

Nomos |

EINE INTERAKTIVE
REALTIME-VISUALISIERUNG
IMPROVISierter MUSIK

Diplomarbeit Michelle Rowbotham

Nomos, eine interaktive Realtime-Visualisierung improvisierter Musik

Michelle Rowbotham

Einordnung

Das Projekt „Nomos, eine interaktive Realtime-Visualisierung improvisierter Musik“ soll als Kopplung von optischen und akustischen Ereignissen Ausdruck einer direkten physikalischen Äquivalenzbeziehung sein. Bei der Interaktion zwischen einem Musiker und generativer Software-Applikation erzeugen die in einem speziell dafür entwickelten Code implementierten Algorithmen selbstständig Bilder.

Dies ermöglicht es musikalische Elemente aufzugreifen und somit Synästhesien und Synchronizitäten zu erzeugen oder Kontrapunkte zur Musik zu setzen.

Diplomarbeit im Studiengang Mediengestaltung
der Fakultät Medien an der Bauhausuniversität Weimar

unter der Leitung von: Prof. Dr. sc. hum. Jens Geelhaar
Prof. Ursula Damm

weitere Betreuer: Jürgen Haas

Eingereicht von: Michelle Rowbotham
m.rowbotham@web.de

Matrikelnummer: 993393

Bearbeitungszeitraum: November 2004 bis April 2005
Weimar, den 28.04.2005

Dankeschön

Dieses Projekt ist das Ergebnis meiner sechsmonatigen Diplomarbeit, entstanden vom 10.11.2004 bis zum 28.04.2005 an der Bauhausuniversität Weimar.

Ich danke meinen Professoren Herrn Prof. Dr. Jens Geelhaar und Frau Prof. Ursula Damm, die dieses Projekt unterstützt und betreut haben, sowie Jürgen Haas, Wolfgang Keller und Lars Wienecke von der Bauhausuniversität Weimar und Blazej Dowlasz und Constantin Popp von der Hochschule für Musik Franz Liszt in Weimar.

Für ihre Hilfe im Bereich der Mathematik danke ich Franziska Bowski und Stefan Suhr von der Universität Freiburg.

Mein besonderer Dank gilt Uros Svete, der das Projekt musikalisch umsetzt und viel Bereitschaft und Geduld aufbrachte, um zahlreiche Variationen auszutesten.

Ich danke all denen, die mir im Studium guten Freunde waren und mich unterstützt haben: Tina Barthelmes, Sabine Bergmann, Verena Drechsler, Walter Greger, Anja Haering, Gesine Horstschäfer, Aylene Plachta, Ursula Meyer, Ulrike Roth, Anne Schneider und meinen Eltern Hana und John Rowbotham.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Theorie der Abstraktion versus Kombination
- Abb. 2: Pythagoras und die Musik
- Abb. 3: Newtons Opticks
- Abb. 4: Schema Piano optophonique
- Abb. 5: Das Optophonische Klavier
- Abb. 6: Chronos II
- Abb. 7: Optophonium
- Abb. 8: Mechanische Exzentrik
- Abb. 9: Edison Kinetoscope
- Abb. 10: Opus IV - Ruttman
- Abb. 11: Horizontal-Vertikal-Orchester I
- Abb. 12: Orchestration der Farbe
- Abb. 13: Stills aus Radio-Dynamics
- Abb. 14: Mobile Calder
- Abb. 15: Monochord
- Abb. 16: Arezzo mit seinem Schüler am Monochord
- Abb. 17: Chladnische Klangfiguren
- Abb. 18: Das Pascalsche Dreieck
- Abb. 19: Tastatur-Lay-Outs von Erv Wilson
- Abb. 20: Proportionen I
- Abb. 21: Proportionen II
- Abb. 22: Konstruktion eines Pentagramms
- Abb. 23: Gravel Stones, Georg Nees
- Abb. 24: Marius Watz, System_C
- Abb. 25: Ben Fry, Anemone
- Abb. 26: Golan Levin, Floo
- Abb. 27: Casey Reas, Articulate
- Abb. 28: Sol LeWitt, Bands of Equal Width in Color
- Abb. 29: G. Levin, Z. Lieberman, Manual Input Sessions
- Abb. 30: G. Levin, Z. Lieberman, J. Blonk, J. Barbara, Messa di Voce
- Abb. 31: Camille Utterback, Untitled 5
- Abb. 32: Cécile Babiolo, Scribbling Waves
- Abb. 33: Toshio Iwai, Piano - As Image Media
- Abb. 34: Martin Wattenberg, Arc Diagrams
- Abb. 35: Carsten Nicolai, telefonken
- Abb. 36: Carsten Nicolai, milch
- Abb. 37: Max Bill, Variationen

- Abb. 38: Sol LeWitt
- Abb. 39-46: Screenshot aus „Nomos“
- Abb. 47: „Nomos“
- Abb. 48: Schema Technikaufbau
- Abb. 49: Schema Software
- Abb. 50: Max-Patch
- Abb. 51: Schema Ton - Frequenz
- Abb. 52-67: Entwicklung der Visualisierung „Nomos“
- Abb. 68: Übersicht der Entwicklung der Diplomarbeit

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	9
1.1	Die Begriffsklärung	9
1.2	Die Zielsetzung	10
1.3	Die Struktur der Diplomarbeit	11

KAPITEL 1: Theoretischer und historischer Hintergrund 13

1.1	Ein Überblick über die Entwicklung der Korrelation von Bild und Musik aus Sicht der Kunst	13
1.1.1.	Die Synästhesie	13
1.1.2	Die Anfänge der Farblichtmusik	17
1.1.3	Optophonische Maschinen	20
1.1.4	Der Klassische Avantgardefilm	25
1.1.5	Die Visuelle Musik	28
1.1.6	Der Beginn der Interaktion von Bild und Musik	29
1.1.7	Die Kinetische Kunst – Bewegung	29
1.2	Ein Überblick über die Entwicklung der Korrelation von Bild und Musik aus Sicht der Musik	33
1.2.1	Was ist Musik?	33
1.2.2	Der Monochord – ein pythagoreisches Stimmungsprinzip	35
1.2.3	Die Pythagoreische Stimmung	36
1.2.4	Das Cent	37
1.2.5	Die Gleichstufige Stimmung	38
1.2.6	Die Chladnische Klangfiguren	40
1.2.7	Die Musik aus Sicht der Mathematik	41
1.2.8	Das Verhältnis und die Proportion in Musik und Bild	43
1.3	Ein Einblick in die Computerkunst	47
1.3.1	Marius Watz	49
1.3.2	Ben Fry	49
1.3.3	Golan Levin	51
1.3.4	Casey Reas	51
1.3.5	Golan Levin und Zachary Liebermann	53
1.3.6	G. Levin, Z. Liebermann, J. Blank, J. L.Barbara	53
1.3.7	Camille Utterback	55
1.3.8	Cécile Utterback	55
1.3.9	Toshio Iwai	57
1.3.10	Martin Wattenberg	57
1.3.11	Carsten Nicolai	59

KAPITEL 2: Die künstlerische Umsetzung	61
2.1 Das inhaltliche Konzept	61
2.1.1 Die Einleitung	61
2.1.2 Die Interaktion	62
2.1.3 Realtime	63
2.1.4 Der Zufall	63
2.1.5 Die Visualisierung	64
2.1.6 Die Programmierung	64
2.2 Die inhaltliche Umsetzung	65
2.2.1 Die Symmetrie	65
2.2.2 Die Bewegung	66
2.2.3 Das Raum- und Zeitelement	67
2.2.4 Die Grundformen	68
2.2.5 Quadrat und Reduktion	70
2.3 Die technische Umsetzung	76
2.3.1 Die Hardware	76
2.3.2 Die Software	78
2.3.3 Nomos – ein Beispielcode	80
KAPITEL 3: Die Analyse und Schlussbemerkungen	85
3.1 Die Entwicklung	85
3.1.1 I have a dream	85
3.1.2 Die Entscheidung der Soundanalyse	85
3.1.3 Die Entscheidung der Bildgeneration	86
3.1.4 Die Entscheidung des Instrumentes	88
3.1.5 Die Entscheidung des Musikstückes	88
3.1.6 Die Entscheidung der Visualisierung	89
3.1.7 Die Übersicht der Entwicklung	92
3.2 Die Schlussbemerkungen	92
II Das Literaturverzeichnis	95
III Die Ehrenwörtliche Erklärung	101



„Man sieht nicht mehr dasselbe,
wenn man es gleichzeitig hört, und
man hört nicht mehr dasselbe,
wenn man es gleichzeitig sieht.“
(Chion, 1990)

I Einleitung

I.1 Die Begriffsklärung

Die Bezeichnung Nomos stammt aus dem Griechischen von νόμος und hatte „zweifachen Sinn: Gesetz und Melodie!“[1]

In einigen griechischen Staaten lernten schon die Knaben die Gesetze nach einer Melodie oder Kadenz auswendig, nicht um sich dieselben einzuprägen, sondern damit die Gesetze um so viel unabänderlicher würden. Dieser Satz macht das griechisch-harmonikales Denken sichtbar.[2]

Das ursprüngliche Ziel, die Harmonie zwischen einer Gesetzlichkeit und einer Melodie, soll in diesem Projekt aufgegriffen werden. Die Umsetzung erfolgt dabei durch einen Musiker, der Klänge erzeugt, die durch eine direkte physikalische Äquivalenzbeziehung zu einer generativen Realtime-Software-Applikation, genauer durch einen speziell dafür entwickelten Code ausgelöste Bilder erzeugen.

Hintergrund dieser Ausarbeitung ist Platons numerischer Grundgedanke, der besagt, dass alle Dinge auf einer mathematisch geometrischen Ebene miteinander verknüpft sind. Für ihn ist die Geometrie „vor der Erschaffung der Dinge, gleich ewig wie der Geist Gottes; ist Gott selbst und hat ihm die Urbilder für die Erschaffung der Welt geliefert“[3]

In diesem Projekt sollen durch geometrische Formen, Muster und Symmetrie, deren Ordnung gleichzeitig bestimmt ist von Zufall und Improvisation, dem Konsumenten (Zuschauer und Zuhörer) über Raum und Zeit hinaus eine Transzendenz eröffnen, was durch die Musik ausgelöst und verstärkt wird und über das vermeintliche Chaos zur Ordnung und mathematischen Gesetzmäßigkeit zurückfindet.

[1] Kayser, Hans: Der hoerende Mensch: Elemente eines akustischen Weltbilds, Unveränd., durch e. Vorw. erg. Neudr. d. Ausg. Leipzig, 1932, Engelverlag, Stuttgart 1993, S. 267.

[2] Vgl. ebenda S. 267

[3] Vgl. Kepler in „Harmonices mundi IV,I, aus: Kepler, Johannes: Gesammelte Werke, Beck, München 1938.

I.2 Die Zielsetzung

„Nomos“ ist das Endprodukt meines Entwicklungsprozesses an der Bauhausuniversität Weimar. Während des Studiums legte ich den Schwerpunkt auf die bewegten Medien, insbesondere den Videobereich. Ich hatte stets das Ziel, Bild und Ton zu einer perfekten Einheit zu generieren. Der besondere Reiz dieser Arbeit liegt darin, nicht im Voraus produziertes Bildmaterial auf Musik abzustimmen, sondern basierend auf Algorithmen in Echtzeit Bilder zu generieren, die von der Musik ausgelöst und gesteuert werden. Bei der visuellen Umsetzung improvisierter Musik, entstehen also Ton und Bild zur selben Zeit und unterstützen so gegenseitig ihre emotionale Wirkung. Algorithmen übertragen dabei Verhältnisse und Beziehungen aus der Musik auf mathematische Körper im Bild. Die mathematischen Eigenschaften beider Genre bilden die Grundlage dieser Umsetzung. Gerade das Zusammenspiel aus musikalischer Improvisation und algorithmischen Zufallselementen, gepaart mit festen Regeln und Gesetzen, gestalten die Visualisierung interessant und abwechslungsreich. Die somit entstehende Unvorhersehbarkeit ist stark mit dem Attribut der Kontrolle verknüpft, unterscheidet sich aber in der jeweiligen Erwartungshaltung des Betrachters. Könnten wir jeden Schritt voraussagen, laufen wir Gefahr, dass Interaktion „langweilig“ werden könnte. Gelungene Interaktion aber findet eine Balance zwischen der Gleichgültigkeit in konstanten Aktionen und unkontrolliertem Chaos.

Ich bin überzeugt davon, dass Menschen oft versuchen, besondere Momente und Augenblicke zum Beispiel auf Fotos oder Videoaufnahmen festzuhalten, um eigentlich „Nichtgreifbares“ auf Papier, Film oder im PC zu bewahren.

In diesem Projekt versuche ich *nicht* ungreifbare Momente greifbar zu machen, sondern den Betrachter für das zeitlich begrenzte Moment der Musik zu sensibilisieren. Dabei sollen sich Emotionen, die durch diese Vergänglichkeit ausgelöst werden, im Moment des Entstehens verdichten. Ziel ist es, ein rein musikalisches *Erlebnis* zu einem audio-visuellem *Ereignis* werden zu lassen.

In der Verwirklichung dieses Projektes wird nicht nur meine besondere Beziehung zur Musik erkennbar, sondern in den entstehenden Bildern wird gleichsam meine Liebe zu Mustern, Seriellen und zur radikalen Ordnung sichtbar.

I.3 Die Struktur der Diplomarbeit

Die vorliegende Diplomarbeit besteht aus zwei großen Teilen: In „Kapitel I: Theoretischer und historischer Hintergrund“ sollen zunächst Bild und Ton sowohl aus Sicht der Kunst, als auch aus Sicht der Musik beleuchtet werden. Ein Abschnitt über die Computerkunst gibt neben einer geschichtlichen Einordnung Einblick in unterschiedliche interaktive, computergenerierte Projekte und ordnet die vorliegende Arbeit in die Digitale Kunst ein.

In „Kapitel II: Praktische Umsetzung“ erläutere ich meine künstlerische Arbeit und deren konkrete praktische Umsetzung.

In einer abschließenden Gesamtanalyse sollen die einzelnen Umsetzungsschritte der theoretischen Entwicklung und der praktischen Verwirklichung des Projektes kritisch analysiert werden und auf ihre Realisierbarkeit hin untersucht werden. Mit einem Fazit bzw. schlussfolgernden Ergebnissen des Projektes schließt diese Arbeit.



„Die Zahl ist das Wesen der Dinge.“ (Pythagoras)

KAPITEL 1: Theoretischer und historischer Hintergrund

Erst durch das Potential modernster Computertechnologien auf dem aktuellen Stand der Technik ist es möglich, Projekte wie dieses umzusetzen. Noch vor 80 Jahren, als die ersten Avantgardefilmkünstler versuchten ihre Konzepte umzusetzen, benötigten sie einen enormen monetären und technischen Aufwand. Dank der Weiterentwicklung aktueller Kommunikationsmedien und der damit einhergehenden erheblichen technischen Verbesserungen im Bereich der Mikroprozessoren und der Software der letzten Jahre, ist es möglich, Projekte wie dieses mit minimalem technischen Aufwand zu realisieren.

Versuche Bild und Ton zu vereinen gab es allerdings schon in der Antike. Deswegen sollen in diesem Kapitel die historischen Hintergründe und vielfältigen Konzepte und Technologien im Bereich der Soundvisualisierung aus der Sicht der Kunst und der Musik über verschiedene Epochen hinweg bis zum heutigen Zeitpunkt dieser Ausarbeitung aufgezeigt werden.

Weil mein Projekt in den Bereich der Computerkunst einzuordnen ist, sollen in diesem Zusammenhang auch herausragende Umsetzungen der digitalen Kunst dargestellt werden.

1.1 Ein Überblick über die Entwicklung der Korrelation von Bild und Musik aus Sicht der Kunst

Allen Arbeiten und Kunstformen, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden, ist die Idee der Synästhesie gemein, denn sie alle versuchen einen synästhetischen Eindruck beim Betrachter zu hinterlassen. Deshalb soll im Folgenden genauer auf die Bedeutung von Synästhesie eingegangen werden.

1.1.1 Die Synästhesie

Der Begriff entstammt dem griechischen „syn“ = zusammen und „aisthesis“ = Empfindung und meint die Reizempfindung eines Sinnesorganes bei Reizung eines anderen, z.B. die Farbwahrnehmung bei einem akkustischen Reiz.[4]

[4] Vgl. Duden, Fremdwörterbuch, 7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Band 5, Dudenverlag, Mannheim [u.a.] 2001, S. 969.

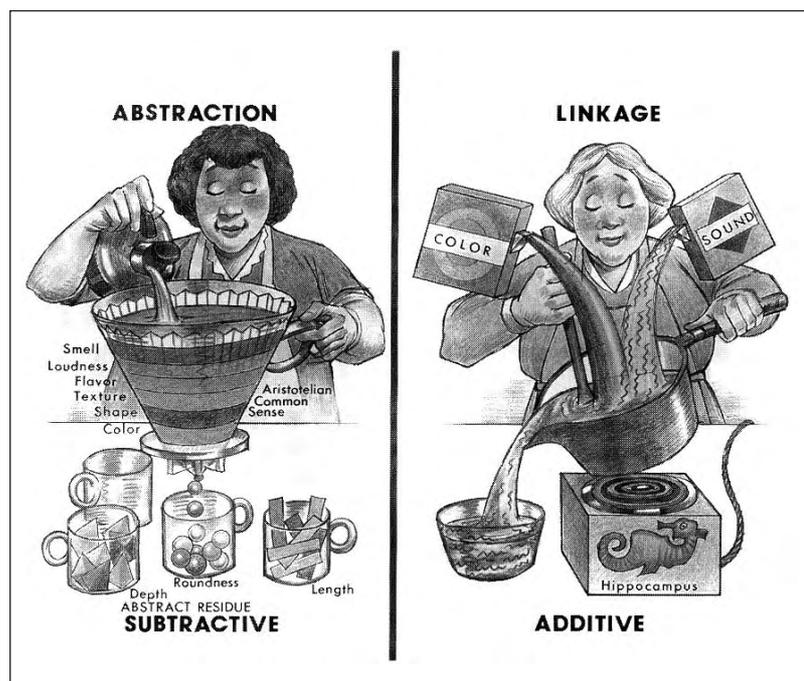


Abb. 1: Theorie der Abstraktion versus Kombination[5]

[5] aus: Cytowic, Richard E.:
Synesthesia – a union of the senses, 2.
ed., MIT Press Cambridge Mass [u.a.]
2002, S. 7.

Bei der Kombinationstheorie werden elementare Empfindungen zu einem komplexen Ganzen zusammengefügt, ohne dass die individuellen Identitäten verloren gehen, ein Charakteristikum der Synästhesie.

Die synästhetische Erfahrung, das gleichzeitig und korrespondierende Erleben von Tönen und Bildern, von Musik und Malerei, das physiologisch nachgewiesen ist, wurde um 1880 von Psychologie und Psychiatrie erstmals wissenschaftlich thematisiert.

Zur selben Zeit taucht das synästhetische Kunstwerk auch in der Dichtung auf. Phillip Otto Runge (1777-1810) formulierte in *Farbkugel - Constuction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zueinander und ihrer vollständigen Affinität* (1810) die Grundlagen des synästhetischen Programms:

„Die Analogie des Sehens, oder die Grunderscheinung aller Sichtbarkeit mit der Grunderscheinung des Gehörs, führt zu sehr schönen Resultaten für eine zukünftige Vereinbarung der Musik und der Mählerey, oder der Töne und Farben ...“[6]

Auch Sergei Michailowitsch Eisenstein (1898-1948) hat in seinem Essay „Die Synchronisation der Sinne“, der selbst eine kleine Geschichte der Synästhetik enthält, gerade diese Korrespondenz von Auge und Ohr, von Bild und Ton, von der Bewegung der Bilder und der Bewegung der Musik für den Tonfilm angestrebt. Bei der häufigsten Form der Synästhesie werden Gehörtes oder Gesehenes wie z.B. Sprache, Musik oder Geräusche unwillkürlich zusammen mit Sekundärempfindungen, sogenannte „Photismen“ wahrgenommen. Diese Photismen können in Farben, geometrischen Formen oder Farbmustern bestehen. Der primäre Auslöser, also Wahrnehmungen über das Ohr, und die optischen Sekundärempfindungen werden dabei als Einheit erlebt.[7]

Synästhetiker der Vergangenheit sind z.B. die Komponisten Franz von Liszt (Deutschland), Jean Sibelius (Finnland), Olivier Messiaen (Frankreich) und der Maler Wassily Kandinsky (Russland). Die in den folgenden Kapiteln vorgestellten Künstler sind zwar aus medizinischer Sicht keine Synästhetiker, erzeugen aber durch ihre Werke einen synästhetischen Eindruck beim Betrachter mit dem Ziel, eine einheitliche Stimulierung mehrerer Sinnesorgane zu erreichen.

[6] Vgl. Bleuler, E. & Lehmann, K., 1881: Zwangsmäßige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen auf dem Gebiete der anderen Sinnesempfindungen. Leipzig Steinbrügge: Über sekundäre Sinnesempfindungen, Wiesbaden 1887, S. 99.

[7] Vgl. Eisenstein, Sergei Michailowitsch: Die Synchronisation der Sinne, S. 99 ff.



Abb. 2: Pythagoras und die Musik
<http://www.mi.sanu.ac.yu/vismath/schulze/METAEDER/metaeder1/>
 [12.01.2005, 16.38 Uhr]

I.1.2 Die Anfänge der Farblichtmusik

Der Versuch, der Musik ein Pendant für das Auge zu schaffen, lässt sich, wie bereits erwähnt, mindestens bis zu Pythagoras und Aristoteles in die Antike zurück datieren. Die visuellen Darstellungen enthielten die grundlegende Elemente von der Harmonie, Kontrapunkt, Rhythmus und Melodie. Tanzszenen, Kostümierungen und Aufmärsche zeigten schon früh das Verlangen akustische Darbietungen zu illustrieren. Optische Spektakel wurden zu allen Zeiten und in allen Kulturen von Musik begleitet.

„Pythagoras, der sowohl Gesetze der Geometrie, als auch die Grundlagen der musikalischen Harmonielehre entdeckte, fand heraus, dass hörbare Musik aus gegenstandslosen Elementen besteht – aus reinen mathematischen Tönen, die für das Gehör angenehm sind, weil sie eine geistige, kosmische Ordnung spiegeln. Nach Pythagoras hatten die Töne der Musik ein sichtbares Äquivalent auf der Skala des Farbspektrums.“[8]

Da die Originalschriften des Pythagoras verschollen sind, findet sich der älteste überlieferte schriftliche Hinweis auf Farbmusik im *Peri Aitheseos kai Aistheton* (Über die Sinne und was diese erfassen können) von Aristoteles. In dieser Schrift geht es um die einfache Beobachtung, dass Farben – wie Musiknoten – in einer natürlichen Reihenfolge mit harmonischen Intervallen auftreten, die wahrscheinlich mathematisch strukturiert sind.[9]

Leonardo da Vinci (1452-1519) war der erste, der um 1500 farbige Lichter projizierte. Er spricht in dem Traktat „Trattato della pittura“ (1490-1513) von einer proportionalen Harmonie von Musik und Malerei:

„Die Musik kann nicht anders als eine Schwester der Malerei heißen, denn sie ist dem Ohr untertan, welches der aufs Auge folgende Sinn ist, und fügt Harmonie zusammen durch die Verbindung ihrer in Proportion stehenden und gleichzeitig hervorgebrachten Teile (die Akkorde) (...) Allein die Malerei übertrifft die Musik und herrscht ihr ob, denn sie erstirbt nicht unmittelbar nach ihrer Hervorbringung, wie die Missgeschick duldende Musik, im Gegenteil, sie verharrt im Dasein, und was in der Tat nur eine einzige Fläche ist, weist sich dir als lebendig.“[10]

[8] Moritz, William: Der Traum von der Farbmusik, in: Veruschka Body und Peter Weibel, Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag Köln 1987, S. 18.

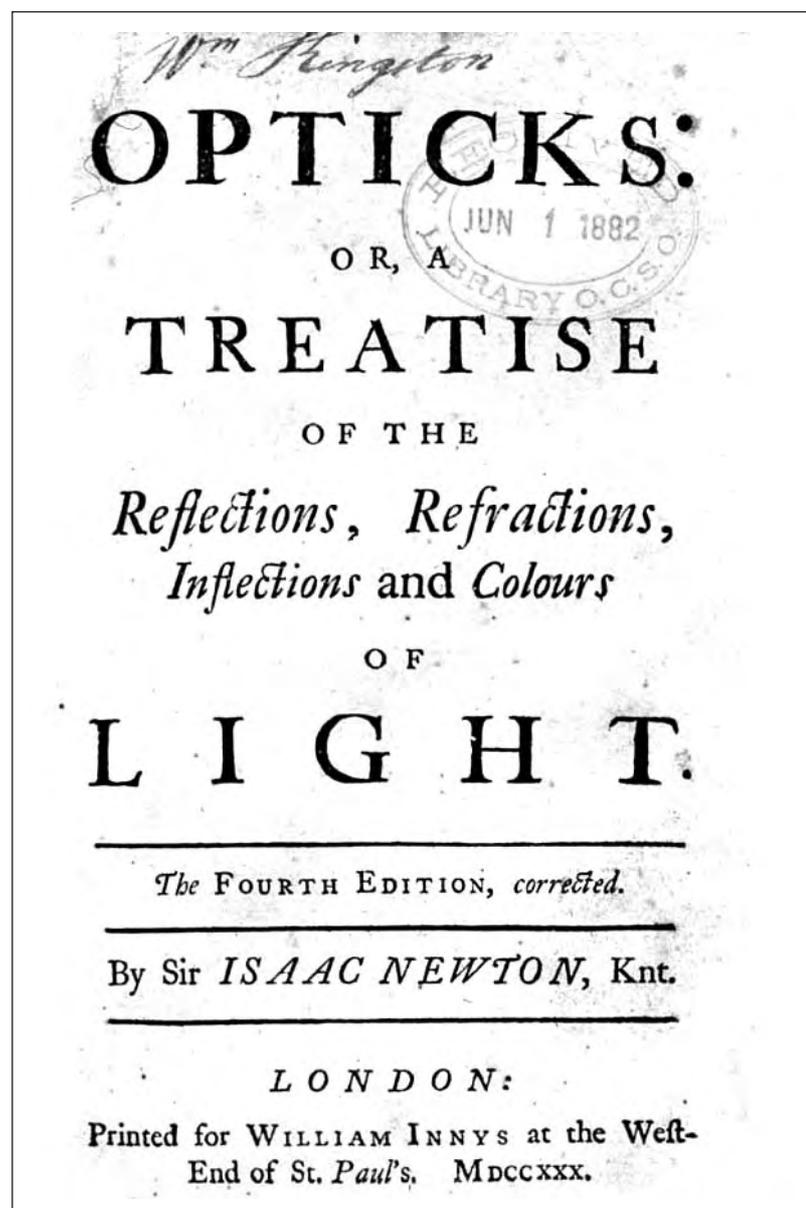
[9] Baier, Franz Xaver: Bewegung der Sinne, in: Der Sinn der Sinne, Schriftenreihe Forum, hrg. von der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland GmbH, von: Wenzel, Jacob, Bonn 1998, S. 515.

[10] Vgl. Leonardo da Vinci, Trattato della pittura, ed. Marco Tabarrini Roma, 1890, I, 16.

Der Jesuitenpater Louis-Bertrand Castel (1688-1757), ein Schüler Guiseppe Arcimbolos (1527-1593), erfand unter anderem zwei Farbmusik-Instrumente: eine „perspektivische Laute“ und ein „grafisches Cembalo“. Denen folgten dutzende Farborgeln von unterschiedlichen Künstlern und Erfindern, alle mit dem funktionalen Ziel einer analogen Umsetzung von Farbe und Musik.[11]

Abb. 3: Newtons Opticks

Title page of "Opticks" by Sir Isaac Newton, 1642-1727. Fourth edition, corrected by the author's own hand, and left before his death with the bookseller, Published in 1730.



