diminuierens Rechnung tragen sollte.

Dabei war jener Aspekt, der Diminutionen als Ausfüllung eines Intervalls auffaßt, Ausgangspunkt der Überlegungen. Diminution bedeutet somit das Einfügen einer Tonreihe in ein Intervall I, deren Rahmenintervall eben jenem Intervall I entspricht. Wir können von einer Repräsentation des Intervalls durch die eingefügte Diminutionsreihe sprechen, aber auch von einer Ersetzung und Substitution, da das ursprüngliche Intervall in eben jenem Vorgang vordergründig verschwindet. Forte betont, daß die Diminutionen die Bezugstöne auch ersetzen, jene also explizit ebenfalls verschwinden können.[8]

Wir können zusammenfassend feststellen, daß die Summe aller Intervalle i_k in der substituierenden Tonreihe gleich dem zu diminuierenden Intervall I ist;

$$I = \sum_{k=1}^{n} i_k \qquad I, i_k \in Z$$

Negative Zahlen bezeichnen hier nach unten gerichtete Sukzessivintervalle, positive bezeichnen Aufwärtsintervalle.

Der Diminutionsbegriff ist gleichzeitig untrennbar mit einer zeitlichen Strukturschichtung verbunden, welche die Dauer der Grundintervalle von denen der Diminutionsintervalle deutlich trennt. Das äußert sich in der Schenkeranalyse durch Differenzierung verschiedener Räumlichkeiten (Vorder/Mittel/Hintergrund).

Zwei von Forte erwähnte Etymologien scheinen mir in diesem Zusammenhang erwähnenswert:

1) die englische Übersetzung mit divisions = Teilungen, sowie die
2) Übersetzung des Diminutionsvorganges mit 'breaking the ground', also mit Brechung.

[8]Vgl. Forte, a.a.o, S. 9

Hier wird Diminution als Teilungsvorgang verstanden, als die Aufteilung oder Brechung eines räumlichen Verhältnisses.
Als nächstes soll gezeigt werden, wie sich selbstähnliche Diminutionen von Reihen als Algorithmus eines Strukturgenerators innerhalb eines Kompositionsprogramms implementieren lassen.

3. Die algorithmische Realisation der selbstähnlichen Diminutionen

Der dargestellte Algorithmus für selbstähnliche Diminutionen von Reihen ist ein Modul aus meinem seit einigen Jahren in Entwicklung begriffenen Programm "CADMUS - Computer aided Construction for Musical Applications", das eine Reihe von Analysewerkzeugen und Strukturgeneratoren für kompositorische Aufgaben zur Verfügung stellt.

3.1. Über das Verhältnis Komposition - Kompositionsprogramm

Dieses Modul entstand in Wechselbeziehung zum kompositorischen Prozeß und fand in mehreren meiner Stücke unmittelbare Anwendung.[9]
Dabei stellte sich mir zunächst die Frage, ob es sinnvoll sei, sich als Komponist mit der programmtechnischen Entwicklung eines Algorithmus selbst zu beschäftigen, da dies doch mit enormen Zeitaufwand verbunden ist und dennoch wegen der meist geringen technischen Vorkenntnisse des Komponisten auf einfache Applikationen beschränkt bleiben muß.
Ich bin der Meinung, daß es relativ schwierig ist, in einem kommerziellen Kompositionsprogramm

[9] Lang, "Quartett für Flöte Solo",Graz 1990
Lang,"Brüche für Sextett", Graz 1991
Lang, "Küstenlinien für 2 Klaviere und 2 Schlagwerker", Graz 1992
Lang, "La - bas a S" für tiefes Orchester, Graz 1993
Lang, "Feld - Studie" für Streichorchester, Graz 1994

(seien sie auch noch so komplex und umfangreich wie etwa MAX[10]) jene Differenzierung und Individualisation der Lösungswege wiederzufinden, wie sie im Kompositionsprozeß auftreten müssen.
Zudem kann es beim Gebrauch fertiger Programme leicht zur unreflektierten Übernahme eines im Hintergrund der Programmstruktur vorhandenen Kategoriensystems kommen, was oft auch die unbewußte Übernahme von Auswahl - und Bewertungskriterien bedeutet.
Es erscheint mir daher zweckmäßiger und von individuellerem Gehalt, als Komponist Programmierarbeit und Komposition zu verbinden, wobei der Weg der Lösungsfindung in beiden Bereichen oft sehr ähnlich sein kann; das schließt eine intensive Zusammenarbeit mit professionellen Programmierern keineswegs aus, vielmehr ist diese die Voraussetzng für eine eigene effektive Arbeit. Unterstützt wird diese Möglichkeit des Selbstprogrammierens durch die zunehmend leichtere Handhabbarkeit der Programmiersprachen.

Zurück zum Algorithmus für selbstähnliche Diminutionen von Reihen:

3.2. Entwicklung des Algorithmus im Kompositionsprozeß

Bei der Entwicklung des vorliegenden Algorithmus für selbstähnliche Diminutionen von Reihen ging ich zunächst von der Transposition eines Modells um die modelleigenen Intervalle aus. So verwendete ich als globales und lokales Organisationsprinzip in 'Modern Monsters'[11] eine Abfolge der Reihen, deren Transpositionsintervalls die Reihe selbst bildeten. Die Abbildung 3 zeigt die Anwendung dieses Prinzips auf die Reihe aus ´Brüche´.[12]

[10]Bei MAX handelt es sich um eine objekt-orientierte Entwicklungsumgebung für Echtzeitapplikationen. Sie wurde von 1987 von Miller Puckette am IRCAM, Paris, entworfen und später von David Zicarelli weiterentwickelt. Die Software existiert in zwei unterschiedlichen Varianten: in einer mit Klangverarbeitungs-Funktionen angereicherten Fassung dient sie als Benutzeroberfläche der ISPW, während die von OPCODE Ltd. vertriebene stark erweiterte MacIntosh-Version in erster Linie für die Generierung und Manipulation von MIDI-Daten Verwendung findet.
[11] Lang,”Modern Monsters” für Violoncello und Klavier,Graz 1990.
[12] Vgl. Fußnote 9. Diese Reihe wird im Folgenden als Beispiel verwendet werden: [-4-1-3+5+2+6-2-5+3+1+4]. Es handelt sich übrigens um eine krebsgleiche Allintervallreihe.

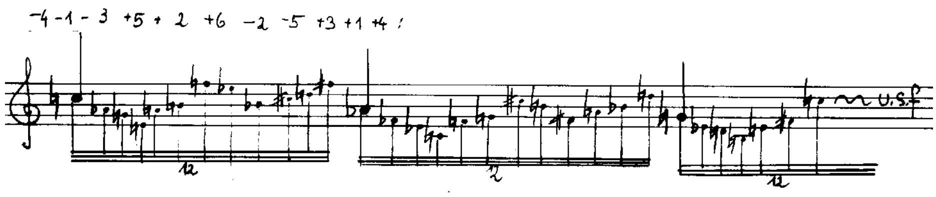


Abb. 3: Beispiel für eine Transposition einer Reihe um die reiheneigenen Intervalle.
(Hier um die ersten drei Intervalle -4, -1,-3)

Dieses Verfahren konnte kaum Gebilde größerer Komplexität als jene der klassischen Dodekaphonie und des Serialismus erzeugen. Bei der Weiterentwicklung ging ich von der spezifischen ästethischen Prämisse aus, nämlich aus ursprünglich einfachen Zellen umfangreiche, komplizierte und variable Gebilde wachsen zu lassen. Diese Prämisse läßt sich in folgenden Forderungen formulieren:

- Einfachheit der Ausgangsgestalt.
- Komplexitätswachstum für jede Stufe der Materialentwicklung
- Varietas

Diese drei Forderungen sind nicht mehr als Teile eines persönlichen ästhetischen Kanons von Auswahlkriterien, wobei mich hier besonders die Differenz und Dialektik nahezu komplementärer Begriffe wie Einfachheit und Komplexität und deren Entfaltung im musikalischen Kontext faszinierten.

