

Dissertation

IF CODE == IMAGINATION

Theorie, Modelle und Entwurfsmuster generativer Designprozesse

Dipl.-Ing. (FH) Florian Josef Gruber
Matrikelnummer: 0327296

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der technischen Wissenschaften

Zur Einreichung am
Institut für Gestaltung und Wirkungsforschung (E187)
Fakultät für Informatik, Technische Universität Wien

Supervisoren

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Purgathofer
Institut für Gestaltung und Wirkungsforschung (E187)

Ao.Univ.Prof. Mag.phil. Dipl.-Ing. Dr.phil. Peter Mörtenböck
Institut für Kunst und Gestaltung (E264)

Wien, 2012

ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit - einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen -, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Dipl.-Ing. (FH) Florian J. Gruber
Wien, 2012

KURZFASSUNG

Gestalter die programmieren oder Programmierer die gestalten sind eine Seltenheit. Normalerweise wird angenommen, dass man entweder rational oder intuitiv denkt. Eine Kombination ist die Ausnahme. Die technologische Hürde des ›Programming for Artists‹ ist durch eine Reihe von gut dokumentierten und teils frei erhältlichen Entwicklungsumgebungen bereits überwunden. Auch eine Reihe von Texten und Büchern wurde publiziert, die sich vor allem mit den handwerklichen, programmiertechnischen Aspekten von generativem Design und algorithmischer Computerkunst beschäftigen. Was fehlt, ist eine strukturelle Analyse von Arbeitspraktiken und die Entwicklung spezifischer Designmethoden für Künstler, Techniker und Designer, die Code als Werkzeug und Material für ihr Schaffen begreifen.

Die vorliegende Arbeit stellt ein konzeptionelles Framework wesentlicher Aspekte in generativen Gestaltungsprozessen vor, die sich aus einem breitgefächerten Literaturbezug in Computer-, Kunst- und Designtheorie und den praktischen Erfahrungen des Autors als Medienkünstler ableiten. Die Forschungsergebnisse werden als visuelles Erklärungsmodell (GDM) und als ein Set von Methodenkarten (GDM Cards) präsentiert, welche sowohl in der Lehre und Vermittlung von algorithmischen Gestaltungstechniken, als auch praktisch in der Entwicklung und Analyse von generativen Applikationen eingesetzt werden können.

Schlüsselwörter

Generative Kunst, Algorithmisches Design, Digitale Ästhetik, Aleatorik, Kybernetik

ABSTRACT

Designing programmers or programming designers are a rarity. It is usually assumed that one thinks either rational or intuitive. A combination is the exception. The technological hurdle of ›programming for artists‹ is already overcome by a number of freely available, well documented development environments. Also a number of articles and books have been published, dealing with programming issues and technical aspects of generative design and algorithmic computer art. What is missing, is a structural analysis of work practices and the development of specific design methodologies for artists, engineers and designers, who understand code as tool and material for their artistic creations.

This thesis outlines a conceptual framework by identifying essential aspects of generative design processes, derived from literature in computer science, art history and design theory and the author's practical experience as media artist. The results of the research are presented as visual schemes (GDM) and as a set of method cards (GDM Cards), which can be applied for teaching and mediation of generative design techniques and the practical development and analysis of generative applications.

Keywords

Generative art, algorithmic design, digital aesthetics, aleatorics, cybernetics

DANKSAGUNG

Ich bin zu tiefst dankbar für die emotionale, professionelle und finanzielle Unterstützung von:

Daniela Strasser
Birgit Strasser
Veronika & Josef Gruber
Peter Purgathofer
Peter Mörtenböck
Thomas Lorenz
Nikolaus Hartmann
Clemens Hausch
Antoine Juillard
Christine Hohenbüchler
Petra Gemeinböck
Rene Peinbauer
Thomas Märzinger

INHALT

1 Einführung	17
1-1. Künstlerische Forschung	17
1-2. Arbeitsstruktur	19
1-2-1. Zielsetzung	19
1-2-2. Zielgruppe	20
1-2-3. Fragestellung	20
1-2-4. Arbeitsmethode	21
1-2-5. Abgrenzung	22
1-3. Was ist Generative Kunst?	22
1-4. Definitionen	24
2 Theorie	29
2-1. Programmierbarkeit	29
2-1-1. Die Anfänge der Computerkunst	30
2-1-2. Informationsästhetik	31
2-1-3. Ästhetische Positionen der Computerkunst	34
2-1-4. Phänomenologische Positionen der Computerkunst	37
2-1-5. Systemisches Denken	38
2-1-6. Kontrollmechanismen & Materialeigenschaften	42
2-1-7. Programmieren im künstlerischen Kontext	44
2-1-8. Zusammenfassung	46
2-2. Aleatorik	47
2-2-1. Zufall und Notwendigkeit	47
2-2-2. Historischer Begriffswandel	49
2-2-3. Zahlensysteme und Zufallsmaschinen	50
2-2-4. Aleatorik in der Kunst des 20. Jahrhunderts	55
2-2-5. Das aleatorische Spiel	64
2-2-6. Zusammenfassung	66
2-3. Prozessualität	67
2-3-1. Der moderne Kunstbegriff	68
2-3-2. Offene Kunstwerke	69
2-3-3. Der Prozess als Leitbegriff der Medien	71
2-3-4. Effektive Komplexität	72

2-3-5. Werk und Prozess	75
2-3-6. Generative Entwurfsprozesse	77
2-3-7. Zusammenfassung	80
2-4. Interaktivität	81
2-4-1. Kommunikationsmodelle	82
2-4-2. Interaktivität in der Krise	84
2-4-3. Autor, Werk und Rezipient	88
2-4-4. Interaktionsästhetik	93
2-4-5. Interaktive Handlungsmodelle	95
2-4-6. Design Patterns	100
2-4-7. Zusammenfassung	105
3 Modellbildung	107
3-1. Hypothesen	107
3-2. Generative Design Models	110
3-2-1. GDM Infinity	110
3-2-2. GDM Hourglass	111
3-2-3. GDM Time-based	112
4 Werkanalyse	115
4-1. Strøem - Ein immersives audiovisuelles Environment	116
4-1-1. Projektbeschreibung	116
4-1-2. Programmierung	117
4-1-3. Aleatorik	129
4-1-4. Prozess	133
4-1-5. Interaktion	135
4-1-6. Strukturanalyse	141
4-2. Square Dance - Computerkunst im öffentlichen Raum	143
4-2-1. Projektbeschreibung	143
4-2-2. Programmierung	143
4-2-3. Aleatorik	159
4-2-4. Prozess	163
4-2-5. Interaktivität	165
4-2-6. Strukturanalyse	171
4-3. Infection - Eine taktile audiovisuelle Installation	172
4-3-1. Projektbeschreibung	172

4-3-2. Programmierung	173
4-3-3. Aleatorik	185
4-3-4. Prozess	189
4-3-5. Interaktion	191
4-3-6. Strukturanalyse	197
4-4. La Linear - Ein generatives Zeichenprogramm	198
4-4-1. Projektbeschreibung	198
4-4-2. Programmierung	199
4-4-3. Aleatorik	211
4-4-4. Prozess	215
4-4-5. Interaktion	217
4-4-6. Strukturanalyse	221
5 Design Patterns	223
5-1. Generative Design Method Cards	224
5-1-1. Struktur	225
5-1-2. Anwendungsszenarien	225
5-2. GDM Intention	228
5-2-1. Pattern	228
5-2-2. Beispiel	229
5-3. GDM Repertoire	230
5-3-1. Pattern	230
5-3-2. Beispiele	231
5-4. GDM Selection	232
5-4-1. Pattern	232
5-4-2. Beispiele	233
5-5. GDM Organization	234
5-5-1. Pattern	234
5-5-2. Beispiele	235
5-6. GDM Communication	236
5-6-1. Pattern	236
5-6-2. Beispiele	237
5-7. GDM Function	238
5-7-1. Pattern	238
5-7-2. Beispiele	239

5-8. GDM System	240
5-8-1. Pattern	240
5-8-2. Beispiele	241
5-9. GDM Interaction	242
5-9-1. Pattern	242
5-9-2. Beispiele	243
5-10. GDM Openness	244
5-10-1. Pattern	244
5-10-2. Beispiele	245
5-11. GDM Dramaturgy	246
5-11-1. Pattern	246
5-11-2. Beispiele	247
6 Synopsis	249
6-1. Zusammenfassung	249
6-2. Ausblick	251
7 Appendix	253
7-1. Bibliografie	253
7-2. Abbildungen	263
7-3. Tabellen	268
7-4. Glossar	269
7-5. CV Autor	272

»The real challenge is to discover the intrinsic properties of the new medium and to find out how the stroke you ›draw‹ via computation is one you could never draw, or even imagine, without computation.«
(MAEDA 2001:175)

1 EINFÜHRUNG

Programmierer die gestalten und Designer die programmieren sind eine Ausnahme, die jedoch in den letzten Jahren durch die Etablierung verschiedener Hochschulstudiengänge und Forschungsförderungen mehr und mehr forciert wird. Neben wissenschaftlichen Institutionen bieten auch eine steigende Zahl von Online-Netzwerken eigene Plattformen für generatives Design und algorithmische Computerkunst. Wie eine Vielzahl von jährlichen Festivals, Panels und Konferenzen zeigt, erwächst zunehmend ein Verständnis, dass das Potential des Computers als kunstschaftendes Medium erst durch die kreative Beherrschung seines inneren Aufbaus – durch digitalen Code – in vollem Umfang genützt werden kann.

Der technologische Zugang zur künstlerischen Programmierung ist durch eine Reihe von multimedialen Entwicklungsumgebungen bereits gelegt und so sind auch in den letzten Jahren viele Texte und Bücher erschienen, die sich vor allem mit dem handwerklichen, programmier-technischen Aspekt von prozessualer Computerkunst beschäftigen (vgl. BOHNACKER, GROSS, LAUB & LAZZERONI 2009; PEARSON 2011; REAS & FRY 2007; SHIFFMAN 2008). Diese Titel haben das Genre an sich und seine Gestaltungstechniken einer breiteren Öffentlichkeit zugeführt. Was bis dato jedoch fehlt, sind strukturelle Werkanalysen und spezifische Entwurfsmethoden für Künstler, Techniker und Designer, die generative Softwareprozesse als Ergebnis und digitalen Code als Werkzeug für ihre Arbeiten begreifen.

1-1. Künstlerische Forschung

Die vorliegende Arbeit versteht sich als ›Arts-based Research‹, im Sinne eines Überbegriffes für die teils unterschiedlich konnotierten Bezeichnungen ›Artistic Research‹, ›Practice-based Research‹ oder ›Practice-led Research‹. Arts-based Research ist ästhetische Grundlagenforschung und meint »den Erkenntnisgewinn und die Methodenentwicklung mittels ästhetischer und künstlerischer im Unterschied zu rein wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen« (DAMIANISCH 2009:3). So

EINFÜHRUNG

soll der kreative Prozess bei künstlerischen Projekten »intersubjektiv reflektiert, dokumentiert und präsentiert werden, um im Sinne des Arts-based Research nachhaltig dem künstlerischen Diskurs und der wissenschaftlichen Forschung zur Verfügung zu stehen« (DAMIANISCH 2009:3).

Kunst, die forscht, räumt der Entwicklung einer inhaltlichen Position spätestens seit der Moderne des 20. Jahrhunderts eine zentrale Position ein, schreibt HAARMANN (2007) in einem Positionspapier zur künstlerischen Forschung. Es müsse die heutige künstlerische Praxis nicht nur vom abgeschlossenen Werk, also werkästhetisch, betrachtet werden, sondern auch aus den Praktiken und Strategien ihrer Genese und Produktion. Künstlerisches Forschen ist dabei nicht immer unbedingt begründbar im Sinne eines klar definierten Ziels, jedoch immer am Kunstobjekt selbst nachprüfbar, argumentiert SCHENKER (2004). Die Überprüfung und Billigung findet dabei argumentativ durch die Besucher, Kuratoren, Juroren, Kritiker und öffentliche Instanzen statt. Voraussetzung ist, dass das Werk zugänglich, einsehbar und nachvollziehbar ist. Den Anschluss an die wissenschaftliche Forschung erlauben künstlerische Praktiken, die sich nicht ausschließlich auf das »Singuläre, Subjektive, das Einzigartige und Unwiederholbare der Kunst berufen« (SCHMIDT-WULFFEN 2007:13) sondern durch Diskurs- und Kritikinstanzen relativiert und »auf ein System von Normen bezogen werden können« (SCHMIDT-WULFFEN 2007:13). Es gehe dabei nicht um die direkte Übernahme von Methoden aus der Wissenschaft oder umgekehrt der Wertung künstlerischer Arbeiten als finale Figur, sondern um eine sinnvolle und fruchtbare Konvergenz beider Bereiche. In DANIELS (2002) heißt es weiter:

»Die letzte und tiefste Gemeinsamkeit von künstlerischer Invention und technischer Erfindung liegt in ihrem Entwurfscharakter. Beide stellen etwas vor, das denkbar, aber noch nicht machbar ist. Der Nachweis der Machbarkeit unterliegt dann allerdings extrem verschiedenen Bewertungsmassstäben: in der Kunst dem des ästhetischen Gelingens, in der Technik dem der realen Funktion.«
(DANIELS 2002:14)

Im Fall von algorithmischer Computerkunst treffen diese Bewertungskriterien sogar gleichermaßen zu. Ein generatives Werk muss sowohl

Compiler – Ein Compiler ist ein Computerprogramm, das ein geschriebenes Programm in ein semantisch äquivalentes Programm einer anderen Programmiersprache (meist Assemblersprache, Bytecode oder Maschinensprache) umwandelt. Der Übersetzungsprozess wird als Kompilierung bezeichnet.

funktionieren, das heißt syntaktisch richtig formuliert sein, um vom **Compiler** gelesen und interpretiert werden zu können, als auch den ästhetischen Ansprüchen von Autor und Publikum entsprechen. In dieser Konstellation stellt Kunst, die eng mit dem technischen State of the Art gekoppelt ist, auch eine Reflexionsform dar, um Technologie nicht nur technisch, sondern auch inhaltlich auszuschöpfen. MIGNONNEAU UND SOMMERER (2004) schreiben dazu bezeichnend:

»Als Medienkünstler verstehen wir uns bewusst als Künstler/Forscher oder Forscher/Künstler, die neuen Fragestellungen des Schaffungsprozesses nachgehen und es sich zur Aufgabe gemacht haben, neue Horizonte der Kreativität und digitalen Technologien auszuloten, sowie sich grundsätzlichen Fragen des Schöpfens, Erfindens und Entdeckens zu widmen.« (MIGNONNEAU & SOMMERER 2004:1)

Medienkunst reicht über den bloßen Werkzeuggebrauch in Anwendungsprogrammen hinaus. Freie Programmierung und das Entwickeln eigener Software und Hardware befreit die Gestalter von den kreativen Einschränkungen und der Selbstähnlichkeit proprietärer Softwareprodukte. Generative Designprozesse erlauben ein Experimentieren im Detail und die Entwicklung einer eigenständigen künstlerischen Ästhetik. Nur so kann der Rahmen des Bekannten und Handelsüblichen konsequent getestet, reflektiert und ausgeweitet werden.