[11] Vgl. Popper, Frank: Die kinetische Kunst – Licht und Bewegung, Umweltkunst und Aktion, DuMont Schauberg, Köln 1975, S. 61 ff.

Auf eine mathematisch-physikalische begründbare Ähnlichkeit der Farben mit den Tönen hat 1666 auch Isaac Newton (1643-1727) hingewiesen. In seinen „Lectiones opticae“ verglich er über die Frequenzen die Schall- und Lichtwellen.[12]

Ein berühmter russischer Komponist im Bereich Farben/Musiknalogie war Aleksandr Nikolajewitsch Skrjabin (1872-1915). Seine Symphonie „Prometheus: Le poème du feu“ (1910) enthielt eine komplette Partitur (Lichtklaviatur) für Lichter, jeder Ton wird hier mit einer spezifischen Farbe identifiziert.[13]

Auch Alexander Burnett Hector (1866-1958) entwickelte ein System für die Analogie von Farbe und Ton – eine Farborgel, die er 1908 patentieren ließ und mit der er 1912 eine erfolgreiche Vorführung in Sydney veranstaltete. Er war erster Geschäftsführer der Pythagoreischen Musikgesellschaft von Sydney und bis ins hohe Alter von 93 Jahren Mitglied der Sydney-Farbmusik-Gesellschaft.[14]

In seiner Einführung in die Farblichtmusik von 1926 schreibt Alexander Laszlo (1895-1970):

„Die Farblichtmusik sucht zwei bisher getrennte Kunstgattungen, nämlich die Kunst der Töne – also die Musik – mit der Kunst in Farben – also der Malerei – zu einer höheren Einheit, zu einer neuen Kunst zu verschmelzen.“[15]

Im Rahmen eines Vortrages berichtet Laszlo voller Stolz:

„Eines der interessantesten aber schwierigsten Probleme der Kunst, das seit Jahrhunderten Maler, Musiker, Physiker und Mathematiker von Rang, so eines Goethe, Newton, Schopenhauer, Wilhelm Ostwald, Skrjabin beschäftigt hat, sieht in unseren Tagen (1927) einer Lösung entgegen: der Versuch, Farbe und Musik gemeinsam zu einer neuen Kunstgattung zu vereinen!“[16]

Die einzig auf Video dokumentierte Arbeit von Charles Blanc-Gatti ist das „Orchestre Chromophonique“, das Blanc-Gatti 1933/34 patentieren ließ. Auf der Basis dieser Erfahrungen schrieb er 1934 das Buch „Über Töne und Farben“. Blanc-Gatti sah den Zweck seiner chromatischen Komposition in der „Erhebung der Seele“.[17]

[12] Vgl. Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel, Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag, Köln 1987, S. 54.

[13] Vgl. ebenda S. 22.

[14] Vgl. ebenda S. 24.

[15] Maur, Karin v.: Vom Klang der Bilder – Die Musik in der Kunst des 20. Jahrhunderts, Prestel Verlag, München 1985, S. 211.

[16] Adam, Kamilla: Farbklänge zu Klangfarben in Bewegungsspuren, Neuorientierung in der musikalischen Graphik Oskar Rainers, Österr. Kunst- u. Kulturverl., Wien 2000, S. 99.

[17] Vgl. Moritz, William: Der Traum von der Farbmusik, in: Veruschka Body und Peter Weibel, Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag, Köln 1987, S. 28.

I.1.3 Optophonische Maschinen

Den utopischen Traum des Abtes Castel (1734) und die poetischen Intuitionen von Baudelaire und Rimbaud über die Korrespondenzen wieder aufgreifend, konstruierte Vladimir Baranoff-Rossiné (1888-1944) einen Apparat, der Klang und Farbe vereinigte. Er entwickelte ein Klavier, dessen Tasten die Bewegung von farbigen Scheiben auslösten, durch die der Lichtschein eines Projektors geleitet wird. Auf der Projektionsfläche entsteht auf diese Weise eine abstrakte, bewegte Komposition, die der Künstler vom Klavier aus verwandelt. Das optophonische Klavier wurde ca. 1920 fertiggestellt und 1923/24 im Meyerhold- und Bolschoi-Theater in Moskau und später in Berlin und Paris öffentlich vorgeführt.[18]

Das Optophonische Klavier findet auf dem 2. Ästhetik-Kongreß in Berlin im Jahre 1925 große Beachtung. Von Baranoff gefertigte dynamische, abstrakte Kompositionen (Farbscheiben, die von Klaviertasten in Bewegung gesetzt werden) schaffen bewegte Bilder, die im Rhythmus der Musik auf eine Leinwand projiziert werden.

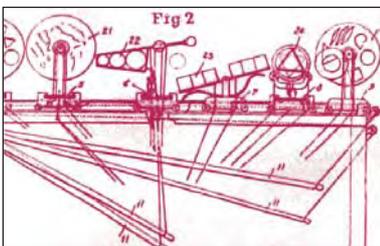


Abb. 4: Schema Piano optophonique von Vladimir Baranoff-Rossiné, aus der Patenturkunde, 1926, S. 19

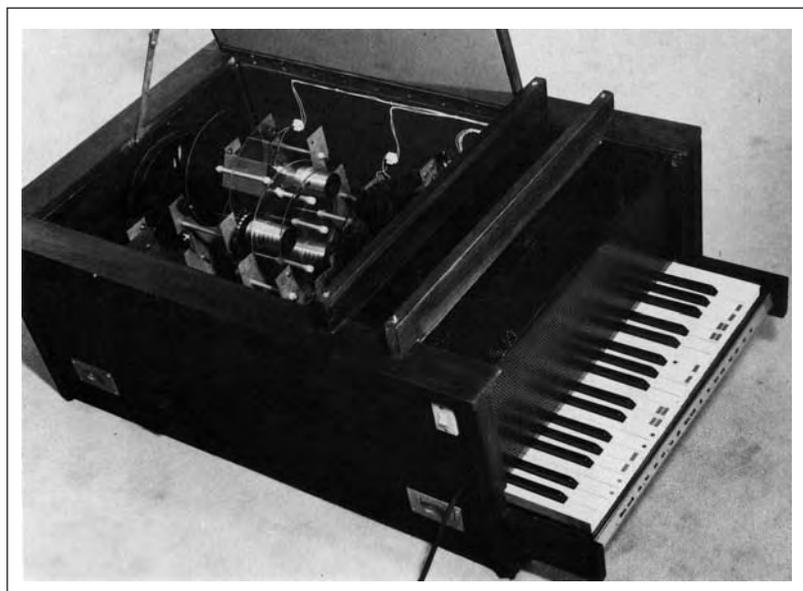


Abb. 5: Das Optophonische Klavier (Le Piano optophonique) 1914-20, Vladimir Baranoff-Rossiné, Verkleinerte und technisch modernisierte Rekonstruktion des Klaviers, Holzkasten im Format 40 x 100 x 60 cm mit Elektromotor, der von einer Klaviatur dirigiert wird.

[18] Auszug aus dem Ausstellungskatalog „Baranoff-Rossiné“, Paris 1973, aus „Vom Klang der Bilder – Die Musik in der Kunst des 20. Jahrhunderts“, hrsg. von Karin v. Maur, Prestel Verlag, München 1985, S. 214.

Nicolas Schöffer (*1912) baut 1960 ein Musiskop Chronos II , eine visuelle Orgel mit elektronischer Tastatur. Die Projektionen können bis zu 25 Quadratmeter groß werden. Als zarte Lichtschleier, die nicht blenden, sondern nur angeschaut werden sollen, bezeichnet Fritz Usinger 1966 das Optophonium, das auch in die Reihe der Optophonischen Maschinen eingereiht werden kann.[19]

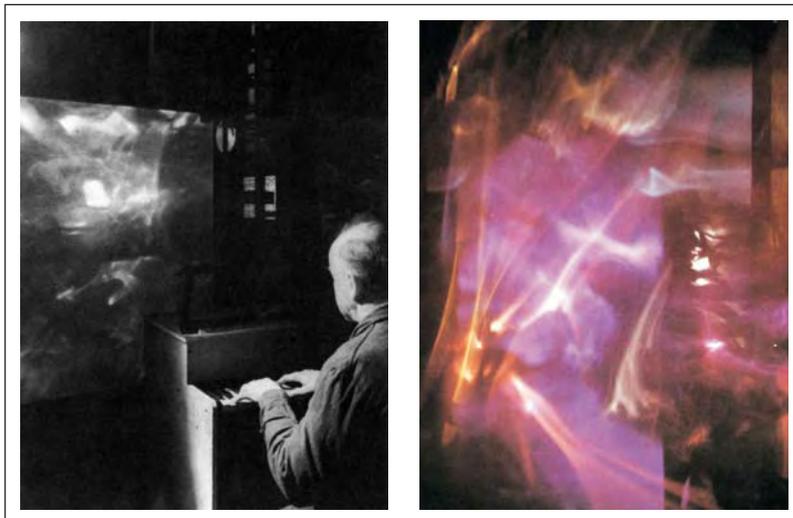


Abb. 6: Chronos II, (links)
Nicolas Schöffer, Musiskop, 1960
Visuelle Orgel mit elektronischer
Tastatur, 24 Bewegungen, 19 visuelle
Kompositionen, in vier „Familien“
verteilt, zwei Pedale zur Regelung der
Geschwindigkeit, ein Pedal zur
Regelung der Lichtstärke, fünf Züge
zur Fixierung der Bilder und fünf Züge
zur Fixierung der Lichtstärke.

Abb. 7: Optophonium, (rechts)
Hermann Goepfert, 1960
Holz, Aluminium, Stahl, Reflektoren,
automatische Steuerung,
Tonbandgerät und Lautsprecher, 180 x
270 cm, Kaiser Wilhelm Museum,
Krefeld.

Das Bauhaus verlagerte das Hauptinteresse von den rein visuell-musikalischen Maschinen zur Synthese von Optik und Kinetik. Es versuchte die Synästhesie auf die Bühne zu bringen und gleichzeitig Licht und Ton, Farbe und Musik, Optik und Akustik zu verbinden. Brinkmann beschrieb 1926 den Ansatz,

„die Optik nur als ein Spezialgebiet der Elektrizitätslehre zu betrachten und möglichst alle Dinge elektrodynamisch zu erklären“.[20]

Auf diese Weise wollte er eine Farbe-Ton-Rhythmus-Beziehung zwischen Bild und Musik nicht auf der Grundlage subjektiver Empfindungen, sondern auf material-immanenten physikalisch-technischen Faktoren gründen.[21]

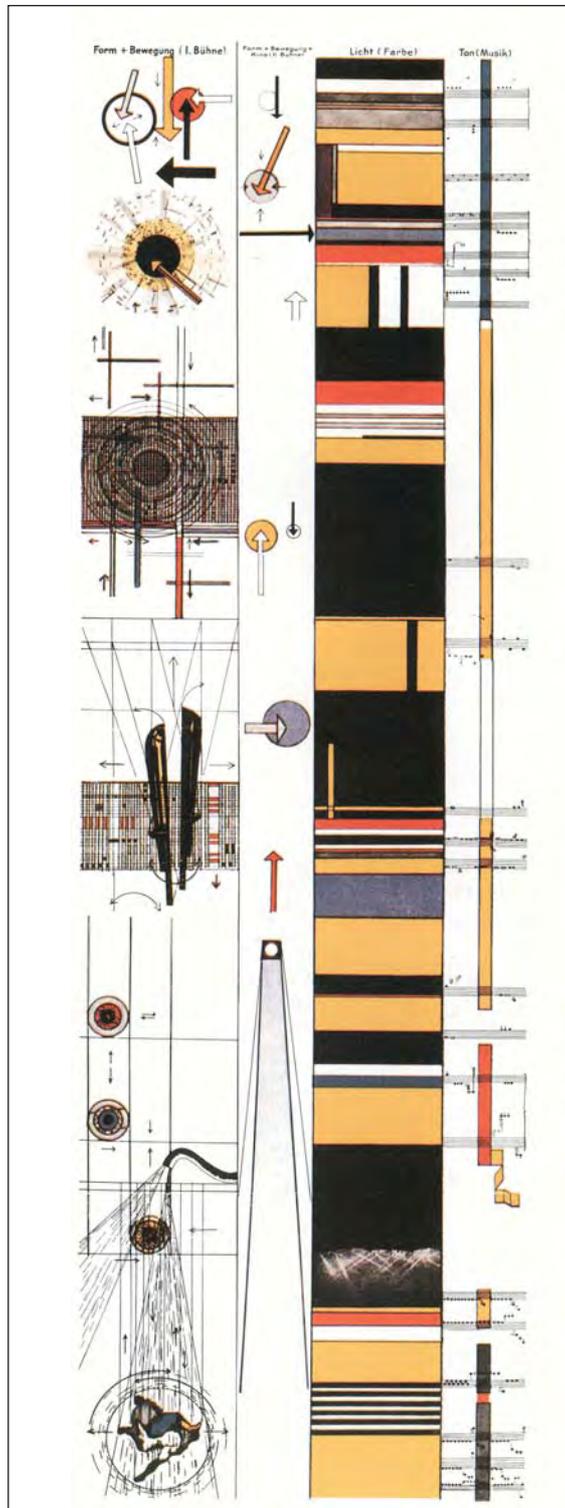
[19] Vgl. Maur, Karin v.: Vom Klang der Bilder – Die Musik in der Kunst des 20. Jahrhunderts, Prestel Verlag München 1985, S. 221.

[20] Walter Brinkmann, in: László Moholy-Nagy, Malerei Fotografie Film, Berlin 1926, S. 20 f.

[21] Vgl. ebenda, S. 29



Abb. 8: Mechanische Exzentrik
Laszlo Moholy-Nagy,
Eine Synthese von Form, Bewegung,
Ton, Licht, Farbe, 1924-35,
Farbige Ausfalltafel der
schematischen Partitur aus dem
Bauhausbuch, „Die Bühne im
Bauhaus“, 1925.



Zum Bauhaus gehört auch Moholy-Nagy, er sah die Erfüllung, der seit Beginn des 20. Jahrhunderts verfolgten Idee einer „Absoluten Gestaltung“, nicht mehr in der Abbildung der Umwelt, sondern in der elementaren schöpferischen Tätigkeit. In dieser Absoluten Kunst gibt es keinen Inhalt mehr, auf den zu verweisen wäre.[22]

In Laszlo Moholy-Nagys Partiturskizze zu einer mechanischen Exzentrik-Synthese von Form, Bewegung, Ton, Licht (Farbe) und Geruch (1924-25) ist die Tendenz zur synthetischen „Aktionskonzentration“ auf der Bühne deutlich abzulesen.[23]

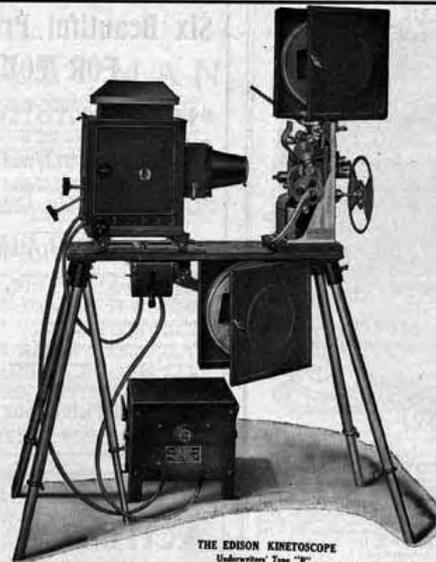
Moholy-Nagy kommentiert seine Arbeit:

„Die Bühne ist in 3 Teile gegliedert. Der untere Teil für größere Formen und Bewegungen: I. Die Bühne. II. Die Bühne (oben) mit aufklappbarer Glasplatte für kleinere Formen und Bewegungen. (Die Glasplatte ist zugleich präparierte Projektionswand für von der Rückseite der Bühne projizierte Filmvorführungen). Auf der III. Zwischenbühne mechanische Musikapparate; meist ohne Resonanzkasten, nur mit Schalltrichtern (Schlag-, Geräusch- und Blasinstrumente).“[24]

[22] Vgl. Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel, Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag, Köln 1987. S. 65 ff.

[23] Vgl. ebenda, S. 68.

[24] Maur, Karin v.: Vom Klang der Bilder, Die Musik in der Kunst des 20. Jahrhunderts, Prestel, München 1985, S. 201.



WHY isn't your motion picture show making you the great big money you read about? How is it that the man in the next block can show the same pictures you do—and take the crowds away from you? We'll tell you. It's all in the machine—you need an

EDISON KINETOSCOPE

The Edison wins the crowd because it projects clear, flickerless pictures that don't tire the eyes and are a real pleasure to look at. There are no discouraging "intermissions for repairs". And the Edison Kinetoscope saves the extra money it makes, because it runs the longest time with the least upkeep expense. Get Posted. Send for Catalog 500 and a copy of the Edison Kinetogram.

Price, with Rheostat, 110 volts, 24-40 amperes - \$225.00
 Price, " 110 volt, 60 Cycle Transformer - - 245.00

THOMAS A. EDISON, Inc., 274 Lakeside Avenue, Orange, N. J.

In writing to advertisers please mention "MOVING PICTURE NEWS"

Abb. 9: Edison Kinetoscope
 in „Moving Picture News“ aus
www.wikipedia.de
 [10.01.2005, 14.05 Uhr]

I.1.4 Der Klassische Avantgardefilm

Die Malerei erschien den Kunstkritikern, unter ihnen Willard Huntington Wright, nicht mehr zeitgemäß. Er formulierte in seinem Buch *The Future of Painting* (1923): „Die Malerei, hat tatsächlich keine Zukunft mehr“.[25] Daraufhin erwachte das statische Tafelbild mit dem abstrakten grafischen Film zum Leben. Der Klassische Avantgardefilm war die Antwort auf eine seit langem bestehende Tradition der Lichtorgeln, Farbklaviere und der Farblichtmusik. Die kinematographischen Maschinen hatten ihre Vorläufer in allen Maschinen, die Farbe und Musik zu vereinen versuchten. Auch das Kinetoskop von Thomas Edison war ursprünglich als Attraktionssteigerung des von ihm erfundenen Phonographen und umgekehrt gedacht.[26]

Das neue abstrakte Kino feierte mit Walter Ruttmann (1822-1914) und Viking Eggeling (1880-1925) in den frühen 20er Jahren erste Erfolge. Ruttmann verband seine Fertigkeiten und Kenntnisse aus der Malerei und sein technisches Know-how, um Filme herzustellen. Leonhard Adelt beschreibt Ruttmann als

„Maler Ruttmann, der Musik als malerische Formbewegung wahrnimmt, so wie andere Leute sie als Gefühlserlebnis oder Harmoniegesetzlichkeit wahrnehmen, (der) die Anfänge des abstrakten Films weiter (-führt), um ein unmittelbares Ausdrucksmittel für seine Vision zu finden. Sein technisches Verfahren ist sehr mühsam: mit scheinbar mikroskopischer Exaktheit muss der Maler eine Serie von vielen tausend Zeichnungen ausführen und sie dann bemalen. Diese fortlaufende Malerei-Sequenz ist wie die Musik (die die Brücke zwischen beiden bildet) wesentlich eine Sache der Eurhymie, bewegender Form, deren Rhythmus sich gemäß den Harmoniegesetzen der vorgeführten Symphonie entfaltet.“[27]

Ruttmann beauftragte Max Butting, ein musikalisches Stück ausschließlich für seine visuelle Musik, das Lichtspiel Opus I (1918-19), zu komponieren. Für Ruttmann „gehört die Kinematographie (...) unter das Kapitel der bildenden Künste, und ihre Gesetze sind am nächsten denen der Malerei und des Tanzes verwandt.“[28] Er bezeichnete seine Filme sogar als einen völlig neuen Kunsttyp, „der in der Mitte zwischen Malerei und Musik steht“.[29]

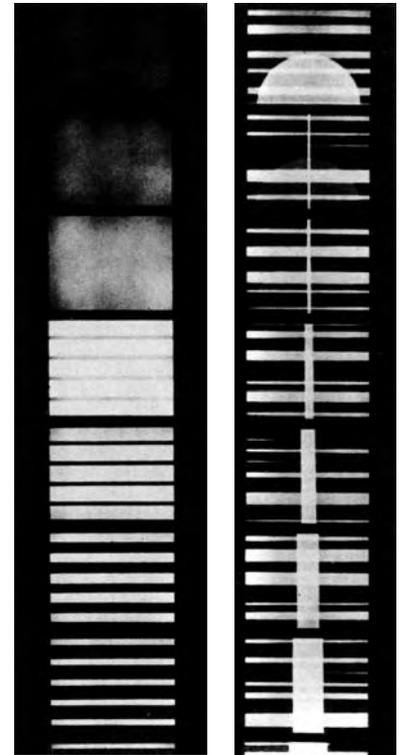


Abb. 10: Opus IV - Ruttmann
Walter Ruttmann, Zwei Photo-sequenzen zu Opus IV, 1924

[25] Wright, W. Huntington: *The Future of Painting*, New York 1923, S. 54.

[26] Vgl. ebenda, S. 60.

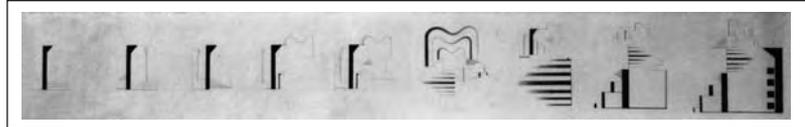
[27] Georgen, Jeanpaul: *Walter Ruttmann, Eine Dokumentation*, Berlin 1990, S.72.

[28] Leonhard Adelt, *Die gefilmte Symphonie*, 1921, S. 99

[29] Ruttmann, Walter: *Malerei mit Zeit*, aus dem Nachlass, in Hein/Herzogenrath 1919, a.a.O., S. 63f.

Abb. 11: Horizontal-Vertikal-Orchester I

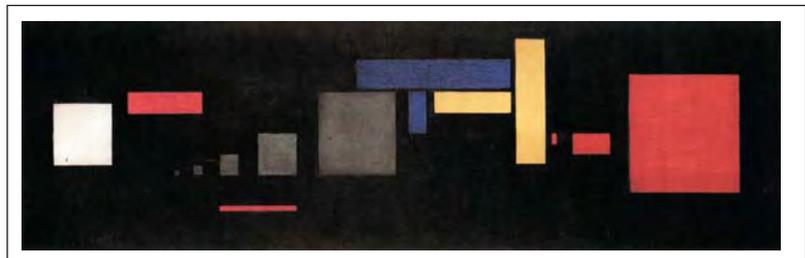
Viking Eggeling (Messe bzw. Symphonie), 1919-21, Bleistift auf Papier, 51,5 x 363,5 cm, Kunstmuseum Basel, Emanuel Hoffmann-Stiftung



Im Gegensatz zu Ruttmann, der die Filmtechnik liebte, wollte Viking Eggeling nur mit Rollenbildern, d.h. mit Bleistift gezeichneten Variationen eines Themas arbeiten. Mit seinen Zeit- und Tempoerteilungen, seinen Hell-Dunkelkontrasten, seinen Richtungsveränderungen und seiner Formdramatik, die aus Kurven, Linien, Harfen, Dreiecken kontrapunktische abstrakte Formen entwickelte, übte Eggeling einen großen Einfluss auf Künstler wie Moholy-Nagy aus. Richter publizierte in der Zeitschrift „De Stijl“ (1921) über Eggeling:

„Die abgebildeten Zeichnungen stellen Hauptmomente von Vorgängen dar, die in Bewegung gedacht sind, im Film verwirklicht werden sollen und es auch zum Teil schon sind. Der Vorgang selbst ist eine dramatische Evolution in der Sprache des Reinkünstlerischen vermittelt abstrakter Formen, analog der uns für das Ohr geläufigen Geschehnisse der Musik. Die abstrakten Formen vermeiden gleich denen der Musik Analogien oder Erinnerungen an Naturobjekte. (...) Aus Grundformen entstehen im Ablaufe einer Periode Formabwanderungen von dynamischer Rhythmik. Größen Lagen, Zahlenverhältnisse verändern sich, je nach der Struktur des Satzbaues.“

Abb. 12: Orchestration der Farbe
Hans Richter, 1923, Öl auf Leinwand, 153 x 41,5 cm, Staatsgalerie Stuttgart



Hans Richter, der zur selben Zeit wie Eggeling mit filmischen Experimenten begann, arbeitete nicht mit Linien, sondern mit der Fläche, der Leinwand selbst, da er die „Zeit in verschiedenen Rhythmen artikulieren“ wollte.[30] Er erzielte durch sein Flächen-in-Flächen-Kopieren starke perspektivische Raumillusionen.

[30] Richter, Hans: Dada-Kunst und Antikunst, Köln 1966, S. 19.

Neben Ruttmann, Eggeling und Richter war es vor allem Oskar Fischinger (1900-1967), der zwischen 1921 und 1953 ungefähr 30 visuelle Musikfilme herstellte und damit die abstrakten Grundlagen für den visuellen Musikfilm legte. Er lernte sein Handwerk bei Ruttmann. Auch Fischinger versuchte eine Analogie zwischen musikalischen und farblich-choreographischen Formen aufzubauen. Auf diese strukturelle Einheit von Musik und Graphik deutend hat Bernd Diebold die Studien Fischingers „Musographik“ genannt.[31]

Fischinger schwankte zwischen einem „bewegten Gemälde“ und der Musik als „synästhetischem Gestaltungsfaktor“.

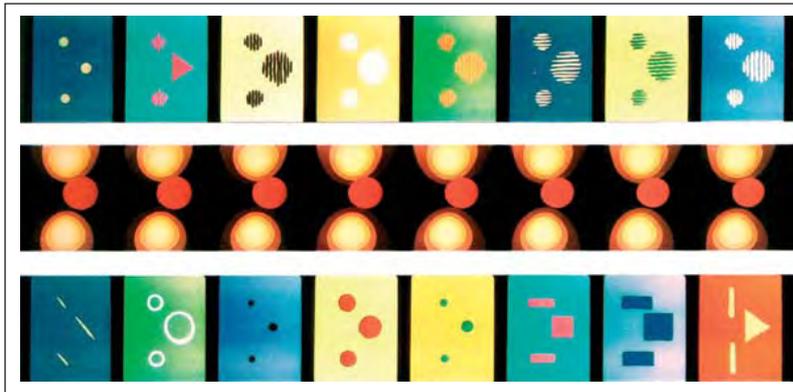


Abb. 13: Stills aus Radio-Dynamics
Oskar Fischinger, 1938

Oskar Fischinger publizierte in der Deutschen Allgemeinen Zeitung vom 28.7.1932:

„Zwischen Ornament und Musik bestehen direkte Beziehungen, d.h. Ornamente sind Musik. Ein Tonstreifen weist am Rand einen feinen Streifen zackigen Ornamentes auf. Dieses Ornament ist gezeichnete Musik, ist Ton. Durch den Projektor geschickt, klingen diese gezeichneten Töne unerhört rein und ganz offensichtlich sind hier phantastische Möglichkeiten.“[32]

Von den Avantgardekünstlern angeregt, begannen viele Künstler sich mit dem Thema Musik und Bild zu beschäftigen, auf die an dieser Stelle nur verwiesen werden soll. Der Traum von einer in Bildern visualisierten Musik, mit einer perfekten Abstimmung von Ton und Bild stand für alle, auch bei unterschiedlichsten eingesetzten technischen Mitteln, im Vordergrund.

[31] Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel: Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag Köln 1987, S. 79.