Hier führte mich die Lektüre der Bücher von Peitgen/Jürgens/Saupe [13]durch ihre faßliche Einführung in die Gedanken Benoit Mandelbrots wesentlich weiter. In der Diskussion des Küstenlinienproblems stellt Mandelbrot die beiden Größen des Abstandes zwischen Ausgangs -und Endpunkt einer Linie einerseits und der Summe aller gerasterten Einzelteile der Linie andererseits

[13] Siehe Literaturverzeichnis

einander gegenüber, wobei zur Abstandsmessung jeweils verschiedene Scalings bzw. Rastergrößen verwendet werden. Die Analogiebildung zwischen Scaling und Diminutionsebene einerseits, zwischen graphischem und musikalischem Intervall andererseits lag nahe.

Ich fand weiters bei Mandelbrot in der Diskussion der Peano - Kurve sowie bei Hans Hahn[14] das Verfahren der iterativen Ersetzung räumlicher Intervalle durch verkleinerte Kopien der Ausgangsgestalt:

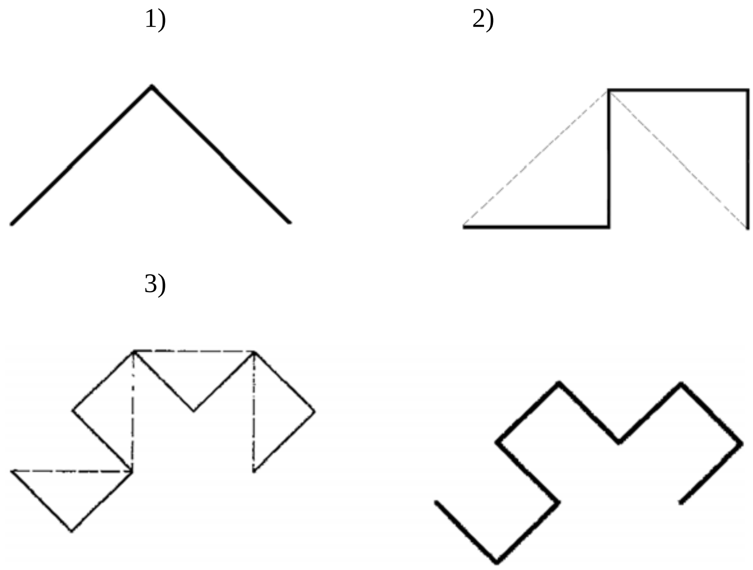


Abb.4: Konstruktion einer Peano - Kurve

Die Abbildung zeigt drei Iterationen einer Peano - Kurve. Die dabei entstehenden Strecken werden immer wieder durch verkleinerte Kopien des Generators substituiert.[15]
Die Peano - Kurven werden bei Mandelbrot als Füllkurven einer Ebene bezeichnet, insofern sie diese mit fortschreitender Iteration sukzessive ausfüllen.[16] Auch hier war die Analogiebildung zum intervallfüllenden Aspekt der Diminution naheliegend.

[14]Vgl. Hahn, Die Krise der Anschauung.
[15]Vgl. Mandelbrot, FGN, S. 78 ff
[16]Vgl. Mandelbrot, a.a.o., S. 71

In den Peano - Kurven werden durch sehr einfache Generatoren hochkomplexe Gebilde zur Anschauung gebracht, wobei für mich der Aspekt der Fasslichkeit und Anschaulichkeit des agierenden Prinzips richtungsweisend war. Das Problem war nun, inwiefern diese Fasslichkeit im Falle einer Übertragung auf musikalische Parameter nicht verlorengehen mußte oder andererseits zu trivialen musikalischen Ergebnissen führte, die von der Leistungsfähigkeit und Komplexität des Generators nichts hörbar werden ließen.
Diese Dialektik von Fasslichkeit und Intransparenz sollte also in der Lösung nicht verschwinden, sondern als Bewegung im Hörer erhalten bleiben.

Ich versuchte nun, jedes Intervall einer Tonfolge[17] durch eine Kopie der Tonfolge selbst zu ersetzen. Dies läßt sich jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen bewerkstelligen:

Die Ausgangsreihe hat ein Summenintervall SI, das sich aus der Summe der Einzelintervalle zusammensetzt. Dieses Summenintervall kann ein Intervallquantum zunächst nur dann ersetzen, wenn dieses auch als Binnenintervall der Ausgangsreihe erscheint:

[-4 -1-3 +5 +2]   SI = [-1]

Die Reihe könnte also das zweite Intervall der Reihe selbst ersetzen:

[-4 [-4 -1 -3 +5 +2] -3 +5 +2]

Um aber die restlichen Intervalle ersetzen zu können, müßte die Ausgangsreihe verändert werden, um eine Substitutionsreihe mit dem passenden Summenintervall herstellen zu können. So könnte die Reihe um den Faktor 4 proportional augmentiert werden, um das Intervall [-4] ersetzen zu können:

[[-16 -4 -12 +20 +8] -1 -3 +5 +2]

Diese proportionalen Ersetzungen haben den Nachteil, daß die Grundgestalt stark deformiert wird, die Ähnlichkeitsbeziehungen weitgehend verschwinden. Es können auch mikrotonale Diminutionen bzw. Augmentationen von Intervallen notwendig werden, etwa bei der Augmentation 5:3 einer Reihe mit dem Summenintervall [3] zu einer Substitutionsreihe für das Intervall [5].
Außerdem gibt es dabei keine Variation der Gestaltfunktion, das heißt der grundlegenden Bewegungsrichtungen der Intervalle unabhängig von ihrer Größe. Länge und Form der

[17] also einer relationalen Reihe im Gegensatz zu einer absoluten Reihe aus Tonhöhen oder Frequenzen.

Substitutionsreihe blieben zudem gleich.

Das führte mich zum nächsten Lösungsvorschlag, nämlich der Verwendung von Partialreihen zur Substitution der Intervalle der Grundreihe.

4. Partialreihen

4.1. Das Konzept der Partialreihe

Unter Partialreihe verstehe ich einen Ausschnitt einer Reihe. Die folgende Tabelle zeigt alle möglichen Partialreihen der bereits zitierten Reihe aus “Brüche”. In jeder Zeile sind die Ordnung O (=Länge), das Summenintervall SI und die Glieder der jeweiligen Partialreihe angegeben.