1-2. Arbeitsstruktur

1-2-1. Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Entwurf eines konzeptionellen und begrifflichen Frameworks für eine methodengeleitete Entwicklung von generativen Gestaltungsprozessen. Resultierend aus einem zweijährigen Universitätslektorat (2006-2007) zur Konzeption, Entwicklung und Inszenierung elektronischer Kunstformen am Institut für Kunst und Gestaltung der Technischen Universität Wien, sowie durch die Analyse ausgewählter, gleichzeitig zu dieser Arbeit entstandenen Medien-

kunstprojekten (2008-2011), sollen essentielle Faktoren und Aspekte algorithmischer Gestaltungsprozesse identifiziert und in Folge ein verständliches Erklärungsmodell und praktisch anwendbare Designmethoden entwickelt werden.

1-2-2. Zielgruppe

Die Arbeit richtet sich an Techniker, Künstler und Designer die Programmcode als Werkzeug einsetzen, digitale Medien als Material nutzen und generative Prozesse als kreative Symbiose von Kunst und Technologie begreifen. Die Ergebnisse der Arbeit – das Generative Design Model (GDM) und die Generative Design Method Cards (GDM Cards) – sind für Lehre und Vermittlung und die projektbezogene Anwendung in der Konzeption und Analyse von generativen Gestaltungsprojekten intendiert.

1-2-3. Fragestellung

Die vorliegende Arbeit untersucht implizit mehrere Fragestellungen zu generativen Designprozessen:

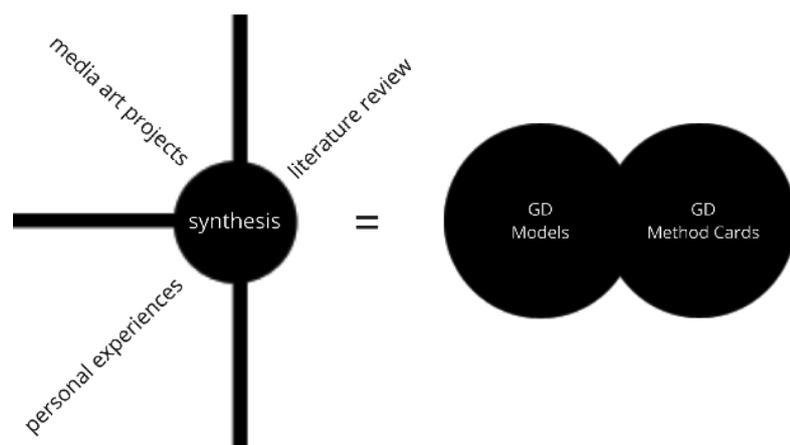
- a) Welche historischen Bezugspunkte gibt es für generative Gestaltung?
- b) Wie kann generative Kunst in der Historie und Medientheorie verortet werden?
- c) Haben sich die Anwendungsfelder und Produktionsprozesse seit den Anfängen der Computerkunst verändert?
- d) Wie arbeiten generative Gestalter mit selbstkonstruierter Software und Hardware?
- e) Wie sehen Benutzerschnittstellen (Interfaces) dazu aus?
- f) Wie gestaltet sich der Aufbau und die Genese eines generativen Werkstücks?
- g) Welche Präsentationsformen werden angewendet?

- h) Wie können algorithmische Strategien auf ästhetische Zielsetzungen angewandt werden?
- i) Wie kann mit den zirkulären Qualitäten von Systemen konzeptionell gearbeitet werden?
- j) Wie sehen Entwurfsprozesse, die nicht mit statischen Objekten arbeiten, sondern dynamische Strukturen entwickeln, aus?

1-2-4. Arbeitsmethode

Mit einer breitgefächerten Literaturrecherche in Computer-, Kunst- und Designtheorie wird ein theoretisches Fundament für die Auseinandersetzung mit generativen Systemen aufgebaut und charakteristische Begrifflichkeiten herausgearbeitet. Diese sind die Basis für die spätere Modellbildung und die Entwicklung eigener Entwurfsmuster. Im praxisbezogenen Teil dieser Arbeit werden vier Werkstücke des Autors im Detail analysiert und die Begrifflichkeiten aus der Theorie gefiltert und evaluiert. Aus der Synthese von Theorie, Projektanalyse und persönlicher Erfahrung in der projektbezogenen Entwicklung wird eine konzeptionelle Strategie für generative Designprozesse erarbeitet und als Prozessmodell (GDM) und Design Toolkit (GDM Cards) vorgestellt.

A 1. Arbeitsstruktur



1-2-5. Abgrenzung

Auf Code-Samples und technisch detaillierte Ausführungen wird weitgehend zu Gunsten einer theoretisch und konzeptionell fundierten Arbeit verzichtet. Es sei an dieser Stelle auf Publikationen und Webseiten verwiesen, die Beispielcode zur Verfügung stellen und den programmiertechnischen Aspekt von generativer Gestaltung in den Vordergrund stellen (vgl. BOHNACKER, GROSS, LAUB & LAZZERONI 2009; PEARSON 2011; REAS & FRY 2007; SHIFFMAN 2008). Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf dem Entwurf eines begrifflichen Modells und anwendbarer Designmethoden für generative Computerprozesse.

1-3. Was ist Generative Kunst?

Generative Kunst ist so alt wie die Kunst selbst, sagt GALANTER (2004), einer der aktivsten Theoretiker im Genre. Er sieht den Ursprung generativer Kunsttechniken bereits im prähistorischen Zeitalter und nicht erst in Zeiten des digitalen Computers und der programmierbaren Maschine.

*»But in 1999 anthropologists discovered the oldest known artwork, and this work is more than 70,000 years old. It consists of triangular tiles inscribed in hand sized pieces of red ochre. It is an exploration of pattern and esthetic form (...). And it is generative in that an abstract autonomous system creates the form rather than the moment to moment intuition of the artist. Tiling systems are algorithms that existed long before there were computers.«
(GALANTER 2004:4)*

Das Wort ›Generativ‹ steht nicht für eine einheitliche künstlerische Haltung, sondern stellt eine Methode künstlerischer Arbeit dar, die aus unterschiedlichen Motiven benutzt und auf fast allen Gebieten der künstlerischen Praxis – Musik, Literatur, Bildende Kunst – zum Einsatz gekommen ist (IHMELS & RIEDEL 2004). Daher auch die breiter gefasste Definition von GALANTER (2003) als künstlerische Praktiken, in denen der Künstler ein System verwendet, zum Beispiel einen Satz von Regeln natürlicher Sprachen, ein Computerprogramm, eine Maschine oder

eine andere prozessuale Erfindung, die in relativ autonome Bewegung versetzt, zur Schaffung eines abgeschlossenen Kunstwerks beiträgt.

Der Begriff der ›Generativen Kunst‹, so wie wir ihn heute verstehen, ist jedoch trotz der breiten Definition eher mit der Medienkunst, der Entwicklung des Computers und softwarebasierenden Arbeiten verbunden. Medienkunst umfasst grundsätzlich alle künstlerischen Arbeiten, die sich Medien als Träger oder Vermittler der Kunst zu Nutze machen. Gemeint sind damit, wie der entsprechend englische Ausdruck als ›New Media Art‹ impliziert, jedoch neuere Medien des 20./21. Jahrhunderts – Video, Digitalfotografie, Audiotechnik, Computer, Internet, Robotik – die oft auch zum Unterbegriff der jeweiligen Kunstsparte werden wie etwa Videokunst, Audiokunst, Digitalkunst, Computerkunst, Internetkunst. Die Auseinandersetzung mit dem Medium selbst und der gesellschaftlichen Implikationen der Medientechnologien sind oft Thema der künstlerischen Praktiken, die von konzeptioneller bis virtueller Kunst, von Performance bis Installation reichen.

Elektronische Kunst ist Medienkunst, die sich in ihren Arbeiten und Arbeitsweisen elektronischer Medien und Technologien bedient und ist annähernd gleichbedeutend mit den Sparten der Digitalen Kunst und der Computerkunst. Elektronische Kunst hat jedoch als Begriff eine ausgedehnte Konnotation und schließt auch sämtliche Kunstwerke in Architektur, Tanz und Musik mit ein, die elektronische, analoge Komponenten beinhalten. **Digitale Kunst** bezieht sich im engeren Sinn auf Arbeiten, die nur durch die spezifischen Eigenschaften digitaler Medien möglich sind oder durch einen Computerprozess entstehen und modifiziert werden. Durch die Integration digitaler Technologien in traditionelle und ehemals analoge Kunstdisziplinen wie Grafik, Musik, Fotografie und Architektur werden die Abgrenzungen zwischen tradierten Kunstwerken und Medienkunst immer unschärfer. Wichtig ist dabei eine Unterscheidung zwischen Kunst, die digitale Technologien als ›Hilfsmittel‹ für den künstlerischen Schaffungsprozess einsetzt und traditionelle Kunstobjekte wie Grafikdrucke, Fotografien oder Gemälde produziert und Kunst, die zur Schaffung, Speicherung und Präsentation digitale Technologien als ›Medium‹ nutzt. Nur diese kann generative Prozesse in Echtzeit erzeugen (vgl. PAUL 2003). Als Spezifikum digitaler Medienkunstwerke kann die oft prozesshafte und zeitlich offene Ausrichtung der Arbeiten angeführt werden. Die Bedeutung des Prozesses als integraler Bestandteil der Arbeiten findet sich so auch

in der Bezeichnung spezifischer digitaler Kunstprozesse wieder, wie Interaktive Kunst, Softwarekunst oder Generative Kunst.

Interaktive Kunst bezieht über den Produktionsprozess hinaus den Rezipienten als aktiv gestalterisches Element in das Werk ein und eröffnet sich dem Publikum erst nach einer gewissen Explorationsphase. Diese Werke nutzen Peripheriegeräte um auf verschiedene Parameter wie Bewegung, Druck, Geräusche oder Licht zu reagieren und sich entsprechend ihrer Programmierung zu verändern. Interaktive Kunst etabliert, im Gegensatz zur Generativen Kunst, immer einen Dialog zwischen Kunstwerk und Besucher. Das Publikum ist eingeladen mit der Arbeit zu kommunizieren und diese spielerisch zu erforschen.

Generative Kunst wird oft im Zusammenhang und in undeutlicher Abgrenzung zu Softwarekunst verwendet. **Softwarekunst** beschreibt einerseits eine künstlerische Tätigkeit »die im Medium Software eine Reflexion von Software (und ihrer kulturellen Bedeutung) ermöglicht. Sie betrachtet Software dabei nicht als pragmatisches Hilfsmittel, das hinter den erzeugten Ergebnissen zurücktritt, sondern richtet ihr Hauptaugenmerk auf den Code selbst« (ARNS 2005:1f). Was Softwarekunst von generativen Kunstpraktiken unterscheidet ist, dass die Künstler ihre Algorithmen nicht in visueller oder akustischer Form zum Ausdruck bringen, sondern die sprachliche und funktionale Bedeutung von Programmiersprachen – wie etwa in der Code Poetry – benutzen und hervorheben. **Generative Kunst** hingegen nutzt Code, um gestalterische Prozesse zu entwickeln, die in gewisser Weise unvorhersehbar sind und unter unterschiedlichen Produktionsbedingungen unterschiedliche Ergebnisse produzieren.

1-4. Definitionen

Je nach Hintergrund, Arbeitsmethode oder Ästhetikverständnis gehen die Meinungen, was unter Generativer Gestaltung, Algorithmischem Design oder Generative Art genau zu verstehen ist, auseinander. Als vielleicht noch immer gültiges Manifest für alle Künstler und Designer die sich mit generativen, komplexen Systemen beschäftigen, könnte

man das Statement von Hans HAACKE (1965) aus den Pionierzeiten der Computerkunst, abseits jeder technologischen Diskussion anführen:

*»...make something which experiences, reacts to its environment, changes, is nonstable...
 ...make something indeterminate, which always looks different, the shape of which cannot be predicted precisely..
 ...make something which cannot ›perform‹ without the assistance of its environment...
 ...make something which reacts to light and temperature changes, is subject to air currents and depends, in its functioning, on the forces of gravity..
 ...make something which the ›spectator‹ handles, with which he plays and thus animates...
 ...make something which lives in time and makes the ›spectator‹ experience time...
 ...articulate something natural...«
 (HAACKE 1965:114f)*

Der Begriff der ›Algorists‹ wurde 1995 von einer Gruppe von Künstlern um Roman Verostko und J.P. Herbert im Anschluss an das ACM Siggraph Panel *Artists and Algorithms* aufgebracht und bezeichnete Künstler, die eigene algorithmische Prozeduren schrieben, um ihre Kunst zu produzieren.

*»As artists employing algorithmic procedures the term algorist fit our interests well. In general we are fairly agreed that algorists are artists who include original algorithmic procedures in the course of creating their work. The use of algorithms in and of itself does not constitute algorist work. It is the inclusion of one's own algorithms that makes the difference. (...). The jewel of algorist art lies in the artist's own ›form-generating algorithm‹, the artist's unique procedure for creating the form.«
 (VEROSTKO 2011:7)*

Neuere Definitionen, unter Berücksichtigung der hardware- und softwaretechnischen Weiterentwicklung der Computertechnologie, führen

die Konzentration auf Softwareprozesse und die kreative Anwendung von Algorithmen als Grundlage generativer Gestaltung weiter.

»This [generative] approach suddenly opened the possibility to rediscover possible fields of human creativity that would be unthinkable without computer tools. If these tools, at the beginning of the computer era, seemed to extinguish the human creativity, today, by allowing us to creatively, directly operate on codes of harmony, they become tools that open new fields and enhance our understanding of creativity as an indissoluble synthesis between art and science.« (SODDU 2002:9)

»Generative software art, as it is usually understood today, is artwork which uses mathematical algorithms to automatically or semi-automatically generate expressions in more conventional artistic forms.« (LEVIN 2004:1)

»Generative art is a term given to work which stems from concentrating on the processes involved in producing an artwork, usually (although not strictly) automated by the use of a machine or computer, or by using mathematic or pragmatic instructions to define the rules by which such artworks are executed.« (WARD 2005:1)

»Generative art concerns itself with complex systems and software processes as artistic objects. It is through this vision of complexity that it transports its viewers, hinting at the sublime beyond the ones and zeros.« (WATZ 2006:3)

Der Anspruch und die Herausforderung von generativen Softwareprozessen ist etwas zu erschaffen, das sich kontinuierlich verändert, natürlichen Prozessen nachempfunden ist und dessen algorithmisch geleitete Ergebnisse, Autor und Rezipient oft selbst überraschen können.

»Working this way allows me to generate an infinite number of compositions, I set the boundaries and the rules, but whatever comes out at the end is a surprise. I don't know what's going to happen. It could look cool. It could fail. It could be life-changing. There's always a surprising

sense of discovery with this process, because I'm setting up an environment and allowing a scenario to live within it.« (DAVIS 2007:1)

»If it's too tightly controlled, it will look boring and mechanical; if it's too loose, it will look sloppy and chaotic. Try to find a sweet spot where the process seems to ›live‹. Good generative art is for human beings; it combines regularities with surprises in a humanly pleasing way.« (STERLING 2008:10)

Zusammengefasst wird für die vorliegende Arbeit angenommen, dass generatives, computerbasierendes Design

- a) **programmierbare Systeme** für die Erzeugung seiner Formen nutzt,
- b) **algorithmische Zufallsprozesse** auf verschiedenen Ebenen der Komposition beinhaltet,
- c) in kontinuierlicher **prozessualer Veränderung** und Transformation steht und
- d) die Möglichkeit zur **Interaktion mit komplexen Prozessen** das gestalterische Handlungsfeld für Autor und Publikum entscheidend erweitert.