[32] Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel: Clip, Klapp, Bum. Von der visuellen Musik zum Musikvideo, Köln 1987, S. 53-163

Bei den Künstlern des klassischen Avantgardefilms schätze ich besonders die Umsetzung der Musik in abstrakten Formen und Zeichen. Sie haben nicht versucht, die Musik mit allen Mitteln mit den Bildern der Natur zu überlagern. Sie haben die Elemente der Bewegung und des Raumes aus der Musik auf die Bilder übertragen, dies ist ihnen, wie ich finde, vor allem unter Berücksichtigung der Zeit und des Standes der Technik, sehr gut gelungen.

Für das Bestreben, Musik und Bild zu verbinden, existiert neben der Bezeichnung der Farblichtmusik, der Optophonetik und des Musikvideos außerdem der Titel der Visuellen Musik.

1.1.5 Die Visuelle Musik

Für den Begriff der Visuellen Musik sind weitere Definitionsversuche vorhanden: „Visuelle Musik ist die Synthese von Bild und Ton im Filmformat“ oder „sie ist Malerei mit Musik und Zeichnen mit Ton“ [33], die Zeitschrift *Relay* definiert „Visuelle Musik ist eine dynamische Kunstform, die visuelles und musikalisches Material so kombiniert, dass es miteinander agiert und einen gemeinsamen Effekt erreicht, den eines alleine nicht erzielt hätte.“ [34] Shirley Clarke hingegen behauptet: „Visuelle Musik ist die visuelle Extension des Tons. Wenn Ton und Bild zusammenarbeiten, ist zu hoffen, dass beide Medien transzendieren und ein neues, drittes Medium werden.“ [35] Eine weitere mögliche Antwort ist das Musikvideo, denn „video“ heißt „ich sehe“. Die übersetzte Bedeutung lautet also: „ich sehe Musik“. Allerdings muss das Musikvideo eher als dynamische Kunstform gesehen werden, bei der nicht nur Musik und Bild, sondern auch Tanz, Choreographie, Mode, Styling, Set und Design zusammenkommen.

[33] Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel, *Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo*, DuMont Buchverlag Köln 1987, S. 53

[34] Vgl. ebenda, S. 53

[35] Vgl. ebenda, S. 53

1.1.6 Der Beginn der Interaktion von Musik und Bild

Peter Weibel beschreibt die Arbeit der Steina und Woody Vasulka so:

„Im elektronischen Medium wurde die Beziehung Bild und Ton auf einer naturwissenschaftlichen Basis, d.h. auf einer (objektiv) technischen bzw. physikalischen statt einer (subjektiv) sinnlichen bzw. sensorischen Korrespondenz erstellt. Dieser Wechsel von der Synästhesie zur Isomorphie, so dass ein und dieselbe elektromagnetische Welle einmal als Ton und einmal als Bild realisiert werden konnte, ist paradigmatisch und könnte am besten als Interaktion von Klang und Bild bezeichnet werden. Audio/Videointerface bzw. Interaktion statt Analogie, Äquivalenz, Korrespondenz, Synästhesie, Synchronomie.“[36]

Das war aus Sicht Peter Weibels der Durchbruch. Die synästhetischen Tendenzen der ersten Jahrhunderthälfte setzen sich in der zweiten Jahrhunderthälfte in den synästhetischen Plastiken, den Klangskulpturen und den synästhetischen Medien fort, was uns zur Kinetischen Kunst und später zur Digitalen Kunst bringt.

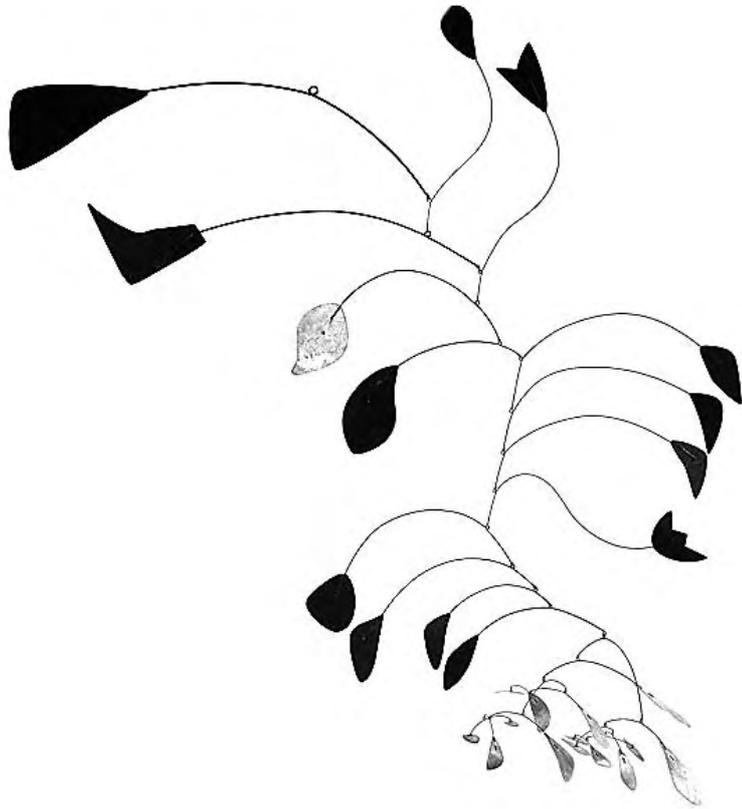
1.1.7 Die Kinetische Kunst – Bewegung

Kinetische Kunst ist eine künstlerische Ausdrucksform, in der die mechanische Bewegung als integraler ästhetischer Bestandteil des Kunstobjekts Beachtung findet. Sie wurde besonders in den sechziger Jahren des 20. Jahrhundert populär. In der Moderne sind ihre Anfänge in den kinetischen Licht- und Bewegungsobjekten Marcel Duchamps und Man Rays ebenso zu finden, wie in den konstruktivistischen Maschinen von Wladimir Tatlin, Naum Gabo, Alexander Rodtschenko und László Moholy-Nagy. Hauptvertreter der kinetischen Kunst sind Alexander Calder (1898-1976) und Jean Tinguely (1925-1991). Ein Bereich der Kinetischen Kunst, der sowohl bei Erwachsenen und Kinder gleichermaßen Begeisterung hervorruft, sind Mobiles, die Calder zu Beginn des 20. Jahrhunderts zu einer selbständig anerkannten Kunstform erhob. Ihr ästhetisch-humorvolle Spielcharakter steht sinnbildlich für die Kinetische Kunst.

[36] Vgl. Weibel, Peter: Von der visuellen Musik zum Musikvideo, in: Veruschka Body und Peter Weibel, Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo, DuMont Buchverlag Köln 1987, S. 102f.

Abb. 14: Mobile Calder

Alexander Calder, 1941, Painted aluminum, approximately 84 1/4 inches high. Peggy Guggenheim Collection. © 2003 Estate of Alexander Calder/Artists Rights Society (ARS), New York.



Jean Paul Sartre schreibt über Calder:

„Grundsätzliche imitiert er nichts, und ich kenne keine Kunst, die weniger täuschend ist als die seine. Die Skulptur deutet die Bewegung an, die Malerei den Raum, die Tiefe und das Licht. Calder aber deutet nichts an: er fängt die wirklichen, lebendigen Bewegungen ein und formt sie. Seine Mobiles bedeuten nichts, beziehen sich auf nichts als auf sich selbst. Sie existieren in sich und das ist alles; sie sind absolut.“[37]

Mobiles sind eine sehr fragile und poetische Form der kinetischen Kunst, sie bewegen sich unschuldig und scheinbar frei in einem doch vorgefertigten mechanischen Gefüge, meist in einer zarten Balance, nie ganz still.

Die Kinetische Kunst ist mir aus zwei Gründen wichtig. Der erste Grund ist, dass Musik nur über Elemente visualisiert werden kann, die sich bewegen, somit wird die Zeit integraler Bestandteil der Kunst – ohne den Zeitaspekt kann Musik meines Erachtens nicht visualisiert werden. Der zweite Grund ist das Element des Zufalls. Calder schafft durch den Aufbau des Mobiles die Rahmenbedingungen, in denen sich das Mobile bewegen kann. Die Bewegung selbst ist aber vom Zufall, dem Wind oder einer Menschenhand abhängig, die das Mobile bewegt. Es handelt sich in der Kinetischen Kunst um tatsächlichen Zufall.

Einschub: Zufall

In meiner Visualisierung treten zwei Arten von Zufall auf: der Zufall in der Musik und im Bild. Der Zufall in der Musik ist ebenfalls wirklicher Zufall, wohingegen der Zufall in der Visualisierung (random) ein künstlich geschaffener Zufall ist.

Tatsächlichen Zufall künstlich zu erzeugen ist sehr aufwendig und stellt in der Wissenschaft ein eigenes Forschungsgebiet dar. Natürliches Verhalten künstlicher Strukturen war in den Vierzigern ein Leitmotiv von John von Neumann. Er war es auch, der „Zellulardautomaten“ entwickelte, die zur Selbstorganisation fähig sind. Neumann legte so den Grundstein für die Entwicklung von Künstlichem Leben. Craig Reynolds boids sind eine Weiterentwicklung dieser Algorithmen.

[37] Popper, Frank: Die kinetische Kunst – Licht und Bewegung, Umweltkunst und Aktion, DuMont Schauberg, Köln 1975, S. 58.

„Musik erschafft Ordnung aus dem Chaos, denn der Rhythmus einigt das Unterschiedliche, die Melodie verbindet das Getrennte, und die Harmonie bringt das Unverträgliche zur Übereinstimmung.“
(Yehudi Menuhin)

I.2 Ein Überblick über die Entwicklung der Korrelation von Bild und Musik aus Sicht der Musik

Da ich in meinem Projekt Klänge nicht rein subjektiv in Bilder umsetzte, sondern tatsächliche Eigenschaften der Töne übertragen möchte, werde ich mich im nächsten Abschnitt dem Thema der Musik zuwenden. Das Thema Musik ist sehr abstrakt und schon bei der Definition scheiden sich die Geister. Zwei Positionen werde ich gegenüberstellen, danach folgt eine Einführung in die Geschichte und Entwicklung der Akustik unter Berücksichtigung der für das Projekt „Nomos“ relevanten Bereiche. Da sich die mathematischen Eigenschaften der Musik am besten am Beispiel der Intervalle veranschaulichen lassen, lege ich den Schwerpunkt in diesem Kapitel auf die Geschichte und die Entwicklung der Intervalle.

I.2.1 Was ist Musik?

Schilling beginnt die Definition der Musik mit einer Aussage Platons: „Nach Plato ist der Name Musik für unsere Kunst zunächst von den Musen entlehnt.“[38] Die Griechen verstanden darunter die Ton-, Dicht-, und Redekunst. Den ersten Ursprung hat der Begriff der Musik in der Natur. Es scheint eine Verbindung zwischen dem Herzen und dem Gehör zu geben. Töne können Empfindungen wiedergeben und so steht die Musik, als geistigste aller Künste auch über der Dichtkunst. Die Musik spricht im Gegensatz zur Malerei sowohl den gebildeten als auch den rohen Zuhörer an. Die Wirkung der Musik verstärkt sich durch den Rhythmus.[39] Harmonie entsteht durch die gleichzeitige Verbindung mehrerer Melodien. Melodie, Rhythmus und Harmonie bilden den eigentlichen Bestand unserer heutigen Musik.

Heinrich Christoph Koch erklärt im musikalischen Lexikon, das die Musik heute „als Kunst durch Töne Empfindungen auszudrücken“[40], bezeichnet wird. Gleichzeitig betont er, dass die Griechen unter dem Begriff etwas anderes verstanden. Sie verstanden darunter nicht nur die Tonkunst und den Tanz, sondern zugleich die Dichtung, Beredsamkeit, Philosophie und Grammatik, kurz alle erworbenen Kenntnisse. Ebenso war die Musik laut Koch untrennbar mit der Staatsverfassung und der Religion verwoben. Keines konnte ohne das andere bestehen.[41]

[38] Schilling, Gustav; das Musikalische Lexikon, 1837, S. 61.

[39] ebenda, S. 62.

[40] H. C. Koch, musikalisches Lexicon, 1802, Sp. 991.

[41] ebenda, Sp. 1008.

Im zweiten Abschnitt bezeichnet Schilling die Musik „als schöne Kunst insbesondere und vom psychologischen Standpunkte aus betrachtet“[42]. Die Musik geht aus dem Menschen selbst hinaus und ist wieder auf ihn gerichtet, sie ist eng mit seinem Wesen verwoben. Schilling positioniert die Musik als die höchste aller Künste. Grundlage der Musik ist die Sprache. „Jede rohe Sprache ist zugleich auch Musik in roher Grundlage.“[43] In diesem Punkt drückt sich Koch ähnlich aus: „ohne Zweifel liegen Gesang und Sprache bei einem noch rohen Volke einander näher, als bei einem ausgebildeten.“[44]

Musik steht bei Schilling in enger Verbindung mit der Poesie. Der Sinn für Musik musste sich im Laufe der Zeit erst entwickeln. Schilling fasst zusammen, dass der Mensch, bedingt durch seine Natur, in allen Stufen der Kultur, die Musik in sein Leben einführt um Gefühle zu verarbeiten und diese auszudrücken. Musik wird von unterschiedlichen Menschen unterschiedlich aufgenommen; sie hat die Gabe Seelenharmonie zu erreichen und Krankheiten zu heilen.

„Poesie ist die Kunst des Geistes, Musik die Kunst der Seele; jene beruht mehr auf Denken und diese auf Empfinden; beide aber, Gefühl und Gedanke, erregen sich wechselseitig und bilden zusammen erst ein vollkommenes Ich.“[45]

Musik ist die älteste der Schönen Künste. Es existiert kein „Erfinder“ der Musik, da diese anfangs lediglich die Nachahmung von Naturtönen und Tierstimmen darstellt. Man kann mutmaßen, dass sich die älteste Musik stets mit Gesang und Tanz verband. Musik ist sehr abstrakt und schwer in Worte oder Bilder zu fassen. Über das Projekt „Nomos“ werde ich den Betrachter auf das zeitlich begrenzte Moment der Musik aufmerksam machen und Emotionen, die durch diese Vergänglichkeit ausgelöst werden, im Moment des Entstehens verdichten.

[42] Schilling, Gustav; das Musikalische Lexicon, 1837, S. 64.

[43] ebenda, S. 65.

[44] H.C. Koch, musikalisches Lexicon, Sp. 995.

[45] Schilling, Gustav; das musikalische Lexikon, 1802, S. 68.

I.2.2 Der Monochord – Ein pythagoreisches Stimmungsprinzip

Bereits in der Antike lieferte die pythagoreische Schule außerordentliche Befunde auf dem Gebiet der Akustik. Besondere Entdeckungen machte sie mit dem Monochord, ein im ganzen Mittelalter verwendetes und bis in die Barockzeit hinein bedeutsames Instrument. Auch für Johannes Kepler (1571-1630) waren die Monochordexperimente für den Beweis von Musikgesetzen in den Planetenbahnen von wesentlicher Bedeutung.[46] Der Monochord ist ein einsaitiges Instrument, bei dem über einen quaderförmigen Resonanzkörper eine Saite gespannt ist. Diese ist an einer Seite fest verankert, auf der anderen läuft die Saite über eine Rolle und wird mit einem Gewicht belastet. Die Saite kann nur durch Zupfen in Eigenschwingung versetzt werden. Diese Schwingung überträgt sich auf den Resonanzkörper und liefert einen deutlich vernehmbaren Ton. Durch die Variation der Länge, (Saite steht unter konstanter Spannung), über einen eingeschobenen Steg, wird der Ton verändert. Beim Halbieren ergibt sich ein zum Grundton harmonischer Oberton. Diesem harmonischen Zusammenklang zweier Töne entspricht das Zahlenverhältnis 1:2, in der Musiktheorie bezeichnet man dieses Intervall als Oktave. Bei einer Aufteilung auf $\frac{2}{3}$ der Länge ergibt sich der angenehme Zusammenklang, der als Quinte bezeichnet wird. Bei einer Aufteilung von $\frac{3}{4}$ der Länge ergibt sich die Quarte.

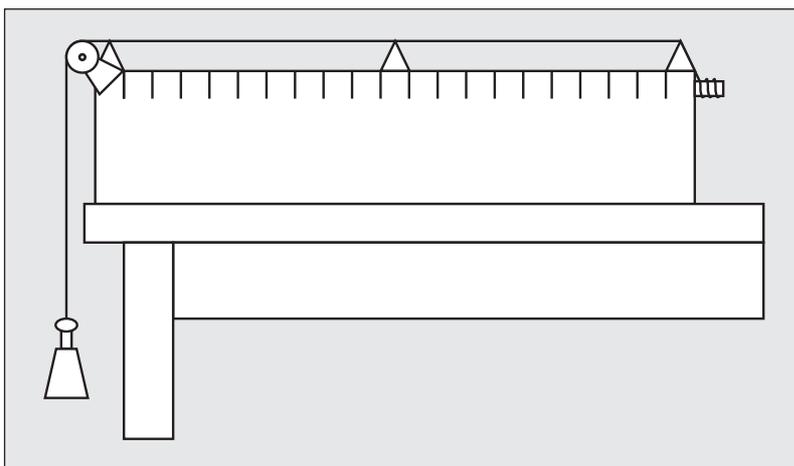


Abb. 15: Monochord
nachgezeichnet aus: Schröder, Eberhard: Mathematik im Reich der Töne, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1982, S. 29.

[46] Vgl. Kepler in „Harmonices mundi IV,I, aus: Kepler, Johannes: Gesammelte Werke, Beck, München 1938.

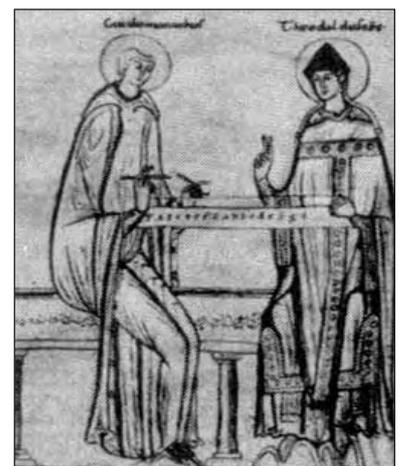


Abb. 16: Arezzo mit seinem Schüler am Monochord
www. wikipedia.de [12.01.2005, 16.59]

Zusammenfassend soll noch einmal betont werden, dass es beim Monochord nicht auf die Länge der Saite ankommt, sondern nur auf die unterteilten Verhältnisse. Wichtig ist somit nicht die absolute Tonhöhe, also die Frequenz der untersuchten Intervalle, sondern nur deren Verhältnis zueinander. Die Längenverhältnisse sind zu den Schwingungszahlen umgekehrt proportional, deswegen kann man entweder mit den Längenverhältnissen oder den Schwingungszahlen rechnen.

Bringt man nacheinander die ganze Saite, dann die Hälfte, ein Drittel, Viertel, Fünftel, ... , bis zum Sechzehntel zum Erklingen, erhält man die Tonfolge der Obertonreihe, die ausnahmslos Töne der C-Dur-Tonleiter enthält.

Verdoppelt man nun jeweils die Saitenlänge und lässt die Töne erklingen, gelangt man zur so genannten Untertonreihe; Töne, die die Grundlage der F-Moll-Tonleiter bilden. Die Tonreihen verhalten sich einander gegenüber reziprok. Die mathematische Reziprozität führt im Bereich der Töne zur Spiegelbildlichkeit der Intervallfolge, die wiederum bei musiktheoretischer Interpretation den Dur-Moll-Dualismus ergibt.[47]

Es existieren nun unterschiedliche Ansätze, die Töne eines Tonsystems aufeinander abzustimmen. Dies bezeichnet man als Stimmung. Eine andere Bezeichnung dafür (insbesondere bei Tasteninstrumenten) ist die Temperatur.

I.2.3 Die Pythagoreische Stimmung

Auf die Pythagoreer geht der Aufbau der Tonleiter zurück, bei der die reinen Zusammenklänge von Quinte und Quarte systematisch verarbeitet werden. Die pythagoreische Tonleiter setzt sich aus fünf großen und zwei kleinen Tonschritten zusammen. Für den großen Tonschritt (Ganztonschritt) erhalten wir:

Quinte/Quarte = $(3/2)/(4/3) = 9/8$. Für den „kleinen“ Tonschritt (Halbtonschritt) ergibt sich auf Basis der bisherigen Rechnung $256/243$.

[47] Schnitzler, Günther: Musik und Zahl, Interdisziplinäre Beiträge zum Grenzbereich zwischen Musik und Mathematik, Verlag für systematische Musikwissenschaft GmbH, Bonn – Bad Godesberg 1976, S. 20

Einschub: Das Pythagoreische Komma

Da sich eine Quinte aus 7 Halbtönen zusammensetzt, müssten sich beim Aneinanderreihen von 12 Quinten eigentlich 7 Oktaven ergeben – es bleibt aber ein kleiner Rest – das pythagoreische Komma. Das ist das Grundproblem der Harmonik, welches es unmöglich macht, ein Instrument so zu stimmen, dass es in allen Tonarten mit absolut reinen Intervallen gespielt werden kann. In der Praxis wird versucht, beim Stimmen von Musik-Instrumenten dieses pythagoreische Komma, also diesen Fehler, möglichst sinnvoll auf alle Töne zu verteilen. Nach verschiedenen Theorien ergeben sich dann die unterschiedlichen Stimmungen.

Um die unterschiedlichen Stimmungen einfacher erklären zu können, möchte ich zuvor die Einheit Cent kurz erläutern.

1.2.4 Das Cent

Ein Cent ist in der Musik die logarithmische Einheit für das Frequenz-Verhältnis eines Intervalls. Die Bezeichnung wurde von dem Engländer Alexander John Ellis (1814-1890) vorgeschlagen und erschien 1875 in seinem Buch: *On the Sensations of Tone* (Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik). Der Vorteil logarithmischer Intervalleinteilungen besteht darin, dass man die Intervalle einfach zueinander addieren kann, statt sie miteinander zu multiplizieren.

Die Einteilung in Cent beruht auf folgender Grundlage: Die Oktave (Frequenzverhältnis: 2:1) wird bei gleichstufiger Stimmung in 12 gleiche Halbtöne geteilt. Jeder Halbton wird wiederum in 100 gleiche Teile geteilt. Einen solchen hundertstel Halbton nennt man 1 Cent.

Verbal:	gr. Terz + kl. Terz = Quinte
in Frequenzverhältnissen:	$5/4 \times 6/5 = 3/2$
Rechnen mit Cent:	$386 + 316 = 702 \text{ Cent}$

I.2.5 Die Gleichstufige Stimmung

Bei der gleichstufigen Stimmung, die auch als gleichtemperierte oder gleichschwebende Stimmung bezeichnet wird, gleicht man das Pythagoreische Komma aus und teilt die Oktave in 12 exakt gleich große Halbtonschritte mit dem Frequenzverhältnis:

$$\Delta f = \sqrt[12]{2} \approx 1.05946309$$

Ein so gestimmtes Instrument enthält außer der Oktave kein einziges „ideales“, das heißt reingestimmtes Intervall mehr (die Abweichungen sind auch durchaus hörbar), in der heutigen Musikwahrnehmung wird dies jedoch allgemein als akzeptabel empfunden. Auch wenn die exakt gleichstufige Stimmung schon lange in der Theorie bekannt war, setzte sie sich aus praktischen Gründen erst langsam zu Beginn des 20. Jahrhunderts in der Stimmpraxis durch.

Heute werden Instrumente mit festen Tonhöhen, wie das Klavier, standardmäßig gleichstufig gestimmt. Manche Orgeln und immer öfter auch Cembali werden aber bewusst mit einer anderen Stimmung versehen.

Hans Kayser weist in seinem Buch *Der hörende Mensch* darauf hin, dass das Tongesetz ein Naturphänomen ist, aus dem sich Tonleitern, Akkorde, Dur und Moll eindeutig ableiten lassen. Auch wenn man sich heute in der Temperierung auf einen Kompromiss einlässt, hält Kayser für die Zukunft eine Durchführung der Reintonik für möglich.[48]

Alle hier aufgeführten Tonleitern bestehen aus 12 Halbtönen. Eine Zerlegung der Oktave kann in beliebig viele Töne erfolgen. Der Maqam (persisch-arabische Musik) oder der Raga, ein Vertreter der Indischen Musik basieren auf 14 Grundtönen.

[48] Kayser, Hans: *Der hörende Mensch: Elemente eines akustischen Weltbilds*, Unveränd., durch e. Vorw. erg. Neudr. d. Ausg. Leipzig 1932, Engelverlag, Stuttgart 1993, S. 51.

Als Resümee und wichtigster Punkt dieser Abschnitte über die Stimmungen lässt sich festhalten, dass eine Differenz zwischen dem reinen Intervall und dem Intervall, das wir heute auf den Instrumenten spielen, vorhanden ist.

Intervall	Genau temperierter Wert	Dezimalwert	Reines Intervall	Abweichung in %
Prime	1	1,000000	1,000	0,00 %
Kl. Sekunde	$\sqrt[12]{2^1} = \sqrt[12]{2}$	1,059463	16/15 = 1,067	-0,68 %
Gr. Sekunde	$\sqrt[12]{2^2} = \sqrt[6]{2}$	1,122462	9/8 = 1,1250	-0,23 %
Kl. Terz	$\sqrt[12]{2^3} = \sqrt[4]{2}$	1,189207	6/5 = 1,200	-0,91 %
Gr. Terz	$\sqrt[12]{2^4} = \sqrt[3]{2}$	1,259921	5/4 = 1,250	+0,79 %
Reine Quarte	$\sqrt[12]{2^5} = \sqrt[12]{32}$	1,334840	4/3 = 1,333	+0,11 %
Verm. Quinte	$\sqrt[12]{2^6} = \sqrt{2}$	1,414214	7/5 = 1,400	+1,02 %
Reine Quinte	$\sqrt[12]{2^7} = \sqrt[12]{128}$	1,498307	3/2 = 1,500	-0,11 %
Kl. Sexte	$\sqrt[12]{2^8} = \sqrt[3]{4}$	1,587401	8/5 = 1,600	-0,79 %
Gr. Sexte	$\sqrt[12]{2^9} = \sqrt[4]{8}$	1,681793	5/3 = 1,667	+0,90 %
Kl. Septime	$\sqrt[12]{2^{10}} = \sqrt[6]{32}$	1,781797	16/9 = 1,778	+0,23 %
Gr. Septime	$\sqrt[12]{2^{11}} = \sqrt[12]{2048}$	1,887749	15/8 = 1,875	+0,68 %
Oktave	$\sqrt[12]{2^{12}} = 2$	2,000000	16/8 = 2,000	0,00 %

Übersicht der Abweichung zwischen dem temperierten Wert und dem reinen Intervall

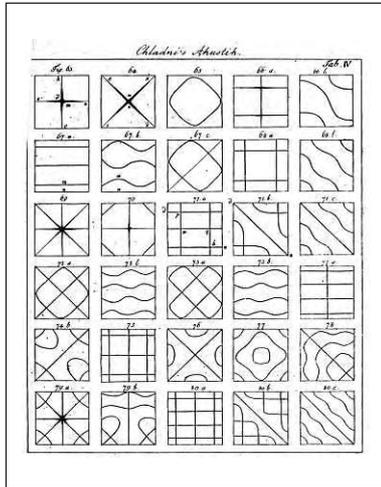


Abb. 17: Chladnische Klangfiguren für quadratische Platten,
aus E. F. F. Chladni „Die Akustik“,
Leipzig 1802 und 1830, S. 99.