O.	SI	Partialreihe	O.	SI	Partialreihe
2	[-5] [-4] [2] [7] [8] [4] [-7] [-2] [4] [5]	[-4 -1] [-1 -3] [-3 5] [5 2] [2 6] [6 -2] [-2 -5] [-5 3] [3 1] [1 4]	**3**	[-8] [1] [4] [13] [6] [-1] [-4] [-1] [8]	[-4 -1 -3] [-1 -3 5] [-3 5 2] [5 2 6] [2 6 -2] [6 -2 -5] [-2 -5 3] [-5 3 1] [3 1 4]
4	[-3] [3] [10] [11] [1] [2] [-3] [3]	[-4 -1 -3 5] [-1 -3 5 2] [-3 5 2 6] [5 2 6 -2] [2 6 -2 -5] [6 -2 -5 3] [-2 -5 3 1] [-5 3 1 4]	**5**	[-1] [9] [8] [6] [4] [3] [1]	[-4 -1 -3 5 2] [-1 -3 5 2 6] [-3 5 2 6 -2] [5 2 6 -2 -5] [2 6 -2 -5 3] [6 -2 -5 3 1] [-2 -5 3 1 4]
6	[5] [7] [3] [9] [5] [7]	[-4 -1 -3 5 2 6] [-1 -3 5 2 6 -2] [-3 5 2 6 -2 -5] [5 2 6 -2 -5 3] [2 6 -2 -5 3 1] [6 -2 -5 3 1 4]	**7**	[3] [2] [6] [10] [9]	[-4 -1 -3 5 2 6 -2] [-1 -3 5 2 6 -2 -5] [-3 5 2 6 -2 -5 3] [5 2 6 -2 -5 3 1] [2 6 -2 -5 3 1 4]
8	[-2] [5] [7] [14]	[-4 -1 -3 5 2 6 -2 -5] [-1 -3 5 2 6 -2 -5 3] [-3 5 2 6 -2 -5 3 1] [5 2 6 -2 -5 3 1 4]	**9**	[1] [6] [11]	[-4 -1 -3 5 2 6 -2 -5 3] [-1 -3 5 2 6 -2 -5 3 1] [-3 5 2 6 -2 -5 3 1 4]
10	[2] [10]	[-4 -1 -3 5 2 6 -2 -5 3 1] [-1 -3 5 2 6 -2 -5 3 1 4]	**11**	[6]	[-4 -1 -3 5 2 6 -2 -5 3 1 4]

O. = Ordnung; SI = Summenintervall

Diese Teilreihen repräsentieren damit die Teilsummenintervalle, die innerhalb der Reihe auftreten.

Durch die Verwendung von Partialreihen zur Intervalldiminution wird eine Vielfalt von Ersetzungsmöglichkeiten für die Ausgangsintervalle geschaffen. Für manche Ausgangsintervalle stehen mehrere Substitutionsreihen zur Verfügung. So tritt z.B. das Summenintervall [+2] bei Partialreihen der Ordnung 2,4,7 und 10 auf. Kriterien für die individuelle Auswahl werden in Abschnitt 4.3. diskutiert werden.

4.2. Varianten

Die Partialreihe kann zusätzlich unterschiedlich generiert werden.Werden dazu wie oben ausschließlich die richtungskonstanten Ausgangsintervalle verwendet, ohne Komplementärintervalle einzubeziehen, spreche ich von authentischen Partialreihen.

Bei einer zyklisch verstandenen Reihengestalt mit einem zusätzlichen Schlußintervall, das wieder zum Anfang führt, können entsprechende zyklische Partialreihen gebildet werden. Das Schlußintervall entspricht der Umkehrung des Summenintervalles. Dadurch kommt es zu einer weiteren Vergrößerung der Vielfalt substituierbarer Intervalle:

Ausgangsreihe: [-4 -1 -3 +5 +2] → Schlußintervall: [+1]

Diese Sechstonreihe mit dem Schlußintervall [+1] hat folgende zyklische Partialreihen der Ordnung 2:

[-4 -1]=[-5]
[-1 -3]=[-4]
[-3 +5]=[+2]
[+5 +2]=[+7]
[+2+1]= [3]
[+1 -4] [-3]

Durch die zyklische Interpretation vergrößert sich hier die Menge der möglichen Substitutionsintervalle um die Elemente [+3] und [-3].

In der authentischen Partialreihe sind die Ähnlichkeitsrelationen am stärksten ausgeprägt. Vermindert werden sie durch Einbeziehung von Komplementärintervallen, etwa durch Darstellung der Ausgangsreihe in ausschließlich positiven Intervallen. Ich nenne diese Transformationen plagale

Partialreihen, also Ableitungen aus der Grundreihe. Sie lassen sich weniger in der linearen Diminution verwenden als in der vertikalen bzw. harmonischen, über die noch zu sprechen sein wird. Die folgende Tabelle zeigt die plagalen Partialreihen der Reihe aus ‘Brüche’.

O.	SI	Partialreihe	O.	SI	Partialreihe
2	[19]	[8 11]	**3**	[28]	[8 11 9]
	[20]	[11 9]		[25]	[11 9 5]
	[14]	[9 5]		[16]	[9 5 2]
	[7]	[5 2]		[13]	[5 2 6]
	[8]	[2 6]		[18]	[2 6 10]
	[16]	[6 10]		[23]	[6 10 7]
	[17]	[10 7]		[20]	[10 7 3]
	[10]	[7 3]		[11]	[7 3 1]
	[4]	[3 1]		[8]	[3 1 4]
	[5]	[1 4]			
4	[33]	[8 11 9 5]	**5**	[35]	[8 11 9 5 2]
	[27]	[11 9 5 2]		[33]	[11 9 5 2 6]
	[22]	[9 5 2 6]		[32]	[9 5 2 6 10]
	[23]	[5 2 6 10]		[30]	[5 2 6 10 7]
	[25]	[2 6 10 7]		[28]	[2 6 10 7 3]
	[26]	[6 10 7 3]		[27]	[6 10 7 3 1]
	[21]	[10 7 3 1]		[25]	[10 7 3 1 4]
	[15]	[7 3 1 4]			
6	[41]	[8 11 9 5 2 6]	**7**	[51]	[8 11 9 5 2 6 10]
	[43]	[11 9 5 2 6 10]		[50]	[11 9 5 2 6 10 7]
	[39]	[9 5 2 6 10 7]		[42]	[9 5 2 6 10 7 3]
	[33]	[5 2 6 10 7 3]		[34]	[5 2 6 10 7 3 1]
	[29]	[2 6 10 7 3 1]		[33]	[2 6 10 7 3 1 4]
	[31]	[6 10 7 3 1 4]			
8	[58]	[8 11 9 5 2 6 10 7]	**9**	[61]	[8 11 9 5 2 6 10 7 3]
	[53]	[11 9 5 2 6 10 7 3]		[54]	[11 9 5 2 6 10 7 3 1]
	[43]	[9 5 2 6 10 7 3 1]		[47]	[9 5 2 6 10 7 3 1 4]
	[38]	[5 2 6 10 7 3 1 4]			
10	[62]	[8 11 9 5 2 6 10 7 3 1]	**11**	[66]	[8 11 9 5 2 6 10 7 3 1 4]
	[58]	[11 9 5 2 6 10 7 3 1 4]			

O. = Ordnung; SI = Summenintervall

Neben den plagalen Partialreihen kann die Vielfalt der möglichen Substitutionen weiters durch Variationen in der Ausgangsreihe erhöht werden.

So können etwa bei der Untersuchung von Allintervallreihen bei einer vorgegebenen Anfangsserie von z.B. 4 Tönen verschiedene Lösungen für die Resttöne der Reihe gefunden werden, die kleine Variationen ergeben. Dieses können ihrerseits wiederum partialisiert werden, wodurch neue Substitutionsintervalle entstehen und somit die Vielfalt vergrößert wird.

Abb.5: *Ergänzung einer viertönigen Ausgangsreihe zu verschiedenen zwölftönigen Allintervallreihen*

Die Abbildung zeigt Variantreihen zu einem gegebenen fixen Ausgangsmodell C-Ab-G-E, wobei die ´Verwandtschafts´- bzw. Ähnlichkeitsgrade von mir römisch beziffert wurden. Alle fünf Reihen sind übrigens Allintervallreihen und stellen alle Lösungen für diesen Fall dar. Diese Reihen können eine Vielfalt von unterschiedlichen, aber verwandten Partialreihen erzeugen.

Wesentlich ist nun, daß Grundgestalt und Krebs jeder Partialreihe summengleich sind, sowie Grundgestalt und Umkehrung, mit dem Faktor -1 multipliziert, summengleich sind. Alle diese Transformationen können zur Substitution verwendet werden, da die vier 'klassischen' Transformationen, solange man die Quantität und Richtung der auftretenden Intervalle innerhalb der jeweiligen Reihenform unangetastet läßt, die Ähnlichkeitrelationen erhalten.