Auf dieser Basis gliedert sich die folgende Untersuchung gemeinschaftlicher Aspekte und Faktoren generativer Gestaltungsprozesse in vier übergeordneten Kategorien – **Programmierbarkeit** (2-1. Programmierbarkeit), **Aleatorik** (2-2. Aleatorik), **Prozessualität** (2-3. Prozessualität) und **Interaktivität** (2-4. Interaktivität).

2 THEORIE

Im Kapitel **Programmierbarkeit** werden die Pionierarbeiten der Computerkunst in den 1960-1970er Jahren untersucht und informationsästhetische, phänomenologische und kybernetische Überlegungen als konzeptionelle Basis für generative Gestaltung diskutiert. Das Kapitel **Aleatorik** zeigt die historische Dimension der Beschäftigung mit dem Phänomen Zufall und stellt eine breitgefächerte Hin- und Einführung in aleatorische Techniken noch vor den Frühwerken der Computerkunst dar. Die Beschreibung eines ›aleatorischen Spiels‹ und dessen Strukturelemente beschließt diese Kategorie. Das Kapitel **Prozessualität** thematisiert die Begriffe des offenen Kunstwerks und der Partizipation als Leitmotiv moderner Kunst- und Medientheorie. Weiters werden Fragen zum Verhältnis von Werk und Prozess, Autor und Rezipient und zum Produktionsprozess von generativer Kunst thematisiert. Abschließend widmet sich das Kapitel **Interaktivität** der Interaktionsgestaltung, den ästhetischen Qualitäten von Benutzerschnittstellen und möglichen dramaturgischen Handlungskonzepten für generative Designprojekte.

2-1. Programmierbarkeit

*›No instrument plays itself or writes its own music.‹
(Per Cederqvist)*

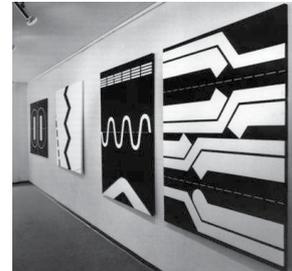
Eine Untersuchung der phänomenologischen und ästhetischen Positionen der Frühwerke soll sowohl einen historischen als auch einen systematischen Überblick über die verschiedenen Sparten der Computerkunst geben. Insbesondere die Entstehung der sogenannten ›Klasse von Kunstwerken‹ und die Auseinandersetzung mit den speziellen Materialeigenschaften von digitalen Medien stellen wichtige Grundbegriffe für das Programmieren im künstlerischen Kontext dar. Ein Exkurs in die Systemtheorie zeigt das Verhältnis von geordneten und ungeordneten Systemen und Zirkularität als dynamisches Prinzip für generative Entwurfsprozesse.

2-1-1. Die Anfänge der Computerkunst

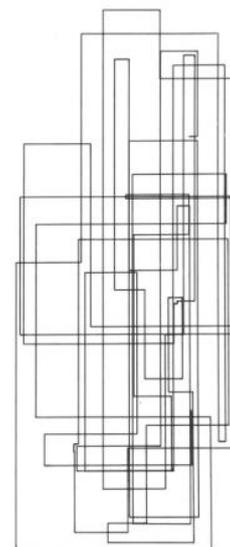
Mit der Verbesserung der Ausgabetechniken über Plotter und Zeichenmaschinen Mitte der 1960er Jahre, entwickelten Künstler und Wissenschaftler erstmals eigene Programmcodes für grafische Formen. Es entstand durch den Syntax der Computerprogramme, ein Beschreibungssystem, welches gleichzeitig das generative Prinzip und die manifestierte Ordnung in den Bildern ersichtlich machte (FRANKE 2001). Erste Ausstellungen 1965 in New York (NOLL & JULESZ 1965) und Stuttgart (NEES & BENSE 1965) mit computergenerierten Bildern und der bereits umfangreicheren Werkschau *Cybernetic Serendipity - The Computer and the Art (1968)* in London (REICHARDT 1968) verhalfen der Computergrafik erstmalig zu internationaler Beachtung als künstlerisches Genre. Die Informationstheorie lieferte dazu eine viel diskutierte, theoretische Grundlage für die ersten ästhetischen Experimente am Computer.

Die 3N – Frieder Nake, Georg Nees, A. Michael Noll – begannen etwa zeitgleich in Deutschland und in den USA den Computer für die Erzeugung von Kunst zu benutzen. Mit Manfred Mohr begann wenig später auch ein klassisch ausgebildeter Künstler seine Malerei mit Computerprogrammen weiterzuentwickeln. Die Intention, mit dem Computer gestalterisch zu arbeiten, war bei allen präsent, das wissenschaftlich-künstlerische Interesse jedoch jeweils ein anderes. Während Mohr sein malerisches Frühwerk exakt analysierte, Gesetzmäßigkeiten und eigene Stilelemente in einer ersten Datenbank sammelte und mit statistischen und algorithmischen Gesetzen in Computerprogrammen verknüpfte, lotete Noll mit seinen Arbeiten gezielt die Fähigkeiten des Computers aus. Er visualisierte vierdimensionale Räume und produzierte abstrakte Formenmuster und geometrische Farbfiguren. Für Nees war die Computergrafik ein Instrument um ästhetische Phänomene zu erforschen, diente dabei aber nicht dem eigenen subjektiven Ausdruck, vielmehr versuchte er generative Ästhetik mathematisch zu beweisen (vgl. KLÜTSCH 2007). Über die damaligen wie heutigen Herausforderungen bei der Produktion von algorithmischen Computergrafiken schreibt NAKE (1995) Jahre später:

»Der Künstler als Programmierer findet ein widerständiges Material. Dieses ist von vornherein semiotischer Art.

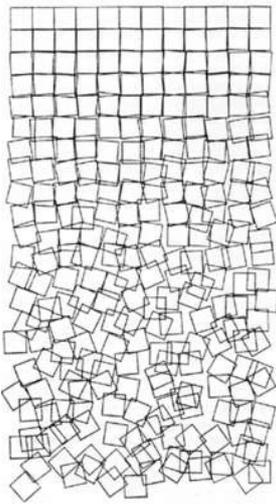


A 2. Manfred Mohr, Bild 26/1168 7 pour Faraday, 1968 (COMPART DADA)

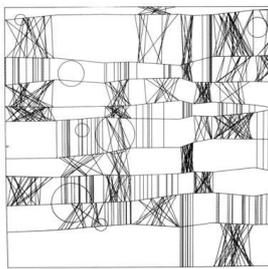


A 3. A. Michael Noll, Vertikal-horizontale Nr.3, 1964 (COMPART DADA)

Batchmodus – Der Batchmodus, auch Stapelverarbeitung oder Batchbetrieb genannt, bezeichnet die sequentielle Verarbeitung einer festgelegten Menge von Aufgaben und Daten. Im Gegensatz zur interaktiven Dialogverarbeitung kann nach dem Start eines Batchprogramms kein Einfluss mehr auf Ausführung und Ergebnis genommen werden.



A 4. Georg Nees, Schotter, n/a (COMPART DADA)



A 5. Frieder Nake, 13/9/65 Nr. 2 (•Klee•), 1965 (COMPART DADA)

Seine Widerständigkeit liegt folglich im Geistigen. Berechnungen gilt es zu organisieren, die zu Bildereignissen werden. « (NAKE 1995:11)

Die ausschließlich semiotische Beschreibung eines Kunstwerks in Form von Programmcodes und der Betrieb des Programms im **Batchmodus** – d.h. als einmaliger Rechenprozess ohne Interaktionsmöglichkeit – führte dazu, dass die Künstler und Wissenschaftler oft eine Serie von selbständigen Werken produzierten, von denen dann einige ausgewählt und gedruckt wurden. Es entstand, vor allem durch die Forschung Frieder Nakes, der Begriff einer so genannten ›Klasse von Kunstwerken‹.

»Ein ganz wesentlicher Punkt bei dieser Art der Produktion ästhetischer Objekte ist, daß mit einem solchen Programm nicht etwa eine ganz bestimmte, einmalige Zeichnung hergestellt wird oder werden soll, sondern daß vielmehr ein solches Programm die allgemeine Struktur für sämtliche Zeichnungen einer ganzen Klasse darstellt. « (NAKE 1968:135)

Der Begriff der Klasse – als erste wichtige Begrifflichkeit für generative Gestaltungsprozesse – bedeutet also, nicht die Visualisierung einer konkreten und genau definierten Idee wurde gesucht, sondern vielmehr die formale Beschreibung einer Vielzahl von möglichen Kunstwerken, aus denen die Künstler und Wissenschaftler dann eine subjektive Auswahl getroffen haben. Durch die Voraussetzung der textlichen und mathematischen Beschreibbarkeit dieser ästhetischen Objekte ergab sich ein neues Verständnis für die Kunsterzeugung mit dem Computer – die Verbindung von Theorie und Produktion.

2-1-2. Informationsästhetik

Diese Verbindung von syntaktischer Formulierung und praktischer Erzeugung beschrieb BENSE (1965a) in seiner ästhetischen Theorie. Die sogenannte Informationsästhetik war ein zeitliches Phänomen der 1960er Jahre und ist nicht nur im Namen eine Anlehnung an die Informationstheorie von SHANNON (1948). Bense legte ganz explizit die mathematische Beschreibung des physischen Kommunikationskanals

(Sender – Botschaft – Empfänger) auf den Kommunikationsprozess in der Kunst um. Das Kunstwerk ist dabei die zu interpretierende Botschaft zwischen Künstler (Sender) und Betrachter (Empfänger). Bense kombinierte in seiner Ästhetik fünf Theorien aus unterschiedlichsten Fachrichtungen zu einer allgemeinen Theorie der generativen Ästhetik, die er kontinuierlich semiotisch adaptierte und erweiterte. Die Informationsästhetik verband zusammengefasst (vgl. KLÜTSCH 2007; WARNKE 2006):

- a) die mathematische Formulierung eines ästhetischen Maßes,
- b) die Messung von Information in einem Kommunikationsmodell,
- c) eine Theorie zur Generierung neuer Strukturen nach einer generativen Grammatik,
- d) einen wahrnehmungspsychologischen und empirischen Zugang bei der Analyse von Kunst als Kommunikation von Wertungen,
- e) und eine statistische Stilanalyse von Kunstwerken.

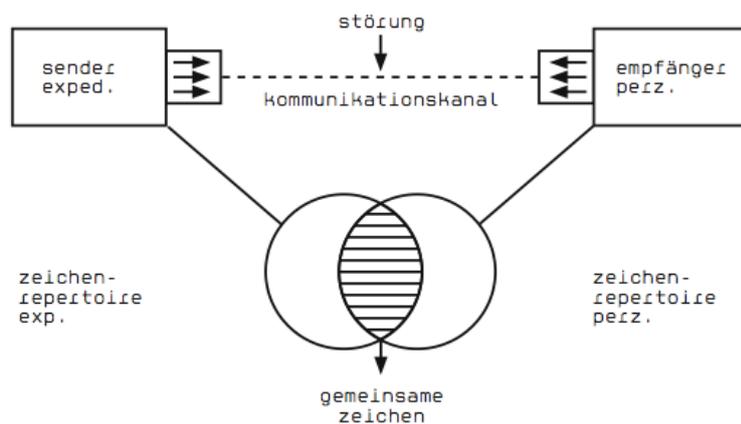
Ziel war es eine generative Ästhetik hervorzubringen, die mittels Computerprogrammierung ästhetische Objekte ohne weiteres Zutun des Menschen erzeugt. Bense kritisierte dabei die gängige, deskriptive Unterscheidung zwischen Form und Inhalt bei der Kunstrezeption und plädierte für eine Differenzierung in Makro- und Mikroästhetik besonders im Bereich der nicht-gegenständlichen Kunst. Er verortet das Ziel seiner Ästhetik im Erfassen von ästhetischen Strukturen.

»das effektive ziel des systems generativer ästhetik besteht darin, die charakteristiken ästhetischer strukturen (...) numerisch und operationell so zu beschreiben, dass sie als abstrakte schemata eines ›prinzips gestaltung‹, eines ›prinzips verteilung‹ und eines ›prinzips menge‹ gelten können und manipulierbar einer materialen, ungegliederten (›verdampften‹) menge von elementen aufgedrückt werden können, um gemäss diesen ›prinzipien‹ das hervorzurufen, was wir als ›ordnungen‹ und ›komplexität‹ makroästhetisch und als ›redundanzen‹ und ›information‹ mikroästhetisch am kunstwerk wahrnehmen. das

*aufdrücken ist indessen nicht als anwendung einer schablone zu verstehen, sondern als ein erzeugungsprinzip«
(BENSE, 1965b:2)*

Das Ziel der Bense'schen Informationsästhetik war einerseits eine Theorie ästhetischer Zustände mit numerisch erfassbaren Charakterisierungen und andererseits die Erarbeitung von analytischen Techniken, die der objektiven Beschreibung und Erzeugung von künstlerischen Objekten diene. Bense sah im Begriff der ›Information‹ die Möglichkeit geisteswissenschaftliche Überlegungen mit naturwissenschaftlichen Methoden zu kombinieren und eine deskriptive Ästhetik mit einer produktiven Ästhetik zu verbinden.

A 6. Max Bense.
Kommunikationsschema
(KLÜTSCH 2007)



Bezeichnend fasst KLÜTSCH (2007) das damals breite Interesse der Wissenschaft und Kunst an der generativen Ästhetik von Bense zusammen:

»Die Unterscheidung zwischen statistischer Realität auf der mikroästhetischen Ebene und Deutung der statistischen Realität auf der makroästhetischen Ebene, die Zeichen zu Informationsträgern macht, erlaubt es Bense zu behaupten, dass ein ästhetischen Produkt ›programmiert‹ werden kann. (...) Das bedeutet, dass ein Compu-

*ter unter Vorgabe des Repertoires und eines Verteilungsmechanismus ein ästhetischen Objekt schaffen kann.«
(KLÜTSCH 2007:71)*

2-1-3. Ästhetische Positionen der Computerkunst

Neben Bense beschäftigte sich auch Abraham Moles in den USA intensiv mit einem erweiterten Begriff der Ästhetik durch die Verwendung von programmierbaren Maschinen. Er schlägt eine zunehmende Annäherung von Kunst und Maschinen vor, da beide Systeme sich dadurch auszeichnen, dass sie durch kreatives Kombinieren einfacher Grundelemente eine hohe Komplexität erzeugen können. MOLES (1973) erkennt fünf unterschiedliche Positionen einer schöpferischen Ästhetik mit dem Computer:

- a) »Ästhetik als Kritikerin der Natur: Die Maschine als künstlicher Betrachter oder Hörer erforscht die Schönheiten der natürlichen Welt und unternimmt eine statistische Charakterisierung.« (MOLES 1973:78)
- b) »Kritische Ästhetik: die Maschine als künstlicher Betrachter oder Hörer erforscht die Welt, um Ordnungsrelationen und Formen sichtbar zu machen, die im menschlichen Raum und in menschlicher Zeit nicht wahrnehmbar sind.« (MOLES 1973:80)
- c) »Angewandte Ästhetik: Nach der Methode der [kybernetischen](#) Reduktion analysiert die Maschine als künstlicher Beobachter oder Hörer die kulturelle Welt und entwickelt analoge Modelle, die sie in einer Simulation der Kurationsprozesse einsetzt.« (MOLES 1973:83f)
- d) »Die abstrakte Kreation: Die Maschine als Komplexitätsverstärker entwickelt eine Kompositions-idee.« (MOLES 1973:88)
- e) »Permutationelle Kunst: Die Maschine erforscht systematisch ein Möglichkeitsfeld, das durch einen Algorithmus definiert ist.« (MOLES 1973:91)

Kybernetik – Die Kybernetik beschäftigt sich mit rekursiven Vorgänge in signalverarbeitenden Systemen, lebenden Organismen und sozialen Organisationen. Sie untersucht den Zusammenhang zwischen Signal und Bewegungssteuerung. Ihre zentralen Kategorien sind System, Information und Steuerung.