I.2.6 Die Chladnischen Klangfiguren

Eine Veranschaulichung von Klang und Frequenzen sind Ernst Florens Friedrich Chladni „Chladnische Klangfiguren“, die er 1787 in seiner Schrift *Entdeckungen über die Theorie des Klanges* veröffentlichte. Chladni war überzeugt, etwas Aussergewöhnliches entdeckt zu haben: die bildliche Darstellung des Klanges, eine direkte Verbindung zwischen den Sinnen, die für ästhetische Wahrnehmung stehen – Sehen und Hören. Angesichts der entstandenen Muster soll er in seiner Überraschung ausgerufen haben: „Der Klang malt!“[49]

Chladnische Klangfiguren sind Muster, die auf einer mit Sand bestreuten dünnen Metallplatte entstehen, wenn diese, mit einem Geigenbogen bestrichen, in Schwingungen versetzt wird. In Folge von Eigenresonanzen beginnt die Platte zu schwingen. Der Sand wird beim Tönen der Platte von den vibrierenden Partien regelrecht weggeschleudert und wandert zu den Stellen, an denen keine Schwingung auftritt. Auf diese Weise werden die Knotenlinien von stehenden Wellen sichtbar gemacht, die sich auf der Platte ausbilden.

Die Menschen waren von den Mustern so sehr fasziniert, dass Chladni seinen Lebensunterhalt als Lehrer und Referent über seine Figuren verdienen konnte und selbst Napoleon sagte: „Dieser Mann lässt die Töne sehen.“[50]

Joachim-Ernst Berendt ist von Chladnis Visualisierung begeistert. Er schreibt in seinem Buch *Nada Brahma – Die Welt ist Klang*, dass es scheint, „als rief der Klang die Staubkörner zu Ordnung und Symmetrie. Der Klang ruft zu Ordnung und Struktur und Schönheit. Er ruft Sterne und Elementarteilchen, Kristalle und Blattformen, Pflanzen und Menschen- und Tierkörper, architektonische Formen und die Erdstruktur.“[51]

[49] Toop, David: *Ocean of Sound*, Serpent's Tail, New York 1995, S. 258.

[50] Vgl. Jenny, Hans: *Kymatik I*, Baskerville Verlag, Basel 1967, S. 19.

[51] Berendt, Joachim-Ernst: *Nada Brahma – Die Welt ist Klang*, Insel Verlag Frankfurt a. M. 1983, S. 116.

I.2.7 Die Musik aus Sicht der Mathematik

Gottfried Wilhelm Leibniz, ein großer deutscher Philosoph und Mathematiker des 17. Jahrhunderts, schrieb:

„Die Musik ist eine verborgene arithmetische Übung der Seele, die dabei nicht weiß, dass sie mit Zahlen umgeht, denn vieles tut sie in Gestalt von unmerklichen Auffassungen, was sie mit klarer Auffassung nicht bemerken kann.“[52]

Die Griechen sahen in Zahlen und ihren Beziehungen einen tieferen Sinn. Es entsprach dem Ideal von Harmonie, dass zwischen den Verhältnissen einfacher ganzer Zahlen und den gängigen musikalischen Intervallen ein Zusammenhang besteht. Charakteristisch für dieses Ideal sind auch die fünf regelmäßigen Polyeder. Es existieren nur fünf Körper, die aus regelmäßigen Vielecken zusammengesetzt sind – die platonischen Körper: Tetraeder, Oktaeder, Hexaeder (Würfel), Ikosaeder, Pentagondodekaeder.

Rudolf Haase setzt die Anzahl der Ecken, Flächen und Kanten mit der Obertonreihe in Beziehung. Es tauchen nur folgende Zahlen auf: 4 – 6 – 8 – 12 – 20 – 30; in einer Obertonreihe auf c bilden sie die folgenden Töne: c“, g“, c“, g“, e“, h“. Haase stellt außerdem fest, dass bei der Übertragung der genannten Zahlen in Intervall-Verhältnisse ausschließlich konsonante Intervalle entstehen, nämlich Oktave, Quinte, Quarte, große Sexte und große Terz.

Eine Reihe von Komponisten und Theoretikern benutzen tonale Gitter, visuelle Gerüste aus einander überschneidenden Linien und Punkten. Darin werden harmonische Beziehungen zwischen den Noten der verschiedenen Tonleitern, die die Komponisten einsetzen, dargestellt. Diese Tonleitern werden auf der Basis einer reinen Stimmung entwickelt, in der die Beziehungen zwischen ganzen Zahlen ausgedrückt werden kann. Im allgemeinen definiert jede Primzahl eine harmonische Funktion und ist einer speziellen grafischen Achse zugeordnet. Erv Wilson begann Mitte der 1960er mit mathematischer Musik zu experimentieren. Zu seinen Forschungsgebieten zählt die visuelle Darstellung der mathematischen Übersetzung von musikalischen Parametern, besonders Tonhöhe und Tonart. In weiterführenden Forschungen entwickelte

[52] Berendt, Joachim-Ernst: Nada Brahma – Die Welt ist Klang, Insel Verlag, Frankfurt am Main 1983, S. 86.

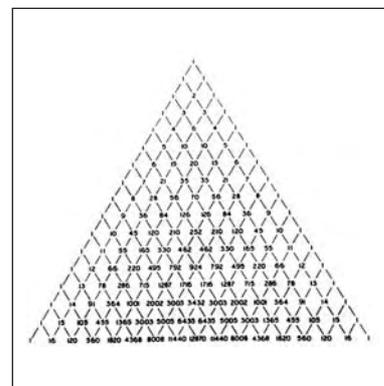


Abb. 18: Das Pascalsche Dreieck aus Woolman, Matt: Sonic graphics - seeing sound, Thames & Hudson, London 2000, S. 35.

Wilson suchte zunächst eine Möglichkeit, das Pascalsche Dreieck zur visuellen Darstellung von Musik einzusetzen. (Der französische Philosoph und Mathematiker Blaise Pascal entwickelte die moderne Wahrscheinlichkeitsrechnung und erfand die Rechenmaschine.)

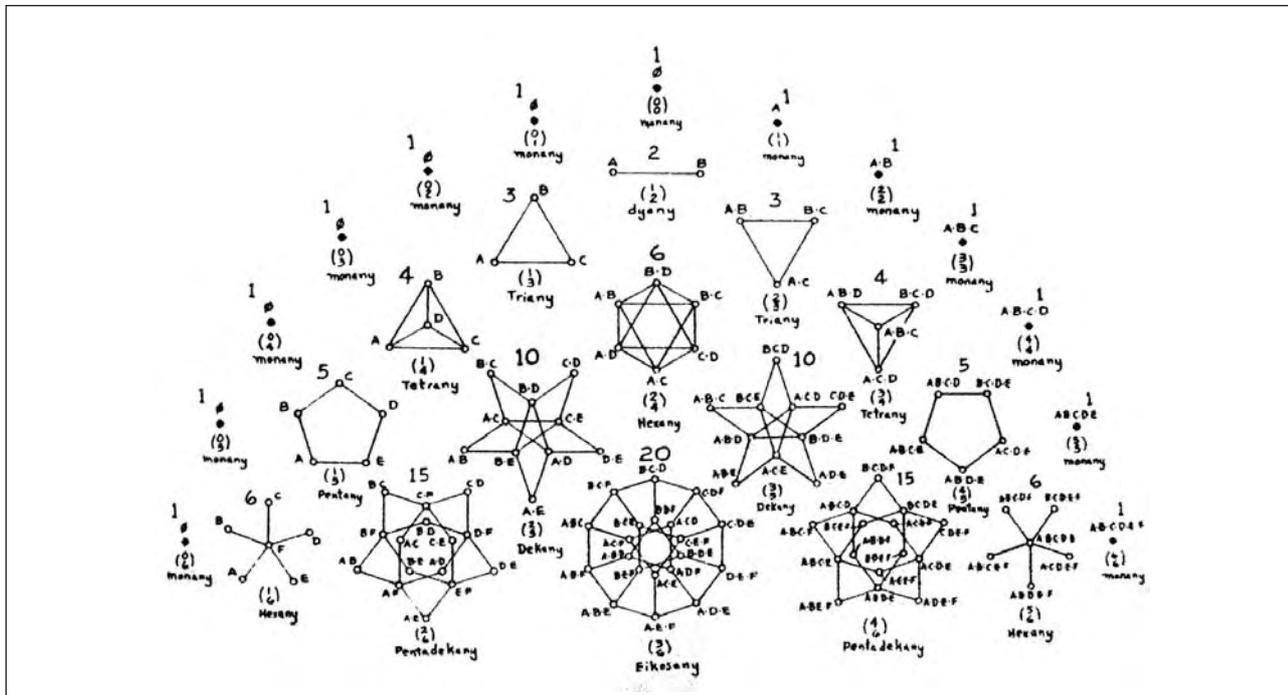


Abb. 19: Tastatur-Lay-Outs von Erv Wilson
 aus Woolman, Matt: Sonic graphics - seeing sound, Thames & Hudson, London 2000, S. 36.

Wilson individuelle Diagramme, die die Tonhöhenkombination repräsentieren. Auf dieser Grundlage entstand ein Keyboardprogramm, das alle Tonhöhenkombinationen enthält. Die Reihen stammen aus der untersten Reihe der Pascalschen Dreiecks-konstruktion.

Der Abschnitt „Mathematik und Musik“ mündet in den Bereich der „Das Verhältniss und die Proportion in Musik und Bild“, der die beiden großen Abschnitte „Bild und Ton aus Sicht der Kunst und der Musik“ verbindet.

I.2.8 Das Verhältniss und die Proportion in Musik und Bild

„Bei einer gleichmäßigen Einteilung der Oktave in 12 Halbtöne wird eine besondere Gesetzmäßigkeit gültig, die wir letztlich Pythagoras verdanken. Die zunächst von ihm erkannten Zahlenverhältnisse 2:1 für die Oktave, 3:2 für die Quinte, 4:3 für die Quart usw. sind die eigentlichen Vorläufer für den mathematischen Harmoniebegriff.“[53]

Die Pythagoreer waren motiviert durch den Glauben:

„Dass die Bahnen der Sterne, aber auch die Gesetze der musikalischen Harmonie und der architektonischen Schönheit bestimmt waren durch einfache (...) Verhältnisse ganzer Zahlen: Die ganze Welt ist Harmonie und Zahl.“[54]

Auch für Lohmann ist Harmonie die „mit letzter Absolutheit mathematisch bestimmbare und bestimmte Struktur der Oktave aus den Prinzipien der *symphonia de diaphonie*“.[55]

„Das richtige Verhältnis in den Empfindungen aufzufinden, heißt, die Ähnlichkeit dieses Verhältnisses in der Sinneswelt mit einem bestimmten Urbilde des reinsten Zusammenklangs, der tief in der Seele beschlossen ist, aufdecken, anerkennen und ans Licht bringen. Bestände dies Urbild nicht, so könne weder von Harmonie gesprochen werden, noch könne Harmonie jemals die Seele werden.“[56]

Harmonie hatte schon immer etwas mit Verhältnissen zu tun, letztere spielen auch bei der Aufteilung des Menschen eine Rolle. Man hat immer wieder versucht, am menschlichen Körper harmonische Proportionen und den Goldenen Schnitt aufzufinden.

Die klassische griechische Plastik „zeigt eine Kunst, die das Leben widerspiegelt, die ein Ideal im Abbild des Menschen ausdrückt und die Oberherrschaft von Muster und Proportionen anerkennt.“[57] Der Gedanke des Maßes, der Proportion hatte für die Griechen nicht nur einen quantitativen Sinn: *métron* heißt Maß im Sinne des Messens, aber auch „das rechte Maß“ im ethischen Sinn; *lógos*

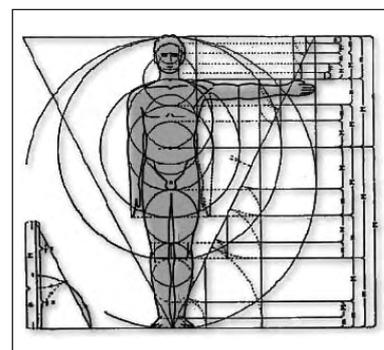
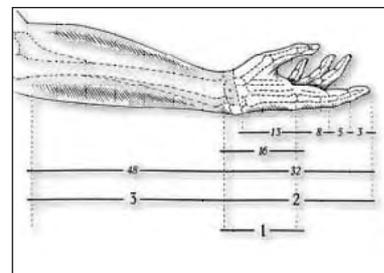


Abb. 20+21: Proportionen

www.wikipedia.de

[02.02.2005, 13.16 Uhr]

[53] Keidel, W.: Der Harmoniebegriff des Pythagoras aus sinnesphysiologischer Sicht, in „Musik und Zahl“ hrsg. Von Schnitzler, G.: Bonn-Bad Godesberg 1976, S. 97.

[54] Meschkowski, Herbert: Denkweisen großer Mathematiker: ein Weg zur Geschichte der Mathematik, Vieweg, Braunschweig 1990, S. 2.

[55] Lohmann, J.: Musiké und Logos, hrsg. Von Giannarás, A., Stuttgart 1970, S. 99

[56] Vgl. Kepler in „Harmonices mundi IV,I, aus: Kepler, Johannes: Gesammelte Werke, Beck, München 1938.

[57] J. Boardman, Griechische Plastik, Main 1987, S.33

bedeutet „Proportion“ (Zahlen- und Längenverhältnis), aber auch „Wort-Sinn“. Nach griechischer Auffassung gaben Zahlen und ihre Verhältnisse einen Einblick in die wahre Natur der Sache. Nach Platon ist der Mensch das Wesen, das „Gefühl für Ordnungen und Unordnung in den Bewegungen hat, für das also, was man als Rhythmus und Harmonie bezeichnet“. Es geht also nicht um abstrakte Maßverhältnisse, sondern um den organischen Aufbau des Ganzen, zunächst des menschlichen Körpers, dann aber auch um den lebendigen Zusammenhang des menschlichen Mikrokosmos etwa mit dem Tempel und schließlich mit dem Kosmos (eigentlich: „Schmuck“, „schöne Ordnung des Ganzen“) überhaupt. In der Zeit der Renaissance entstand eine Lehre von den Proportionen in Architektur und Malerei, deren ästhetisches Credo in mathematischen Termini etwa so formuliert werden kann: Harmonie und Schönheit in der Kunst werden bestimmt durch gewisse ausgezeichnete Verhältnis-Zahlen (d.h. positive reelle Zahlen), die entweder von besonderen geometrischen Figuren (insbesondere den regelmäßigen Vielecken und Vielfachen) und Konstruktionen stammen oder zumindest durch die Verhältnisse von (nach Möglichkeit kleinen) natürlichen Zahlen gut approximiert werden können.[58]

In der Kunst und der Architektur steht der „Goldene Schnitt“ als Inbegriff für Ästhetik und Harmonie. Mit dem folgenden und letzten kurzen Exkurs über den „Goldenen Schnitt“ schließt die geschichtliche Einordnung der Musik, bevor im letzten Teil des ersten Kapitels die „Computerkunst“ vorgestellt wird.

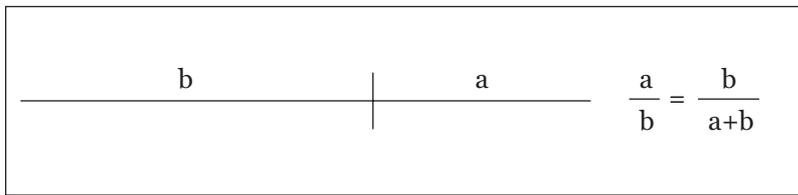
Exkurs: Goldener Schnitt

Der „Goldene Schnitt“ (lateinisch: „sectio aurea“) ist eine sehr spezielle Proportion, die schon in der Antike als „stetige Teilung“ bekannt und von den Pythagoreern am regelmäßigen Fünfeck und am regelmäßigen Zwölffach (Dodekaeder) entdeckt worden war.[59] Die Abbildung auf der rechten Seite zeigt, wie der Goldene Schnitt konstruiert werden kann und dass er stark mit der Konstruktion des Fünfecks zusammenhängt. Außerdem wird deutlich, dass sich der Goldene Schnitt auf Grund seiner irrationaler Eigenschaften, genau wie das Fünfeck nicht in ein Raster einordnen lässt.

[58] Vgl. Pedoe, Dan: *Geometry and the Visual Arts*. Penguin Books, Harmondsworth, 1976. Reprint: Dover Publications: New York, 1983, S. 99.

[59] Vgl.: Gericke, Helmuth: Bd. 1: *Mathematik in Antike und Orient*. Bd. 2, *Mathematik im Abendland*. Ausgabe in einem Band, Fourier Verlag, Wiesbaden 1992.

Der italienische Renaissance-Gelehrte Luca Pacioli (ca. 1445-1517) hob in seinem Buch über die regelmäßigen Körper *De divina proportione* den „Goldenen Schnitt“ unter dem Namen „Divina Proportio“ („Göttliche Proportion“) voller Begeisterung hervor. Das Adjektiv „divina“ zeigt an, welcher hohen ästhetischen Reiz und Wert er dem „Goldenen Schnitt“ beimaß. Der „Goldene Schnitt“ gilt als der ästhetischste Punkt, um eine Linie zu teilen.[60]



Der Zusammenhang zwischen dem Goldenen Schnitt und der Fibonacci-Folge erschließt sich unmittelbar über deren rekursives Bildungsgesetz. Danach gilt für das Verhältnis aufeinander folgender Fibonacci-Zahlen[61]:

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{a_n + a_{n-1}}{a_n} = 1 + \frac{a_{n-1}}{a_n}$$

Das Verhältniss zweier aufeinanderfolgender Fibonaccizahlen der Zahlenreihe stehen im Verhältnis des „Goldenen Schnittes“.

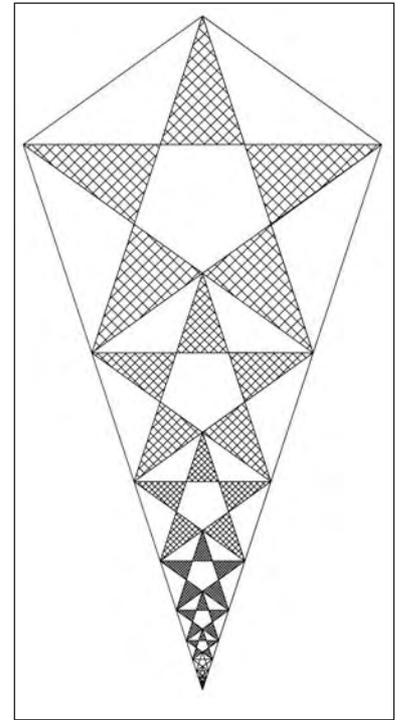


Abb.22: Konstruktion eines Pentagramms

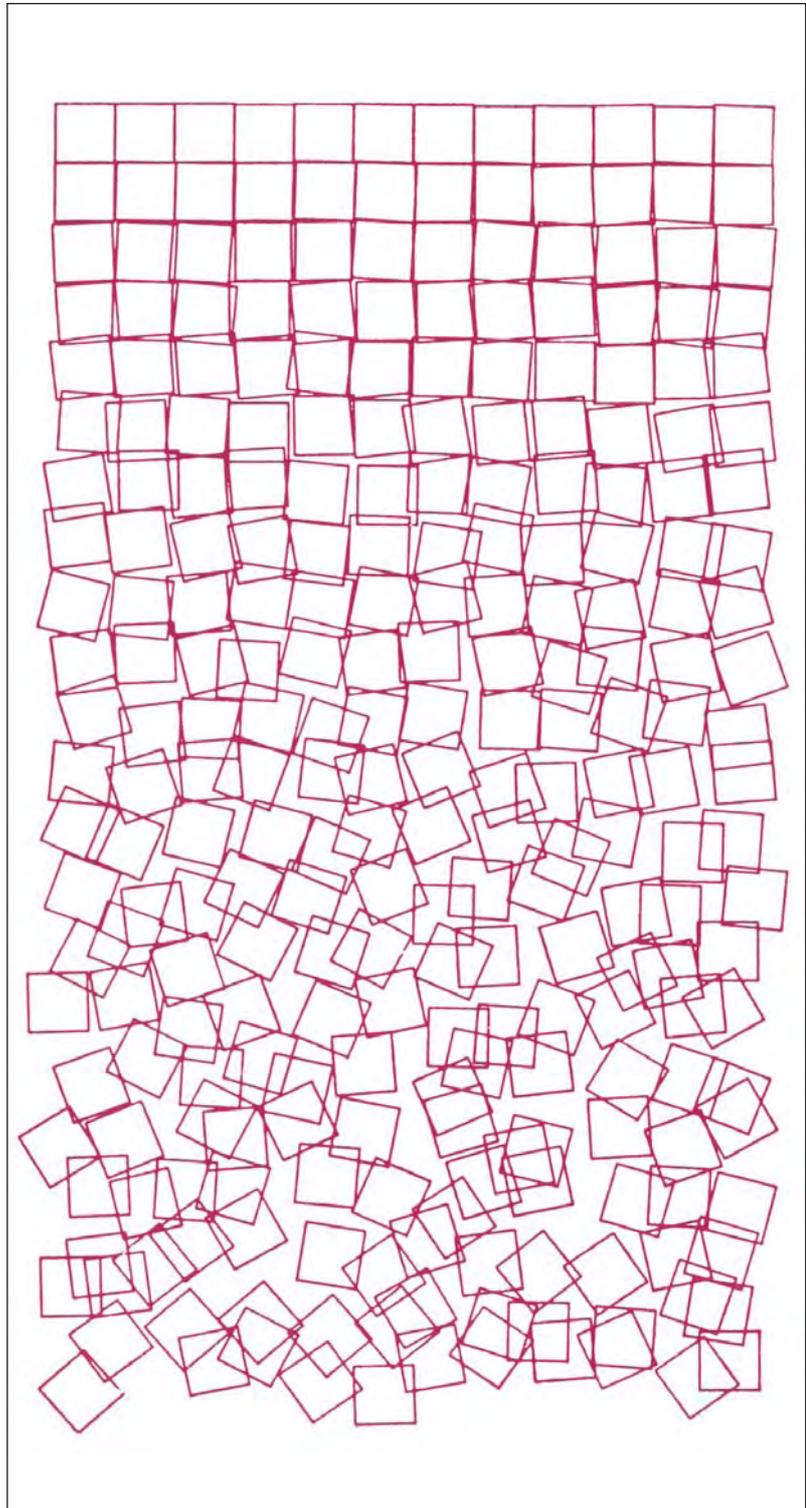
Zeichnung Michelle Rowbotham

[60] Vgl.: Heller, Siegfried: Die Entdeckung der stetigen Teilung durch die Pythagoreer. Abhandl. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin. Klasse f. Math., Phys. u. Technik. Jg. 1958. Nr. 6. Akademie-Verlag, Berlin 1958. und Tropfke, Johannes: Geschichte der Elementarmathematik. 4. Auflage, Bd. 1. Arithmetik und Algebra. Vollständig neu bearbeitet von Kurt Vogel, Karin Reich, Helmuth Gericke.

[61] Vgl.: www.wikipedia.de
[20.02.2005, 16.13 Uhr]

Abb. 23: Gravel Stones

Georg Nees, Gravel Stones (H. W. Franke, 1971) aus Ernst H. Gombich, Ornament und Kunst, S. 106.



I.3 Ein Einblick in die Computerkunst

Seit es Computer gibt, werden diese auch für künstlerische und ästhetische Zwecke eingesetzt. In den frühen 60er Jahren entstanden die erste computergenierte Musik und die ersten algorithmischen Zeichnungen – die Anfänge der Digitalen Kunst. Die Digitale Kunst lässt sich in vier Kategorien unterteilen: die Algorithmische Kunst, die Interaktive Kunst, die Software-Kunst und die Netz-Kunst, mit dem jeweiligen Schwerpunkt der Geschichte, der Ästhetik, des Konzeptes oder der Technik. Natürlich lassen sich Werke oft nicht exakt in die eine oder andere Sparte einordnen. Digitale Kunst benötigt in den meisten Fällen Algorithmen (Entscheidungsprozeduren, die aus Regeln einer endlichen Folge von eindeutig bestimmten Elementaranweisungen bestehen, die den Lösungsweg eines spezifischen Problems beschreiben.) Die Umsetzung von Algorithmen im Computer geschieht über den „Code“. Algorithmen existierten aber schon lange vor dem Computer. Sie bestanden seit Jahrhunderten in Form von Regelsystemen, Instruktionen, Spielvorschriften, Plänen und Partituren in der Architektur und der Musik. In der Musik spielen serielle und statistische Prozesse, sowohl aleatorische als auch stochastische, kombinatorische, rekursive und fraktale Arbeitstechniken und Algorithmen eine zentrale Rolle. Als Kontrast zu den genauen Regelvorschriften existieren die zufällig gesteuerten Algorithmen. Die Digitale Kunst vereint meist ein sorgfältig ausgewähltes Regelwerk zusammen mit zufallsgesteuerten Algorithmen, die oft zusätzlich vom Betrachter gesteuert werden können.

Im folgenden Abschnitt möchte ich kurz einige ausgewählte Arbeiten und Künstler vorstellen, deren Arbeiten und Konzepte Gemeinsamkeiten mit meinen Ausarbeitungen aufweisen. Einige der Arbeiten stehen zwar mit der Visualisierung von Musik in keinem direkten Zusammenhang, besitzen jedoch interessante generative Ansätze, die den Anspruch erheben, Informationen ästhetisch ansprechend über einen Code in Bilder umzuwandeln.

Abb. 24: Marius Watz
System_C
<http://www.evolutionzone.com/>
[20.12.2004, 10.24 Uhr]

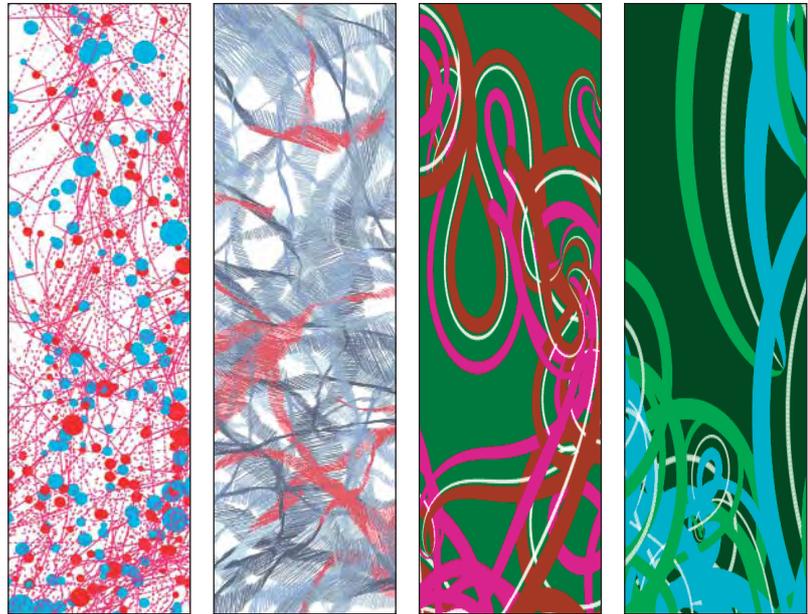


Abb. 25: Ben Fry
Anemone
<http://acg.media.mit.edu/people/fry/>
[10.12.2004, 13.28 Uhr]



I.3.1 Marius Watz

System_C, 2004.

System_C ist eine zeitbasierte Zeichenmaschine, ein selbstorganisierendes System, das basierend auf Regeln und Zufallsalgorithmen selbständig Bilder generiert. Autonome „Agenten“ bewegen sich über die Bildfläche und hinterlassen Spuren, die von den Besuchern auf zwei Projektionen betrachtet werden können.