Ich meine, daß es eben diese Ähnlichkeitsrelationen sind, welche in der Entwicklung der Reihentechnik über die Verwendbarkeit einer Transformation entschieden haben.
Abstraktion und Anschaulichkeit (d.h. hörbare Faßlichkeit) stehen hier in einem geschichtlich entwickelnden dialektischen Spannungsfeld.

4.3. Die Diminution einer Reihe mittels Partialreihen

Ist das Feld der möglichen Ersetzungen der Ausgangsintervalle einmal abgesteckt, hier in Form einer Tabelle über alle möglichen Partialreihen, kann eine erste Ersetzung stattfinden. Da für einige Intervalle mehrere Lösungen existieren, muß eine Auswahl getroffen werden.

4.3.1. Frei gewählte Diminution

Die Auswahl der jeweiligen Partialreihe für jedes zu substituierende Intervall kann vom Komponisten getroffen werden, wobei folgende Kriterien ausschlaggebend sein können:

- Die optimale Vermeidung von Sequentiellem durch geschickte Verwendung sich einander ergänzender Partialreihen (Komplementaritätskriterium) und durch abwechselnde Verwendung der vier Grundtransformationen G, K, U, UK der Partialreihen.

- Das gewünschte Wachstum der resultierenden Reihe: Je nach der Länge L der verwendeten Partialreihe wird mit jeder Diminution ein Zuwachs von L-1 Tönen erreicht. Geht man von einer bestimmten gewünschten Länge der Zielreihe aus, laßt sich diese durch Kombination verschiedener Partialreihenlängen erzielen.

- Einbeziehung der erreichbaren absoluten Tonhöhen: Jede Substitution fügt neue Töne in die Ausgangsreihe ein. Man wird also trachten, möglichst viele verschiedene neue Punkte zu gewinnen, was von der verwendeten Partialreihe und ihrer Grundtransformation abhängt (Varietas in der absoluten Reihe). Diese Forderung entspringt dem intuitiven Verständnis einer 'raumfüllenden Kurve' also dem möglichst vollständigen und variablen Ausfüllen des Tonhöhenraums.

4.3.2. Deterministische Diminution

Die Auswahl der substituierenden Partialreihen kann von vornherein deterministisch in einer 'Substitutionstabelle' festgesetzt werden. Die Ersetzungen folgen dann immer diesem Schema. Diesen Vorgang habe ich auch als Modul im Programm CADMUS implementiert. Er eignet sich für die Untersuchung des Entwicklungsverhaltens und Wachstumsprozesses einer solchermaßen generierten Makro - Reihe.

Die Substitutionstabelle kann z.B. lauten:

Summe	Ordnung	Ersetzung
-4	5	[-2 -6 2 5 -3]
-1	5	[-4 -1 -3 5 2]
-3	5	[-6 2 5 -3 -1]
5	6	[2 6 -2 -5 3 1]
2	4	[6 -2 -5 3]
6	5	[5 2 6 -2 -5]
-2	4	[-3 5 2 -6]
-5	6	[-1 -3 5 2 -6 -2]
3	5	[1 3 -5 -2 6]
1	5	[-2 -5 3 1 4]
4	5	[3 -5 -2 6 2]
-6	5	[5 2 -6 -2 -5]

4.3.3. Stochastische Diminution

Die Auswahl der substituierenden Partialreihen kann auch durch einen Zufallsgenerator erfolgen, wobei hier zusätzliche Filter einzuschalten wären, die vor allem in den für das Gehör transparentesten Schichten triviale Wendungen und gehäufte Wiederholungen ausgrenzen. Besonders bei der Substitution sehr großer Tonmengen wird diese Form der Diminution sinnvoll und nützlich.[18]

[18] Der Verweis auf stochastische Diminution wurde von Robert Höldrich angeregt.

5. Iteration des Substitutionsprozesses

Der oben beschriebene Vorgang der Substitution läßt sich iterativ wiederholen; das heißt, die Substitutionen werden an jedem Intervall der neugewonnenen Reihe ausgeführt, was wieder zu einer neuen Makroreihe führt und so fort. Es kann hierbei in allen Iterationen dieselbe Substitutionstabelle verwendet werden, aber auch Variationen derselben.

Die Länge der Reihe wächst dadurch exponentiell. Deshalb habe ich bisher auch meist nur 3 -5 Iterationsebenen verwendet, was immerhin zu Reihenlängen von über tausend Tönen führte. Diese Iterationsebenen legen in der Realisation eine musikalisch-strukturelle Abschattung nahe, um die Vielschichtigkeit des Ergebnisses auch hörbar zu machen.

In diesem Vorgang wird, so meine ich wenigstens, die Affinität zu den Iterationen der Patterngeneratoren bei Mandelbrot besonders deutlich.

Das folgende Beispiel zeigt 5 Interationsebenen aus ‘Brüche’ (Abb. 6 und 7). Als Substitutionstabelle wurde für Iteration I-IV verwendet:

Summe	Ordnung	Ersetzung
-4	2	[-6 2]
-1	3	[1 3 -5]
-3	4	[-4 -1 -3 5]
5	2	[1 4]
2	2	[-3 5]
6	3	[2 6 -2]

Für die V. Iteration wurden Mikrointervalle zur Diminution verwendet.

Die Substitutionstabelle lautet :

Summe	Ordnung	Ersetzung

-12(-4)	4	[-4 -1]+[-2 -5]
-3(-1)	- 4	[-4 -1 -3 5]
-9(-3)	5	[1 3 -5 -2 -6]
15(+5)	4	[5 2]+[2 6]
6(+2)	3	[2 6 -2]
18(+6)	5	[1 4]+[5 2 6]

Die V. Iteration wurde in Abb.6 aus Platzgründen nicht mehr vollständig ausgeführt.

Abb. 6: Iterative Diminution aus ‘Brüche’: Konstruktionsplan

Hier wird mit Sechsteltönen substituiert. Die halbtönigen Intervalle werden dementsprechend verdreifacht. In der Substitutionstabelle nicht auftretenden Intervalle werden durch Addition mehrerer ersetzbarer Intervalle diminuiert.

Die deterministische Verwendung obenstehender Substitutionstabelle führte zu folgenden musikalischen Ergebnissen (ein Beispiel einer Klarinettenstelle aus ´Brüche´ soll einen Diminutionsvorgang mit Lizenzen verdeutlichen):