Autokorrelation – Die

Autokorrelation ist ein Begriff aus der Signalverarbeitung und beschreibt die Korrelation einer Funktion oder eines Signals mit sich selbst. Mit Hilfe der Autokorrelation ist es möglich, Zusammenhänge zwischen den beobachteten Ergebnissen zu verschiedenen Beobachtungszeitpunkten einer Messreihe festzustellen.

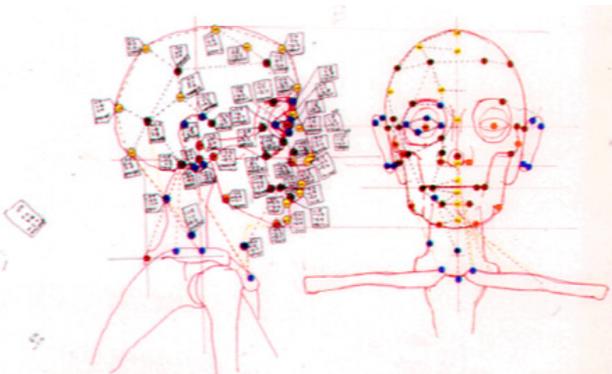
Ein Programm zum Erkennen von **statistischer Charakterisierung** (a) meint die Bense'sche Grundidee ein Bewertungssystem für Kunstwerke zu schaffen. Mit wachsender Information wird das Programm auch zum Assistenten der Künstler und dient ihnen als mechanischer Kritiker. Ein Programm zur **Sichtbarmachung von Ordnungsrelationen und Formen** (b) kann durch rechnerische Analysen verborgene Zusammenhänge erkennen, die sonst außerhalb der menschlichen Wahrnehmung liegen würden. Durch zeitliche Muster oder mathematische Funktionen – etwa **Autokorrelation** – können Beziehungen erkannt und für die Produktionen neuer Formen eingesetzt werden. Bei der **Simulation von Kreativeprozessen** (c) wird dem Programm die Simulation eines Schaffungsprozesses übertragen. In einer Analyse der statistischen Charakteristiken (a) eines bekannten Kunststils werden in dem darauf folgenden synthetischen Teil (b) die ästhetischen Parameter des Programms formalisiert. Die Künstler setzen zwar die Regeln eines Stils fest, übernehmen aber keine Verantwortung für den Kreativeprozess. Bei einem Programm zur **Komplexitätsverstärkung** (d) übergeben die Künstler der Maschine eine Idee und ein Zeichenrepertoire mit dem Befehl diese Idee aus den verfügbaren Zeichen unzählige Male zu realisieren. Ein Programm der **permutationellen Kunst** (e) geht einen Schritt weiter. Es verwendet nicht mehr das Feld der natürlichen Möglichkeiten (a), keine Stilregeln bekannter Werke (c) und realisiert nicht mehr alle Möglichkeiten einer abstrakten Idee (d). Ein permutationelles Programm erzeugt Kunstwerke aus einer Idee, einem Repertoire und einem kombinatorischen Algorithmus, welche von den Künstlern explizit festgelegt wurden. Es entstehen multiple Werke – anderenorts auch als Klasse bezeichnet – aus denen die Künstler dann Einzelne filtern und auswählen.

Expertensystem – Ein

Expertensystem (XPS) ist ein Computerprogramm, das Menschen bei der Lösung von komplexeren Problemen wie ein Experte unterstützen kann, indem es Handlungsempfehlungen aus einer Wissensbasis ableitet.

Ein Beispiel: Das in den 1970er Jahren von Harold COHEN (1995) begonnene und über drei Jahrzehnte weiterentwickelte Computerprojekt *AARON* produziert autonom eigene Zeichnungen und Gemälde. Es ist ein **Expertensystem**, welches durch die jahrelange Weiterentwicklung selbständig verschiedene Techniken künstlicher Intelligenz beherrscht. Von der Frage ausgehend, unter welchen Minimalanforderungen ein Satz von Zeichen als Bild funktionieren kann, implementierte Cohen in den ersten Versionen von *AARON* verschiedene Funktionen, die zwischen Figur und Grund, zwischen geschlossenen und offenen Formen unterscheiden und einfache Manipulationen an diesen Strukturen durchführen konnten. Essentiell war dabei, dass

AARON von Beginn an über sein eigenes Tun, also den Umfang der programmierten Zeichenmethoden, Bescheid wusste. 1986 verfügte AARON bereits über eine umfangreiche Datenbank, die ein Regelwerk über Körperhaltungen im dreidimensionalen Raum beinhaltete und ein zweites Programm, das aus den dreidimensionalen Informationen zweidimensionale Repräsentationen generieren konnte. Ganz bewusst imitierte Cohen hierbei die Vorstellungs- und Abbildungsmechanismen eines menschlichen Malers.



A 7. Anatomische Studie für die Zeichenfunktion von Aaron (COHEN 1996)

A 8. Harold Cohen, Aaron with Decorative Panel, 1992 (COHEN 1995)

1992 begann Cohen mit einer funktionalen Beschreibung für die Konstitution und Anwendung verschiedener Farben. Seit 1994 zeichnet AARON verschiedenfarbige, individuelle Motive von Pflanzen und Menschen in unterschiedlichen Posen mit einem direkt gesteuerten Plotter. So fragt COHEN (1995) am Ende seiner Schrift *Further Exploits of AARON, Painter* auch ganz explizit, was es denn sei, wenn nicht Kunst was AARON produziere und in welcher Weise, außer seines Ursprungs, es sich denn von echter Kunst unterscheide?

Durch Programmierbarkeit kann zusammengefasst jede Analyse-Maschine zu einer Maschine der **Synthese**, also zu einem kunstschaffenden Programm, werden. Die und Ästhetiker sind zu Künstlern geworden, indem sie die Elemente für das Repertoire der Maschinen lieferten, die Hierarchie der Ebenen bestimmten und die Entscheidungen für die Auswahl trafen.

Synthese – Als Synthese bezeichnet man die Vereinigung von zwei oder mehr Elementen zu einer neuen Einheit. Oftmals wird mit der Synthese auch das Produkt selbst, also das Resultat einer synthetischen Tätigkeit bezeichnet.

2-1-4. Phänomenologische Positionen der Computerkunst

In der Lesereihe *Der Zeitpfeil im Digitalen* unterteilt WARNKE (2004) die Computerkultur in drei Phasen: Synthese, Mimese und Emergenz. Diese können einerseits als historische Kategorien begriffen werden, da sie mit den Epochen der Computertechnik parallel laufen, aber auch als phänomenologische Triade für künstlerische Praktiken mit dem Computer.

Als **Synthese** wird die historisch und phänomenologisch älteste Kategorie bezeichnet, in der Computer »in autistischer Abgeschlossenheit aus sich heraus, ohne Eingriff oder Störung von außen, Daten produzieren« (WARNKE 2004:161). Diese Arbeitsweise war strikt an den Dreischritt Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe gebunden. Unterbrechungen um etwa Zwischenergebnisse festzustellen, gab es keine, »alles, auch wenn es ästhetischen Zwecken dienen sollte, musste a priori durch einen Algorithmus festgelegt werden, konnte erst nach Fertigstellung beurteilt werden« (WARNKE 2004:163f). Gestützt auf die Informationsästhetik entstanden hier Kunstwerke, die geometrische Elementarformen wie Geraden und Kurven niedriger Ordnung mit Zufallsoperationen verwendeten. Mit fortschreitender Rechenleistung kamen Farbe, komplexere Berechnungen und höhere Auflösung hinzu. Verbindende Charakteristik synthetischer Werke ist ihre absolute Sinnleere.

»Nichts führt irgendwo hin, es lassen sich keine Entwicklungslinien innerhalb eines Werks oder Stückes ausmachen, jede Anschlussoperation, also jeder Strich, der auf einen vorigen folgt, jeder Ton oder jede harmonische Figur ist so gut oder so schlecht wie jede andere, alles gehorcht zwar einem durchgängigen Formprinzip, aber Sinn ist keiner zu entdecken (...).« (WARNKE 2004:168)

Mimesis – Mimesis bezeichnet einerseits das Vermögen, mittels einer körperlichen Geste eine Wirkung zu erzielen, andererseits das Prinzip der Nachahmung in den Künsten.

Unter dem Begriff der **Mimesis** lassen sich Arbeiten zusammenfassen, bei denen signifikante Einflüsse von außerhalb des Computers verarbeitet werden. Der Kunst ist die Nachahmung per se eigen und bei allen ästhetischen Versuchen ist die Mimesis in der einen oder anderen Form immer wieder zu entdecken. Der entscheidende Unterschied zwischen synthetischen und mimetischen Arbeiten ist jedoch die **Kon-**

tingenz. Durch den externen Eingriff des Menschen auf die Prozesse im Inneren der Maschine können nun Ereignisse auftreten, die zeitlich unvorhergesehen zusammenfallen, sich zufällig berühren (lat. contingere) und so eine Ungewissheit und Offenheit über den weiteren Verlauf erzeugen. In der Position der Mimese verortet Warnke die meisten Computeranimationen, Simulationsspiele, Virtual Reality Projekte oder elektronische Synthesizer. Der Mensch ahmt vor, die Maschine macht nach.

*»Der Mensch und sein Bewusstsein führen dem System die nötigen Informationen zu, damit dieses überraschende, vielleicht sogar lebensechte Formen ausprägt – damit im menschlichen Bewusstsein Sinn entsteht. Technisch geschieht das mit der Einführung der Interaktion (...).«
(WARNKE 2004:170)*

Die letzte Phase der **Emergenz** meint Prozesse, die in einer starken Wechselwirkung von synthetischen und mimetischen Phasen, unvorhersehbare Ereignisse produzieren und sich einer gezielten Kontrolle entziehen. Der Komplexitätsgrad emergenter Arbeiten ist durch seine Netzcharakteristik, durch multiple Interaktion und Automation derartig hoch, dass die Grenze zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz wie die »Blasen eines Schaums« (WARNKE 2004:171) aussehen und eindeutige Trennlinien nicht mehr lokalisierbar sind. Hier sieht sich die Informatik mit dem Problem konfrontiert, dass sich emergente Prozesse nicht mehr, wie in Synthese und Mimese, durch Regeln der Informationsästhetik und kausalen Schlussfolgerungen von Ursache und Wirkung beschreiben lassen. An die Stelle von geradlinigen Überlegungen müssen zirkuläre Konzepte und systemische Zusammenhänge treten.

Kontingenz – bezeichnet das gemeinsame Auftreten zweier Ereignisse und einen Status der Ungewissheit und Offenheit über die möglichen Weiterentwicklungen.

Emergenz – bezeichnet die spontane Herausbildung von neuen Eigenschaften oder Strukturen eines Systems infolge des Zusammenspiels seiner Elemente. Dabei lassen sich die emergenten Eigenschaften des Systems nicht offensichtlich auf die Eigenschaften der Einzelelemente zurückführen.

2-1-5. Systemisches Denken

Das systemische Denken basiert auf systemtheoretischen Überlegungen, die Aufbau, Funktion und Interaktionsprozesse von Systemen betrachten und der konstruktivistischen Annahme, dass durch hypothetisches Fragen neue Wirklichkeiten erfunden werden können. In einem geradlinigen Erkenntnismodell geht man davon aus, dass die Welt wie eine Maschine von einem Ingenieur (Gott) konstruiert wurde und

aus Einzelteilen zusammengebaut ist. Die Weltmaschine bewegt sich zwar, ihre Mechanismen sind aber statisch und unveränderlich. Die Wechselbeziehungen von Einzelteilen sind durch mechanische Gesetze bestimmbar, Ursache und Wirkung sind geradlinig miteinander verknüpft. Erkenntnisideal ist die Objektivität und unterschiedliche Beobachter kommen immer zu gleichen Ergebnissen (vgl. SIMON 2008).

A 9. Modell der geradlinigen Kausalität (SIMON 2008)



Heinz von Foerster erklärt dieses Prinzip am Begriff von trivialen Maschinen. Der Begriff ›Maschine‹ bezieht sich dabei nicht unbedingt auf eine mechanisch oder elektronische Konstruktion, sondern ist als »eine Anordnung von Regeln und Gesetzen, durch die gewisse Tatbestände in andere transformiert werden« (FOERSTER 1993:135) zu verstehen. Triviale Maschinen liefern bei gleichem Input (Ursache) immer den gleichen Output (Wirkung) entsprechend ihrer Funktion.

A 10. Triviale Maschine (FOERSTER 1988)



Triviale Maschine

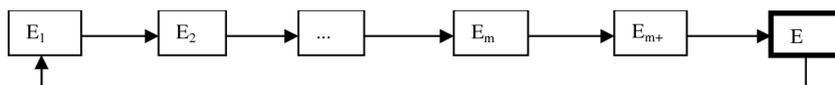
- (1) Lies das Eingangssymbol x
- (2) Schreibe das zugehörige Ausgangssymbol y

Je nach Kombination von angenommenen vier Eingabewerten (x) und vier Ausgabewerten (y) ließen sich hier insgesamt also $4^4 = 256$ verschiedene Maschinen konstruieren. Auch wenn es nicht vier, sondern vier Millionen Paare von Ursache und Wirkung gibt, das Prinzip von trivialen Maschinen bleibt immer determinierbar, denn »die Reproduzierbarkeit aller Operationen macht die Analyse zu einem trivialen Problem« (FOERSTER 1988:22).

Triviale Maschinen sind Maschinen, so wie wir sie kennen. Ein Toaster toastet, eine Waschmaschine wäscht, ein Auto fährt nach links oder rechts, fährt schnell oder langsam. Jeder Input – Kaffeemaschine wird eingeschaltet – hat einen nachvollziehbaren und stets gleichen Output – Kaffee läuft durch. Auch bei komplexerer Technologie bilden triviale Maschinen maximal einen Regelkreislauf erster kybernetischer Ordnung ab. Das bedeutet sie können durch Rückkopplung ihren Zustand halten und verändern. Beispiel Thermostat:

*»In einem Raum befinden sich eine Heizung sowie ein Temperatursensor. (...) Kühlt die Raumtemperatur ab, so reagiert der Sensor und leitet ein Signal der Veränderung an die Heizung weiter; diese springt an und erwärmt den Raum bis zum vorgegebenen Sollwert. Ist dieser erreicht, so reagiert wiederum der Sensor und sendet erneut ein Signal an die Heizung, diesmal allerdings mit der umgekehrten Wirkung: Die Heizung wird wieder abgeschaltet.«
(SIMON 2008:18)*

Im Gegensatz zur geradlinigen Kausalität ist »in einem System, dessen Teile oder Elemente miteinander vernetzt sind und in Wechselwirkung stehen, die Frage, was Ursache und Wirkung ist, nicht objektiv entscheidbar« (SIMON 2008:15).



