

André Werner

Psychoakustische Phänomene

At Half past
Three, a
single Bird
Unto a silent
Sky
Propounded
but a single
term
Of cautious
melody.

Meine Darlegung zur Übertragung bestimmter akustischer und psychoakustischer Phänomene auf einen kompositorischen Kontext beginnt mit einer kurzen Beschreibung der Effekte selbst. Anschließend erörtere ich die Mittel, um diese Effekte auszulösen, sowie die Möglichkeiten, sie in einen musikalischen Sinnzusammenhang einzufügen. Mich interessiert eine Art Semantisierung der akustischen und psychoakustischen Erscheinungen, um ein kompositorisches Vokabular – oder besser: neue Vokabeln – aus einer phänomenologischen Kontinuität der Beziehung zwischen Schallspektrum (ca. 20-20000 Hertz) und menschlicher Hörwahrnehmung. Keine Hörwahrnehmung ist mit einer anderen identisch, daher bezeichnet der Begriff »phänomenologische Kontinuität« eher einen »Variantenkomplex« und sein Verhältnis zum Schallspektrum.

At Half past
Four,
Experiment
Had
subjugated
test
And lo, Her
silver Principle
Supplanted
all the rest.

Dieser Materialkomplex wurde in dieser Genauigkeit erst erschlossen, als man einzelne Sinusschwingungen mit exakter Frequenzhöhe produzieren und diese in ein definiertes Verhältnis zueinander setzen konnte. Nun konnte man die Phänomene diskret beobachten und Kompositionsverfahren unmittelbar »im Kern« erproben und verändern. Die Studioarbeit dient zur Klangrecherche, im elektronischen Studio findet sich eine fast wissenschaftliche Laboranordnung.

At Half past
Seven,
Element
Nor
Implement,
be seen –
And Place
was where
the Presence
was
Circumference
between.

In der elektronischen Klangerzeugung liegt »die Luft fremder Welten«. Doch mit Ausnahme weniger Meisterwerke beruhen elektroakustische Werke, unabhängig von der Wahl der Klangsubstanz, erstaunlicherweise nicht selten weitgehend auf tradierten Tonsatzmodellen der Klassik und Frühromantik, wie Bildung von Beziehungen zwischen Melodie und Begleitung, von Phrasen, von großformalen Da-Capo-Anlagen usw. Die synthetische Klangerzeugung liefert eine neue Methode zur diskreten Untersuchung der Phänomene und damit zur qualitativen Materialkontrolle; hier liegt meines Erachtens ein Ansatz für die syntaktische Verwendbarkeit. Doch zunächst sollen ihre technischen Voraussetzungen und Erscheinungsformen vorgestellt werden.

Durch die neuen Beobachtungstechniken läßt sich der Untersuchungsgegenstand freilegen und isoliert betrachten, ohne deshalb wirklich neu zu sein. Ich möchte zeigen, daß Aspekte der Ausgangsbeziehung zwischen Schallereignis und Wahrnehmung, die stets vorhanden waren, aber früher eher verdeckt auftraten, heute diskret erkennbar und verfügbar, das heißt hier: komponierbar geworden sind. Nach der Beschreibung der Einzelphänomene behandle ich Verfahren zur kompositionstechnischen Aneignung, zur Umsetzung in »Tonsatzmodelle« im weiteren Sinne. Im zweiten Teil des Vortrags stelle ich meine Ansätze zur musikalischen Formulierung dieser Phänomene anhand von mehreren Kompositionsbeispielen vor.

(Emily
Dickinson)

Schwebungen und Differenztöne

Das gleichzeitige Erklängen zweier Töne gleicher Intensität (Lautstärke) und sehr ähnlicher Tonhöhe kann je nach Lage der beiden Ereignisse, Grad der Lautstärke und Größe des Abstands eine Schwebung oder einen Differenzton auslösen.

a) Schwebung

Die Überlagerung zweier Schwingungen mit geringem Frequenzabstand (bis ca. 12 Hertz) erzeugt eine Schwingung mit einer gleichmäßig an- und absteigenden Amplitude (Lautstärke). Die Frequenz dieser Schwingung liegt genau zwischen den Ausgangstonhöhen, ihre Geschwindigkeit (Frequenz) ergibt sich aus der Differenz der beiden Ausgangsfrequenzen. So beträgt bei $f_1=41$ Hz und $f_2=49$ Hz die Überlagerungsfrequenz 45 Hz; die Geschwindigkeit des An- und Absteigens der Amplitude beträgt 8 Hz, die Differenz von f_1 und f_2 . Bei reinen Sinusschwingungen fehlen

die bei Instrumenten stets vorhandenen Teiltonspektren, dann läßt sich die Geschwindigkeit der Amplitudenveränderung genau bestimmen. Doch auch bei komplexen Tonstrukturen (Instrumentalklänge) mit dominanten Grundtönen kann man, ausgehend von diesen Grundtönen, die resultierende Frequenz wie die Frequenz der Amplitudenveränderung genau bestimmen.