Der Zeichenprozess basiert auf einem einfachen kinetischen System. Über die Faktoren Geschwindigkeit und Richtung jedes einzelnen Agenten, die sich ständig verändern, werden die Bilder unterschiedlich und abwechslungsreich. Watz' Designs haben organische, manchmal vegetabile Qualitäten, die sich ständig in Entstehungs- und Veränderungsprozessen abbilden und dabei auf naturhafte Vorgänge anspielen.[62]

[62] Vgl.:
<http://www.evolutionzone.com/>
[20.12.2004, 10.24 Uhr]

I.3.2 Ben Fry

Anemone, 2000

Anemone nutzt das Verfahren des organischen Informationsdesigns, um die sich verändernden Strukturen einer Webseite zu visualisieren. Ben Fry versucht die Frage nach dem Aussehen einer, bzw. vieler Webseiten, zu beantworten, allerdings nicht in einer festen Baumstruktur über ein Grafikprogramm, sondern über eine interaktive Softwarapplikation. Das Programm „Anemone“ demonstriert so Eigenschaften großer, dynamischer Datenströme im Internet.[63]

[63] Vgl.:
<http://acg.media.mit.edu/people/fry/>
[10.12.2004, 13.28 Uhr]

Abb. 26: Golan Levin
Floo
<http://acg.media.mit.edu/people/golan/aves/>
[03.12.2004, 17.41 Uhr]

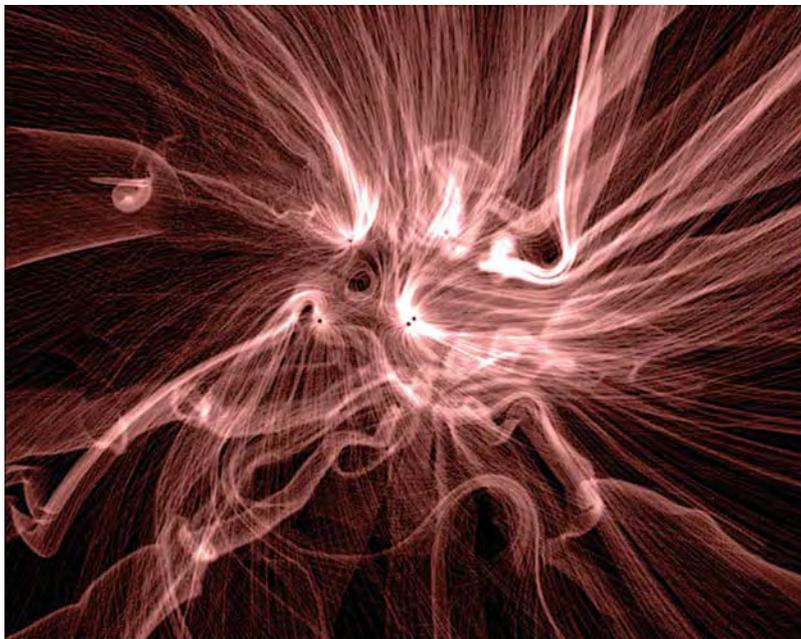
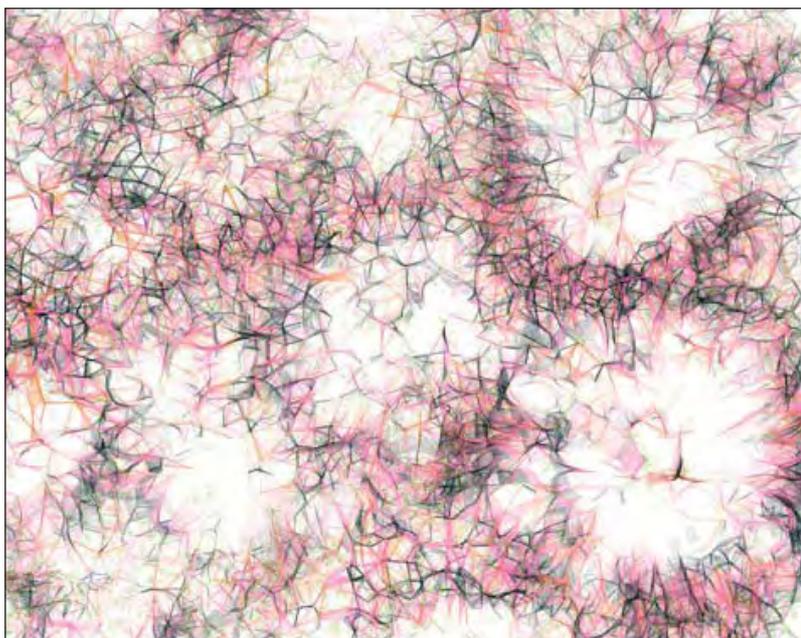


Abb. 27: Casey Reas
Articulate
Still aus einer Live-Interaktion der
Software, <http://groupc.net/>
[13.01.2005, 17.30 Uhr]



I.3.3 Golan Levin

Floo aus Audiovisual Environment Suite, 1999

Floo ist eine Arbeit aus einem Pool von abstrakten, interaktiven Arbeiten. Floo bewegt seine zersteuten und weichen, gebogenen Ranken als Antwort auf die Bewegungen des Betrachters.

Golan Levins Arbeit konzentriert sich auf die Gestaltung von Real-time-Umgebungen, die den Betrachtern erlauben, mit abstrakten Formen, Farben und Klängen zu interagieren. Die expressiven und bewegenden Eigenschaften der abstrakten Formen sind wichtige Ergänzungen zu anderen visuellen Medien wie Text und Grafiken.

Directrix (1998), Flocculus (1999), Meshy (1998), Aurora (1999) und Curly (1998) sind weitere Arbeiten aus der Reihe Audiovisual-Environment Suite.[64]

[64] Vgl.: <http://acg.media.mit.edu/people/golan/aves/>
[03.12.2004, 17.41 Uhr]

I.3.4 Casey Reas

Articulate, CD-ROM, 2004

Casey Reas' Ausgangspunkt der Software-Entwicklung waren die Grundannahmen von Sol LeWitt über Konzeptkunst sowie dessen Regieanweisungen für Handwerker, die seine Wandbilder in die Realität umsetzen sollen.

Dakadaka, SeoulB, SeoulA, TI, Furrow, Articulate, MicroImage, Ora, Tissue, RPM, Cells und Edge sind weitere Arbeiten Casey Reas, die unter dem Begriff der Struktur-Visualisierungen subsummiert werden können. Sie enthalten generative Algorithmen mit Zufallselementen, die von selbst Bilder erzeugen.[65]



Abb. 28: Sol LeWitt
Bands of Equal Width in Color, 2000,
Linocut on Paper, 73,7 x 73,7 cm , aus:
[www.artnet.com/ag/finearthumbnails.
asp?aid=10484](http://www.artnet.com/ag/finearthumbnails.asp?aid=10484)
[23.12.2004, 10.30 Uhr]

[65] Vgl.: <http://groupc.net/> [13.01.2005, 17.30 Uhr]

Abb. 29: Golan Levin, Zachary Lieberman

Manual Input Sessions,
Photographs from Performing
Technology from the 2004 Whitney
Biennial: The Kitchen, New York City,
April 30 and May 1, 2004
<http://tmema.org/mis/>
[10.11.2004, 15.24 Uhr]

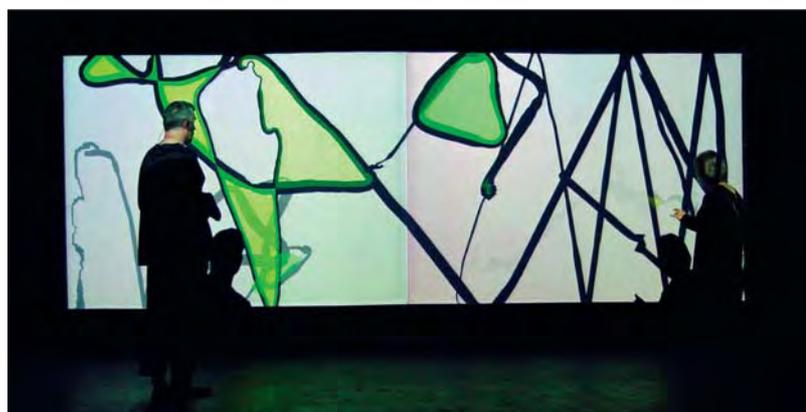


Abb. 30: Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk, Joan La Barbara

Messa di Voce,
<http://tmema.org/messa/messa.html>
[10.11.2004, 17.53 Uhr]

I.3.5 Golan Levin und Zachary Lieberman

The Manual Input Sessions, hand-forms in hybrid light, 2004

Manual Input Sessions ist eine Serie audiovisueller Skizzen, die die Ausdrucksmöglichkeiten der Hände und Finger erproben. Die Performance besteht aus einer eigens entwickelten interaktiven Software, einem analogen Overheadprojektor und einem digitalen Videoprojektor. Der analoge und der digitale Projektor werden so ausgerichtet, dass deren Projektionen sich überlappen und in einem ungewöhnlich dynamischen Licht resultieren. Während der Performance analysiert das Computersystem die Silhouetten der Hände und generiert synthetische Grafiken und Klänge, die mit den Formen und den Bewegungen der Hände zusammenhängen.[66]

[66] Vgl.: <http://tmema.org/mis/>
[10.11.2004, 15.24 Uhr]

I.3.6 Golan Levin, Zachary Lieberman, Jaap Blonk und Joan La Barbara

Messa di Voce, Performance und Installation, 2003

Messa di Voce ist eine Mischung zwischen Performance und Installation für Stimme und interaktive Medien. Sprache, Schreie und Lieder werden von 2 Sängern live vorgetragen und durch eine interaktive Visualisierung unterstützt.

Wenn Sprache sichtbar wäre, wie würde sie aussehen? Messa di Voce macht die Fiktion wahr und übersetzt die Stimme in grafische Formen. Die Gruppe beschreibt die Hauptintention als Phonesthesie oder phonetischer Symbolismus, das Herz des Messa di Voce Projektes.[67]

[67] Vgl.:
<http://tmema.org/messa/messa.html>
[10.11.2004, 17.53 Uhr]

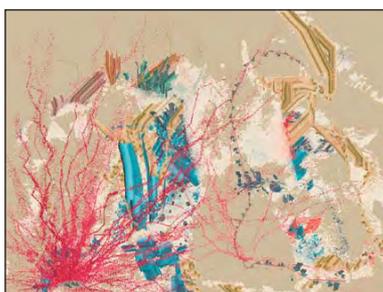


Abb. 31: Camille Utterback
Untitled 5,
<http://www.camilleutterback.com>
[02.01.2005, 13.24 Uhr]



Abb. 32: Cécile Babiolo
Scribbling Waves,
<http://www.babiolo.net/>
[12.01.2005, 14.34 Uhr]

I.3.7 Camille Utterback

Untitled 5', interactive installation, 2004

Untitled 5' ist die fünfte interaktive Installation der „External Measures“ Serie, die Utterback seit 2001 entwickelt. Ziel der Arbeiten ist es, ein ästhetisches System zu erschaffen, das auf physische Bewegungen im Ausstellungsraum reagiert. Eine eigens erstellte Videotracking-Software und eine Zeichensoftware antworten auf die Bewegung mit einem sich ändernden Screen.[68]

[68] Vgl.:
<http://www.camilleutterback.com>
[02.01.2005, 13.24 Uhr]

I.3.8 Cécile Babiolo

Scribbling Waves, 3D drawing-music performance, 2003/4

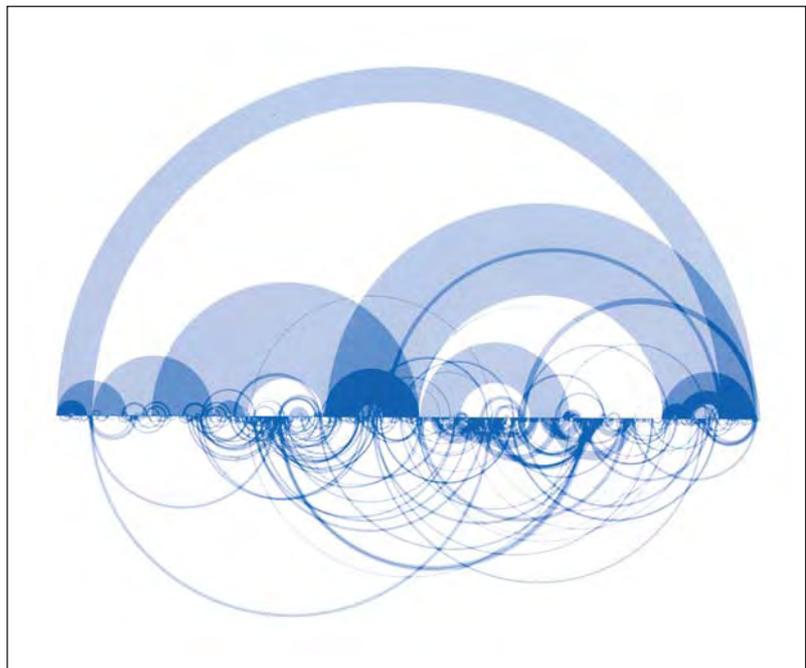
Babiolo zeichnet den Sound in Echtzeit in den 3D-Raum: Die Bewegung der Hand beeinflusst den Klang und zeichnet Linien, die auf dem Screen gezeigt werden. Durch Handgesten interagiert der Benutzer mit dem Programmcode und erzeugt so Bild und Ton simultan. In Kontrast zueinander stehen hierbei die unscharfen Bewegungskordinaten und die Präzision der interpretierenden Software.[69]

[69] Vgl.: <http://www.babiolo.net/>
[12.01.2005, 14.34 Uhr]

Abb. 33: Toshio Iwai
Piano - As Image Media,
<http://ns05.iamas.ac.jp/~iwai/artworks/piano.html>
[02.01.2005, 17:28 Uhr]



Abb. 34: Martin Wattenberg
Arc Diagrams
aus: Maeda, John: Creative Code,
Thames & Hudson, 2004, S. 79.



I.3.9 Toshio Iwai

Piano - As Image Media (1995)

In der Arbeit *Piano – As Image Media* scheinen visuelle Bilder auf einem realen Klavier zu spielen, um dann von der Tastatur aus in die Höhe zu steigen und dort Sternkonstellationen zu bilden. Der Besucher „komponiert“ die Partitur, indem er mit dem Trackball die „Noten“ in Gestalt kleiner Lichtquadrate auf dem Raster verteilt. Die Lichtnoten verwandeln sich in Klang, indem sie sich langsam auf die Tastatur zubewegen und schließlich die entsprechenden Tasten anzuschlagen scheinen. Jeder Anschlag generiert ein diamantenförmiges Licht in jener Farbe, die in der Tonhöhe dem Spektrum des sichtbaren Lichts entspricht. Erklingen die einzelnen Noten zusammen, weiten sich die Lichter rasch zu kristallförmigen Sternen aus, bilden Farbharmonien und Gruppenkompositionen, die auf der zweiten, vertikal über die Tastatur gespannten Projektionsfläche emporsteigen und an ihrem oberen Ende verschwinden, während die Noten verklingen. Dieses Piano spielt mit Licht, und es klingt mit Licht, mit leuchtenden Punkten und Sternen auf schimmernden Netzen im Raum.[70]

[70] Vgl.: [http://on1.zkm.de/zkm/stories/storyreader\\$563](http://on1.zkm.de/zkm/stories/storyreader$563)
[02.01.2005, 17.28 Uhr]

I.3.10 Martin Wattenberg

Arc Diagrams

Martin Wattenberg verwendet die Arc Diagramme, um musikalische Strukturen zu visualisieren. Sie erklären, basierend auf einer Midi-Analyse der Musik, komplexe Muster und Strukturen. Wattenberg führt in einem Gespräch mit John Maeda in „Creative Code“ ebenfalls Chladnis brillante Visualisierung auf, bei der auf einer Metallplatte tanzender Sand zu sehen ist. Aus seiner Sicht bieten uns Computer eine neue Möglichkeit und die Kraft, Design und Informationen zu verbinden.[71]

[71] Vgl.: Maeda, John: *Creative Code*, Thames & Hudson, 2004, S. 79.



Abb. 35: Carsten Nicolai, telefunken, www.raster-noton.de, [03.01.2005, 10.19 Uhr]

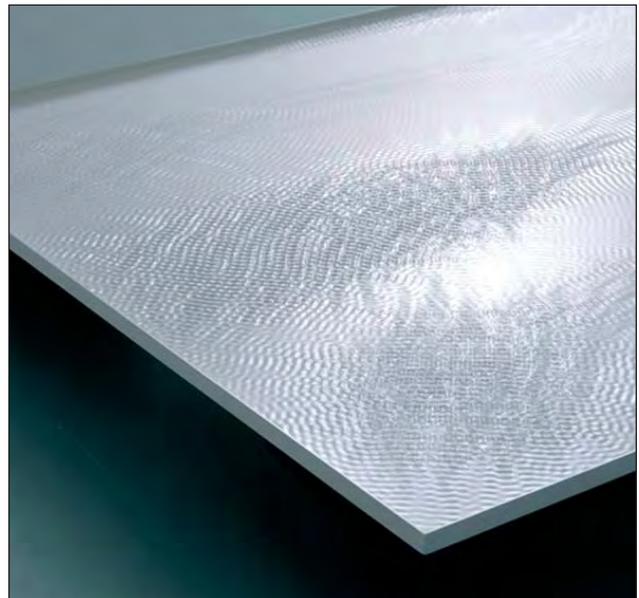
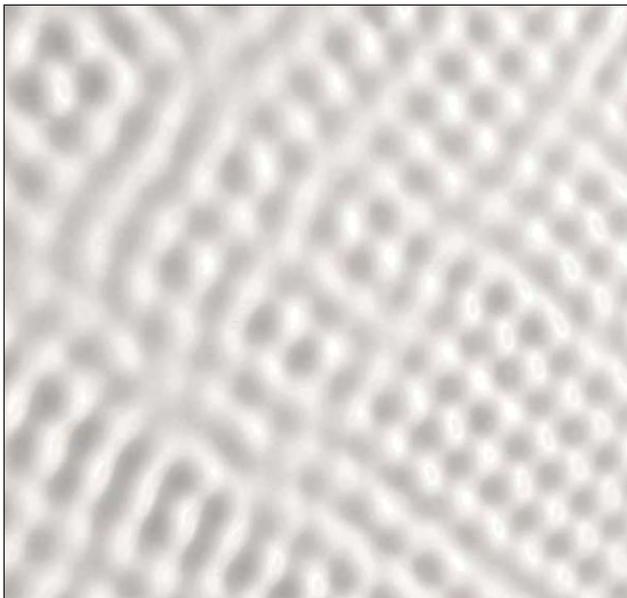


Abb. 36: Carsten Nicolai, Ausschnitte aus milch, www.raster-noton.de, [03.01.2005, 10.19 Uhr]

1.3.11 Carsten Nicolai

telefunken, audiosignal for television, 2000

Carsten Nicolai nutzt die Eigenschaften von Sound/Klang und überträgt diese direkt auf ein visuelles Medium.

Die Arbeit „telefunken“ von Carsten Nicolai ist eine CD-Produktion. Sie enthält sowohl Audiostücke als auch visuelle Arbeiten für den Fernseher. Das Audiosignal wird direkt in den Fernseher gespeist, dieser interpretiert es als lineare Strukturen. Die Stücke sind Testfrequenzen von 50-8000 Hz und weißem Rauschen. Die Audiosignale nutzen Standards der Helligkeitsregler eines S-VHS-Signals.

milch, 2000

milch geht aus einer Reihe von Experimenten hervor, die die Wirkung von tiefen Frequenztönen auf Flüssigkeiten untersuchen. In einer Testreihe wurde Milch in flachen Aluminiumwannen mit Sinus-Schwingungen im Bereich von 10 bis 150 Hz bespielt. Der Ton, der akustisch kaum wahrnehmbar ist, bewirkt, dass sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine Struktur bildet, die sich permanent bewegt. Ähnlich den Klangfiguren von Ernst F. F. Chladni entstehen auch hier komplexe Interferenzmuster, die gleichermaßen Chaos als auch eine gewisse mathematische Ordnung erzeugen. Die Fotografien dokumentieren verschiedene Phasen des Experiments. Aus dem sich stets verändernden Prozess der Transformation von akustischen in optische Phänomene halten die Aufnahmen bestimmte Momente fest und schaffen auf diese Weise eine Visualisierung von Schallwellen in Form abstrakter Gebilde.[72]

[72] Vgl. www.raster-noton.de,
[03.01.2005, 10.19 Uhr]

RELATED ITEMS:

Rhythmus, Code, Pitch, Farbe, Musik, Timbre, Bewegung, Algorithmus, Form, Harmonie, Zufall, Strukturen, Chaos, Ordnung, Logisch, Goedel, Escher, Bach, Sprache, Ton, Wellenlänge, Herz, Komplexität, Geräusch, Kern, Noten, Gedanke, Punkt, Linie, Synästhesie, Loop, Schleifen, Selbstorganisation, Emergenz, Pixel, Licht, Raum, Eleganz, Schlichtheit, Schönheit, Pulsieren, Flächen, zittern, Selbstreproduktion, Naturwissenschaft, Kunst, Mathematik, Prozessverhalten, Kommunikation, Chladnische Klangfiguren, Musik nicht vorhersehbar, nicht wiederholbar, Sinnesorgane, Tanz, Information, Software, Kristalle, Transformation, Konstruktion, Dekonstruktion, Zeit, Verdichtung, Flüchtig, Frequenzen, Artificial Life, Organisation, Farb-Licht-Musik, Hans Richter, Walther Ruttmann, absoluter Film, Oskar Fischinger, Visuelle Musik, John Cage, Klang, Klangfarben, Farbtöne, Optophonetik, Akustik, Visualität, Oberflächen, Proportion, Natur, Wahrnehmung, natürlich, künstlich, Kontrolle, generieren, collagieren, Bedeutung, Leben, Festhalten, Speichern, Vergänglichkeit.

KAPITEL 2: Die künstlerische Umsetzung

2.1 Das inhaltliche Konzept

2.1.1 Die Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein rein musikalisches Erlebnis in ein audio-visuelles Ereignis zu verwandeln, um dem Zuhörer und Zuschauer passend zur Musik ein visuelles Vergnügen zu bieten und den Konzertbesuch angenehmer zu gestalten, um Emotionen zu verdichten und den Zuschauer stärker an das Ereignis zu binden. Versuche, Film und Musik zu verbinden, sind so alt wie das Medium selbst. Die Unvorhersehbarkeit der improvisierten Musik und des Bildes macht den Event anziehend und interessant. Das Konzert wird zu einem synästhetischen Erlebnis – die zeitlichen und räumlichen Eigenschaften der Musik werden auf das Videobild übertragen. Der Musiker bekommt einen Gegenspieler und damit die Möglichkeit der Interaktion. Das Besondere an meiner Arbeit ist, die Verbindung der beiden Künste in Echtzeit, die sich mit dem heutigen „Vj-ing“ vergleichen lässt, mit dem Unterschied, dass ich kein vorproduziertes Bild-Material verwende.

Ich bin überzeugt, so eine interessante Mischung aus Konzert und visuellem Erlebnis zu schaffen, das jedes Mal neu und überraschend sein wird und so den zeitlichen „Zufall“ und die Improvisation aus der Musik auf das Bild überträgt. Angesprochen werden so visuell interessierte Konzertbesucher, die sich zusätzlich zur akustischen Vorstellung eine visuelle Umsetzung wünschen und umgekehrt. Die Musik wird so „greifbarer“, es wird einfacher ihr zu folgen und sie zu genießen. Zusätzlich kann sich der Musiker auf eine Interaktion mit der Leinwand/dem Computer einlassen, er kann mit ihr spielen, beobachten, was passiert, er bekommt ein zusätzliches Instrument um seine Emotionen auszudrücken.

„Nomos“ vereint Elemente der Musik, der Bildenden Kunst, der Mathematik und der Physik und mündet so in einer interdisziplinären Forschungsarbeit. In diesem Zusammenhang analysiere ich die physikalischen Eigenschaften sowie die mathematischen Verhältnisse innerhalb der Musik. Oktave, Quinte, Terz etc. werden

über einen programmierten Code entsprechend auf die Formen der Visualisierung übertragen. Die Audio-Analyse findet mit Max/MSP statt, die visuelle Umsetzung ist in Processing programmiert. Ein weiterer Teil der Arbeit besteht in der Recherche der vorhandenen Arbeiten auf dem Gebiet der Synästhesie zwischen Musik und Bild. Das Endprodukt ist ein auf Klängen basierendes und von Computern in Echtzeit generiertes Video.

Pythagoras verbindet ältere Schöpfungsmythen, mathematische Operationen, musikästhetische Konsonanz-Phänomene, Elemente der Musiktheorie und physikalische Beobachtungen schwingender Saiten zu einer systematischen Kosmologie.

In meiner Arbeit greife ich seine Idee von der Darstellbarkeit der Welt durch die Verhältnisse ganzer Zahlen wieder auf und setze die physikalischen Eigenschaften der Musik mit den Eigenschaften des Bildes in Beziehung. Eine Fortführung dieser Idee kann meines Erachtens nur durch einen Code, ausformuliert werden, aber dazu später.

Zuerst möchte ich auf den Titel des Projektes eingehen: „Nomos, eine interaktive Realtime-Visualisierung improvisierter Musik“ und die Entscheidungskriterien des Projektes im Einzelnen erläutern: „Interaktion“, „Realtime“, „Zufall“, „Visualisierung“ und „Programmierung“ stehen dabei im Vordergrund.

2.1.2 Die Interaktion

Im Mittelpunkt des Projektes steht die Interaktion zwischen dem Musiker und dem Computer/Bild. Töne und Bilder verschmelzen in audiovisueller Synthese und sind tief miteinander verknüpft. Der Musiker löst durch die Klangerzeugung bestimmte Aktionen im Bild aus. Es entsteht ein wechselseitiges, von einander abhängiges System – ein kreatives Zusammenspiel. Die Interaktion von Mensch und Maschine über das Medium Musik. Wie ein unsichtbares Band ist die Musik mit dem Bild verbunden. Über die Klänge kommuniziert der Musiker auf zauberhafte Weise mit dem Computer.

2.1.3 Realtime

Ein weiteres wichtiges Element der Performance ist die Tatsache, dass Bild und Ton erst in dem Moment der Aufführung entstehen. Der Reiz der Performance wird dadurch erhöht, dass Betrachter und Zuhörer nicht wissen, was passieren wird. Unvorhersehbarkeit und Nervenkitzel erhöhen die Spannung und den Wert des Erlebnisses. Außerdem werden die Emotionen des Musikers und der Musik direkt übertragen. Bei einem Standard-Musikvideo wird das Musikstück aufgenommen und genau auf diese Version des Stückes wird das Bild angepasst. Da die Visualisierung bei „Nomos“ in Echtzeit entsteht, gibt sie die Stimmung der Musik, gleich welcher Geschwindigkeit, Intensität oder Gefühlslage, wieder. Die Musik wird für den Betrachter und Zuhörer erfahrbarer.

Durch das Element der Echtzeit-Visualisierung schaffe ich ein ästhetisches Format, welches in der Mitte zwischen Kino und Konzert anzusiedeln ist.

2.1.4 Der Zufall

Als Kontrast zum Regelwerk, welches hinter der Performance steht, spielt das Element des Zufalls eine große Rolle. Der Zufall ist für die improvisierte Musik von großer Bedeutung. Er bildet das Grundelement der Performance und betont damit auch die Einmaligkeit der Aufführung. Für John Cage, den man als Begründer der Einbindung von Zufall in die Kunst bezeichnen kann, sind der Eingriff und die Manipulation des Kunstwerkes durch den Betrachter genau so wichtig wie das Element des Zufalls.[73] Im Falle „Nomos“ wird das „Kunstwerk“ nicht durch den Betrachter, sondern durch den Musiker beeinflusst und manipuliert. Um aus den „Informationen“ der Musik keine Informationsvisualisierung zu erstellen, kein Schaubild, das zeigt, welche Töne wie oft gespielt worden sind, ist auch im „Code“ das Zufallselement mit eingearbeitet. Die Idee der Unvorhersehbarkeit der Performance wird dadurch verstärkt. Für mich ist eine Balance aus Regelwerk und Zufall wichtig. Ein reines Regelwerk wirkt starr und steif und ist nicht geeignet Emotionen zu transportieren, es benötigt eine Störung, etwas menschliches oder unvorhersehbares Zufall, um dem Objekt, in diesem Fall der Performance Leben einzuhauchen. Genau so, wie sich ein von Menschenhand gefertigtes Produkt von

[73] Vgl. Kaprow, Allan: Out of Actions, between performance and the object, 1949–1979, MoCA Los Angeles, New York/London 1998, S.61f.

einem maschinellen durch Charme unterscheidet, symbolisiert der in „Nomos“ eingebaute Zufall das Unperfekte, Zufällige.