A 11. Modell der zirkulären Kausalität (SIMON 2008)

Die grundlegende Eigenschaft von Selbstorganisationsprozessen ist die Zirkulation oder Rekursion der immer gleichen Operationen und Aktivitäten. Ein Prinzip, dass sich auch generative Programmierung durch rückbezügliche Funktionen und Feedback-Schleifen zu Nutze macht. Einzelne Entscheidungen werden dabei festgelegt andere wiederum dem Zufall überlassen. Generative Prozesse können dabei im Sinne einer nicht-trivialen Maschine gesehen werden, wie sie FOERSTER (1988) beschreibt.

A 12. Nicht-Triviale Maschine
(FOERSTER 1988)



Nicht-Triviale Maschine

- (1) Lies das Eingangssymbol x
- (2) Vergleiche x mit dem inneren Zustand z der Maschine
- (3) Schreibe das zugehörige Ausgangssymbol
- (4) Ersetze den inneren Zustand z durch den neuen Zustand z'
- (5) Wiederhole die obige Folge mit dem neuen Eingangssymbol x'

Hier geschieht Folgendes: Ein Eingangssymbol (x) errechnet ein Ausgangssymbol (y) gemäß einer Wirkungsfunktion, die jedoch vom inneren Zustand (Z) der Maschine abhängig ist. Foersters Beispiel zeigt den denkbar einfachsten Typ nicht-trivialer Maschinen, bei dem es nur zwei mögliche innere Zustände gibt. Im ersten Zustand folgt, beispielsweise, auf die Eingabe B, die Ausgabe 2. Dann erfolgt eine interne Zustandsänderung und auf eine erneute Eingabe B, kommt es zur Ausgabe 3. Bei nicht-trivialen Maschinen mit mehr als zwei Eingangssymbolen stößt man in der Analyse – wenn wie im Normalfall die inneren Zustände nicht bekannt sind – auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Denn nicht-triviale Maschinen sind vergangenheitsabhängig, analytisch unbestimmbar und nicht vorhersehbar. Sie sind zwar synthetisch determiniert, in ihrer Funktionsanalyse aber ›transcomputational‹, da im angeführten Beispiel für nur vier Symbole 10^{2466} Möglichkeiten zu prüfen wären, unsere Welt aber erst 5×10^{23} Mikrosekunden alt ist (vgl. FOERSTER 1988:25f).

Eine anschauliche Erklärung für die algorithmischen Prinzipien von Zirkularität und Rückbezüglichkeit gibt GALANTER (2003) in einem Vergleich von generativen Prozessen mit natürlichen Systemen. Beide sind schwer vorhersehbar, haben aber trotzdem eine gewisse Struktur, die sie von völlig zufälligen Systemen unterscheidet. Er vergleicht das Prinzip generativer Kunstsysteme beispielsweise mit dem Wetter. Dieses ist in seiner Weise unvorhersehbar, man kann jedoch ziemlich sicher davon ausgehen, dass es nicht 100 °C oder 10 m Niederschlag

geben wird. Das Wetter existiert zwischen gewissen Ober- und Untergrenzen – den Minima und Maxima seiner Zufälligkeit – die als ›Container‹ für alle möglichen Witterungsbedingungen dienen. Die Übergänge von einem Zustand in den nächsten können als Wege innerhalb des Containers gedacht werden. Ihr Merkmal ist, dass sie einen Weg, also einen kontinuierlichen Übergang von Zustand A in Zustand B beschreiben, der – wie beim Wetter – nicht willkürlich zwischen A (Sommer) und B (Winter) hin und her springt, sondern autokorrelierend von einem Zustand in den anderen wechselt.

2-1-6. Kontrollmechanismen & Materialeigenschaften

Generative Gestalter programmieren. Systementwicklung und Funktionssteuerung sind essentieller Teil ihrer Arbeiten. Ganz allgemein bedeutet Programmieren, das Verhalten einer Maschine zu bestimmen, ohne noch einmal in ihre innere, hardwaretechnische Konstruktion eingreifen zu müssen. Es ist ein »nicht-invasives, zeichenbasierendes Verfahren, um die Tätigkeit von Maschinen festzulegen« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:38) und die »Idee des operativen Symbolgebrauchs, d.h. Zeichen werden zu Befehlen, die sowohl von einem Menschen als auch von einer Maschine ausgeführt werden können« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:65).

Der Computer hat hierbei eine besondere Rolle. Als ›machina universalis‹ kann durch die Trennung von Hardware und Software jede beliebige Maschine simuliert werden und es müssen nicht unzählige Maschinen für unzählige Aufgaben konstruiert werden. Der Computer kann – durch entsprechende Programmierung – in diese oder jene Maschine verwandelt werden, um eine bestimmte Aufgabe zu erledigen. Für den modernen Maschinenbegriff spielt die Physis keine Rolle »wichtig ist ausschließlich die Funktion, die von der Maschine ausgeführt wird« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:73). Diese Funktionalität kann grundsätzlich auf drei essentielle Steuerungsmechanismen zurückgeführt werden – Sequenz, Schleife und Fallunterscheidung.

Die Beurteilung und Prüfung eines Arbeitsvorganges ist dabei das grundlegende Kontrollelement zur Steuerung von Abläufen. Mit der **Fallunterscheidung** wird entschieden, wie aktuell im laufenden Prozess

weiter verfahren wird. Für Zirkularität und Rückbezüglichkeit sorgen **Programmschleifen**. In diesen ›loops‹ wird eine Folge von Arbeitsschritten immer wieder durchlaufen und jeder Schritt führt eine sukzessive Veränderung des Materials aus, bis eine gewisse Bedingung eintritt und der innere Zustand des Programms – zum Beispiel durch einen Sequenzwechsel – verändert wird. Die **Sequenz** als umfangreichstes Element bezeichnet die Zerteilung eines Gesamtprozesses in elementare Arbeitsschritte und ihre sinnvolle, sequentielle Aneinanderreihung.

Programmierende Künstler arbeiten dabei mit den besonderen Materialeigenschaften von digitalen Medien. Sie benutzen formale Anweisungen um ästhetische Objekte zu erzeugen und bedienen sich fünf grundlegender Eigenschaften von digitalen Medien (MANOVICH 2001) – numerische Repräsentation, Modularität, Automatisierbarkeit, Variabilität und die Möglichkeit zur Transkodierung.

Fraktale Struktur – Fraktale Strukturen bezeichnen natürliche oder künstliche Gebilde, die keine ganzzahlige sondern eine gebrochene Dimensionalität besitzen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein Objekt aus mehreren verkleinerten Kopien seiner selbst besteht.

- a) Das essentiellste Prinzip ist die **numerische Repräsentation** – alles was vom Computer verarbeitet wird, besteht aus digitalem Code und kann im binären Zahlensystem als Abfolge von 0 und 1 numerisch dargestellt werden. Als Konsequenz der Digitalisierung ergibt sich, dass sich jedes in einem digitalen Medium realisierte Objekt auch algorithmisch manipulieren lässt.
- b) Als zweites Grundprinzip nennt MANOVICH (2001) die **Modularität** oder die inhärente **fraktale Struktur** der Digitaltechnik auf der Ebene ihrer Repräsentation sowie auf der des Codes. Jedes digital repräsentierte Objekt besteht aus einer Summe von Einzelteilen, die wiederum aus kleineren Einheiten zusammengesetzt sind. Neue digitale Medienobjekte wie etwa der Digitalfilm sind aus verschiedenen Elementen – Foto, Sound, Grafik oder Text – montiert, die jeweils auch gesondert bearbeitet werden können ohne die gesamte Montage unbrauchbar zu machen.
- c) Numerische Repräsentation und Modularität ermöglichen **Automation**. Das bedeutet, dass etwa bei einer digitalen Fotokamera auf Knopfdruck der ausgewählte Aufnahmeprozess von der Belichtung bis zur Speicherung automatisch durchgeführt wird. Es ist eine gleichzeitige Manipulation von einer Vielzahl von Operanden, die, einmal gespeichert, in einem Automationsprozess

ohne manuelles Eingreifen immer wieder durchgeführt werden können.

- d) Eine weitere Konsequenz aus den Primärprinzipien numerischer Repräsentation und Modularität ist die **Variabilität** digitaler Daten in ihrer Präsentationsform und Weiterverarbeitung. Während traditionelle Medien auf die originäre Konstruktion eines Objekts zur exakten Reproduktion angewiesen sind – z.B. Buch oder Fotografie – können digitale Medienobjekte in verschiedenen Formen vorliegen. Sie haben zum Beispiel verschiedene Qualitäten, Bitraten, Auflösungen, Größen oder sind als Hypertext-Dokumente, PDF-Dateien oder Bilder gespeichert. Variabilität erlaubt die Kreation verschiedener Versionen eines Medienobjekts. Es bedeutet weiters, dass die User die Möglichkeit haben ein laufendes Programm oder seine Ausgabe während der Laufzeit zu modifizieren.
- e) Als abschließendes Prinzip führt MANOVICH (2001) den Begriff der **Transkodierung** an, der die Inhaltsübertragung von einem Medium in ein anderes meint. Transkodierung ist einerseits die Umwandlung von digitaler Information, also etwa Text in akustische Signale, andererseits aber auch die wechselseitige Beeinflussung von technischer und kultureller Entwicklung.

Programmieren bedeutet zusammengefasst, die Verknüpfung und Verschachtelung von Elementen mit Hilfe von Kontrollmechanismen (Fallunterscheidung, Schleife, Sequenz), ermöglicht durch die Materialeigenschaften digitaler Medien (numerische Repräsentation, Modularität, Automation, Variabilität und Transkodierung). Es ist eine Verstrickung von rationalem und kreativem Denken und ein Wechselspiel von Abstraktion und Formalismus.

2-1-7. Programmieren im künstlerischen Kontext

Im Gegensatz zur professionellen Softwaretechnik wird im künstlerischen Kontext selten in großen Teams und für große Verkaufszahlen programmiert. Es geht nicht um die Lösung eines definierten Problems, sondern um die Annäherung an Problemstellungen und um die fortlaufende Fixierung von Fragen (TROGEMANN & VIEHOFF 2005). Künst-

lerische Software ist nie ganz fertig, heißt es dazu treffend in *Code@Art (2005)*, sie bleibt stets offen und enthält die Aufforderung weiter darüber nachzudenken und sie zu verändern.

»Kommerzielle Softwaresysteme sind Massenprodukte. Daraus folgt, dass die Individualität des Produktes weitestgehend ausgeschaltet wird zugunsten eines mittleren, gewissermaßen statischen Benutzers, für den die Software möglichst reibungsfrei, d.h. ohne Bedien- und Systemfehler funktionieren soll. Künstler, die ihre eigenen Werkzeuge entwickeln, werden anders vorgehen. Programmsystem und Entwickler gehen hier eine viel stärkere Bindung ein. Die Leistungsfähigkeit und Funktionalität des Systems wird sich hier in einem Prozess der gegenseitigen Adaption bewegen. Dieser Entwickler/Nutzer bewegt sich dabei im Raum seiner eigenen Gedanken, die er sukzessive auslotet und erweitert.« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:124)

Der Computer ist nicht mehr ausschließlich Werkzeug der Objektivierung, sondern auch Mittel des subjektiven und individuellen Ausdrucks geworden. Programmierung kann als spezielle Form der Auseinandersetzung mit den eigenen Denkstrukturen betrachtet werden. Code ist das Werkzeug, digitale Medien das Material. Das Entscheidende in der künstlerischen Programmierung ist nicht das Endprodukt, sondern die Arbeit mit dem Medium und dessen Eigenheiten.

»Programmierung ist Begegnung mit sich selbst und mit entäußerten Gedanken und Vorstellung. [...] Ähnlich der Schriftform natürlicher Sprachen sind die syntaktischen Elemente von Programmiersprachen zwar starr und vorgegeben, dennoch ist das, was sich damit ausdrücken lässt unbegrenzt und universell.« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:43)

In der Programmierung fallen Sagen und Tun oder Wort und Tat zusammen. So bedeutet etwa das Wort ›kill‹ im literarischen Kontext was es als Wort bezeichnet, in einem Programm hingegen tut es was das Wort besagt laufenden Prozessen oder dem System selbst an. Programmcode ist ›codierte Performativität‹ (ARNS 2004:7). Während ein

Text auch noch mit ein paar Fehlern Sinn macht, ist der Regelkreislauf eines Programms unterbrochen wenn nur ein einziger Buchstabe fehlt.

Es gilt also Systeme zu konstruieren, die syntaktisch richtig sind, die kontrollierbar und konsistent funktionieren und ästhetisch interessante Objekte erzeugen. Den Gestaltern kommt dabei eine Doppelrolle zu – als Ästhetiker und Programmierer. Ästhetisch werden die künstlerischen Kriterien des Programms formuliert und in der Praxis muss ein Algorithmus entwickelt werden, der diese Qualitäten von der kreativen in die binäre Sprache überträgt. Die Übertragung ist dabei kein einmaliger Vorgang, sondern die wiederholte und kontinuierliche Annäherung und Überarbeitung einer gestalterischen Idee.

2-1-8. Zusammenfassung

Im Kapitel Programmierbarkeit wurden verschiedene grundlegende Begrifflichkeiten erarbeitet. Als ›Klasse von Kunstwerken‹ oder als ›multiple Werke‹ wird ein der Werkserie verwandter Prozess bezeichnet, indem ein generatives Programm eine Vielzahl selbstähnlicher Kunstwerke erzeugt, aus denen ein oder mehrere selektiert werden. Die Werkstücke der Computerkunst können phänomenologisch kategorisiert (Synthese, Mimesis, Emergenz) oder auf Grund ihres Funktionsprinzips bezeichnet werden. Mit der Informationstheorie entstand eine Theorie der generative Ästhetik deren Ziel die Analyse und die Erzeugung von ästhetischen Objekten mit Computerprogrammen war. Gezeigt wurde, dass das kybernetische Prinzip von zirkulären Regelkreisläufen und nicht-trivialen Maschinen für das konzeptionelle Verständnis von generativen Prozessen essentiell ist. Die Erläuterung grundlegender Kontrollmechanismen (Fallunterscheidung, Schleife, Sequenz) und die Materialeigenschaften digitaler Medien (numerische Repräsentation, Variation, Modularität, Automation, Transkodierung) sind ein weiterer Faktor für ein breites semantisches Verständnis im Umgang und in der künstlerischen Produktion von digitalen Artefakten.