Auf Grund der exponentiellen Fortschreibung der Tonhöhe liegen die Intervalle im unteren Frequenzbereich naturgemäß sehr viel enger beieinander (in absoluten Frequenzunterschieden); das oben angeführte Beispiel von 41 bzw. 49 Hz bedeutet musikalisch gesprochen das Intervall einer kleinen Terz in der Kontraoktave (E^1 und G^1), in der dreigestrichenen Oktave macht ein Unterschied von 8 Hz nurmehr den einunddreißigsten Teil einer kleinen Terz aus, er entspricht also dem Intervall eines Zehnteltones (e^3 : 1318.5 Hz; g^3 : 1568 Hz). Die tradierten Instrumentationslehren raten wegen diesem in der Vokal- und Instrumentalmusik schon immer bekannten Phänomen in den tiefsten Orchesterlagen von anderen Zusammenklängen als der Oktave ab, um das harmonische Bild nicht zu verwischen. Die Verlangsamung der Schwebungsfrequenz zeigt die zunehmende Übereinstimmung zweier Saiten an und dient so zur Stimmung von Saiteninstrumenten.

Schwebungen lassen sich – als Erscheinung im akustischen Raum – in musikalischen Situationen gleich welcher Art und Epoche beobachten; neben der erwähnten Darstellung als Fehlerquelle in Instrumentationslehren findet sich, zumindest in der abendländischen Kunstmusik, kein Nachweis für einen kompositorischen Umgang mit Schwebungsphänomenen als solchen (etwa als Klangfarbeneffekt, z.B. Sekundvorhalte in polyphoner Vokalmusik).

Kompositorisch läßt sich das Phänomen Schwebung nutzen, indem man die Geschwindigkeit der Amplitudenveränderung als musikalisch-metrische Information begreift und ein »Schwebungsmetrum« in die Komposition einführt. Bei der Kombination mehrerer Schwebungen können sich deren Metren wechselseitig beeinflussen und man kann sogar eine rhythmische Gestalt formulieren; man spricht hier vom »Schwebungsrhythmus«. Will man zum Beispiel eine bestimmte Tonhöhe mit einer bestimmten rhythmischen Gestalt versehen, dann kann man die beabsichtigte musikalische Idee kompositorisch im Sinne einer angewandten »Tonsatz«-Struktur beschreiben.

Beim ersten Beispiel zu diesem Thema handelt es sich um die von mir in Zusammenarbeit mit dem Bildenden Künstler Frank M Zeidler (Berlin) erarbeitete Klanginstallation Klang-Bild-Architektur 5/VII, die 1992 in der Akademie der Künste Berlin zur Premiere gelangte. Der musikalische Teil der Arbeit besteht aus fünf kurzen elektronischen Kompositionen, die an verschiedenen Orten dieser Installation erklangen. Zwei dieser Kompositionen befassen sich mit dem Thema dieses Vortrags, nämlich Schwebungsrhythmen und Differenztonstrukturen.

Bei der *Klang-Bild-Architektur 5/VII* sind, jeweils in Abhängigkeit von der Grundidee der Einzelkomposition, sehr verschiedene technische Verfahren zur Anwendung gekommen. Die hier vorgestellten Beispiele wurden mit einfachen Sinustönen produziert; andere Teile entstanden unter Anwendung äußerst komplexer rechnergestützter Verfahren zur Sprachbearbeitung.