2.1.5 Die Visualisierung

Die Musik ist eng mit dem Element der Zeit verbunden, im Moment des Erscheinens sind die Töne schon fast wieder verklungen. Die Visualisierung kann deshalb nur über ein bewegtes Bild erfolgen – ein sich generierendes Videobild. Flüchtige Phänomene bekommen eine Gestalt, einen Körper. Die Sinneswahrnehmung wird dadurch gefordert und sensibilisiert. Keine Bewegung ohne Zeit und umgekehrt. Auch Tänzer verbildlichen die Musik in Form von Bewegungen. So kann in meinen Augen die Visualisierung von Musik nur durch Animationen und sich bewegende Elemente dargestellt werden. So wie gute Musik eine Balance aus Klangfolgen und Stille ist, so ist eine gute Animation ein Mischung aus Bewegung und Verharren. Cage beschreibt den Klang als eine Partnerschaft von Klang und Stille. Kontraste wie schnell – langsam, laut – leise, viel – wenig, groß – klein, eckig – rund, findet man in beiden Bereichen. Die Performance ist eine Verbindung von Musik und Videobild. Das Videobild generiert sich aus einzelnen Frames, die der dafür programmierte Code als Strom von zusammenhängenden, kontinuierlichen Bildern ausgibt.

2.1.6 Die Programmierung

„Algorithmen werden seit Jahrhunderten auf intuitive Weise in Form von Regelsystemen, Instruktionen, Spielvorschriften, Plänen und Partituren in der Architektur und der Musik verwendet.“[74] Der Ausgangspunkt des Projektes „Nomos“ beruht auf der Idee der Übertragbarkeit musikalischer und bildlicher Formen ineinander, basierend auf einer mathematischen Proportionalordnung. Somit ist für mich die Lösung nur über den „Code oder die Programmierung zu erreichen. Unsichtbare Zahlen erzeugen durch regelhafte Kombinationsprozesse geometrisch geordnete Gebilde. Wichtig ist mir hierbei, dass kein vorproduziertes Material verwendet wird, sondern nur durch festgelegte Algorithmen und gesteuerte Zufallsprozesse, in Echtzeit generierte Formen. Der Code besteht, wie Musik, aus einzelnen Bausteinen, zusammen ergeben sie, ein nicht mehr auf die Einzelemente reduzierbares Gesamtwerk.

[74] Ausstellungskatalog, die Algorithmische Revolution, Ausstellungskatalog, Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe 2005, S. 3.

Durch die Form des Codes, der aus einzelnen Rechenoperationen, Zuweisungen und Gesetzen besteht, wird auf den Pythagoreischen Traum, die Welt in einzelne Elemente und deren mathematisch-geometrischen Verknüpfungen zu zerlegen, Bezug genommen. Algorithmen sind somit eine Weiterführung der Idee, die Welt in Zahlen und Verhältnissen zu sehen. Die generativen Ansätze verbinden Bild und Ton zu einer einzigen Geste.

2.2 Die inhaltliche Umsetzung

Ein besonderer Reiz des Projektes liegt in der Verknüpfung von Kunst, Natur und Wissenschaft, künstliche Grenzen sollen aufgelöst und ein sinnlicher Zugang zu Bild und Musik geschaffen werden. Ungeachtet des technologischen und konzeptionellen Hintergrundes soll aber vor allem die Eleganz, Schlichtheit und Schönheit von „Nomos“ wirken. Das Phänomen der Synästhesie soll nicht als ein bloßes neuronales Phänomen, sondern als emotionaler Genuss empfunden werden. Bei der audiovisuellen Live-Performance wird das Tonsignal durch eine bilderzeugende Software analysiert, die die Charakteristik des Tones zur Echtzeitmodifikation von minimalistischen, abstrakten Bildelementen einer Videoprojektion verwendet. So werden Bewegung, Größenverhältnis, Geschwindigkeit oder Farbigkeit der visuellen Objekte zu grafischen Repräsentation des Klangs.

Im Folgenden werden einige Eigenschaften des Klangs analysiert und entsprechend auf das Bild übertragen.

2.2.1 Die Symmetrie

Das Grundelement der Musik ist der Ton. Die Basis aller Töne ist der durch eine Frequenz genau definierte Sinuston. Die Tonhöhe lässt sich in Schwingungen pro Sekunde ausdrücken (Einheit der Frequenz ist Hertz $1\text{Hz}=1\text{m/s}$). Physikalisch ist die Amplitude der Sinuswelle die Lautstärke. Das bedeutet, dass ein Ton aus einer periodischen und symmetrischen Sinuswelle besteht, die je nach Länge der Periode oder Wiederholung einen anderen Ton beschreibt. Symmetrie, Wiederholung und Zyklen sind Eigenschaften des Tones, in „Nomos“ werden diese auf das Bild übertragen. Die grafischen Elemente sind auf einfache geometrische

Formen reduziert. Ihre Grundform ist symmetrisch, durch die Wiederholung und unterschiedliche Anordnung der Elemente entstehen Muster und komplexe Gebilde. Musik besteht im Grunde aus der Kombination von 12 Halbtönen, die durch ihre Abfolge erst zur Musik werden. Auch in der Visualisierung verwende ich nur eine bestimmte Anzahl von Elementen und erstelle erst durch deren unterschiedliche Kombination eine komplexe visuelle Struktur. Musikalische Figuren und optische Figuren sind, was die Gesetze der Symmetrie, der Wiederholung und der Kontraste angeht, den selben Gesetzen unterworfen.

2.2.2 Die Bewegung

„Musik ist Kontinuität des Klangs“, definiert John Cage in seinem Plädoyer für Satie. An diese paradoxe Charakterisierung schließt Eva-Maria Houben an, wenn sie in ihrem Aufsatz über Klang – Stille, Bewegung – Erstarrung Musik als „die Ewigkeit“, die „Unendlichkeit“, das „Beständige“ (...) nur im vergänglichen „Augenblick“, in der „Endlichkeit“, im „Vergehen“ aufzuspüren ist, bezeichnet.[75] Für mich lassen sich die Unfassbarkeit und das zeitliche Element der Musik nur durch Bewegungen visualisieren. Ein statisches Bild kann die Bewegungen in der Musik, wie schnell – langsam, laut – leise, Klang und Stille, nie in dem Maße übertragen, wie es ein bewegtes Bild kann. Die Bewegungen der grafischen Elemente zeigen dem Betrachter die Bewegungen und Rhythmen der Musik.

Die ganze Welt bewegt sich, wir erfahren die Welt durch Schwingung. Vibration, Rhythmus und Töne spüren wir, bevor wir sie sehen. Das Universum ist voller Zyklen, Rhythmen und Wiederholungen, auch der Mensch beginnt sich zu bewegen, wenn er Musik hört, ob es nur ein leichtes Tippen mit dem Fuß, ein Wippen mit Oberkörper oder gar die Bewegung mit dem gesamten Körper beim Tanzen ist. Die Elemente in der Visualisierung besitzen eine unterschiedliche Schwerkraft, um so die Bewegung der kleinen leichten Töne anzutreiben und die der großen trägen zu erschweren. Die visualisierten Töne bekommen so eine zusätzliche Gewichtung.

[75] Vgl. Böhme Tatjana, Mechner Klaus: Zeit und Raum in Musik und Bildender Kunst, Köln [u.a.], Böhlau 2000, S. 99.

2.2.3 Das Raum- und Zeitelement

Der Raum war in der Malerei schon immer Indiz für die Sichtweise der Menschen. Die dargestellte Perspektive spiegelte immer auch die Perspektive der Menschen wider und war so als abstraktes Ordnungsprinzip Metapher für ihre Sichtweise. Auch Immanuel Kant beschreibt Raum und Zeit als „Anschauungsformen der Erscheinungen, sie können selbst äußerlich nicht angeschaut werden.[76] Die nicht greifbare und zeitliche Gestalt des Raumes wird in eine geometrische Struktur verwandelt und verändert so die sinnliche Wahrnehmung des Zuhörers. Musik nimmt den Raum ein, ohne selbst sichtbar zu werden. In „Nomos“ transportiere ich diese Eigenschaft in die Visualisierung. Die Elemente erscheinen in einem virtuellen Raum. Ein Spiel zwischen Vorstellung und Orientierung mit Punkten, Linien und Flächen als Markierungen. Kontraste aus der Musik werden auf den Raum übertragen. Gruppierung und Isolation, Dichte und Leerraum, Licht und Dunkelheit, Innen und Außen, Vorn und Hinten, Leichtigkeit und Schwere, Positiv und Negativ, Ganzes und Ausschnitthaftes, Sichtbares und Unsichtbares vervollständigen die Komposition zu einem komplexen Ganzen. Es entstehen räumliche Strukturen, die sich kontinuierlich verändern. Die Kamera beobachtet die Verschiebungen inmitten eines chaotischen Balkenverhaus oder gleitet langsam durch endlos variierende Raumfluchten. Es folgen ähnliche, aber nie gleiche Räume und Flächen aufeinander. Wie die Wellen einer Meeresbrandung die sich nie gleichen und doch ähnlich sind.

Im Zentrum des Projektes „Nomos“ steht nicht die fotografische Wiedergabe der Realität vor dem Kameraobjektiv, sondern die Umsetzung der musikalischen Informationen in eine andere virtuelle Welt. Das Projekt gehört so zu dem von Lev Manovich beschriebenen Digital Cinema. Es verbindet unterschiedliche Techniken zu einer weit offener verfassten Konzeption des kinematografischen Raumes. Die zeitliche Linearität der in den Bildern erzeugten Narrationen wird aufgebrochen. Die unerschöpfliche, unendlich variable, zeitbasierte audiovisuelle Struktur verändert sich, formt sich, wird gelöscht und entsteht, formbar im Raum, neu. Chaos und Ordnung vermischen sich zu komplexen Interferenzmustern, einer Visualisierung von Schallwellen in Form abstrakter Gebilde.

[76] Kant, Immanuel: Kritik der reinen Vernunft, Der Transzendentalen Ästhetik, erster Abschnitt. Von dem Raume, §2, A, S. 23.

2.2.4 Die Grundformen

Bei der grafischen Umsetzung der Töne habe ich mich für einfache, geometrische Formen entschieden. Erstens wird somit auch hier Pythagoras Grundgedanke der Zahlendarstellung und der Aufschlüsselung komplexer Sachverhalte in deren mathematische Grundelemente sichtbar. Zusätzlich sind als Verkörperung eines geometrischen Formprinzips eine Linie, ein Quadrat oder ein Kreis abstrakt und sinnleer genug, um offen zu sein für ein weites Spektrum emotionaler Aufladung, welches sich durch die Musik eröffnet. Die Grundformen aller Dinge sind der Punkt und die Linie. Paul Klee schreibt in der *Schöpferischen Konfession*:

„Wenn ein Punkt Bewegung und Linie wird, so erfordert das Zeit. Ebenso, wenn sich eine Linie zur Fläche verschiebt. Desgleichen die Bewegung von Flächen zu Räumen.“[77]

Ich nutze diese Elemente und bilde aus ihnen das Grundraster meiner Visualisierung: Quadrate, die sich aus Linien zusammensetzen. Das Quadratraster ist die Basis vieler künstlerischer Arbeiten z.B. von Max Bill (1908-1994) und Richard Paul Lohse (1902-1988), die der Konkreten Kunst angehören. Ihre Stilmittel sind grafische Zyklen, Serien, Symmetrien und starke Kontraste.[78]

Quadratraster sind außerdem ein Grundelement unserer heutigen rationalen Kultur, Wissenschaft und Technik. Bereits die Römer haben ihren Legionslagern dieses Raster als Ordnungssystem zugrunde gelegt, und typisch sind auch die rechtwinkligen Straßenpläne amerikanischer Städte. Mit der Veröffentlichung der cartesianischen Bewegungsgesetze (1644) und der Begründung der analytischen Geometrie (1637) durch René Descartes (1596 - 1650) wird die Umwandlung von Raum- und Flächenbeziehungen in Zahlenrelationen möglich. Damit kann Raum mathematisiert bzw. digitalisiert werden. Das Koordinatensystem mit x, y und z-Achsen ist heute Basis jeder Computergrafik und -animation. Auch hier wird die Verbindung zu Pythagoras wieder deutlich.

Die Eigenschaften des Rasters mit seinen Symmetrien, seiner Serialität und seinen ordnungsbildenden Strukturen verwende ich, um die Informationen der Musik zu übersetzen. Kontraste erziele

[77] Klee, Paul: Die Schöpferische Konfession, in: Klee, Paul: KunstLehre. Aufsätze, Vorträge, Rezensionen und Beiträge zur bildnerischen Formlehre, hrg. Günther Regel, 2. veränd. Aufl. Leipzig 1991, S.60-66, S. 62 f.

[78] Vgl. Willy Rotzler, Ausstellungskatalog, „Max Bill“, Zürich 1983-84, S. 19.

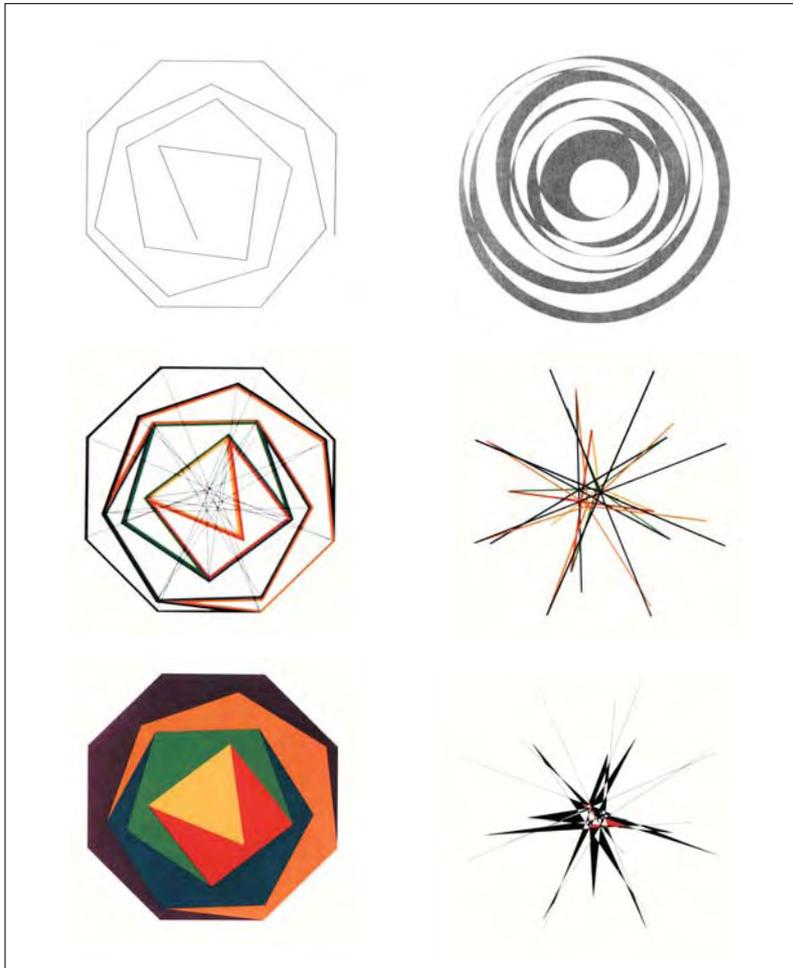


Abb. 37: Max Bill, Variationen
 Fünfzehn Variationen über ein Thema
 Graphischer Zyklus von 16 Litho-
 graphien je 32 x 30,5 cm, Vorzugs-
 ausgabe in Einzelblättern auf
 Bristolkarton, im Besitz des Künstlers,
 aus: Maur, Karin v.: Vom Klang der
 Bilder – Die Musik in der Kunst des
 20. Jahrhunderts, Prestel Verlag
 München 1985, S. 269.

ich durch die unterschiedliche Größe, Anzahl und Verteilung der Formen auf der Fläche.

Die Visualisierung ist aber keine leere Projektionsfläche für beliebige Phantasien, sondern Verknüpfung von Form und Inhalt, Gestalt und Ton. Außerdem möchte ich der Musik nur in begrenztem Maße mein persönliches Bild aufoktroieren. Ich möchte dem Zuschauer das Zuhören der Musik zwar erleichtern, ihm einen weiteren Anhaltspunkt geben, trotzdem soll er Spielraum für eigene Auslegungen und Interpretationen haben. Die Wahrnehmung des Betrachters wird hierdurch intensiviert. Über die Reduktion und den minimalistischen Umgang mit Farbe, Form und Licht wird der Betrachter für die Feinheiten sensibilisiert.

Die Bühne ist der schwarze Raum der Projektion. Die Protagonisten sind Punkte, Linien und Flächen in unterschiedlichen Stärken, Intensitäten, Größen, Opazitäten und Geschwindigkeiten. Bei den Flächen greife ich auf einfache mathematische Formen wie Dreieck, Kreis und Quadrat zurück. Das Quadrat steht sinnbildlich für die Umsetzung der universellen Harmonie des pythagoreischen Grundgedankens.

2.2.5 Quadrat und Reduktion

Die visuelle Umsetzung wird von zwei Tonquellen gesteuert. Eine Tonquelle generiert die Objekte, während die andere die Kameraposition beeinflusst. Beide Tonquellen manipulieren so gemeinsam das Bild. Die Objekte verändern ihre Größe entsprechend den Frequenzen der Musik. So werden Verhältnisse wie Oktave 2:1, Quinte 3:2, etc. direkt auf das Bild übertragen. Bei einer Oktave vergrößern bzw. verkleinern sich die Objekte um die Hälfte. Das Quadrat, zusammengesetzt aus vielen nebeneinander liegenden Linien, ist die zentrale Gestalt der Visualisierung, sie bietet trotz oder gerade wegen ihrer Einfachheit unendliche Variationsmöglichkeiten ihrer einfachen Form. Durch Überlagerung mehrerer Quadrate mit unterschiedlichen Neigungen und Abstand der Linien entstehen immer neue Muster und Formen. Ihre Entstehung wird über die erste Tonquelle gesteuert. Ihre Größe richtet sich nach der Frequenz der Töne. Tiefe Töne erzeugen große Objekte, hohe Töne kleine Objekte. Die Opazität der Objekte richtet sich nach der Lautstärke. Leise Töne unterscheiden sich nur kaum vom Hintergrund, wohingegen laute Töne in starkem Kontrast zum Hintergrund stehen. Die Position und die Rotation werden vom Zufall gesteuert. Die zweite Tonquelle regelt die Entfernung der Kamera oder des Betrachters zu den Objekten. Je tiefer die zweite Tonquelle, desto näher ist der Betrachter am Objekt, je höher die Töne, desto weiter ist der Betrachter vom Objekt entfernt. Die zweite Tonquelle verstärkt so die Wirkung der ersten Tonquelle.

Das Quadrat fasziniert als zugleich absolute und radikal einfache Form mit höchster Homogenität. Auch Kasimir Malewitsch (1879-1935) war von seiner absoluten Form fasziniert, er nannte es „die Erfahrung der reinen Gegenstandslosigkeit“.[79] Großen Mut

[79] Malewitsch, Kasimir:
Supermatismus, Die gegenstandslose
Welt, DuMont Schauberg Köln, 1962,
S.8.

bewies Malewitsch, der zu den führenden Künstlern der russischen Avantgarde des zweiten und dritten Jahrzehnts des letzten Jahrhunderts zählte, mit seinem Bild „Schwarzes Quadrat auf weißem Grund“. Er verzichtete auf jegliche Verzierung, um zur einfachsten Form, dem Quadrat zu gelangen. Der suprematistische Künstler stellt damit die traditionellen Verständnismuster der Kunst in Frage und treibt die Abstraktion auf die Spitze. Malewitsch schreibt über den Suprematismus:

„Vom Standpunkte des Suprematisten sind die Entscheidungen der gegenständlichen Natur an sich bedeutungslos; wesentlich ist die Empfindung - als solche, ganz unabhängig von der Umgebung, in der sie hervorgerufen wurde. Die Empfindungen sind das Entscheidende (...) und so kommt die Kunst zur gegenstandslosen Darstellung - zum Suprematismus.“[80]

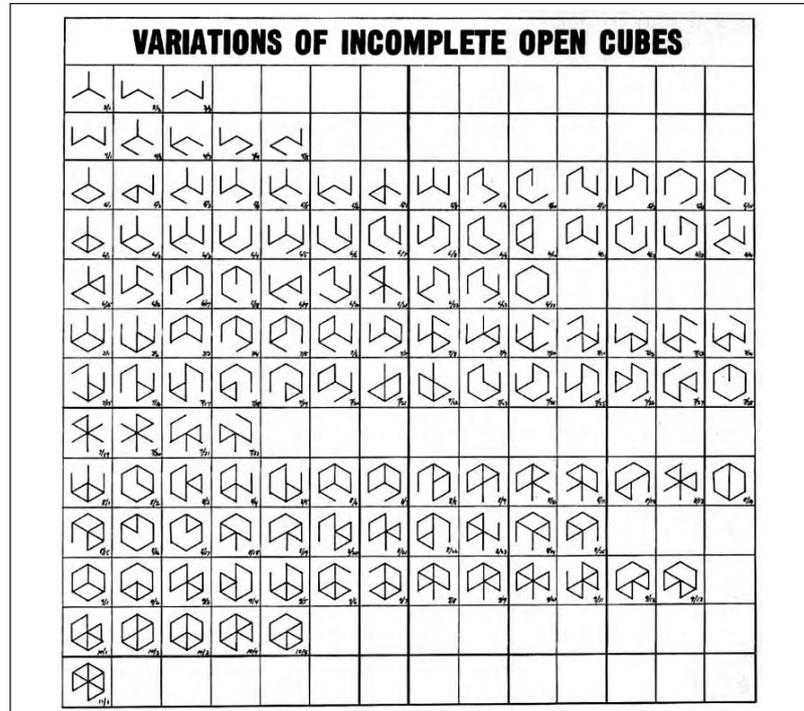
Das berühmte „Schwarzes Quadrat auf weißem Grund“ wurde zur Ikone, zum formlosen Paradigma seiner Zeit. In einem Brief an Moholy-Nagy vom April 1927 schreibt er von seiner Kunst, „deren Inhalt gegenstandslose Empfindungen sind, die mich mit dem All in Einklang bringen“[81]. Ein weiteres Ziel war es, durch die Elimination des „Gegenständlichen“, „Individuellen“ und „Psychologischen“ jenen Einklang mit der Ganzheit der Welt zu erreichen, den Moholy-Nagy die „universelle Harmonie“ nannte.[82] Mit diesem Ausspruch lässt sich der Bogen zurück zu Pythagoras schlagen, dessen Entdeckung darin bestand, die Auswirkungen der verschiedenen Teilungsverhältnisse der schwingenden Saite auf die Tonhöhe zu messen und die dabei festgestellten Zahlenproportionen mit den Phänomenen des Konsonanz-Wohlklangs zu korrelieren. Pythagoras bemerkte, dass die Verwandtschaft oder Gleichheit zweier Töne graduell mit den Verhältnissen der Reihe der natürlichen Zahlen zusammenhängt. Er bezeichnet diesen Verschmelzungsgrad als Harmonie. Das Quadrat als eine der Grundformen der Mathematik steht sinnbildlich für die Umsetzung von universeller Harmonie und Proportion, die sowohl Malewitsch als auch Pythagoras anstrebten.

[80] Wiese, Stephan von: Die gegenstandslose Welt/Kasimir Malewitsch. Mit einer Anm. des Hrsg. und einem Vorw. von Stephan v. Wiese, Neue Bauhausbücher, Mainz [u.a.], Kupferberg 1980 = 1927, S. 65

[81] ebenda S. 22.

[82] ebenda S. 27.

Abb. 38: Sol LeWitt
 All Variations of Incomplete Open
 Cubes, 1974, aus: Baume, Nicholas:
 Sol LeWitt, Incomplete Open Cubes,
 The MIT Press, 2001, S. 13.



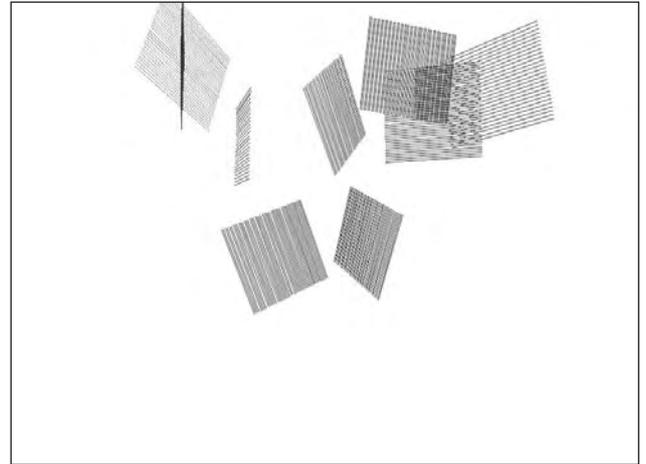
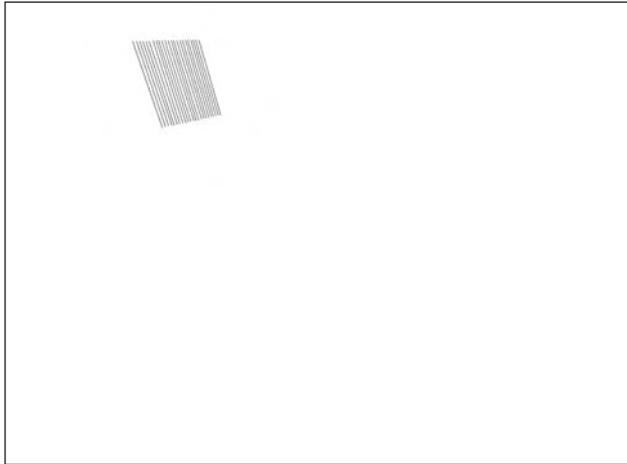
Auch bei Sol leWitt (*1928) gehören die Reduktion der Formen und Inhalte zu seiner Arbeit. Wichtig für LeWitt, dessen Werke der Minimal Art und der Konzept Kunst zu zuordnen sind, ist die Auseinandersetzung mit dem Raum und seiner Wahrnehmung. Die vielfältige Wahrnehmung seiner Werke erklärt sich aus LeWitts Worten, wenn er sagt:

„I use the word „perception“ to mean the apprehension of the sense data, the objective understanding of the idea and simultaneously a subjective interpretation of both.”[83]

LeWitt zeigt, dass Kunst, obwohl sie mit Logik und Wahrnehmung zu tun hat, dennoch auch emotionale Spannung erzeugen kann. Ausgehend von einem einfachen geometrischen Grundvokabular – der Linie, dem Quadrat und dem Kubus – entwickelt er in logischen Kombinationsreihen eine überraschende Vielfalt klarer und durchaus nicht schematisch wirkender Lösungen. „Der Betrachter soll sich im Akt der Wahrnehmung seiner selbst bewusst werden - das ist ein wesentlicher Aspekt der konzeptionellen Kunst Sol leWitts.” [84]

[83] <http://www.wikipedia.de>

[84] Marzona, Daniel: Minimal Art, Taschen GmbH, Köln 2004, S. 64.