2-2. Aleatorik

»Software is utilitarian. Software is mutable. Software is hidden. Software is beautiful. Software is complex. Software is insidious. Software is slavish. Software is logical. Software is abstract. Software is mediatory. Software is buggy. Software is transformable. Software is dictatorial. Software is pervasive.« (Gregory Bond)

Random Number Generator

– Im Deutschen als Zufallszahlengenerator, oder Zufallsgenerator bezeichnet, erzeugt eine Folge von zufälligen Zahlenwerten. Der Bereich hängt dabei jeweils vom speziellen Generierungsprinzip ab. Meist reicht jedoch die Menge der reellen Zahlen im Intervall $[0,1]$ aus, um sich alle Wahrscheinlichkeitsverteilungen erzeugen zu lassen.

Die künstlerische Beschäftigung mit Zufall, Zahlenfolgen und numerischen Proportionen ist nicht erst mit den **Random Number Generators** der Computer entstanden, sondern blickt auf eine lange kulturelle Entwicklung in der Geschichte zurück. Eine Untersuchung der historischen Wandlung des Begriffs, von der mystischen Weissagung über mechanische ›Zufallsmaschinen‹ bis zu den aleatorischen Kunsttechniken der Avantgarde des vergangenen Jahrhunderts, soll einen breiten konzeptionellen Überblick zufallsgeleiteter Techniken noch vor der algorithmischen Computerkunst bieten. Das ›aleatorische Spiel‹, als verbindende Kompositionstheorie für alle nicht-intentionalen Werke in Musik, Bildender Kunst und Literatur kann, so die Hypothese, auch bei generativen Computerprozessen erfolgreich eingesetzt werden.

2-2-1. Zufall und Notwendigkeit

Im Vergleich zu klassischen Designentwürfen müssen beim algorithmischen Entwurf Prozesse entwickelt werden, die sich entlang einer Zeitachse immer wieder selbst modulieren und verändern. Möglich und vor allem interessant macht dies eine Konstante – der Zufall. Jeder Mensch hat eine gewisse Vorstellung davon und kann die Wahrscheinlichkeiten von bestimmten Ereignissen benennen. Generatives Design bedeutet unter anderem, diese subjektiven Vorstellungen von Zufall als Eintrittswahrscheinlichkeiten und Bedingungen in einer syntaktischen Form zu artikulieren. Das Bestreben, den Zufall bewusst als Komponente oder inspiratives Moment in künstlerischen Arbeiten zu nutzen ist nicht erst mit dem Computer entstanden. Es lässt sich über die Jahrhunderte und verschiedene Kulturkreise hinweg ein menschliches Bedürfnis erkennen, Zufall zu mystifizieren, ihm eine Weissagungs- und Inspirationsfunktion zuzuschreiben und Systeme – fiktional oder real – zu ersinnen, die Zufälligkeit abbilden und bewusst herbeiführen. Das ist kein Widerspruch, denn Zufall existiert immer innerhalb

eines mehr oder weniger komplexen Systems von Regeln und Gesetzen, sei es nun im Makrokosmos der Erde oder in der Wahrscheinlichkeitsverteilung eines Würfelwurfes. Absoluter Zufall ist nicht möglich, es muss immer eine bestimmte Notwendigkeit oder Absicht vorhanden sein. Auf diesen objektiven oder deterministischen Zufall bezieht sich generative Kunst, wenn von zufälligen oder unvorhersehbaren Ereignissen gesprochen wird.

Historisch existieren dazu vielfältige Auseinandersetzungen. Bereits Aristoteles schreibt in seiner *Physikê akroasis* ausführlich über den Zufall.

*»Der Zufall nämlich und das Zufällige findet da statt, wo auch ein Glücksfall statt finden kann, und überhaupt ein Handeln (...). Darum auch muß der Zufall Handlungen und was zu ihnen gehört, betreffen. (...). Wer also nicht handeln kann, kann auch nichts vom Zufall erfahren. Und deswegen erfährt weder ein Unbeseeltes, noch ein Thier, noch ein Kind einen Zufall, weil es keine Absicht hat;»
(Aristoteles, zitiert nach WEISSE 1829:58)*

Zufall und Handlung bedingen sich. Nichts geschehe willkürlich und von selbst, sondern alles unter dem Druck der Notwendigkeit, sollen Leukipp und Demokrit in ihrer Atomlehre gesagt haben (vgl. SCHLICHTING 1993). Auch später bei Kant, Hegel oder Engels tauchen die beiden Begriffe – Zufall und Notwendigkeit – immer wieder in komplementärer Form auf. Wie etwa:

»Die Zufälligkeit, die wir erkennen, ist bedingt und in dieser Rücksicht nothwendig, die Bedingungen selbst sind wieder zufällig, z.B. daß das Eis von einem Fluse weggeht, ist zufällig, aber nothwendig, weil der Strom läuft. Daß der Strom läuft, ist zufällig, nothwendig, weil ein Regen gefallen ist. In der Welt bringen wir eine absolute Zufälligkeit nicht heraus;» (Kant, zitiert nach SANTOZKI 2006:239)

In WINDELBANDS *Lehren vom Zufall* (1870) heißt es weiters, dass Zufall als eine von mehreren Möglichkeiten gedacht werden kann, die sich von den übrigen Möglichkeiten nur durch ihre ›Tatsächlichkeit‹ unterscheidet. Zufall stehe dabei immer im ›Schatten der Notwendigkeit‹,

also innerhalb eines bestimmten Zusammenhangs. Ob nun etwas zufällig passiert ist so auch immer eine Frage der Betrachtung, eine Frage des eigenen Bezugsrahmens.

Die Mathematik bezeichnet diesen Bezugsrahmen als Universum oder Wahrscheinlichkeitsraum Ω (Omega) in dem ein Zufallsexperiment durchgeführt wird. Es gilt:

*»Ist (Ω, F) ein Messraum und ist $P : F \rightarrow [0, 1]$ ein Maß mit $P[\Omega] = 1$, so heißt das Maß P Wahrscheinlichkeitsmaß und der Maßraum (Ω, F, P) heißt Wahrscheinlichkeitsraum.«
(SCHMIDT 2009:193)*

Alltägliche Beispiele dafür sind etwa das mehrfache Werfen eines Würfels, das Ziehen von Losen und Kugeln aus einer Urne oder die Verteilung von Spielkarten auf mehrere Spieler. Obwohl das Ergebnis jedes einzelnen Versuchs zufällig ist, lassen sich durch Wiederholung Gesetzmäßigkeiten erkennen und ein Erwartungswert bestimmen. Dafür müssen alle möglichen Ergebnisse des Zufallsexperiments bekannt, das Ergebnis eines einzelnen Experiments nicht vorhersagbar und das Experiment unter identischen Bedingungen beliebig wiederholbar sein.

Der Wahrscheinlichkeitsraum Ω könnte so auch als die begriffliche ›Notwendigkeit‹ des Eintreffens bezeichnet werden, die Minima und Maxima jedes einzelnen Zufallsversuches absteckt und gleichzeitig das ganze Entwicklungspotential aufzeigt.

2-2-2. Historischer Begriffswandel

Der Begriff des Zufalls in der Kunst hat mehrere historische Wandlungen durchgemacht. Einerseits wurde Zufall als wertschöpfender Antrieb gesehen, andererseits wurde er gerade im abendländischen Weltbild durch seine Wertindifferenz und Willkür, Ziel der Kritik. Vom altgriechischen ›Tyche‹, einem Zusammentreffen besonderer Art, wandelte sich das Begriffsverständnis zum Feindbild der kirchlichen Dogmatik, welche in einer von Gott geplanten, kausalen und finiten Weltordnung keinen Platz für den Zufall sah. Im späten Mittelalter erfuhr der Zufall eine Umwandlung ins Wunder. Die Aufklärung sah Zu-

fälligkeit als ›undurchschaubares Glied in einer lückenlosen Kausalkette‹ während im Barock der Zufall als ›Symbol der Rätselhaftigkeit in der Welt‹ immer wieder auftaucht (vgl. GUDERIAN 1995). Der Zufall in der Kunst wird aber stets durch die strenge, formale Ordnung der Kunstwerke verbannt. Erst in der Renaissance, im Manierismus und in der Romantik wird dann ganz bewusst ein »indifferenzierter Formenreichtum von Mauern, Wolkenbildungen und Waldkulissen in die Bilder eingebracht, damit die Phantasie des Betrachters durch den spielerisch eingesetzten Zufall ständig neue Erscheinungsformen für sich entdecken kann« (GUDERIAN 1995:11). Bereits in da Vincis *Traktat von der Malerei* (um 1500) hieß es:

»Achte diese Meinung nicht gering, in der ich dir rate, es möge dir nicht lästig erscheinen, manchmal stehen zu bleiben und auf die Mauerflecken hinzusehen oder in die Asche im Feuer, in die Wolken, oder in den Schlamm und auf andere solche Stellen; du wirst, wenn du sie recht betrachtest, sehr wunderbare Erfindungen zu ihnen entdecken (...). Durch verworrene und unbestimmte Dinge wird nämlich der Geist zu neuen Erfindungen wach.« (da Vinci, zitiert nach HERZFELD & LUDWIG 1909:53)

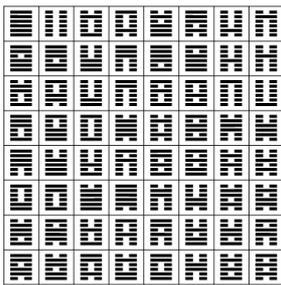
Ende des 19. Jahrhunderts und spätestens im 20. Jahrhundert wandelte sich der Begriff und der schöpferische Aspekt des Zufalls wurde zum künstlerischen Programm. Der Zufall wurde als Sinnbild der Musen verstanden, als konträr agierende Kraft zum göttlich-künstlerischen Schöpfungsprozess. Die Avantgarde des vergangenen Jahrhunderts räumte dem Unbekannten und Unvorhersehbaren einen Platz im Gestaltungsakt ein und die Künstler begannen offene Handlungskonzepte und kunstschaftende Zufallsexperimente zu entwickeln, die einerseits in völlig geordneten und andererseits in äußerst chaotischen Werken resultierten.

2-2-3. Zahlensysteme und Zufallsmaschinen

Zufall wurde in der Kunst einerseits als Inspirationsquelle benutzt, andererseits als schöpferischer Prozess. Ein weiterer kultureller Aspekt liegt in der interpretativen Anwendung von mehrstufigen Zufallsexperimenten, denen meist mystische Qualitäten zugeschrieben wurden.

2-2-3-1. I Ging

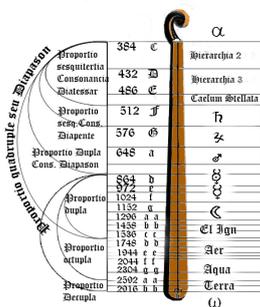
Im ältesten der klassisch chinesischen Texte – dem I Ging, dem Buch der Wandlungen (ca. 11. Jh. v. Chr.) – wird beispielsweise eine Weissagungsmethode beschrieben, die durch 64 verschiedene Linienzusammenstellungen die Wandlung der Welt mit den Polarkräften Ying und Yang zu deuten vermag. Jedes einzelne Zeichen besteht dabei aus sechs Linien, die entweder gebrochen oder ungebrochen sind. Sie stellen mathematisch gesehen eine Variation mit Wiederholung von 2 Strichformen mit 6 Ziehungen dar, für die es $2^6 = 64$ Möglichkeiten gibt. Jedes Zeichen steht dabei für ein Weissungsbild und hat eine eigene Bedeutung, welche verschiedene Situationen, Aufgaben, persönliche Eigenschaften oder konkrete Tätigkeiten beschreibt. Etwa: Bild 1 - Das Schöpferische, Bild 18 - Die Arbeit am Verdorbenen oder Bild 48 - Der Brunnen. Alle 64 Möglichkeiten können noch Zusatzhinweise haben, je nachdem ob bei der Ermittlung des Zeichens eine Linie als ›wandelnd‹ oder ›nicht wandelnd‹ identifiziert wird. Die Wandelbarkeit der Linien geht auf die Erkenntnis zurück, dass der Kosmos in unablässiger Umschaltung begriffen ist. Da jedes der 64 Zeichen durch Linienwandlung in alle anderen übergehen kann, gibt es $64 \times 64 = 4.096$ verschiedene Übergangsmöglichkeiten der Weissungsbilder. Die große Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten führte zu der Überzeugung mit dem I Ging alle möglichen Wandlungen in der Welt darstellen zu können. Die umfangreichen Rechenarbeiten zur Erhebung der Zahlenwerte führte später zu den traditionellen chinesischen Zahlzeichen.



A 13. Hexagramme des I Ging (WIKIMEDIA COMMONS)

2-2-3-2. Monochord

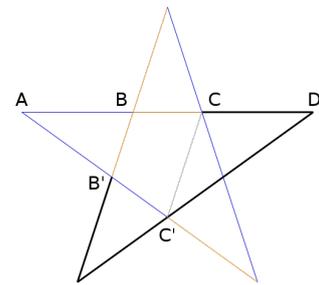
Im 6. Jh. v. Chr. entwickelte Pythagoras eine musikalische Theorie, in welcher er den Gesetzen des Kosmos und dem menschlichen Geist die gleichen tonalen Proportionen zuwies. Das Ergebnis war ein Instrument mit Resonanzkasten und einer Saite, die durch einen beweglichen Steg geteilt werden konnte – das Monochord. Je einfacher die Teilungsverhältnisse, desto harmonischer war die Proportion. Das Verhältnis 1:1 stellte den Einklang, die vollkommene Harmonie dar. Mit seiner ästhetischen Philosophie, die besagte, dass das ganze Universum einer mathematischen Harmonie unterliegt und so Schönheit mit numerischen Proportionen ausgedrückt werden kann, beeinflusste er die europäische Kunst und Wissenschaft bis ins Mittelalter.



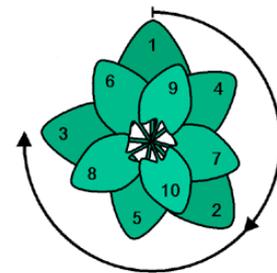
A 14. Proportionen eines Monocordio (WIKIMEDIA COMMONS)

2-2-3-3. Fibonacci und der goldene Schnitt

Zur vollkommenen Proportion in Malerei und Architektur und zum Ideal von Ästhetik und Harmonie wurde in der Renaissance der goldene Ratio. Basierend auf der Wachstumsfolge des italienischen Rechenmeisters Fibonacci, bei der sich die jeweils folgende Zahl durch die Addition der beiden vorangegangenen ergibt, galten die Entsprechungen des goldenen Winkels, der goldenen Teilung, des goldenen Rechteckes oder Dreieckes als Ausdruck von natürlicher Harmonie und Wohlempfinden (vgl. GUDERIAN 1991; WARNKE 2006). Beispielsweise steht auch das Pentagramm, als eines der ältesten mystischen Symbole der Kulturgeschichte, in einer besonderen Beziehung zum Goldenen Schnitt. Hier findet sich zu jeder Strecke und Teilstrecke ein Partner, der im gleichen Verhältnis steht. Nach dem Strahlensatz gilt, dass das Verhältnis von AB/BB' der Teilung von AC/CC' entspricht. Die Fibonacci-Folge kommt auch in der Natur häufig vor, etwa bei der Platzstellung der Blätter, die durch diese Zahlenfolge angenähert werden kann. Der Winkel zwischen benachbarten Blättern und Pflanzenachse kann wiederum mit einer Teilung des Vollkreises im Verhältnis des goldenen Schnitts beschrieben werden.