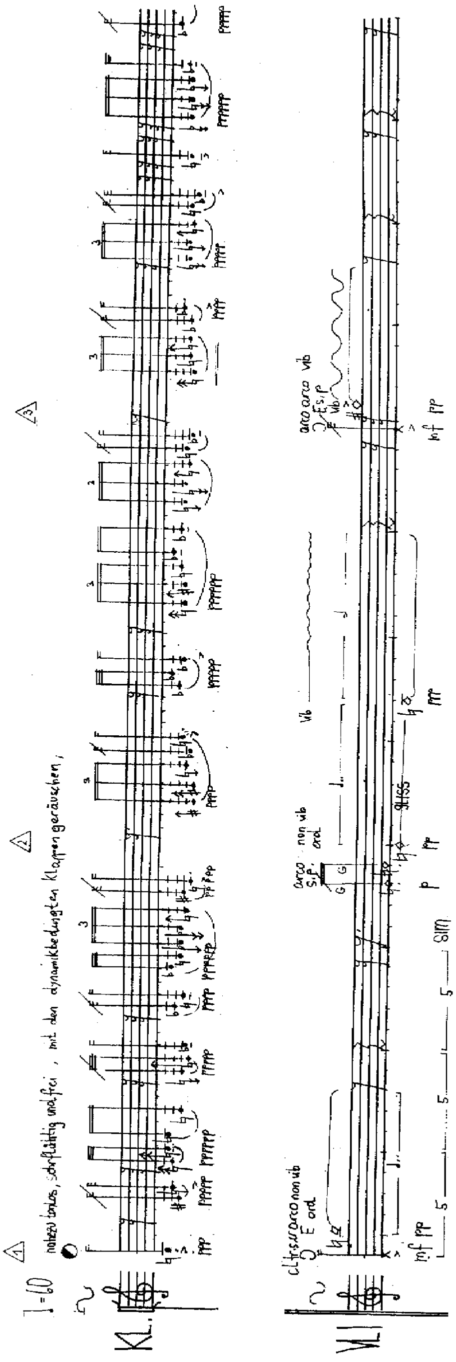


Abb. 7: Partiturausschnitt aus “Brüche”, T.1ff

6. Strukturelle Darstellung der Iterationsebenen

Um die Iterationsebenen unterschiedlich darstellen zu können, bieten sich verschiedene Möglichkeiten an:

6.1. Zeitliche Differenzierung

Im Begriff der Diminution an sich ist die zeitliche Differenzierung bereits enthalten, wobei die zu diminuierenden Ausgangswerte mit den unterscheidbar längeren Zeitwerten assoziiert werden, den Diminutionen selbst werden kürzere Bewegungen zugeordnet. Im vorliegenden Algorithmus kann dementsprechend die Zeiteinheit pro Iterationsebene verkleinert werden. Außer der substraktiven Verkleinerung bei gleichbleibender metrischer Einheit ist auch eine Verkleinerung der letzteren möglich. Als Beispiel:

Iterationsebene 0	→	metrische Teilung	1:4
Iterationsebene 1	→	metrische Teilung	1:5 bzw. 1:10
Iterationsebene 2	→	metrische Teilung	1:6 bzw. 1:12 u.s.f

6.2. Dynamische Differenzierung

Die dynamische Differenzierung der Iterationsebenen würde einer neuen, freieren Art von dynamischer Serialisierung gleichkommen und ist mehrfach variierbar. Jeder Iterationsebene wird hier ein dynamischer Bereich zugeordnet. Als Beispiel:

Iterationsebene 0 → pppppp bis ppp

Iterationsebene 1 → ppp bis p

Iterationsebene 2 → p bis mf

Iterationsebene 3 → mf bis f

Iterationsebene 4 → f bis ff

Ebenso denkbar ist eine Umkehrung der Zuordnung, also die Iterationsebene 0 mit den f/ff Werten zu belegen.

6.3. Klangliche Differenzierung

Klangliche Differenzierung ist natürlich mit der dynamischen eng verbunden. Möglich sind darüber hinaus Zuordnungen von:

- Spieltechniken (z.B.: arco, pizz, col legno, sul ponticello, sul tasto etc.)
- Instrumentation: Verteilung der Ebenen auf verschiedene Instrumente/ Instrumentengruppen
- Präparationen: Ausklammerung oder Unterstreichung einzelner Ebenen durch Präparation der betroffenen Töne.

6.4. Differenzierung durch mikrotonale Diminutionen

Die Intervallbeziehungen der iterationsspezifischen Diminutionen können in verschiedenen Oktavteilungen dargestellt werden:

Iterationsebene 0 → Teilung pro Oktave 1:12 (Halbtöne)

Iterationsebene 1 → Teilung pro Oktave 1:24 (Vierteltöne)

Iterationsebene 2 → Teilung pro Oktave 1:48 (Achteltöne)

Die Substitutionsmöglichkeiten schränken sich bei dieser Wahl natürlich ein.
Das Intervall 3 (kleine Terz) der Iterationsebene 0 würde einem Intervall 6 (sechs Vierteltöne) der Iterationsebene 1 entsprechen. Es kämen dann alle Substitutionen für den Wert [6] in Frage. In der Achteltonebene käme es zu einer weiteren Verdopplung der Ausgangswerte, was hier schon zum relativ ungünstigen Wert [12] führen würde.

6.5. Differenzierung durch unterschiedliche Freiheitsgrade im Diminutionsvorgang

Bisher wurde die Betrachtung auf einen mehr oder weniger determinierten Automaten eingeschränkt; tatsächlich laßt sich die Diminution natürlich auch in einem freien Nachempfinden der Ausgangsintervallik improvisatorisch durchführen. Dabei bleibt die Gestaltfunktion der diminuierten Reihe bzw. ihr Gestus annähernd erhalten, vor allem, wenn sich die freie Diminution auf die letzte Strukturebene beschränkt und die Ausgangsintervallik der tieferen Strukturebenen beläßt.

6.6. Differenzierung nach Verzerrungsgraden

Derzeit arbeite ich an der Entwicklung von Verzerrungsprozessen im Iterationsvorgang: mit jedem Iterationsschritt soll die Substitutionstabelle durch einen 'zufälligen' Faktor deformiert werden. Dadurch steigt die Varietas, allerdings führt dieser Vorgang sehr schnell zu einem völligen Schwinden aller Ähnlichkeitsbeziehungen. Denkbar wären hier diskret anwachsende proportionale Verformungen der Ausgangsintervallik mit jeweils neuen Partialisierungen und Substitutionen pro Iteration. Dadurch würde es zu einer langsam fortschreitenden Entfernung von der Grundgestalt kommen.

Spätestens hier muß der Einwand auftreten, ob es sich bei dem beschriebenen Verfahren nicht einfach um ein neoserialistischens Paradigma handle. Als Ausgangspunkt würde ich diese Klassifikation bejahen, doch in der Dynamik des Iterationsvorganges kann es zu einer neuen Auffassung der Serie an sich kommen, die als Metaserie

a) die Merkmale einer Binnenkontrapunktik zeigt, also in sich kein einschichtiges Gebilde darstellt,
b) sich nicht auf dodekaphonische Vollständigkeit und Komplementarität beschränkt,
c) authentisch in ihrem Umgang mit richtungsgleichen Intervallen sein kann,
d) verschiedene Freiheitsgrade des Komponierens simultan integrieren kann,
e) deren Umfang sehr groß werden kann,
f) und die letztlich auch harmonische Deutungen zuläßt.

Andererseits läßt sich das Verfahren bei einer strengen Konzeption der Diminutionsregeln als serielles Verfahren verstehen, d.h., sie schließt diese Deutung nicht aus, kann sie aber vielleicht erweitern.
Ich sehe so etwa die Möglichkeit, unter Verwendung deterministischer Prozesse einen

Zufallsgenerator im Sinne Cage´s zu schaffen, vor allem bei Erzeugung größerer Tonmengen. Durch mehrfache Iteration läßt sich der Tonraum sehr schnell mit Klangmassen ausfüllen, was besonders unter Verwendung von Mikrointervallik einer Annäherung an das Rauschen entspricht.

7. Harmonische bzw. vertikale Diminutionen

Bislang wurde nur die Diminution von Sukzessivintervallen diskutiert. Dadurch laßt sich eine 'selbstähnliche' Struktur in der horizontal-melodischen Dimension herstellen. Es stellt sich nun die Frage, ob der gleiche Vorgang in der vertikal-harmonischen Dimension ebenfalls zu bewerkstelligen ist.

Die Ausgangsreihe laßt sich zunächst auf verschiedene Weisen seriell **-** harmonisch interpretieren:

7.1. Harmonische Deutungsmöglichkeiten der Reihe

7.1.1. Kontraktionsklang

Ein Kontraktionsklang entsteht durch: Zusammenziehung aller Sukzessivintervalle zu Simultanintervallen. Die Ähnlichkeitsbeziehung zur Grundgestalt geht dabei weitgehend verloren. Es treten neue Intervallstrukturen in der Vertikale auf.