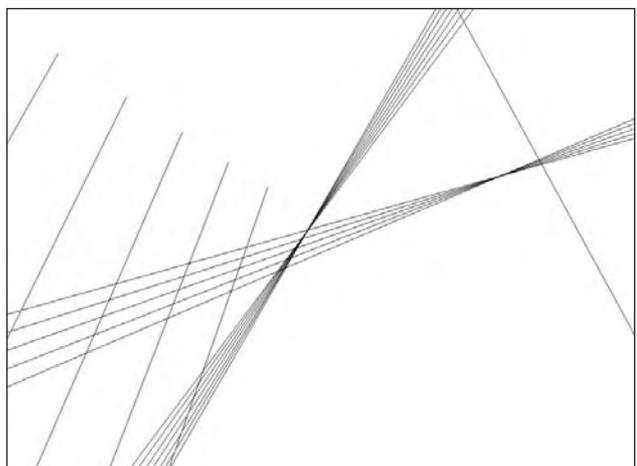
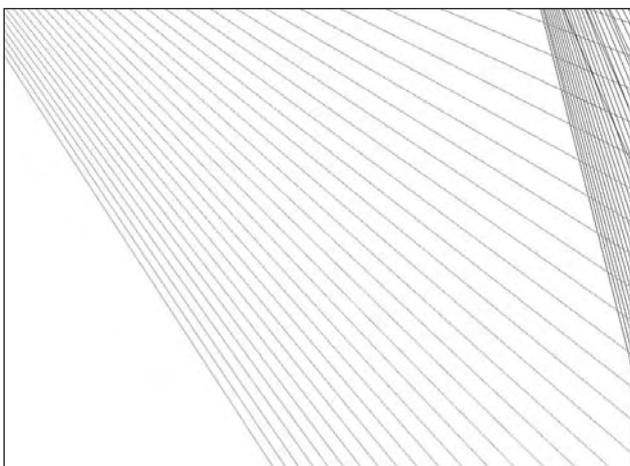
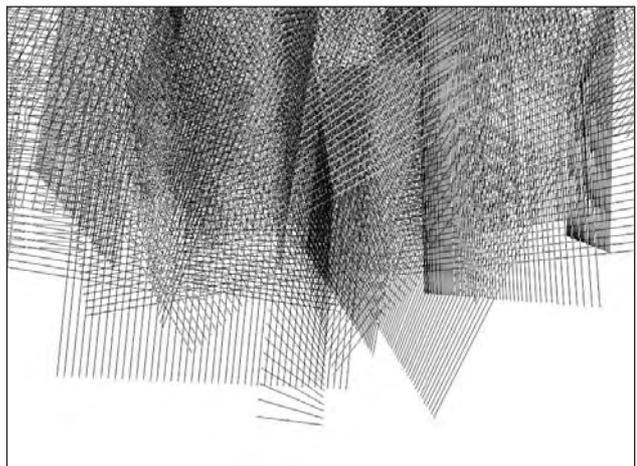
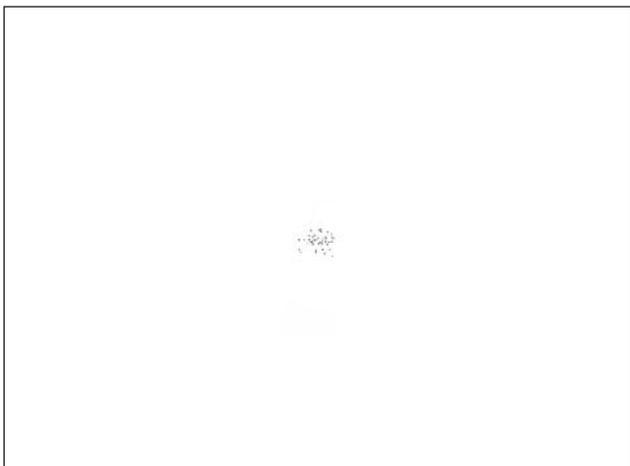
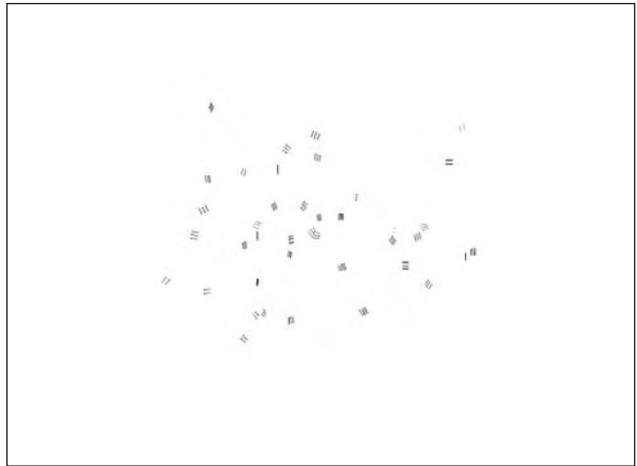
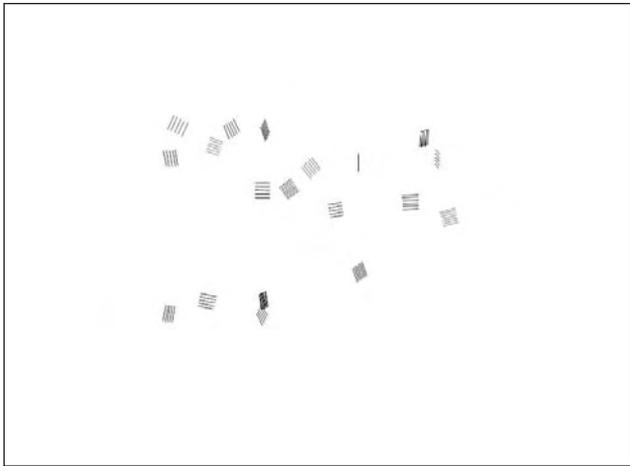
Auch in „Nomos“ (Abbildung oben und folgende Seite) spielt die Reduktion eine große Rolle. Impulse und Klänge in der Musik generieren eine faszinierende Anordnung weißer, horizontaler und vertikaler Balken, die sich bewegen, übereinander legen und so eine unbegrenzte Anzahl von Störungsmustern generieren, die zugleich wissenschaftlich und ästhetisch die Grenze zwischen Hören und Sehen überschreiten.

Abb. 39 bis 46: „Nomos“
Screenshots aus einer Beispiel-
visualisierung, (Scharz und Weiß
umgekehrt, da sonst im Druck schlecht
sichtbar)

In ihrer Grundform abstrakt und minimalistisch, erzeugen sie ein komplexes Ganzes. Linien, die pulsieren, flackern, sich krümmen, zittern und einen Moment ausharren, bevor sie erlöschen, als ob sie unter einer unerträglichen Spannung stünden.

Es entstehen Muster, Anordnungen, Kontraste, Gleichheiten, Proportionen, Gewichtungen, Spannungen und Illusionen. Auge und Denken werden hinein genommen – und lassen sich herein nehmen – in das Zusammenspiel dieser kalkulierten Kräfte und befinden sich „augenblicklich“, in einer musikalischen Bewegung in der Zahl und Gedanke wesensgleich sind.

Vor den Augen des Betrachters entwickelt sich ein abstraktes Schauspiel in mehreren Akten und kurzen Sequenzen, mit dem Ziel formlose Materie entgegen ihrem Widerstand zu formen und die Prozesshaftigkeit und die Bewegung der Musik für den Betrachter/ Zuhörer erfahrbar zu machen.



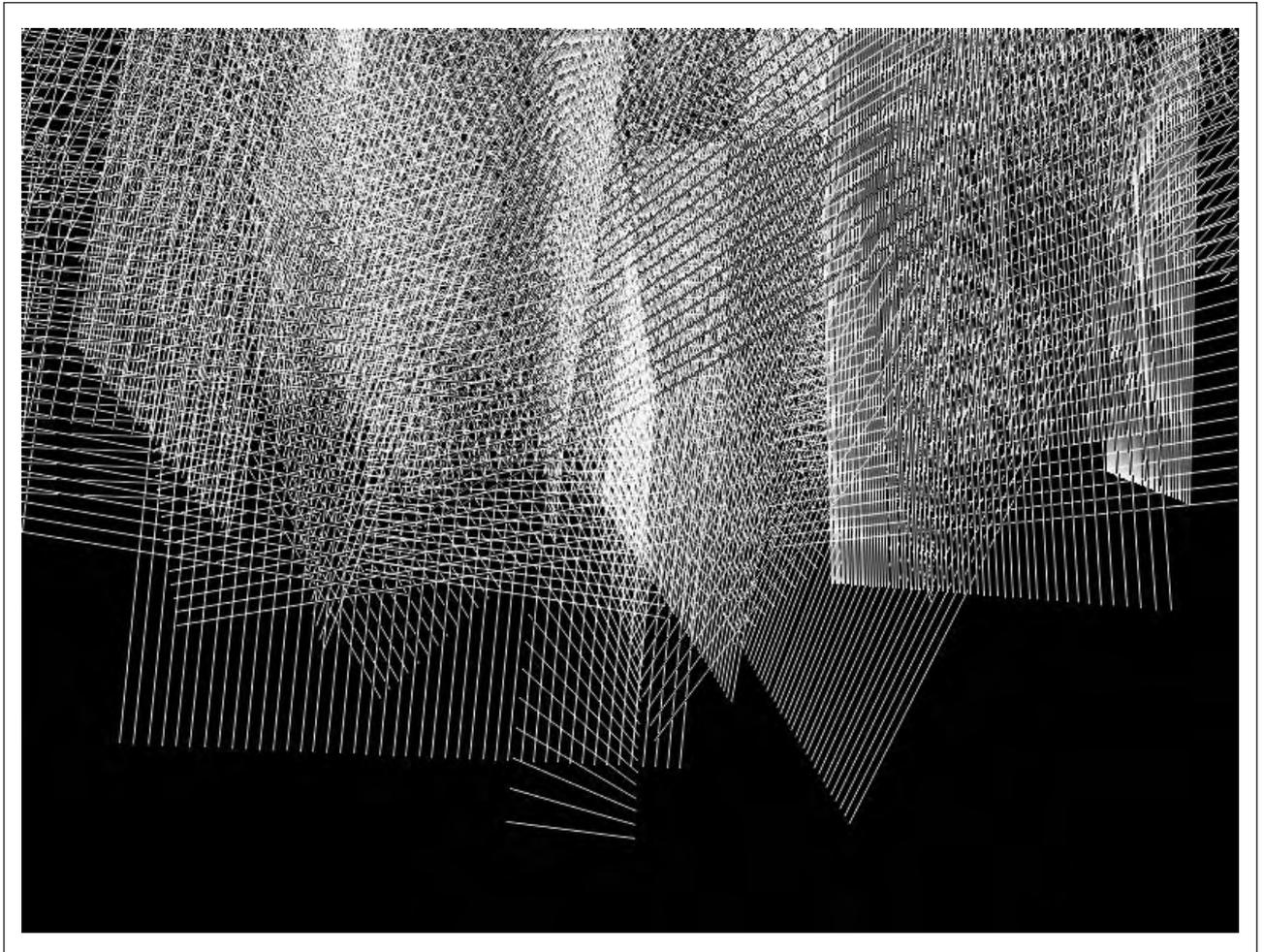


Abb. 47: „Nomos“
Screenshots aus einer Beispiel-
visualisierung, (Schwarz und Weiß im
Original)



2.3 Die technische Umsetzung

2.3.1 Die Hardware

2 Mikrophone

1 Sennheiser, MD 425 (ein dynamisches Mikrofon mit Super-nierencharakteristik) für die rechte Hand des Akkordeonisten. Das Mikrofon muss nah an die Tonquelle, damit nur die Klänge der Tonquelle, insbesondere nur die Töne der rechten Hand aufgenommen werden. Da sich der Balg bewegt, ist für die andere Hand ein Ansteckmikrofon notwendig. Als schwierig erweisen sich die Positionierung und Einstellung des Mikrophones. Jedes

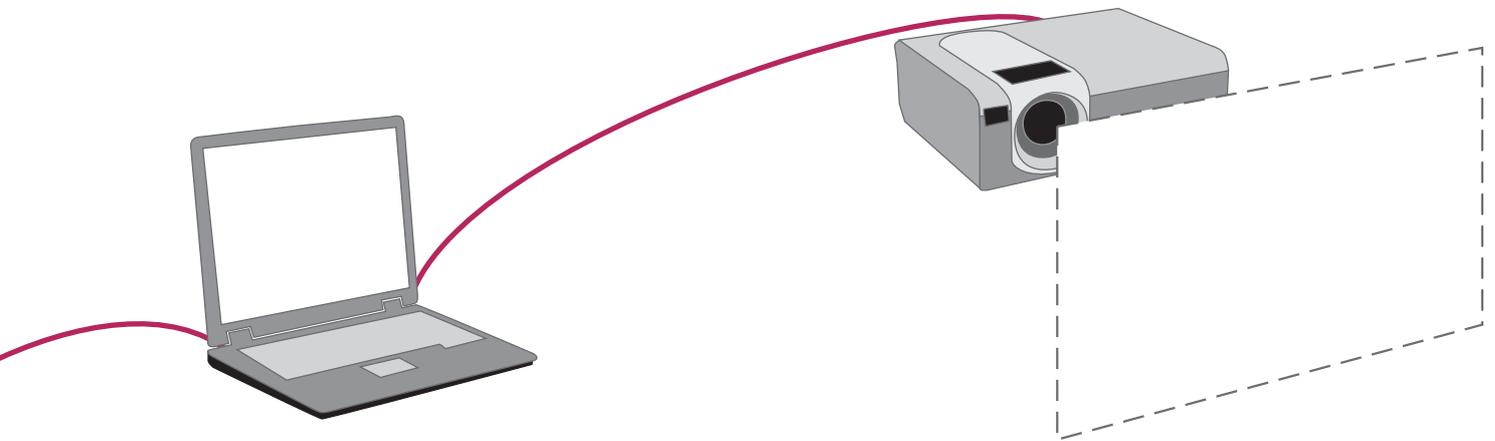


Abb. 48: Schema Technikaufbau

Mikrofon soll nur „seine“ Tonquelle aufzeichnen. Beide Mikrophone werden mit einem XLR-Kabel an das Tascam-Interface angeschlossen. An den Pegelreglern des Tascam-Interface muss das Signal so reguliert werden, dass die Empfindlichkeit nicht zu stark eingestellt ist, sonst nehmen die Mikros auch die Töne der anderen Tonquelle auf. Sind diese allerdings zu schwach eingestellt, werden die hohen Töne nicht mehr erfasst.

Tascam-Interface

Das Tascam-Interface ist ein A/D-Wandler mit 24 Bit Auflösung und zwei analogen Audioeingängen. Es ist die Schnittstelle zwischen den analogen Klängen und dem Computer. Das Gerät wird über ein USB-Kabel an den Laptop angeschlossen.

Computer

Damit die Visualisierung in Echtzeit läuft, sollte die Datenverarbeitung an einem „schnellen“ Rechner erfolgen, die genannte Konfiguration stellt das Minimum dar: Sony Vaio, GRX316MP, 1,6 GHz, 768 MB RAM. Es wäre möglich, die Datenverarbeitung auf zwei Rechner aufzuteilen, ein Rechner für die Soundanalyse und ein Rechner für die Visualisierung des Codes.

1 Beamer

Für die Projektion wird der Computer mit einem Beamer verbunden.

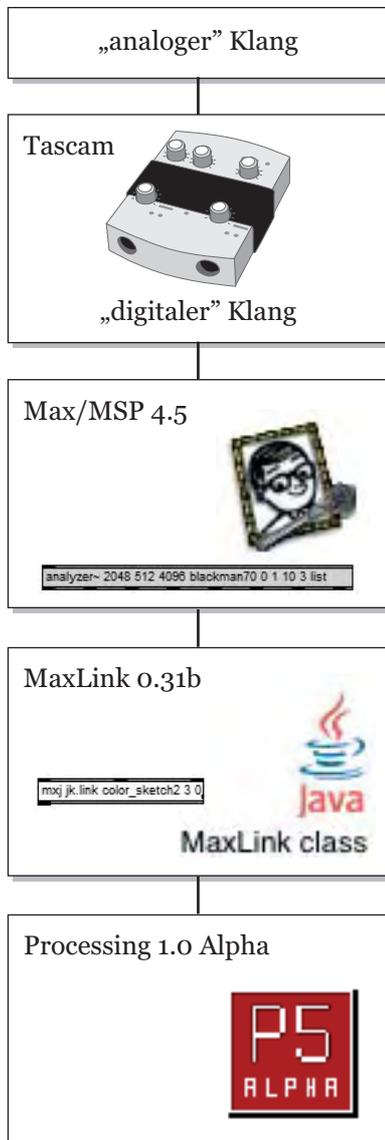


Abb. 49: Schema Software

2.3.2 Die Software

Der Klang wird von 2 Mikrofonen separat, auf zwei getrennten Kanälen, über das Tascam-Interface in den Computer geleitet. Dort wird dieser in der Software „Max/MSP 4.5“ getrennt analysiert.

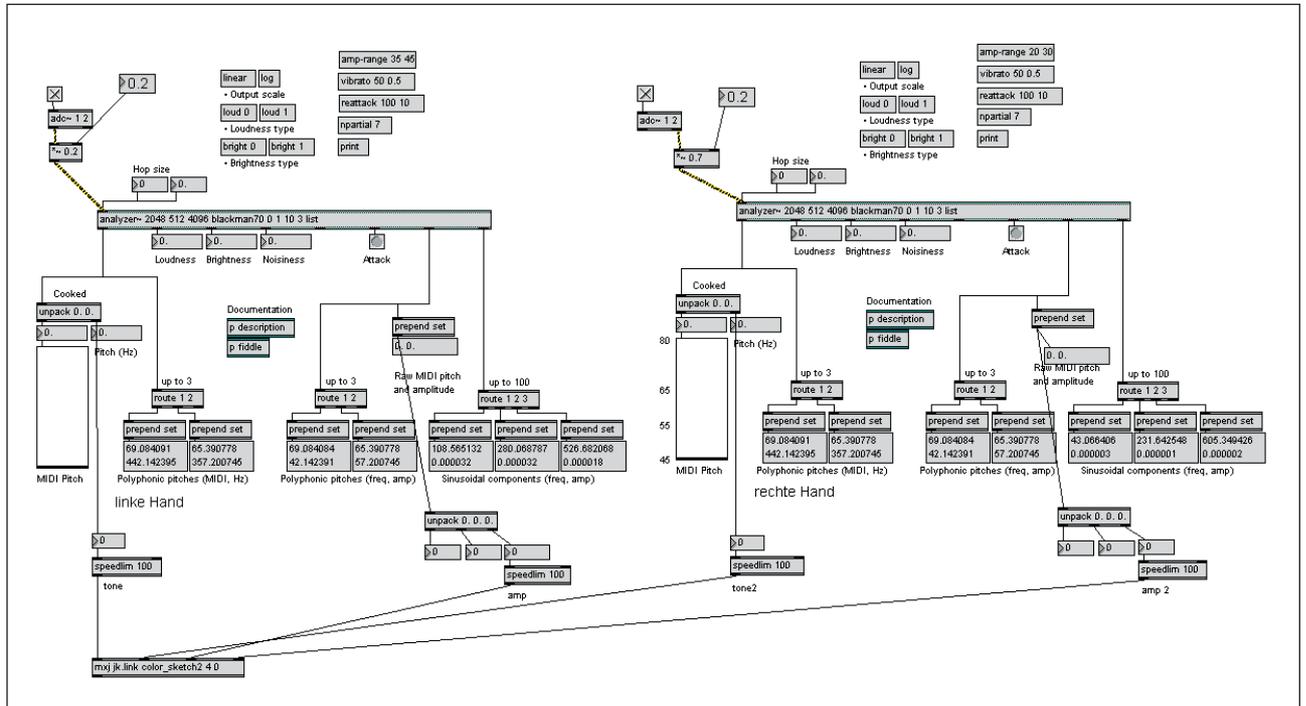
Max ist eine grafische Entwicklungsumgebung für Musik, Audio und Multimedia. Max wird seit 1990 von Künstlern und Performern benutzt und weiterentwickelt. Anfänglich war Max eine reine Entwicklungsumgebung für MIDI (Datenübertragungs-Protokoll für die Übermittlung, Aufzeichnung und Wiedergabe von musikalischen Steuerinformationen zwischen digitalen Instrumenten oder Computern). Später wurde die „MSP“ Erweiterung hinzugefügt, welche Audio Synthese und Analyse ermöglicht. Abgerundet wird das Funktionsspektrum von „Jitter“ – einer Erweiterung für die Generierung und Manipulation von Video in Echtzeit.[85]

Ein Modul (analyser~) führt in Echtzeit eine optimierte Fast-Fourier-Transformation durch und findet so heraus, welcher Ton gerade wie laut gespielt wird. Die Fast-Fourier-Transformation ist ein fundamentales Verfahren in der Signalverarbeitung. Durch die Fast-Fourier-Transformation lassen sich Signale von der Darstellung (Zeitpunkt, Abtastwert) in die Eigenschaften: Frequenzanteil, Amplitude und Phase überführen.

Die Frequenz und die Amplitude jeder Tonquelle werden über die Software „MaxLink“ an das Programm „Processing“ übergeben. Die Java-Bibliotheken von „MaxLink“ ermöglichen die Kommunikation zwischen „Max/MSP 4.5“ und „Processing“ auf Mac und Windows-basis. „MaxLink“ schickt die Informationen über das lokale Subnetz im „Multicasting-UDP-Format“. „MaxLink“ steht auf der Website von processing (<http://www.processing.org>) kostenlos als Download zur Verfügung.

„Processing“ ist eine Programmierumgebung und Sprache, die entworfen wurde, um „Digitale Kunst“ und „Visuelles Design“ zu gestalten. Die Sprache wurde entwickelt, um die Gestaltung von anspruchsvollen visuellen, konzeptbasierten Strukturen zu vereinfachen.

[85] Vgl <http://www.cycling74.com>



In Processing werden vier „öffentliche“ Variablen definiert: „tone“, „amp“, „tone2“ und „amp2“, die Frequenz und die Lautstärke beider Tonquellen. Die Frequenz variiert innerhalb eines Spektrums von 82 Hz bis 3520 Hz. Die Amplitude bewegt sich zwischen 0 und 100 je nach Einstellung auf dem Tascam und in Max/MSP. Über diese Variablen steuert der Musiker die Visualisierung. Für die Diplompräsentation wird die Visualisierung von einem Musiker gesteuert, das System funktioniert auch mit zwei Musikern, von denen jeder eine Tonquelle steuert. Die Grafik auf Seite 79 zeigt den Max-Patch für die Audioanalyse. Der Patch enthält zwei Analyser-Objekte, die die Tonquellen getrennt voneinander analysieren.

Abb. 50: Max-Patch

2.3.3 Nomos – ein Beispielcode

```
MaxLink link = new MaxLink(this,"color_sketch2");
```

```
float zpos = 0.0f;
```

```
public int tone; //Variablen aus Max  
public int tone2;  
public int amp;  
public int amp2;
```

```
float tonealt;  
float tone2alt;  
float ampalt;  
float amp2alt;
```

```
Kristall meinKristall = new Kristall();  
Kristall [] KristallListe = new Kristall[550];
```

```
int KristallZaehler;
```

```
void setup(){  
  ellipseMode(CENTER_DIAMETER);  
  size(800,600);  
  smooth();  
  link.declareInlet("tone");  
  link.declareInlet("tone2");  
  link.declareInlet("amp");  
  link.declareInlet("amp2");
```

```
  tonealt = 260;  
  tone2alt = 100;  
  KristallZaehler = 0;  
  ampalt = 19;  
  amp2alt = 20;  
  push();  
}
```

```

void loop(){
  background(0);
  framerate(60);

  if (!(tone2<tone2alt+2)&&(tone2>tone2alt-2)) {
  for(int i=0; i<KristallZaehler;i=i+1){
    KristallListe[i].neuePosition();
    // nn = tone2alt/tone2;
  }
  tone2alt = tone2;

  Kristall neuerKristall = new Kristall();
  KristallListe[KristallZaehler]=neuerKristall;
  KristallListe[KristallZaehler].setzePosition(int(random(width)),int(random(height)));
  KristallZaehler=KristallZaehler+1;
}

for(int i=0; i<KristallZaehler;i=i+1){
  KristallListe[i].tonanpassung();
  KristallListe[i].bewegeKristall();
  KristallListe[i].zeichneKristall();
  KristallListe[i].lautstaerke();
  KristallListe[i].lautstaerke2();
  KristallListe[i].setRadius();

  if (KristallListe[i].setzeLebensZeit()){
    for (int j=i; j<KristallZaehler;j=j+1){
      if (j==KristallZaehler-1){KristallZaehler--;}
      else { KristallListe[j]=KristallListe[j+1]; }
    }
  }
}
}
}

```

```

class Kristall{
    //int LebensZeit = 0;
    float n;// = 1;
    float xPos, yPos;
    float xNewPos, yNewPos;
    float deck, myrotY, myrotZ, col;
    float radius;
    float balk, gitter;

    Kristall(){
        myrotY = random(0, TWO_PI);
        myrotZ = random(0, PI/2);
        deck = 100;
        col = random(3,7);
        balk = random(5,10);
        if(amp<45) gitter = 20;
        else if(amp<50) gitter = 15;
        else if(amp<55) gitter = 10;
        else if(amp<60) gitter = 5;
        else if(amp<65) gitter = 3;
        else gitter = 2;
    }
    boolean setzeLebensZeit(){
        //println(amp);
        if (amp+amp2< 10) {
            return true;
        }
        return false;
    }
    void tonanpassung(){
        if (!(tone<tonealt+2)&&(tone>tonealt-2))) {
            n = tonealt/tone;
        }
        tonealt = tone;
    }
    void setRadius() {
        radius = 40000/tone2alt;
    }
}

```

```

void setzePosition(int x, int y){
  xPos=x;
  yPos=y;
}

void bewegeKristall(){
  xPos=xPos+(xNewPos-xPos)/2000;
  yPos=yPos+(yNewPos-yPos)/2000;
}
void neuePosition(){
  xNewPos=random(width);
  yNewPos=random(height);
}
void lautstaerke(){
  if (!(amp<ampalt+1)&&(amp>ampalt-1)) {
  }
  ampalt = amp;
}
void lautstaerke2(){
  if (!(amp2<amp2alt+1)&&(amp2>amp2alt-1)) {
  }
  amp2alt = amp2;
}
void zeichneKristall(){
  this.myrotY -=0.005;
  pop();
  push();
  translate(xPos,yPos,870-(4*tonealt));
  rotateY(this.myrotY);
  rotateX(PI);
  rotateZ(this.myrotZ);
  stroke((amp+amp2)*this.col);
  //println(gitter);
  for(int j=1; j<100; j+=gitter){
  line(j,1,j,100);
  noFill();
  }
}
}

```



„Vergleichen lassen sich Farbe und Ton untereinander auf keine Weise, aber beide lassen sich auf eine höhere Formel beziehen, aus einer höheren Formel beide, jedoch jedes für sich, ableiten.“
(§ 748 der Farbenlehre Goethes)

KAPITEL 3: Analyse und Schlussbemer- kungen

3.1 Die Entwicklung

3.1.1 I have a dream

Zu Beginn meiner Diplomarbeit hatte ich nur mein Ziel vor Augen, Musik in Echtzeit in Bilder umzuwandeln. Eine genaue Vorstellung der Umsetzung hatte ich nicht. Ich wusste nicht, ob es möglich war die Idee umzusetzen und welche Technik und Hilfsmitteln nötig waren. Also begann ich zu recherchieren.

3.1.2 Die Entscheidung der Soundanalyse

Bei der technischen Umsetzung schien die Lösung über ein Midi-Instrument am einfachsten, da in diesem Fall der Anschluss an einen Computer schon vorhanden ist. Allerdings schränkt diese Lösung die Wahl des Musikinstrumentes sehr ein, da außer einem Midi-Keyboard, Midi-Instrumente selten und nicht leicht verfügbar sind. Der wichtigste Grund jedoch, sich gegen ein Midi-Instrument zu entscheiden, war sein fehlender Charme. In den meisten Fällen werden Soundfiles per Tastendruck abgespielt und modifiziert, so dass die Musik technisch und gefühllos klingt.