Die zweite Komposition beruht auf zwei zweistimmigen Bewegungen aus Sinustönen im tieffrequenten Bereich. Die erste zweistimmige Linie bildet eine langsame, aufwärts gerichtete Entwicklung; die Intervalle der Fortschreitung sind in beiden Linien nach unterschiedlichen Prinzipien gebildet: die untere Stimme, bei 66.7 Hz beginnend, setzt sich in Schritten zu 1.4 Hz fort, während die obere Stimme, bei 69.3 Hz ansetzend, in sehr viel langsamerer Progression nach der Primzahlreihe anwachsende Intervalle verwendet. So entsteht eine ineinander verflochtene, kontrapunktische Bewegung, die eine Abfolge von Schwebungsrhythmen erzeugt; zusätzlich zur melodischen Bewegung kann ich also eine rhythmische Schicht in die Tonsatzstruktur einkomponieren.

b) Differenzton

Das zweite Phänomen, das aus gleichzeitig erklingenden, sehr nahe beieinanderliegenden Frequenzen resultiert, ist das Auftreten eines physikalisch nicht existenten Tones, des Differenztones, der aus der arithmetischen Differenz der beiden Ausgangsfrequenzen resultiert. Dafür müssen die Ausgangsfrequenzen in ausreichendem Abstand zueinander stehen, um eine deutlich erkennbare Tonhöhe zu erzeugen, ohne daß die erzeugenden Frequenzen zueinander in ein zu dominantes Intervallverhältnis treten. Um das vorhin angeführte Beispiel aufzugreifen, wird hier also der höherfrequente Bereich relevant für das Erzeugen des Phänomens: bei einer absoluten Frequenzdifferenz von 78 Hz für den Halbtonschritt $e^3 - f^3$ (1318 Hz – 1397 Hz) bedeutete ein zu bildender Differenzton von um die 30 Hz ($ais^2 - cis^1$) für die Ausgangstöne einen Intervallabstand von ungefähr einem Viertelton, was den Differenzton noch deutlich intervallisch in den Vordergrund treten läßt. Für eine flexible Handhabung der Erscheinung ist die vierte Oktave noch

günstiger. Denn hier macht das Intervall des Halbtonschrittes in absoluter Frequenzhöhe eine Differenz von 110 Hz bis 220 Hz ($a_{is^4} - h^4$) aus und erlaubt entsprechend viel Raum für eine »größere Weite« in der Nähe der Töne zueinander.

Zur Erzeugung von Differenztönen ist außerdem eine (gleich) hohe Lautstärke des Ausgangsintervalls erforderlich; die beiden zugrunde liegenden Töne bleiben in ihrer Intervallbeziehung als Einzeltöne hörbar – zu ihnen tritt der im Ohr gebildete, durch das Frequenzverhältnis erzwungene, aber akustisch nicht vorhandene Differenzton, der sich wegen seiner sehr viel tiefer gelegenen Frequenz deutlich von den erzeugenden Tonhöhen absetzt. Interessant ist hierbei, daß der Differenzton tatsächlich »von innen« gehört wird, der Unterschied zwischen den »von außen« kommenden Tonhöhen und der im eigenen Ohr produzierten Frequenz ist deutlich zu unterscheiden.

Auch dieses Phänomen ist als (oftmals störende) Begleiterscheinung in der Vokal- und Instrumentalmusik seit jeher bekannt; meist wurden kompositionstechnisch Anstrengungen unternommen, solche Erscheinungen zu vermeiden. Differenztöne wurden nicht als diskrete Phänomene, sondern als Ergebnis bestimmter Klagsituationen wahrgenommen und behandelt – zum Beispiel bei hohen Streicherlagen in Verbindung mit hohen Holzbläserpassagen von großer Lautstärke oder bei sehr direktem und präsentem Nachhall der Tonhöhenveränderungen in hohen, energiereichen Lagen mit kurzfristig auftretenden Differenztönen »kommentiert«.

Durch die elektronische Klangerzeugung lassen sich die Einzelschwingungen (Sinusschwingungen) so anordnen, daß Strukturen mit klanglich disponierbaren Verhältnissen von »Oberstimmen« und resultierenden Differenztönen entstehen. Diese klanglichen Erfahrungen, die mittels elektronischer Klangerzeugung in kompositorischen Ansätzen sehr klar formuliert werden können, lassen sich auch auf die Komposition mit Instrumenten, mit begleitender Elektronik oder auch rein instrumental, übertragen; mit der bewußten und kontrollierten Erzeugung von Differenztönen in instrumentalen Zusammenhängen läßt sich das Phänomen, ohne als solches isoliert ausgestellt zu werden, kompositorisch im Sinne einer tonsetzerischen Komponente gleich anderen musikalischen Materialien verwenden.