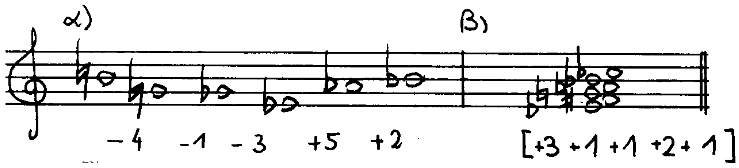


Abb. 8: Kontraktion von fünf Sukzessivintervallen zu einem sechtönigen Akkord

7.1.2. Akkord der Positivintervalle

Hierbei treten alle Intevalle der Reihe in ihrer positiven Form auf, [-4] wird also zum dodekaphonischen Komplement [8], [-1] zum Komplement [11] u.s.f. Hier gibt es Ähnlichkeitsbeziehungen zur Grundgestalt, allerdings mit der Einschränkung der Gleichsetzung von Komplementärintervallen, die eine starke Verformung der Grundgestalt bewirkt. Die Intervalle können in der vertikalen Interpretation sowohl von unten nach oben als auch umgekehrt aufgetragen werden.[19]

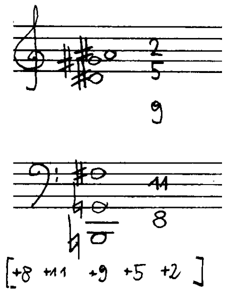


Abb. 9: Positivintervallakkord der Reihe [-4-1-3+5+2]

7.1.3. Akkord der Absolutbetragsintervalle

---

[19]Das gilt auch für die folgenden Beispiele in 7.1.3, 7.1.4,7.1.5.

Behält man die Intervalle in ihrer absoluten Quantität bei und trägt sie in der Vertikalen auf, erhält man einen Akkord, der wieder Ähnlichkeit zur Ausgangsreihe zeigt: So wird die Ausgangsreihe [-4-1-3+5+2] zum Akkord [+4+1+3+5+2].

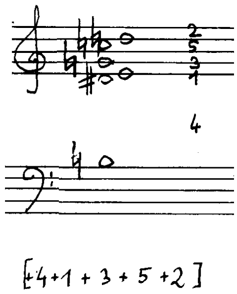


Abb. 10: Akkord aus den Absolutbeträgen der Reihe [-4-1-3+5+2]

7.1.4. Proportionalteilungsakkord der Positivintervalle

Die in 7.1.2. erwähnten Positivintervalle können auch als Proportionen einer Teilung eines Rahmenintervalls interpretiert werden. Im Fall der Reihe [-4-1-3+5+2] wären das die Proportionen 8:11:9:5:2. Angenommen das Rahmenintervall sei 1300 cent, also eine kleine None im temperierten System, so erhielte man durch die Proportionalteilung einen Akkord mit den Intervallen:

297.14 c 408.57 c 334.29 c 185.71 c 74.29 c

Hier liegt bereits ein Beispiel für eine vertikale Diminution vor. Die Centwerte könnten einem Zwölfteltonsystem angenähert werden, um sie in Notenschrift darstellbar zu machen.
Der Einfachheit wegen führe ich hier ein weiteres Beispiel an, bei dem die Proportionalteilung ganze Centwerte ergibt und das somit in traditioneller Notenschrift darstellbar ist.

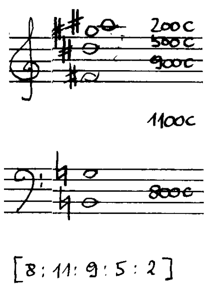


Abb.11: Akkord aus den Proportionen der Positivintervalle

7.1.5. Als Proportionalteilungsakkord der Absolutbetragsreihe

Analog läßt sich die in 7.1.3 zitierte Absolutbetragsreihe als Proportionsreihe interpretieren. Ein Rahmenintervall von 1300 cent ergibt dann bei der Teilung 4:1:3:5:2 folgende Intervalle:
346.67 c 86.67 c 260 c 433.33 c 173.33 c

Das folgende Beispiel zeigt eine Approximation der Proportionsreihe mit Sechsteltonintervallen bei einem Rahmenintervall von 3500 cent:

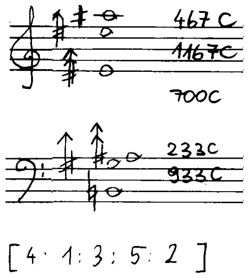


Abb. 12: Akkordteilung mit den Proportionen der Absolutbetragsreihe

Bei den letzteren Formen handelt es sich bereits um extreme Abstraktionen der Ähnlichkeitsbeziehungen.

7.2. Die Harmonische Matrix

Bereits in einer Verbindung mehrerer Akkorde kommt es zu einer Verknüpfung horizontaler und vertikaler Strukturbetrachtung. Die Tonhöhen werden so in einer Matrix darstellbar, deren Spalten den Einzelakkorden, deren Zeilen den individuellen Stimmverläufen entsprechen.[20]
Bei der harmonischen Diminution gehe ich zunächst von einem ´Gerüstsatz´ aus, also einer höchsten und einer tiefsten Schicht. Diese den Satz begrenzenden Melodieverläufe entnehme ich den Ergebnissen einer linearen Diminution.
Bei der folgenden vertikalen Diminution versuche ich das gleiche Reihenmaterial zu verwenden wie in der horizontalen, um der Prämisse der selbstähnlichen Organisation zu genügen. Die obere und untere Grenzlinie stellen in einem Satz Note gegen Note eine Menge von Rahmen- oder

[20]Hier wird zunächst aus Gründen der Transparenz ein vereinfachter Fall dargestellt: nämlich daß die Einzelstimmen nicht die Zeilen wechseln, also ohne Stimmkreuzungen gesetzt sind.

Füllintervallen her (Abb. 13). Gelingt es nun, diese Intervalle jeweils mit harmonisch interpretierten Partialreihen aus der Ausgangsreihe zu diminuieren, so ergibt sich eine Matrix, die in beiden Dimensionen ähnliche Strukturen zeigt.

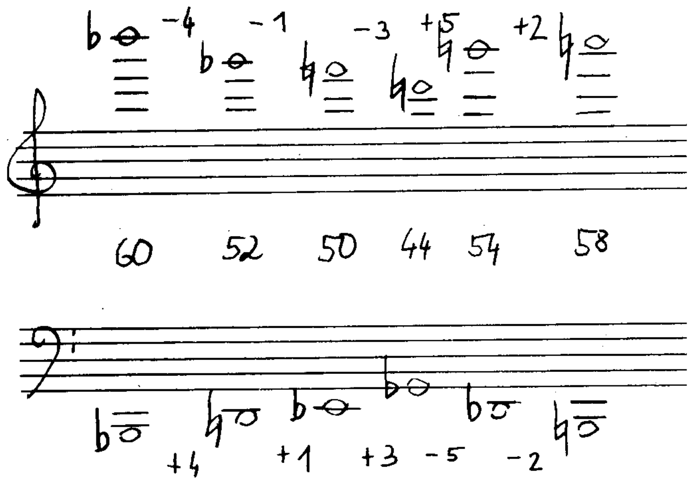


Abb. 13: Die Grenzlinien vor der Diminution mit der Menge der Rahmenintervalle

7.3 Die Diminution der Füllintervalle

Für die Diminution der Rahmenintervalle stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

7.3.1. Ausfüllung mit den harmonikalen Deutungsmöglichkeiten 7.1.1.-7.1.6

Hier sind Auswahlsentscheidungen zwischen den verschiedenen vertikalen Diminutionsformen zu treffen, wobei der Übergang von einem zum anderen Diminutionsakkord nach mehr oder weniger strengen traditionellen Kriterien (Stimmführung, Klangwiederholung, Liegetöne etc) ausgeführt werden kann. Ein weiterer freier Parameter ist die Anzahl der zu interpolierenden Töne, die von Klang zu Klang wechseln kann.