Also suchte ich nach Alternativen, um ein „normales“ Instrument verwenden zu können. Voraussetzung dafür war es, ein Tool zu finden bzw. zu entwickeln, das in Echtzeit eine FFT-Analyse durchführt und herausfindet welcher Ton gerade gespielt wird. Dafür kam nach meinen Untersuchungen nur Max/MSP in Frage. Nach intensiver Recherche und einigen Tests fiel die Wahl auf das Objekt „analyser~“, ein von Miller Puckette und Tristan Jehan entwickeltes Objekt, das separat installiert und dann an die persönlichen Bedürfnisse angepasst werden muss. Hauptinhalt des Analyser-Objektes ist die Zerlegung der Klangkurve in Frequenz und Amplitude. Über die Argumente innerhalb des Analyser-Objektes werden Buffer-, Sprung- und FFT-Größe, Form des Fensters, Verzögerung, Anzahl der Tonhöhen und die Anzahl der Spitzen angegeben. Daraufhin erhält man verschiedene Ausgabe-

werte, von denen Tonhöhe und Amplitude für die Visualisierung verwendet werden. Die Objekte *amp-range*, *vibrato*, *reattack* und *npartial* steuern die Ausgabewerte. Die Werte in den Klammern markieren die Einstellungen und sind frei wählbar.

Amp-range: Dieses Objekt gibt die Untergrenze für die Amplitude (35-45) der zu analysierenden Klänge an, je kleiner der Wert, desto leisere Klänge werden untersucht.

Vibrato: Wenn der Ton über einen definierten Zeitraum von zum Beispiel (50) Millisekunden mehr als einen (0.5) Halbton vom vorhergehenden Ton abweicht, gibt der Analyser eine neue Tonhöhe aus.

Reattack: Das Objekt *Reattack* gibt alle (100) Millisekunden ein Zeichen über einen Bang, wenn die Amplitude um mehr als (10) dB ansteigt.

Npartial: Um die Tonhöhe zu bestimmen, haben höhere Abschnitte ein größeres Gewicht als niedrigere. Diese Zahl beschreibt die Anzahl der Abschnitte (7), die halb so stark wirken wie die elementaren Abschnitte.

Bei ausführlichen Tests mit unterschiedlichen Mikrofonen funktionierte „analyser~“ unterschiedlich gut. Je nach Empfindlichkeit waren die ausgegebenen Werte mehr oder weniger brauchbar. Die Performance betreffend benötigt Max/MSP für die FFT-Analyse ca. 20% der Prozessorleistung, es bleiben so 80% für das System und die Visualisierung.

3.1.3 Die Entscheidung der Bildgeneration

Nachdem die Soundanalyse geklärt war, suchte ich nach einem Programm, mit dem ich die Visualisierung umsetzen konnte. Flash bietet zwar die Möglichkeit der Objektorientierten Programmierung, stellte sich in der Performance allerdings als sehr schwach heraus. Es funktioniert gut für Internetanwendungen mit geringen Datenmengen, nicht aber für mehrere 100 Objekte, die alle einzeln Daten speichern und separaten Regeln folgen sollen. Es schied

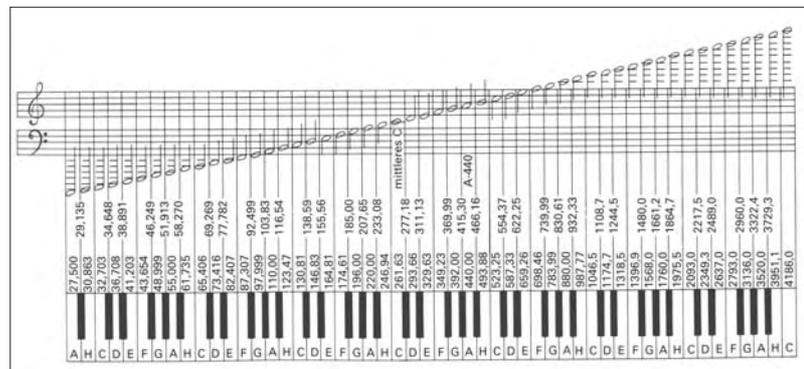
somit aus. Auch die komplizierte Handhabung von Direktor schien mir ungeeignet, zusätzliche war die Schnittstelle zu Max/MSP nicht vorhanden. Blieben aus meiner Sicht nur noch Jitter und Processing. Jitter ist eine in Max/MSP integrierte Programmumgebung, die sich vor allem durch Bearbeitung von in Echtzeit aufgenommenen Videos auszeichnet. Processing ist eine auf Java basierende Programmierumgebung mit zusätzlichen Bibliotheken, die die Programmierung vereinfachen. Viele Beispiele und eine gute Referenz erleichtern den Einstieg. Nach kurzen Tests stellte sich heraus, dass beide Programme bis zu einem gewissen Punkt in Echtzeit arbeiten, somit zunächst gleichermaßen für mein Projekt in Frage kamen. Die Entscheidung zwischen den beiden Programmen traf ich schließlich anhand meines Konzeptes. Hierzu musste ich mich entscheiden, welche Bilder zur Musik erscheinen sollten. Da für mich feststand, dass es sich um bewegte Bilder handeln sollte und Bewegung an sich ein wichtiges Element für die Musik-Visualisierung sei, dachte ich zuerst über Bewegungen von Tieren nach. Diese tragen selbst viele Emotionen, sind sehr unterschiedlich und könnten so viele verschiedene Gefühle der Musik transportieren. Da ich allerdings Bild und Ton als optisches und akustisches Ereignis als direkte physikalische Äquivalenzbeziehung koppeln wollte, entschied ich mich gegen vorproduziertes Filmmaterial. Schließlich wollte ich den generativen Charakter betonen und die Musik nicht einfach collagieren und untermalen. Vorgefertigtes Videomaterial passte nicht zu meinem Konzept, da das Bild aus den Emotionen der Musik entstehen sollte. Somit fiel die Wahl auf die OpenSource Software Processing. Für die Kommunikation zwischen Max/MSP und Processing verwendete ich MaxLink, ein Open-Source Programm, welches die von Max/MSP analysierten Werte der Musik an Processing übergibt.

Nachdem die technischen Fragen zum Großteil gelöst waren, blieb noch die Frage nach der Art des Instrumentes/der Instrumente und dem Bildinhalt. Da der Bildinhalt am aufwendigsten ist, möchte ich zuerst das Instrument klären.

3.1.4 Die Entscheidung des Instrumentes

Bei der Steuerung der Visualisierung habe ich mich für zwei Tonquellen entschieden, um eine Balance zwischen Abwechslung und Realisierbarkeit zu finden. Die Verarbeitung von zwei Tonquellen lässt sich sowohl hardware- als auch softwaretechnisch mit meinen Mitteln umsetzen und bietet trotzdem einen größeren Variationsspielraum als eine Tonquelle. Um die Variation auch im Frequenzbereich groß zu halten, sah ich ein Instrument mit einem weiten Frequenzspektrum vor. Ein Klavier erfüllt diese Bedingungen, ist allerdings schwer zu transportieren und so an einen bestimmten Ort gebunden. Ein Akkordeon hingegen ist leicht zu transportieren und hat fast denselben Frequenzumfang wie ein Klavier. Zusätzlich hat es den Vorteil, dass jede Hand des Musikers eine separate Tonquelle ansteuern kann. Es wäre natürlich auch möglich, jede Tonquelle von einem einzelnen Musiker anzusteuern, dies würde den organisatorischen Aufwand allerdings stark erhöhen, da dann nicht nur ein Musiker mit dem Computer zusammen proben müsste, sondern zwei.

Abb. 51: Schaubild Ton - Frequenz
Pierce, John R.: Klang, Mit den Ohren der Physik, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, Berlin 1999, S. 19.



3.1.5 Die Entscheidung des Musikstückes

Bei der Wahl der Musik entschied ich mich für mehrere kleine Improvisationsstücke, da dies dem Charakter der Performance am besten entspricht. Da das Moment der Unvorhersehbarkeit in dem Projekt „Nomos“ eine wichtige Rolle spielt, passt dieses Thema auch gut in die Musik. Somit hat der Musiker viel Freiheit und kann mit dem Bild spielen. Zum Schluss ist jetzt als wichtigster Punkt die Art der Visualisierung zu klären.

3.1.6 Die Entscheidung der Visualisierung

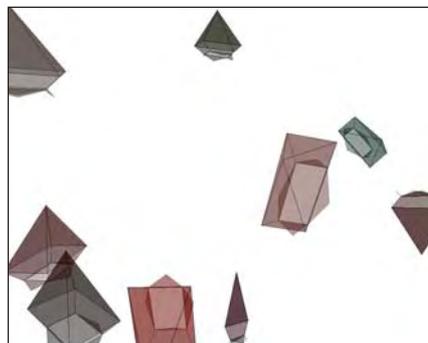
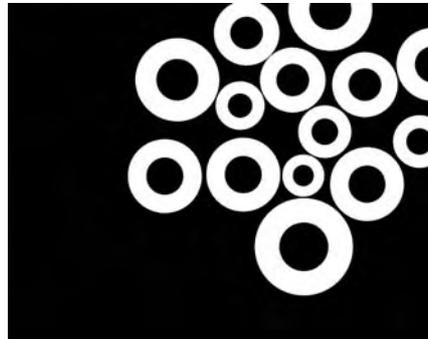
Zu Beginn meine Überlegungen hatte ich den Plan, die Musik auf dem Bild einzufangen, die Spuren der Musik sollten für den Betrachter sichtbar bleiben, um den vergänglichen Moment festzuhalten. Später entschied ich mich dagegen. Spuren auf den Monitor zu malen hieße, dass nach kurzer Zeit das Bild ausgefüllt sein würde, das System würde dann über das bereits Erstellte malen und die alten Spuren wären wieder verschwunden. Zusätzlich engte dieses Konzept die Bildsprache sehr ein, große Veränderungen waren nicht möglich und der Betrachter würde die Vorgehensweise schnell verstehen und danach wäre die Visualisierung gehaltlos. Mein genaues Ziel der Visualisierung festigte sich: Ich wollte nicht ungreifbare Momente greifbar machen, sondern den Betrachter für das zeitliche Moment sensibilisieren und Emotionen verdichten. Die Steigerung der Wahrnehmung von Musik und Bild ist wesentlich für die Bedeutung meiner Umsetzung. Kein Verweis außer auf sich selbst, diese Intention verfolgten schon die Künstler der Minimal Art, und sie ist auch die meinige. Einfache geometrische Formen wie Linie, Punkt, Quadrat oder Dreieck unterstreichen zudem die Affinität der Musik zur Mathematik. Auch Tests mit komplexeren Umsetzungen, wie Kristallen oder floralen Formen führten mich am Ende wieder zurück zu den Grundformen, denn diese ließen der Musik ausreichend Freiraum für Emotionen und legten sie nicht auf einen bestimmten Kontext fest. Die Visualisierung ist eine Sammlung von vielen identischen Einheiten, die unterschiedlich, ohne bestimmte Hierarchie angeordnet sind und von selbst Muster erzeugen.

Wichtig bei allen Visualisierungsformen war es, Regeln zu kreieren, die abwechslungsreich, aber trotzdem nicht zu unruhig sind, damit das Auge sie noch erfassen und verarbeiten kann und dies als angenehm empfindet.

Wie alle künstlerischen Arbeiten von ihrer Herstellungsart und ihren Werkzeugen geprägt sind und ihren Duktus tragen, ist diese Arbeit von den Spuren der „Software-Kunst“ gezeichnet und präsentiert eine gewandelte Optik, die neuen Wahrnehmungspotentialen den Weg eröffnet.

Auf den folgenden Seiten, habe ich einige Videoprints aus unterschiedlichen Entwicklungsstufen zusammengestellt.

Abb. 52-59: Entwicklung der Visualisierung „Nomos“



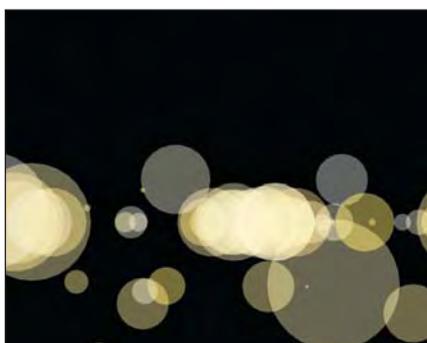
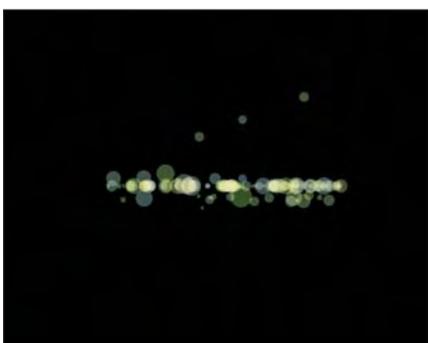
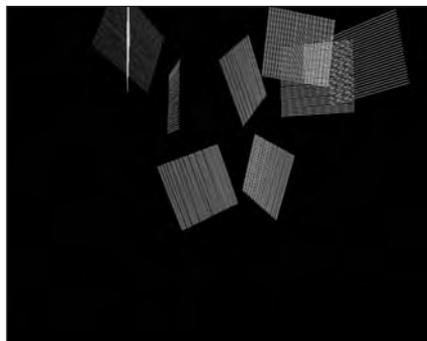
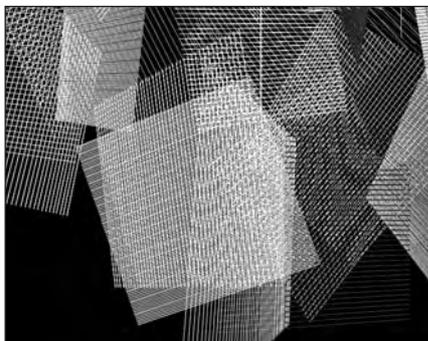
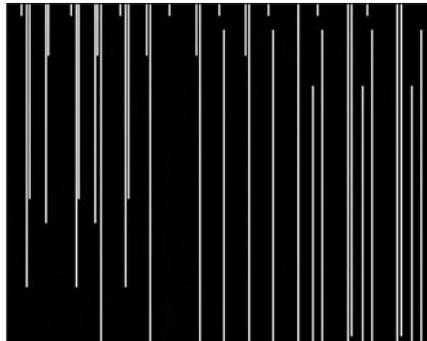
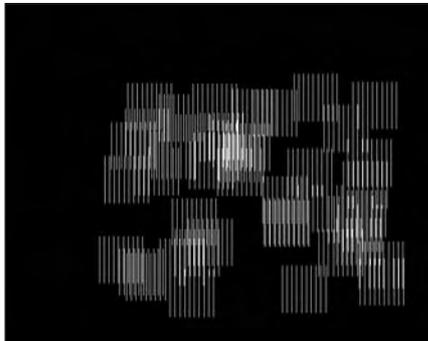
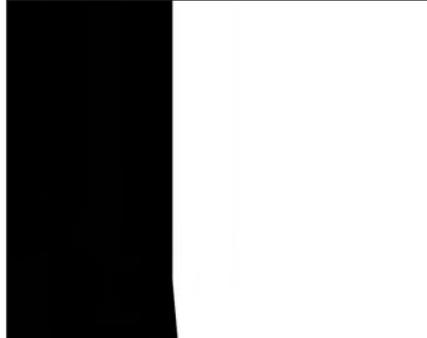
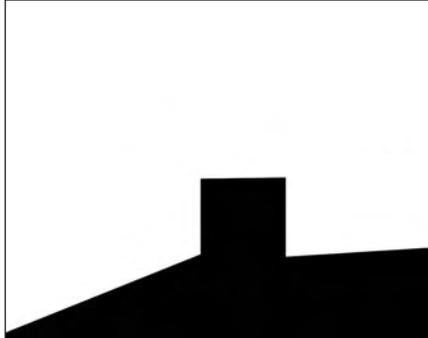


Abb. 60-67: Entwicklung der Visualisierung „Nomos“

Zuhörer auslöst. Hier möchte ich die Mobiles von Alexander Calder noch einmal anführen. Sie sind überwältigend und besitzen eine unbeschreibliche Eleganz, analysiert man sie allerdings als System, erweisen sie sich als äußerst einfach und simpel. Der ästhetische Wert einer Performance hängt für mich nicht von der Komplexität ihres Systems ab, sondern von dem Eindruck, den sie auslöst, und der damit einhergehenden Wahrnehmung, die die Emotionen und das Bewusstsein des Zuhörer/Zuschauers einschließt. Die Wahrnehmung der Interaktion von Musik und Bild verschmilzt zu einem immersiven Werk. Ein wichtiges Element der Performance ist die Qualität der Interaktion gepaart mit dem Element der Unvorhersehbarkeit. Bei Alexander Calder sind Energie und Information durch die Kräfte der Luft und durch die Hand eines Menschen vordefiniert. In „Nomos“ verbinden sich die unvorhersehbare Improvisation des Musikers auf der einen Seite mit den definierten Regeln und Zufallsoperationen im Code auf der anderen Seite zu einem komplexen Ganzen.

Bei einem Rückblick auf die Geschichte der Visuellen Musik wird klar, dass auch mein Beitrag nicht den Schlusspunkt der Entwicklung von Bild und Ton darstellt, sondern ein weiteres Glied in einer Kette von Entwicklungen ist. Diese Diplomarbeit präsentiert das Konzept eines komplexen Systems (einschließlich der einzelnen Entwicklungsschritte), das innerhalb des Kontextes einer Verbindung von Bild und Ton anzusiedeln ist und den Versuch darstellt, Bild und Ton als gleichberechtigte Elemente zu behandeln. Entstanden ist so eine Verbindung von Musik, interaktiver Technologie, Bild, Emotion und einer gewandelten Ästhetik, die neuen Wahrnehmungspotentialen den Weg bahnt und an diesem Punkt noch lange nicht am Ende ist.

„Der Regenbogen ist in der Malerei, was der Generalbass in der Musik ist.“ (Goethe)

II Das Literaturverzeichnis

Adam, Kamilla **(2000)**: *Farbklänge zu Klangfarben in Bewegungsspuren*, Neuorientierung in der musikalischen Graphik Oskar Rainers, Österr. Kunst- und Kulturverlag, Wien 2000

Baier, Franz Xaver **(1998)**: *Bewegung der Sinne*, in: Der Sinn der Sinne, Schriftenreihe Forum, hrg. von der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, von: Wenzel, Jacob, Bonn 1998

Barrow, John D. **(1997)**: *Der kosmische Schnitt – die Naturgesetze des Ästhetischen*, aus dem Engl. übers. von Anita Ehlers, Spektrum, Akad. Verlag, Heidelberg 1997

Beran, Jan **(2004)**: *Statistics in musicology*, Boca Raton, Fla. [u.a.], Chapman & Hall/CRC, 2004

Berendt, Joachim-Ernst **(1983)**: *Nada Brahma – Die Welt ist Klang*, Insel Verlag, Frankfurt a. M. 1983

Bleuler, E. & Lehmann, K. **(1881)**: *Zwangsmäßige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen auf dem Gebiete der anderen Sinnesempfindungen*, Leipzig 1881

Böhme, Tatjana; Mechner Klaus **(2000)**: *Zeit und Raum in Musik und Bildender Kunst*, Köln [u.a.], Böhlau, 2000

Buderer, Hans-Jürgen **(1992)**: *Kinetische Kunst – Konzeptionen von Bewegung und Raum*, Werner Verlag, Worms 1992

Cytowic, Richard E. **(2002)**: *Synesthesia – a union of the senses*, 2. ed. Mass [u.a.] MIT Press, Cambridge 2002

Gehr, Herbert **(1993)**: *Sound & Vision, Musikvideo und Filmkunst – Ausstellung*, Retrospektive, 16. Dezember 1993 bis 3. April 1994, Deutsches Filmmuseum, Frankfurt a. M. 1993

Georgen, Jeanpaul **(1990)**: *Walter Ruttmann, Eine Dokumentation*, Berlin 1990

Gericke, Helmuth **(1992)**: *Bd. 1: Mathematik in Antike und Orient, Bd. 2, Mathematik im Abendland*, Ausgabe in einem Band, Fourier Verlag, Wiesbaden 1992

Goldschmidt, Dr. Viktor **(1901)**: *Über Harmonie und Comlication*, Verlag von Julius Springer, Berlin 1901

Gombrich, Ernst H. **(1982)**: *Ornament und Kunst – Schmucktrieb und Ordnungssinn in der Psychologie des dekorativen Schaffens*, aus dem Englischen übertragen von Albrecht Joseph, Klett-Cotta Verlag Stuttgart 1982

Heller, Siegfried **(1958)**: *Die Entdeckung der stetigen Teilung durch die Pythagoreer*, abhandl. Dtsch. Akad. Wiss. Klasse f. Math., Phys. u. Technik. Jg. 1958. Nr. 6. Akademie-Verlag, Berlin 1958

Itten, Johannes **(1975)**: *Gestaltungs- und Formenlehre, Vorkurs am Bauhaus und später*, Otto Maier Ravensburg, Berlin 1975

Jewanski, Jörg **(1999)**: *Ist C = Rot? Eine Kultur- und Wissenschaftsgeschichte zum Problem der wechselseitigen Beziehung zwischen Ton und Farbe; von Aristoteles bis Goethe*, Sinzig Studio, 1999, Zugl.: Berlin, Hochsch. der Künste, Diss. 1996

Kayser, Hans **(1932)**: *Der hoerende Mensch: Elemente eines akustischen Weltbilds*, unveränd., durch e. Vorw. erg. Neudr. d. Ausg. Leipzig, 1932, Engelverlag, Stuttgart 1993

Keidel, W. **(1976)**: *Der Harmoniebegriff des Pythagoras aus sinnesphysiologischer Sicht*, in „Musik und Zahl“ hrsg. von Schnitzler, G., Bonn-Bad Godesberg 1976

Kepler, Johannes **(1938)**: *Gesammelte Werke*, Beck, München 1938

Lohmann, J. **(1970)**: *Musiké und Logos*, hrsg. Von Giannarás, A., Stuttgart 1970

Koch, H. C. **(1802)**: *musikalisches Lexicon*, 1802

Levy, Steven **(1996)**: *Künstliches Leben aus dem Computer*, Droemersch Verlagsgesellschaft Th. Knaur Nachf., München 1996

Maeda, John **(2004)**: *Creative Code*, Thames & Hudson, London 2004

Maeda, John **(1999)**: *Design by numbers*, Cambridge, Massachusetts [u.a.], MIT Press, 1999

Maeda, John **(2000)**: *Maeda@media*, Thames & Hudson, London 2000

Marzona, Daniel **(2004)**: *Minimal Art*, Taschen GmbH, Köln 2004

Maur v., Karin **(1985)**: *Vom Klang der Bilder – Die Musik in der Kunst des 20. Jahrhunderts*, Prestel Verlag, München 1985

Michels, Ulrich **(2001)**: *dtv-Atlas Musik, Band 1, Systematischer Teil, Musikgeschichte von den Anfängen bis zur Renaissance*, 20. Aufl., München 2001

Michels, Ulrich **(2003)**: *dtv-Atlas Musik, Band 2, Musikgeschichte vom Barock bis zur Gegenwart*, 13. Aufl., München 2003

Moritz, William **(1987)**: *Der Traum von der Farbmusik*, in: Veruschka Body und Peter Weibel, *Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo*, DuMont Buchverlag Köln 1987

Paul, Christiane **(2003)**: *Digital Art*, Thames & Hudson, London 2003

Pedoe, Dan **(1976)**: *Geometry and the Visual Arts*, Penguin Books, Harmondsworth, 1976, Reprint, Dover Publications, New York 1983

Pierce, John R. **(1999)**: *Klang – Musik mit den Ohren der Physik*, aus dem Amerikan. übers. von Klaus Winkler, Spektrum, Akad. Verlag, Heidelberg 1999

Plant, Sadie **(1998)**: *Nullen + einsen, digitale Frauen und die Kultur der neuen Technologien*, aus dem Engl. von Gustav Roßler, Berlin-Verlag 1998

Popper, Frank **(1975)**: *Die kinetische Kunst – Licht und Bewegung*, Umweltkunst und Aktion, Köln, DuMont, Schauberg 1975

Semper Gottfried **(1860)**: *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder praktische Ästhetik*, 1. Bd. Textile Kunst, Frankfurt a. M. 1860

Schnitzler, Günther **(1976)**: *Musik und Zahl, Interdisziplinäre Beiträge zum Grenzbereich zwischen Musik und Mathematik*, Verlag für systematische Musikwissenschaft, Bonn – Bad Godesberg 1976

Schröder, Eberhard **(1982)**: *Mathematik im Reich der Töne*, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1982

Shaw, Jeffrey; Weibel, Peter **(2003)**: *Future cinema – the cinematic imaginary after film*, ZKM, Center for Art and Media, Karlsruhe, Cambridge, Mass. [u.a.], MIT Press, 2003

Thompson, D'Arcy Wentworth **(1983)**: *Über Wachstum und Form*, in gekürzter Fassung neu hrsg. von John Tyler Bonner, Suhrkamp, Frankfurt a. M. 1983

Richter, Hans **(1966)**: *Dada-Kunst und Antikunst*, Köln 1966

Ruttman, Walter **(1919)**: *Malerei mit Zeit*, aus dem Nachlass, in Hein/Herzogenrath, a.a.O.

Rötzer, Florian **(1991)**: *Digitaler Schein – Ästhetik der elektronischen Medien*, Edition Suhrkamp, Frankfurt a. M. 1991

Schilling, Gustav **(1837)**: *das musikalische Lexikon*, 1837

Schwanauer, Stephan M.; Levitt, David A. **(1993)**: *Machine Models of Music*, Cambridge, Mass. [u.a.], MIT Press, 1993

Simmen, Jeannot **(1998)**: *Kasimir Malewitsch - Das schwarze Quadrat*, vom Anti-Bild zur Ikone der Moderne, Fischer-Taschenbuch-Verlag, Frankfurt a. M. 1998

Steinbrügge, Rene **(1887)**: *Über sekundäre Sinnesempfindungen*, Wiesbaden 1887

Tropfke, Johannes **(1980)**: *Geschichte der Elementarmathematik*, 4. Ausgabe Bd. 1. Arithmetik und Algebra. vollständig neu bearbeitet von Kurt Vogel, Karin Reich, Helmut Gericke

Vignold, Michael **(1995)**: *Konstante Variation*, das Josef Albers Museum in Bottrop, Michael Bockemühl, Ed. Tertium, Ostfildern 1995

Weibel, Peter **(1987)**: *Von der visuellen Musik zum Musikvideo*, in: Veruschka Body und Peter Weibel, *Clip, Klapp, Bum – von der visuellen Musik zum Musikvideo*, DuMont Buchverlag Köln 1987

Wiese, Stephan von **(1927)**: *Die gegenstandslose Welt/Kasimir Malewitsch*, mit einer Anm. des Hrsg. und einem Vorw. von Stephan v. Wiese, Neue Bauhausbücher, Mainz [u.a.], Kupferberg 1927

Wolf, Edith **(1990)**: *Origami – Japanische Faltkunst*, Verlag Junge Welt, Berlin 1990

Woolman, Matt **(2000)**: *Sonic graphics - seeing sound*, Thames & Hudson, London 2000

Würtenberger, Franzsepp **(1979)**: *Malerei und Musik, Die Geschichte des Verhaltens zweier Künste zueinander*, dargestellt nach den Quellen im Zeitraum von Leonardo da Vinci bis John Cage, Verlag Peter Lang, Frankfurt a. M. 1979

Wright, W. Huntington **(1923)**: *The Future of Painting*, New York 1923

III Die Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Weimar, den 28. April 2005

Michelle Rowbotham