Drei Beispiele aus meiner Arbeit gehen auf verschiedene Weise mit dem Phänomen Differenzton um. Das erste Beispiel ist ein anderer Abschnitt aus der eben schon erwähnten Arbeit *Klang-Bild-Architektur 5/VII*. Hier habe ich eine zweistimmige, abfallende Linie komponiert, die in ihrem jeweiligen Mikrointervall gleichzeitig einen Differenzton erzeugt, der sich pro erzeugendem Intervall gleichzeitig in umgekehrter Richtung, also aufwärts, bewegt. Die Intervallik der hohen Linie spreizt sich naturgemäß zunehmend, um die Differenzton-»Melodie« ansteigen zu lassen. An bestimmten Stellen der Komposition sind Oktavsprünge nach unten eingeführt, um die Klangdisposition der beiden Elemente diskret voneinander zu halten. Material ist auch hier die Sinusschwingung. Die beiden Ausgangsfrequenzen, von denen die Linien sich entwickeln, sind g^4 (3136 Hz) und ein etwa einen Drittelton unter dem g^4 liegender Ton (3067 Hz); die Frequenz des ersten Differenztones beträgt 69 Hz, es handelt sich um das Cis der großen Oktave. (Ein Hinweis für Zuhörer, die nicht darin geübt sind, Differenztöne zu hören: man kann die Differenzton-Frequenz suchen, indem man den Kopf leicht hin- und herbewegt und versucht, ihn auf die deutlichste Position einzustellen, wie bei einem Fernglas, das man auf ein Objekt hin scharfstellen möchte.) (Notenbeispiel 1)

Klang-Bild-Architektur 5/VII Turm 1

3136 Hz (g^{44})	3069 Hz	3002 Hz	2935 Hz	2868 Hz	2801 Hz	2734 Hz	2667 Hz	2600 Hz	2533 Hz	2466 Hz
2997.5 Hz	2889 Hz	2782.5 Hz	2807 Hz	2722 Hz	2638 Hz	2556 Hz	2474 Hz	2392 Hz	2312 Hz	2232 Hz



Ausschnitt aus: III, 1, Solokomposition für verschiedene Flöten, 1. Satz

Das folgende Beispiel ist etwas ganz anderes, es handelt sich um III, 1, eine Solokomposition für verschiedene Flöten und Live-Elektronik, entstanden 1992/95 und geschrieben für die Berliner Flötistin Beate-Gabriela Schmitt. Der erste Satz ist eine auf der Grundlage von Textrhythmen komponierte, melodische Folge für eine Piccoloflöte in G und zwei live-elektronische Elemente: eine Verzögerung (Delay) im Abstand von einem Takt bzw. 21", und eine zweikanalige Tonhöhenverschiebung, die parallel zum gespielten Ton von einem Publison-Infernal-Gerät erzeugt wird. (Natürlich sind hierfür auch andere, qualitativ gleichwertige Geräte geeignet.) Die Komposition befaßt sich mit einem Textabschnitt aus Titus Andronicus von W. Shakespeare – ein Musiktheaterprojekt, zu dem ich vorbereitend in den letzten Jahren mehrere musikalische Textkommentare verfaßt habe –, sie dauert insgesamt elf Minuten, der erste Satz drei Minuten.

(Notenbeispiel 2)

Musical score for three staves. The top staff has a treble clef and a key signature of one flat. It contains a sequence of notes with various articulations and dynamics. The middle staff is labeled 'Seq: 3' and the bottom staff 'Seq: 2'. Dynamics include 'ffz' and 'ff'. There are also some markings like '<' and '>'.

Die Differenztonstrukturen entstehen zunächst durch die Überlagerung eines Taktes mit dem ihm vorangehenden, über Delay wiederholten Takt; in Kalkulation dieser Überlappung habe ich kanonisch den zweiten Takt mit dem ersten verknüpfen können und so das resultierende Differenztonfeld bestimmt. Im zweiten Fall überlagert sich der Takt mit dem vorhergehenden und außerdem mit einer Passage, die bereits zwanzig Sekunden früher erklang, auch hier hat eine kanonische Vorkomposition der ineinander fallenden Abschnitte stattgefunden. Der dritte für uns relevante Bereich wird durch eine zweifache Tonhöhenverschiebung des gespielten Tones h^3 (1975.5 Hz) um 118 Hz nach oben wie um 98 Hz nach unten bestimmt. Neben dem direkten Ergebnis, den Tönen c^4 und b^3 (etwas höher) entstehen als Differenztöne in Bezug auf den Ausgangston h^3 die Töne G und B der großen Oktave, also eine kleine Terz.