A 15. Goldene Schnitt im Pentagramm (WIKIMEDIA COMMONS)



A 16. Blattabstand im Goldenen Winkel (WIKIMEDIA COMMONS)

2-2-3-4. Ars Magna

Der Mönch und Philosoph Ramón Llull versuchte zu Beginn des 14. Jahrhunderts durch mechanische und kombinatorische Verknüpfungen mit einer von ihm erdachten logischen Maschine zu wahren Aussagen und allumfassenden Erkenntnissen über die Welt zu gelangen. Die Ars Magna – die große Kunst – beruhte auf einem System, welches durch In-Beziehungssetzung einzelner Begriffe auf mechanischen Scheiben zu theologischen Universalwahrheiten kommen wollte. Auf jeder Scheibe waren Begriffe vermerkt, welche dann durch Drehen verschiedene Verknüpfungen ergaben und wie die Schlussfolgerungen von **Syllogismen** gelesen werden konnten. Der resultierende Kombinationsraster kann, wie CRAMER (2005) in *Words made Flesh - Code, Culture, Imagination* festhält, auch als erstes Beispiel einer Semantik von Programmiersprachen gesehen werden.

Syllogismus – Die Syllogismen bilden den Kern der antiken und traditionellen Logik bis ins 19. Jahrhundert. Jeweils zwei Voraussetzungen (Obersatz und Untersatz) führen zu einer logischen Schlussfolgerung die gültig oder ungültig und wahr oder falsch sein kann.

»The resulting ›tabula‹ is what computer science calls a ›flat‹ database with index fields (B-K). Through the unified number of nine entries per category, the index can reference any column. It provides, as a symbolic code, an abstract ›alphabetum‹, or artificial meta-language for the entries of the table. (...). Lull's letter B-K may be the first example of what computer science calls the ›semantics‹ of a programming language.» (CRAMER 2005:37)

Lulls Ars war keine Programmiersprache per se, da sie nur Daten referenziert, allerdings bot sie vier grafisch repräsentierte Algorithmen für die Transformation von Tabellenelementen in Aussagen an.



A 17. Figuren der Ars Magna
(CRAMER 2007)

Die erste Figur (links) verband jedes der neun ›Principia Absoluta‹ mit den anderen. Die zweite Figur verband jede dieser logischen Verknüpfungen zusätzlich mit einem Subjekt. Die dritte Figur verwendete alle möglichen Zweierkombinationen der neun Prinzipien für die Deutung. Mit der vierten Figur war es möglich Dreierkombinationen zu erhalten, die mit umfangreichen Interpretationstabellen versehen waren. So hat sich etwa aus der Kombination ›BCtC‹ die Frage formulieren lassen, ob Güte groß ist, sofern sie Übereinstimmendes enthält (vgl. CRAMER 2005). Anzumerken ist, dass es in den Lull'schen Algorithmen semantische Limitationen gab, so war beispielsweise die Kombination Deus–contrarietas–magnitudo (BDC), also ›Gott ist konträr zu Größe‹ invalide.

2-2-3-5. Der Denckring

Ein ähnliches Prinzip verwendete Georg Philipp Harsdörffer im 17. Jahrhundert mit seinem *Fünffachen Denckring der Teutschen Sprache*,

eine Art Datenbank und Wortgenerator für die deutsche Sprache. Der Denckring bestand aus fünf Variablen – Präfixe, Anfangsbuchstaben oder Zwielaute, Mittelbuchstaben, Abschlussbuchstaben und Suffixe. Auch hier entsteht der Zufallsmechanismus durch die Anordnung der einzelnen Variablen auf Scheiben mit anschließendem Drehen. Der Denckring implementiert so gesehen ein generatives, zufallsgeleitetes Prinzip mit einem mechanischen Objekt.

»Perhaps most importantly, in using the Denckring the poet is not locating an item in a list, but dynamically generating meaning in the moment (...). In Harsdörffer's poetry generator, the author-function is algorithmic and abstract, constructing a structure or code which the reader then must assemble through the motion of the hand (...).«
(TRETTIEN 2009:1)



A 18. Georg Philipp Harsdörffer, Denckring (CRAMER 2007)

Numerische Zufallsmaschinen wie der Denckring oder die Ars Magna haben viele Denker und Künstler inspiriert. Immer wieder finden sich in der Literatur direkte oder indirekte Bezüge auf mechanische Apparaturen, die alle Weisheiten und Wahrheiten der Welt durch Zufallskombinationen erfahrbar machen sollen (vgl. ECO 1995; SWIFT 1960).

2-2-3-6. Musikalische Würfelspiele

Die bekanntesten historischen Musikstücke, die Zufall bewusst als Stilmittel einsetzen sind die sogenannten ›Musikalischen Würfelspiele‹. Unter anderem wird auch W. A. Mozart zugeschrieben eine *Anleitung zum Componieren von Walzern vermittelt zweier Würfel* (Köchelverzeichnis 294d/516f) veröffentlicht zu haben. Er verwendete dabei zwei Würfel, zwei Tabellen und 176 Notentakte. Das Prinzip aller musikalischen Würfelspiele war, dass aufbauend auf einer Grundkomposition jeweils andere Variationen entsprechend der gewürfelten Zufallszahlen aus einem Raster ausgewählt wurden. Die gewürfelte Zahl entsprach dabei dem Zeilenindex und die Spalten wurden nach der Reihenfolge der Würfe abgezählt (1. Wurf = 1. Spalte, 2. Wurf = 2. Spalte, etc.). Aus der Mischung von Zufallszahl und vorbestimmter Organisation konnte nun die zu spielende Taktnummer für das Notenblatt abgelesen werden. Das Zufallsspiel kann beliebig oft mit rund 46 Milliarden Variationen wiederholt werden (vgl. VÖLZ 1990).

Tabellen in Mozarts KV 294 d								
1. Walzerteil								
Würfel Augen- zahl	Takte							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	96	22	141	41	105	122	11	30
3	32	6	128	63	146	46	134	81
4	69	95	158	13	153	55	110	24
5	40	17	113	85	161	2	159	100
6	148	74	163	45	80	97	36	107
7	104	157	27	167	154	68	118	91
8	152	60	171	53	99	133	21	127
9	119	84	114	50	140	86	169	94
10	98	142	42	156	75	129	62	123
11	3	87	165	61	135	47	147	33
12	54	130	10	103	28	37	106	5

2. Walzerteil								
Würfel Augen- zahl	Takte							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	70	121	26	9	112	49	109	14
3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	90	176	7	34	67	116	52	170
6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	16	155	57	175	43	168	89	172
9	120	88	48	166	51	115	76	111
10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	35	20	108	92	12	124	44	131

A 19. Tabellen in Mozarts KV 294d (VÖLZ 1990)

Im 20. Jahrhundert wird die Produktion von Kunst aus Zufallseinfluss und bewussten Arrangement dann als ›aleatorisch‹ bezeichnet und in vielfältiger Form in Musik, Literatur und bildender Kunst angewendet.

2-2-4. Aleatorik in der Kunst des 20. Jahrhunderts

Synästhesie – bezeichnet die Kopplung mehrerer physisch getrennter Bereiche der Wahrnehmung. Im Zusammenhang mit der Medienkunst ist vor allem die Vereinigung mehrerer Kunstformen wie Musik, Malerei, Architektur, Tanz oder Literatur zu einem medialen Gesamtkunstwerk gemeint.

Der Begriff der Aleatorik ist aus dem Lateinischen von *alea*, dem Würfel, bzw. *aleator*, dem Würfelspieler abgeleitet und wurde als Erstes in der Musik für den Einsatz von Zufall in der Komposition verwendet. Im Rahmen der Akustik werden aleatorische Vorgänge als solche ›deren Verlauf im Groben festliegt, im Einzelnen aber vom Zufall abhängt‹ (MEYER-EPPLER 1955:22) definiert. Mit dieser sehr breiten Definition wurde die Aleatorik zum Arbeitsbegriff für alle Komponisten, die den Interpreten musikalische Zufallsoperationen vorschrieben und im Späteren, zum Sammelbegriff für sämtliche nicht-intentionalen und nicht-systematischen Methoden der modernen Kunstproduktion. Die Aleatorik wurde zum ›Terminus Technicus‹ der modernen Avantgarde, attestiert SCHULZE (2000:26f), die Handlungen und Elemente aller Art kombinierbar machte, verschiedene Kunstformen **synästhetisch** verband und eine Verschränkung von Kunst und Lebensprozessen forderte.

2-2-4-1. Musik

Serielle Musik – Auch als Serialismus oder Serialität bezeichnet, ist eine Strömung der Neuen Musik des 20. Jahrhunderts. Die Kompositionstechnik basiert auf dem Versuch, möglichst alle Eigenschaften der Musik auf Zahlenreihen aufzubauen und eine ›Musique Pure‹ hervorzubringen, die frei von Redundanz, Unbestimmtheit und Beliebigkeit ist.

Aufbauend auf die Zwölftontechnik, bei der alle zwölf Töne gleichberechtigt ohne Bevorzugung eines Grundtons verwendet wurden, setzten in der sogenannten **seriellen Musik** Komponisten wie Stockhausen und Boulez Reihentechniken ein, um das Klangmaterial systematisch zu organisieren. Sie bauten dabei alle akustischen Parameter wie Tonhöhe, Tondauer, Anschlag, Klangfarbe und Lautstärke auf Zahlenreihen oder numerische Proportionsreihen auf. Ziel war es, das Werk gänzlich unabhängig von der Interpretation zu machen und alle Details der Komposition zu kontrollieren und später, mit dem Einsatz von elektronischen Geräten, auch mathematisch determinierbar zu machen. Die Ergebnisse der seriellen Musik waren jedoch teilweise so komplex, dass die dahinterstehende Ordnung oft nicht mehr wahrgenommen wurde (vgl. ESSL 1996a). Man gelangte zur interessanten Erkenntnis, dass vollkommener Determinismus ins Unbestimmbare kippt, wenn

der Komponist die Resultate im Einzelnen nicht mehr voraussehen kann. Dieser Umstand führte bei einigen Komponisten zur Substituierung oder Erweiterung der seriellen Ordnungsprinzipien durch aleatorische Auswahlprozesse.

»Zufall und Ordnung werden im seriellen Denken nicht als Widersprüche, sondern als Extrempole aufgefaßt, zwischen denen vielfältige Übergänge möglich sind. In dieser Dialektik liegt etwas vom Geheimnis lebendiger Prozesse beschlossen: Ordnung als Stabilisierungsfaktor und Mittel zur Vertiefung; Zufall hingegen als Varianzfaktor, als Mittel zum Erkenntnisgewinn.« (ESSL 1996a:8)

Schematisch lassen sich in der aleatorischen Musik zwei Grundprinzipien nennen:

»Einerseits, indem die Partitur dem Interpreten nur Auswahlmöglichkeiten bereitstellte, und dieser dann das zu spielende Musikstück ganz nach Belieben neu zusammensetzen, quasi erwürfeln konnte; andererseits, indem aus einer vorgegebenen Menge von notwendigen Vorentscheidungen, die eine Komposition ausmachen (...) nach bestimmten Regeln ein neues Stück exakt komponiert, besser: errechnet wurde«. (DÖHL 2001:1)

Ein drittes Verfahren ist in seiner Ausrichtung an den amerikanischen Komponisten John Cage gebunden, der alle verfügbaren Klänge als Musik verstand. Die ausgeprägte Handhabung des I Ging (siehe [2-2-3-1. I Ging](#)) als improvisatorische Zufallsoperation in seinen Kompositionen brachte ihm oft scharfe Kritik seitens der europäischen Serialisten. So kalkulierte er beispielsweise in seinem Klavier-Zyklus *Music of Changes* (1951) die Tonparameter aus Tabellen, die er durch Münzwurf gemäß dem I Ging auswählte. Bei *Imaginary Landscape No.4* (1951), einem Stück für mehrere Radioapparate, bestimmte Cage durch das I Ging Frequenzen, Dauer und Dynamik der einzelnen Radiostationen mit jedem Konzert neu. Wo Cage einen offenen Ablauf forderte, wünschte man sich in Europa eine Aleatorik des gelenkten Zufalls, der sich in die Werkstruktur eingliedert und eine bestimmte Richtung und logische Entwicklung des Stücks nicht verlässt (vgl. BAIER 2003). Interessant ist, dass sich im Ergebnis die unterschiedlichen

Kompositionstechniken – Serialität auf der einen, improvisatorischer Zufall auf der anderen Seite – kaum unterscheiden lassen, wie EssL (1996b) in einem Vergleich von Stockhausens *Gruppen (1955-1957)* und Cages *Music of Changes (1951)* feststellt:

»An ihrer Oberfläche erscheinen beide Werke durchaus ähnlich: vielschichtig und bis zum Äußersten differenziert. Wer käme beim ersten Hören schon auf die Idee, daß das eine vollständig im Sinne der ›integralen Reihentechnik‹ determiniert wurde, während das andere durch Befragung des altchinesischen Orakelbuches ›I Ging‹ entstanden ist?« (EssL 1996b:2)

Gottfried Michael Koenig vereinte später serielle und aleatorische Techniken in seinen Stücken. Er schrieb erste Computerprogramme für kompositorische Strategien und verwendete nur noch reduzierte Zufallsoperationen, deren Charakteristik er wie folgt beschreibt:

»Wir wollen darunter eine einmalige aleatorische Entscheidung innerhalb eines Feldes möglicher Entscheidungen verstehen oder doch so wenige Entscheidungen, daß der Zufallscharakter empirisch nicht in Erscheinung tritt; der Zufall lenkt zwar, wird aber nicht als solcher erkannt.« (Koenig, zitiert nach BOEHMER 1988:117)

Einem sehr formalistischen Ansatz widmete sich schließlich Iannis Xenakis, der algorithmische Ordnungsprinzipien aus den Naturwissenschaften in die Musik übertrug. Er suchte den dreidimensionalen Klang, der Musik und Architektur verbinden soll und entwarf in Zusammenarbeit mit Le Corbusier Gebäude nach rhythmischen Kriterien. Mit Xenakis Credo ›The Principle of Indeterminism‹ als Thema (vgl. RANZENBACHER 2003) wies etwa das Ars Electronica Center 2003 bei einem Themenabend auf die leitmotivische Bedeutung seiner Strategien für das Realtime-Processing in der elektronischen Musik und für die von Interaktivität, Generativität und Multimedia geprägten Künste hin.

2-2-4-2. Literatur

Als das eigentliche Zentrallerlebnis des Dadaismus hat Hans RICHTER (1964) rückblickend die Entdeckung des Zufalls bezeichnet. Inspi-

riert durch die Gedichte von Stéphane Mallarmé im 19. Jahrhundert und dessen Auffassung der Literatur als ›Poésie Pure‹ hat die dadaistische Zufallsproduktion Textkollagen hervorgebracht, die »Klänge und Formverbindungen zu Sprüngen verhalfen, die scheinbar Unzusammenhängendes plötzlich im Zusammenhang aufleuchten ließen« (RICHTER 1964:53). Die Entdeckung des Zufalls als künstlerisches Prinzip sei wiederum selbst ein Zufall gewesen.