Die Formalisierung dieses Vorganges ist mir noch nicht befriedigend gelungen, weil die algorithmische Durchführung sehr komplex sein muß, wenn sie nicht zu trivialen Lösungen führen soll.

7.3.2. Additive Zerlegung des Füllintervalls

Oft stehen keine passenden Substitutionen in der Tabelle zur Verfügung, vor allem bei sehr großen Rahmenintervallen. In diesem Fall kann man das Rahmenintervall in mehrere substituierbare Intervalle zerlegen, wobei diese auch instrumentatorisch gesondert behandelt werden können, um die Aufteilung zu verdeutlichen.
In Abb. 14 wurde das Füllintervall jeweils durch die Addition zweier Substitutionen interpoliert, um dem großen Ambitus gerecht zu werden.

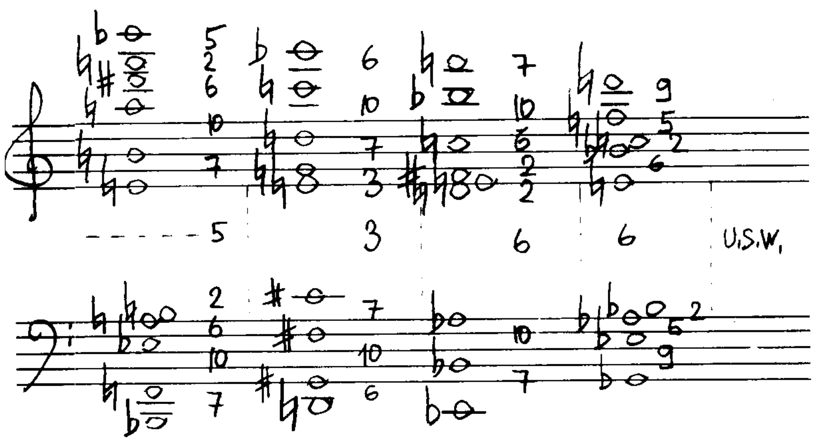
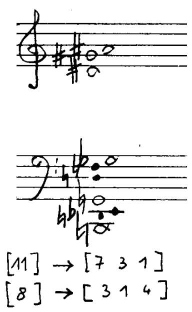


Abb. 14: Beispiel für eine harmonische Diminution der Rahmenintervalle aus Abb. 13

7.3.3 . Iterative Diminution des Füllintervalls



Wurde einmal eine passende Diminution des Füllintervalls gefunden, so können die dabei entstehenden Intervalle wiederum durch weitere Diminutionen substituiert werden, was die Stimmzahl des Akkordes weiter erhöht.

Abb.15: Beispiel für eine iterierte harmonische Diminution: Die schwarzen Noten zeigen die aus der letzten Iteration hervorgegangenen Töne. Der Ausgangsakkord findet sich in der Abb. 9

8. Kombinationen von horizontaler und vertikaler Diminution: Die ´Raumfüllende Linie´

Die Vorstellung einer harmonischen Matrix wurde wesentlich durch die Konzeption des Hauerschen Zwölftonspiels einerseits, durch die Registrierungsharmonik Weberns andererseits

angeregt. In beiden Modellen erschien es mir immer merkwürdig, daß die Ähnlichkeitsrelationen im vertikalen Bereich, nämlich der konstante Bezug auf die regelmäßige Abfolge von zwölf Tonhöhen-Klassen, im vertikalen Bereich chromatischen Bildungen bzw. Terzenstrukturen gegenüberstanden, die auf diese Abfolge keine Rücksicht nahmen. Aus dieser Überlegung heraus hatte ich versucht, auch die Akkorde mit einem reihenähnlichen- oder verwandten Intervallrepertoire zu füllen.
Diese harmonischen Diminutionen haben bereits gezeigt, daß sich die Trennung zwischer linearer und vertikaler Betrachtungsweise in der Matrix aufhebt. Daraus ergibt sich die Frage, ob sich eine weitere Diminutionsform finden ließe, die melodische mit harmonikaler Diminution kombinierte. Diese Diminution müßte sowohl die Intervalle der Akkorde mit der Ausgangsreihe ähnlichen oder gleichen Intervallfolgen ausfüllen als auch im Melodieverlauf auf einer der beschriebenen selbstähnlichen Diminutionen beruhen.

Der Determinationsgrad einer solchen Linie wäre nunmehr sehr hoch, die Lösungsmenge kann demnach nur sehr klein sein. Man könnte exakte Lösungen mit einem entsprechenden Suchprogramm finden. Gibt es keine derartige Lösung, so empfiehlt es sich praktisch, die resultierende Linie durch Ähnlichkeitstransformationen einzupassen, etwa durch:

8.1. Einpassung durch Intervallmodifikation

Um in der Matrix weiter entfernte Rasterpunkte melodisch zu erreichen, empfiehlt sich z.B die richtungsbeibehaltende Gleichsetzung der oktavvergrößerten Intervalle (Z.B: [1] =[13] , das heißt die kleine Sekund entspricht dann der kleinen Non im Zwölftonsystem). Wieder muß man hier wie auch bei allen anderen Ähnlichkeitsrelationen die mehr oder weniger weitgehende Abstraktion von der Grundgestalt in Kauf nehmen. Ansonsten gilt hier das bereits in 4.2 Gesagte.

8.2. Die Matrix als Näherung

Eine andere Lösung für eine die Matrix selbst diminuierende Linie liegt in einer approximativen Verwendung der Matrix, deren Werte dabei nur annähernd erreicht werden und bei genügend großer Häufung quasi einen 'Attraktor' bilden. Dies wird vor allem in mikrotonalen Matrizen bei größeren Tonmengen praktikabel, wobei sich dann anstatt der konkreten Punktwerte einer Tonhöhenmatrix Wertebereiche mit bestimmten Häufigkeitsverteilungen um diese Punkte ergeben.

Hier soll eine bloß schematische Skizze den Vorgang verdeutlichen:

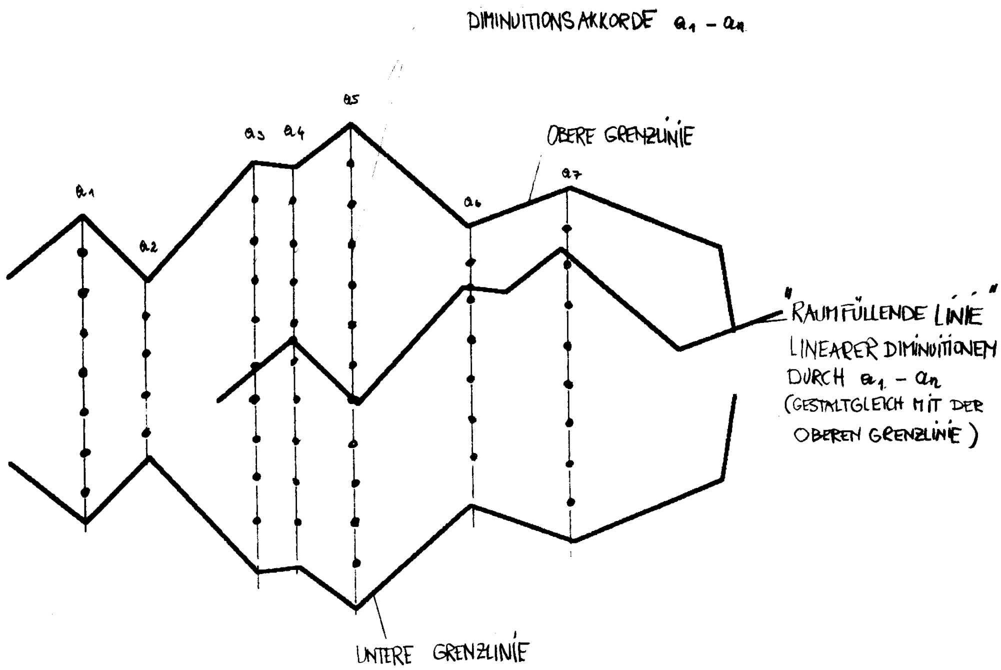


Abb. 16: Lineare Diminution einer harmonischen Matrix

Die beiden dicken äußeren Linien repräsentieren die Grenzlinien, den Gerüstsatz der harmonischen Matrix. Beide sind aus einer selbstähnlichen iterativen Diminution hervorgegangen. Die vertikalen Strich - Punkt - Linien symbolisieren die Akkorde aus der harmonischen Diminution des Gerüstsatzes. Die dicke Linie zwischen den Grenzlinien zeigt eine kombinierte Diminution, die sowohl eine lineare Diminution durchführt als auch die Punkte der Akkordmatrix (annähernd) berührt.

Eine solchermaßen gewonnene Struktur hat die Eigenschaft, im strukturellen Hintergrund unter allen (musikalischen) Gesichtspunkten Ähnliches oder Gleiches zu zeigen, gleichzeitig aber im Vordergrund größte Vielfalt erscheinen zu lassen, was ja der Ausgangspunkt der Überlegungen war.[21]

[21]Vgl. Abschnitt 3.2

9. Zusammenfassung und Ausblick

Ich habe einen Algorithmus zur Computerunterstützten Komposition vorgestellt, wie ich ihn im Laufe der Arbeit an den Stücken 'Quartett für Flöte Solo', 'Brüche', 'Küstenlinien' entwickelt habe. Kompositions -und Programmierarbeit liefen dabei weitgehend parallel.

Der Algorithmus erhebt in der dargestellten Form keinerlei Anspruch auf ein Prinzip, dem eine andere als werkspezifische Bedeutung zukäme. Er stellt nichts anderes als eine Summe von Spielregeln dar, eine von unzähligen Möglichkeiten. Hier möchte ich ihn zur Diskussion stellen und als Ausgangsbasis für mögliche Entwicklungen und Erweiterungen einerseits, für Untersuchungen und Bewertungen andererseits präsentieren.

Der Algorithmus ist in einer Allgemeinheit formulierbar, die ihn auch für Kompositionsaufgaben im Bereich der Elektronischen Musik anwendbar macht. Vor allem das Ausarbeiten der Ähnlichkeitsrelationen sowie die Einbindung des Algorithmus in eine Echtzeit-Verarbeitung wären reizvolle Aufgaben.

Da die Anregungen für dieses Verfahren auch aus dem Gebiet der Mathematik stammen, ich aber nur über mathematisches Allgemeinwissen verfüge, würde es mich etwa interessieren, wie eine Untersuchung des Wachtumsprozesses in einer für allgemeine Reihen und Substitutionen formulierten Form verlaufen würde.

Ich konnte im Experiment feststellen, daß iterierte Diminutionen der beschriebenen Art im Falle der zitierten Reihe und unter Annahme obenstehender Substitutionen den Klangraum etwa normalverteilt auszufüllen. Ob dies in irgend einer Form verallgemeinert werden kann oder nicht, konnte ich bislang nicht beantworten. Die Erforschung dieser Wachstumsverhalten könnte Gegenstand einer folgenden Untersuchung werden.

Andererseits interessieren mich auch Rückmeldungen von Komponisten, die ähnliche Verfahren verwenden wollen oder bereits verwendet haben.

Innerhalb meiner Arbeiten, und das möchte ich besonders betonen, stellen Algorithmen dieser Art stets nur eine bestimmte Werkschicht dar, werden also durch andere Verfahren kontrapunktiert. Anderenfalls bestünde für mich die Gefahr einer totalitären Struktur innerhalb eines Stückes mit all den daraus folgenden Konsequenzen.

Man weiß zudem selbst um die ungeheure Feinheit und Kompliziertheit der Gedankengänge während des Komponierens, und es wäre recht naiv meinen zu wollen, diese ließen sich auch nur zum Teil durch Prozesse der beschriebenen Art ersetzen oder simulieren. Dennoch hat das Spiel, solang es als solches aufgefaßt wird, eine, wie ich meine, volle Berechtigung als Inspirationsquelle und Experimentierplattform einerseits, aber auch als Repräsentant einer Schicht des multiplen Ichs, die durchaus als kompositorische Schicht Verwendung finden kann.

Dank möchte ich an dieser Stelle folgenden Freunden sagen:

Robert Höldrich, der dieVeröffentlichung dieser Arbeit angeregt hat,
Winfried Ritsch, der mich zur C++ -Programmierung angeleitet hat,
Georg Friedrich Haas, der mich zur Beschäftigung mit Mikrointervallen angeregt hat
und Hermann Markus Pressl, mit dem ich über diese Arbeit noch sprechen konnte und dessen Andenken sie auch gewidmet sein mag.

Literaturverzeichnis

Bassano, Giovanni: Ricercate/Passaggi et Cadentie 1585, Hrsg. v. Richard Erig. In: Italienische Diminutionslehren Bd.1, Pelikan,Zürich 1976.

Brunelli, Antonio: Varii Esercitii 1614. Hrsg. v. Richard Erig. In: Italienische Diminuitionslehren Bd.2, Pelikan,Zürich 1976.

Engel, Hans: Diminuition. In: Musik in Geschichte und Gegenwart, Bd.3, - . Dtv/Bärenreiter, Kassel/Basel 1989. (Zitiert als MGG)

Forte, Allen u. Gilbert, Steven E.: Introduction to Schenkerian Analysis, Norton, New York 1982. (Zitiert als ISA)

Ganassi, Silvestro: Schule des kunstvollen Flötenspiels und Lehrbuch des Diminuierens. Venedig 1553.Hrsg. v. Hildemarie Peter. Lienau, Berlin 1956.

Hahn, Hans: Die Krise der Anschauung. In:Hans Hahn:Empirismus Logik Mathematik. Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1988.

Hofstadter, Douglas R.: Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid. A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll, Penguin,Harmondsworth 1984. (Zitiert als GEB)

Hofstadter, Douglas R.: Metamagical Themas: Questing for the Essence of Mind and Pattern, Penguin, Harmondsworth 1984.

Lang, Bernhard, Quartett für Flöte Solo, 1991.

Lang, Bernhard: 'Brüche' für Klarinette, Streichquartett und präpariertes Klavier, 1992.

Lang, Bernhard: 'Küstenlinien' für zwei Klaviere und doppeltes Schlagwerk, 1992.

Lang, Bernhard: 'Felder' für Streichorchester :2. Feld - Studie, 1994.

Mandelbrot, Benoit B.: Die Fraktale Geometrie der Natur. Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin 1991. (Zitiert als FGN)

Peitgen, H.-O., Jürgens,H., Saupe D. u.a.: Fraktale, Selbstähnlichkeit, Chaosspiel, Dimension. Ein Arbeitsbuch. Springer/KlettCotta,Heidelberg/Stuttgart 1992.

Peitgen, H.-O., Jürgens,H., Saupe D.: Bausteine des Chaos - Fraktale. Springer/KlettCotta, Heidelberg/Stuttgart 1992.