Das dritte und letzte Beispiel aus dem Bereich der Differenzton-Komposition stammt aus einem rein instrumentalen Werk, es handelt sich um die ineinander übergehenden Sätze zwei und drei meiner Komposition für Streichquartett cante-grito aus dem Jahr 1994. Auch hier erzeugen eng aneinander gelagerte, höherfrequente Ereignisse ein tief gelegenes Differenztonband; allerdings tritt in cante-grito dieses Phänomen von seiner exponierten Position z.B. in der Klanginstallation zurück in die Funktion einer strukturellen Komponente des Tonsatzes neben anderen, vor allem neben die rhythmisch-kontrapunktisch verzahnte aufsteigende Tonhöhenfortspinnung.
(Notenbeispiel 3)

Musical score for three staves labeled '1. Vi.', '2. Vi.', and 'Vi.'. The staves contain complex rhythmic patterns with many notes and slurs. There are some markings like '3' and '5' above the notes.

Ausschnitt aus: cante-grito

Relative Wahrnehmung

Ausgangspunkt dieses zweiten Abschnittes meiner Ausführungen ist eine allseits bekannte Untersuchung des Amerikaners Roger N. Shepard zum Phänomen, erschienen 1964 in der Zeitschrift *The Journal of the Acoustical Society of America* unter dem Titel *Circularity in Judgements of relative Pitch*. Shepard findet anhand von aufwendigen Versuchsreihen mit diversen Probanden in den Bell Telephone Laboratories in New Jersey heraus, daß unter bestimmten Bedingungen Tonfortschreitungen in steigender oder fallender Richtung außerhalb der Grenzen des Oktavraumes nicht mehr eindeutig einer bestimmten absoluten Lage zugeordnet werden können; also entweder eine über den Oktavraum hinaus ansteigende

Bewegung als im Bereich einer Oktave kreisend empfunden wird, oder umgekehrt eine im Oktavraum kreisende Bewegung als stetig ansteigend oder abfallend wahrgenommen wird. Es handelt sich also, ganz generell gesprochen, bei diesem psychoakustischen Phänomen um eine »akustische Täuschung«, ähnlich der optischen Täuschung, die in den Illusionsdarstellungen von Escher allgemeine Bekanntheit erlangt hat.

Voraussetzungen für diesen Effekt sind, den Untersuchungen Shepards zufolge, Tonereignisse mit möglichst breit gestreutem Klangspektrum über verschiedene Oktavlagen, die äquidistante intervallische Fortschreitung, eine deutlich erkennbare Artikulation des Einzelereignisses (Impuls, musikalisch ausgedrückt ein Akzent oder eine Staccato-Artikulation) und, zur Erhöhung der Deutlichkeit der Versuchsanordnung, eventuell eine zeitliche Distanz von ca. einer Sekunde zwischen den einzelnen Tönen. Weiterhin muß das Oktavspektrum des Einzelklanges dynamisch zu den Rändern hin abfallen, so daß das Maximum der Lautstärke im mittleren Bereich liegt. Die entsprechenden Experimente zeigen, daß weder die Richtung der gleichmäßigen Tonhöhenfortschreitung noch die absolute Veränderung der Oktavlage sicher beurteilt werden konnten und mit der Zeit eine vollständige Orientierungslosigkeit in der Wahrnehmung der Qualität der Tonhöhendifferenz eintrat.

Die Bewegung von Tonabfolgen über den Oktavraum hinaus stellt die hörende Wahrnehmung also als Repräsentation eines »kreisförmigen«, in sich ruhenden Kontinuums dar, dessen einzelne Punkte, anstatt in ihre von der Frequenz her objektiv höhere Oktavlage überzuwechseln, in ihre Position innerhalb der Oktave zurückfallen, wobei die Feststellung einer »Ausgangsoktave« der Bewegung unmöglich wird und so in jeder gewählten Lage eine in sich kreisende Bewegung erkennbar ist; dadurch ist weder der genaue Ort der Tonhöhenfortschreitung noch ihre Richtung feststellbar noch der Ausgangs- und der Endpunkt der in allen Registern wahrgenommenen Bewegung. Der Hörer macht schließlich die paradoxe Beobachtung, eine ständige Bewegung ohne Anfang und Ende bei gleichzeitigem In-Sich-Kreisen und Stillstand zu hören.

Eine zweite Beobachtung Shepards besagt, daß eine Fortschreitung in großen Septimen oft in ihrer Bewegungsrichtung als gegenläufig zur tatsächlichen empfunden wird, eine aufsteigende Folge in großen Septimen also scheinbar abfällt und umgekehrt. Dies ist vielleicht auf die direkte Nähe und gleichzeitig größte Distanz zur Oktave zurückzuführen; wegen der beschriebenen Zirkularität der Oktavwahrnehmung »fällt« eine aufsteigende große Septime ja in ihrer Kreisbewegung knapp »unter« die den Kreis komplettierende Tonhöhe der Oktave zurück, rutscht also im Sinne der Kreisbewegung nach unten und umgekehrt.

Meine beiden letzten Beispiele beschreiben Ansätze, die dargestellten Phänomene kompositorisch zu erschließen. Die Komposition disegni für Klavier zu vier Händen von 1996 geht in ihren Sätzen zwei und sechs mit in sich kreisenden, über mehrere Oktaven ausgedehnten Klangfortschreitungen um; in Abschnitt II bildet das in Septimen über das gesamte Klavierregister auf- und ablaufende Klangkontinuum die rhythmische Folie einer in sich ruhenden extremen Bewegung, in die vermittels von Akzenten eine zweite rhythmische Ebene, eine Referenz an das elfsilbige sapphische Versmaß gleichsam eingestanzt wird. In Abschnitt VI ist der gesamte Oktavraum des Klaviers in die oben beschriebene, ständige in sich kreisende Bewegung versetzt; eingewoben wird die Andeutung eines Zitates aus dem dritten Lied des zweiten Book of Songs von John Dowland, sorrow, stay.



Ausschnitt aus: *disegni*

Das letzte Beispiel stammt aus meiner Komposition für großes Orchester IV,1 von 1995, uraufgeführt am 24.2.1996 im Konzerthaus Berlin vom Berliner Symphonischen Orchester unter der Leitung von Michael Schönwandt. Für unsere Thematik sind die Sätze eins und vier relevant; im ersten Satz kommen mehrere, verschieden instrumentierte Abschnitte mit hauptsächlich ansteigenden Shepard-Ketten vor. Der Übergang in die Wahrnehmung der zirkulären Phänomene läßt sich hier relativ gut kontrollieren und abstufen, die Instrumentation der Oktavlagen einer Bewegung für die Verschmelzung des Klanges, die mit entscheidend für die Deutlichkeit des Effektes ist, kann variiert werden: eine einheitliche Instrumentengruppe bedeutet große Verschmelzung und deutlichere Zirkularität; durch Mischung verschiedener Instrumentengruppen – z. B. Trompeten mit Streicherblöcken – lassen sich ausgestufte transitorische Effekte erzeugen.

Weiterhin habe ich die Bewegungen in verschiedenen Geschwindigkeiten überlagert, um die Deutlichkeit der Phänomene fluktuieren zu lassen und eine Art Interferenz zwischen den einzelnen Erscheinungsformen der Erscheinungen zu erzeugen.

Der vierte Satz der Komposition verweist wieder auf den Beginn des Vortrages: innerhalb des Orchesters sind sieben elektrisch verstärkte Streicher – vier Violen und drei Violoncelli – im Abstand von drei Hertz zueinander eingestimmt, jedes einzelne ist in sich rein gestimmt. Zusammen bilden sie eine ansteigende Skala im Abstand von jeweils drei Hertz. Die sieben Streicher spielen nur leere Saiten bzw. natürliche Flageolets, so können ihre Schwingungssysteme in ein direktes Verhältnis zueinander treten und je nach Lage der gespielten Töne ganz unterschiedliche schwebungsrhythmische Situationen entstehen.

Ich habe hier nur einige wenige Aspekte meiner Untersuchungen, Spekulationen und vor allem meiner kompositorischen Arbeit vorgestellt; ein weiterer sehr wichtiger Bereich ist der konkrete akustische Raum und die syntaktische Verknüpfung der dargestellten Phänomene mit der Lokalisierbarkeit von Schallquellen im Raum bzw. der Entwurf von »virtuellen« akustischen Räumen.

(Redaktionell leicht gekürzter Vortrag anlässlich des Kongresses *Il Pensiero Musicale Moderne Sulle Tracce Dell' Antico* am 21. August 1996 in Maratea, Italien.)