»[Hans] Arp hatte lange in seinem Atelier am Zeltweg an einer Zeichnung gearbeitet. Unbefriedigt zerriss er schließlich das Blatt und ließ die Fetzen auf den Boden flattern. Als sein Blick nach einiger Zeit zufällig wieder auf diese auf dem Boden liegenden Fetzen fiel, überraschte ihn ihre Anordnung. Sie besaß einen Ausdruck, den er die ganze Zeit vorher vergebens gesucht hatte. Wie sinnvoll sie dort lagen, wie ausdrucksvoll! Was ihm mit aller Anstrengung vorher nicht gelungen war, hatte der Zu-Fall, die Bewegung der Hand und die Bewegung der flatternden Fetzen bewirkt, nämlich Ausdruck. Er nahm diese Herausforderung des Zufalls als ›Fügung‹ an und klebte sorgfältig die Fetzen in der vom ›Zu-Fall‹ bestimmten Ordnung auf.« (RICHTER 1964:52)

Zur bekanntesten aleatorischen Methode in der Literatur des 20. Jahrhunderts wurde der ›Cut-Up‹. Die Technik leitet sich aus einem Gesellschaftsspiel ab, bei dem Zeitungstexte quer über die Kolumnengrenzen hinweg gelesen werden. Die Spieltechnik wurde von William S. Burroughs und Brion Gysin künstlerisch weiterentwickelt und man ging dazu über Texte zu zerschneiden, zu falten, zu schichten oder in irgendeiner anderen Form neu zu arrangieren, um das Ganze dann als intakte Seite zu lesen. Veröffentlicht wurden die Experimente etwa in *Minutes to go* (1960) und sollten vor allem zu einer traum- und rauschähnlichen Bewusstseinsweiterung – einer nobody experience – führen (vgl. DÖHL 2001). In den ›Cut-Up‹, ›Fold-In‹ und ›Cross-Reading‹ Experimenten ging es – mit den Worten von William S. Burroughs – um Folgendes:

»Cut word lines... shift linguals... vibrate tourists... free doorways... Word falling... Photo falling... Breakthrou in Grey Room... « (Burroughs, zitiert nach DÖHL 2001:7)

Eine Arbeitsanleitung und Werkgenese eines dadaistischen Stücks, beschrieb etwa TZARA (1924) in *To Make a Dadaist Poem*:

»Take a newspaper.
Take some scissors.
Choose from this paper an article the length you want to
make your poem.
Cut out the article.
Next carefully cut out each of the words that make up
this article and put them all in a bag.
Shake gently.
Next take out each cutting one after the other.
Copy conscientiously in the order in which they left the
bag.
The poem will resemble you.
And there you are – an infinitely original author of char-
ming sensibility, even though unappreciated by the
vulgar herd.«
(TZARA 1924:7)

Zu Beginn der 1960er entstanden die ersten stochastischen Computertexte rund um die Stuttgarter Gruppe von Max Bense, die mit der Großrechenanlage ZUSE Z22 experimentierte. Dabei entwickelten die Autoren Programme, die Texte und sogenannte ›künstliche Poesie‹ oder ›Autopoeme‹ generierten. Sie interpretierten einerseits wissenschaftlich, indem sie Häufigkeitswörterbücher erstellten, andererseits literarisch, indem sie den Computer anwiesen, mit Hilfe von syntaktischen Regeln und einem eingegeben Lexikon, Texte zu synthetisieren und auszugeben (vgl. DÖHL 2000). Beispielsweise sind in dem Band *Computer-Lyrik: Poesie aus dem Elektronenrechner (1967)* Autopoeme wie dieses zu lesen:

»Das Laub ist aufgeflimmert
die tote Seele wimmert
zum Greise nah und gar
der Schein perlt frei und stecket
und an den Blüten recket
die weite Woge unsichtbar«
(KRAUSE & SCHAUDT 1967:22f)

Zusammengefasst sind in der Literatur zwei unterschiedliche aleatorische Techniken zu finden – der improvisierte automatische Text und der maschinelle kombinatorische Text. Beim **improvisierten Text** wird die traditionelle Vorstellung eines Dichters, der aus einem inneren Antrieb heraus, aus Inspiration oder göttlicher Eingebung schreibt, zur Methode. Es entstehen spontane Zufallskollagen von Buchstaben, Wörtern und Sätzen, die anonym und unabsichtlich niedergeschrieben werden. Bei **maschinellen Texten** werden traditionelle Verfahrensweisen des Schreibens durch automatisierte Textgenerierungen ersetzt. Hier entstehen Würfel-, Zufalls- und Computertexte, die vom Autor nach streng formalen Regeln erzeugt werden.

2-2-4-3. Bildende Kunst

In der bildenden Kunst experimentierte man ebenfalls mit verschiedenen Zufallsverfahren. Während etwa Justinus Kerner in seinen ›Klecksografien‹ eine Falt- und Drucktechnik für weitgehend symmetrische Zufallsbilder verwendete, spritzte auch Victor Hugo bereits im 19. Jahrhundert die Tusche direkt auf das Papier und erweiterte die Farbkleckse mit figurativen Zeichnungen. Die abstrakten Expressionisten des 20. Jahrhunderts, wie etwa Jackson Pollock tropften, schütteten, sprengelten oder spachtelten Muster und Formen mit dem Ziel, das Unbewusste und Zufällige als inspirative Quelle der Kunst abzubilden. Die Bildhauerin und Malerin Niki de Saint Phalle schoss in ihren sogenannten ›Shoot-Paintings‹ mit Farbbeutel auf Gipsreliefs. Max Ernst prägte den Begriff des ›Befreienden Verfahrens‹ und meinte damit künstlerische Experimente, in denen der Zufall eine Rolle spielte und die ein relativ ungeplantes Ergebnis in der Ausgestaltung zur Folge hatten.

A 20. Justinus Kerner, Klecksografie (Selbstbildnis), 1857 (Deutsches Literaturarchiv Marbach)

A 21. Victor Hugo, Le Rocher de l'Ermitage dans un paysage imaginaire, 1855 (Bibliothèque nationale de France)

A 22. Jackson Pollock, Male and Female, 1942 (Philadelphia Museum of Art)

A 23. Niki de Saint Phalle, Shooting Picture, 1961 (Collection Niki Charitable Art Foundation)

A 24. Max Ernst, Cocktail Drinker, 1945 (Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen)



Im Gegenzug versuchte die ›Konkrete Kunst‹ numerische Ordnungsstrukturen in ihren Arbeiten zu implementieren und alle Spuren des Subjektiven, Intuitiven und Persönlichen auszublenden. Übrig blieb eine Kunst, die sehr abstrakt, ungegenständlich und konzeptionell war und eine Konzentration auf die bildnerischen Mittel wie Farbe, Form und Geometrie forderte. Eine klassische Arbeitsanordnung sah dabei etwa so aus:

»Zunächst stellen sich alle einen Vorrat von Zeichen bereit, legen Regeln fest, nach denen diese in der Bildfläche verteilt werden sollen, wählen sich einen (klassischen) Zufallsversuch aus oder nehmen die Ziffern aus einer Zufallstabelle oder von einem Zufallsgenerator aus dem Computer und ordnen den zu platzierenden Zeichen und den Feldern in der Bildfläche Wahrscheinlichkeiten ihrer Wahl zu.« (GUDERIAN 1995:16)

A 25. Max Bill, Konstruktion um das Thema 3:4:5, 1980 (Kunsthaus Zürich)

A 26. Carl Andre, Chainwell, 1964 (National Gallery of Australia)

A 27. Donald Judd, Artist's Against Torture, 1993 (Judd Foundation)

A 28. Sol LeWitt, Wall Drawing #1081: Planes of Color, 2003 (Kunstsammlungen Chemnitz)

A 29. Hanne Darboven, Ein Jahrhundert, 1971 (Westfälischer Kunstverein Münster)

Unterschiede gab es im Umgang mit den erhaltenen Bildvorlagen. Ein Teil der konkreten Künstler, resümiert GUDERIAN (1995), akzeptierte jedes erhaltene Ergebnis, während die anderen sich vom Computer zu einer einmalig festgelegten Bedingung viele verschiedene Entwürfe errechnen ließen und dann nach eigenen ästhetischen Ansprüchen auswählten. Im Prinzip ein konzeptionell ähnliches Verfahren, wie die von NAKE (1968) beschriebene ›Klasse von Kunstwerken‹ (siehe 2-1-1. [Die Anfänge der Computerkunst](#)) und MOLES (1973) Bezeichnung der ›multiplen Werke‹ für die Produktionsprozesse der frühen Computerkunst (siehe 2-1-3. [Ästhetische Positionen der Computerkunst](#)).



›Die Annäherung zwischen Kunst und Mathematik verstärkt sich in den 1960er-Jahren erneut. Carl Andre, Donald Judd oder Sol LeWitt verwenden in ihren formal stark reduzierten, häufig systematischen und seriellen Arbeiten einfache geometrische Primärstrukturen. Ruth Vollmer setzt sich mit geometrischen Gebilden und mathemati-

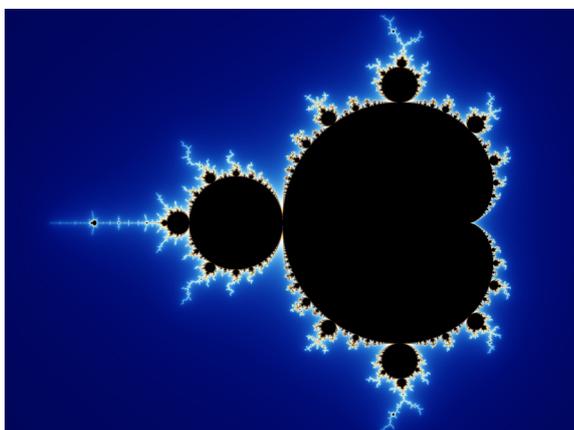
schen Modellen auseinander. Die Visualisierung arithmetischer Systeme rückt die Arbeiten von Sol LeWitt und Hanne Darboven auch in die Nähe von Algorithmen, und interessanterweise entsteht zeitgleich die frühe Computerkunst. « (DRECHSLER, WERNER & BOGNER 2008)

»Die Ebene des ›Codes‹ und der Befehle schafft einen konzeptuellen Rahmen, der an die Tradition früherer künstlerischer Werke wie Fluxus' oder Dadas Experiment mit formalen Variationen oder die, auf der Ausführung von Befehlen basierten, konzeptuellen Werke von Duchamp, Cage und Sol LeWitt anknüpft. « (PAUL 2003:1)

Im Laufe der Jahrzehnte hat die Konkrete Kunst ihre Ideen immer weiter ausdifferenziert und sich in verschiedene Strömungen aufgeteilt wie Op-Art, Kinetic Art, System Art, Radikale Malerei oder Minimal Art und es kam zu Überschneidungen mit Arbeiten der sich parallel entwickelnden Computergrafik und Medienkunst.

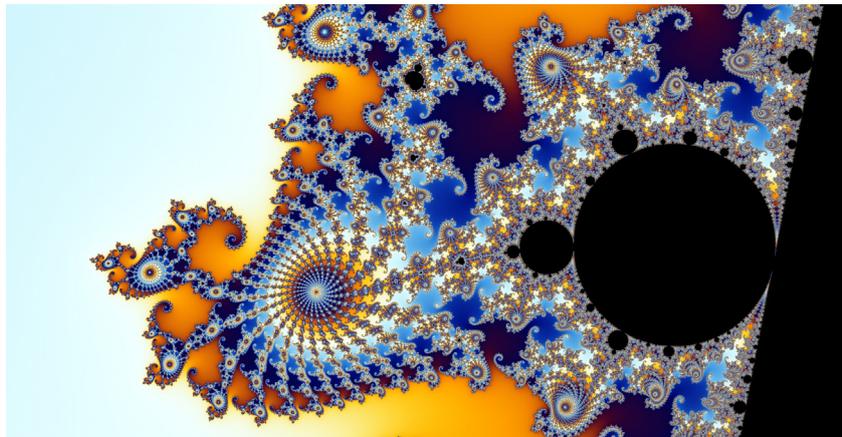
2-2-4-4. Fraktale und zelluläre Automaten

Algorithmische Computerkunst hat in ihrer momentanen Ausprägung viele Vorreiter, manche mit direktem historischen Bezug und manche mit marginalerem Einfluss. Vor allem puristische Stilrichtungen in Musik, Literatur und Bildender Kunst sind in Ästhetik und Formensprache einflussreich gewesen. Rückkopplung und Rekursion wurden dabei immer wieder als Generierungs- und Analysemethoden eingesetzt, wie etwa bei den Computergrafiken der fraktalen Geometrie, die sich aus der iterativen Abbildung einer nicht-linearen Gleichung ergeben.

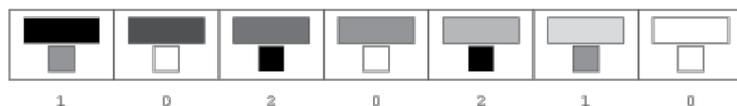


A 30. Mandelbrot-Menge, Startbild (WIKIMEDIA COMMONS)

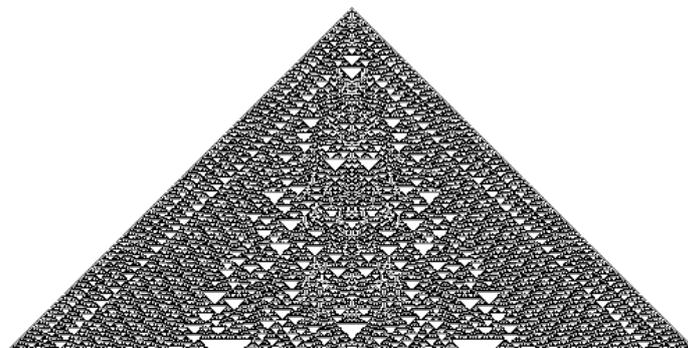
A 31. Mandelbrot-Menge,
Ausschnitt (WIKIMEDIA COMMONS)



Es ist aber auch sicher die Faszination am Spiel und an systemischen Prozessen, welche die Künstler und Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts zu ihren aleatorischen Experimenten und algorithmischen Prozessen geleitet hat. Beispielsweise das in unzähligen Variationen imitierte *Game of Life* (1970) des Mathematikers John Horton Conway, bei dem auf einem gerasterten Spielfeld die Entwicklung von Lebenszellen simuliert wird. Einfache mathematische Regeln ergeben dabei komplexe und vielschichtige Grafiken, die sich oft erst durch hundert- oder tausendfache Wiederholung zeigen. Der Physiker und Computerwissenschaftler Stephan WOLFRAM (2002) machte dieses Prinzip der zellulären Automation dann sogar zur Basis einer ›New Kind of Science‹ mit der prozessuale Phänomene in allen Bereichen der Wissenschaft über einfache Regelverhältnisse analysiert und visualisiert werden können.



A 32. 300 Durchläufe von
sieben zellulären Regeln
(WOLFRAM 2002).



Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch die verschiedenen aleatorischen Techniken eine Öffnung der Kunst zu natürlichen Prozessen, zum Leben und zum Alltäglichen im 20. Jahrhundert eingeleitet wurde. Die entstandenen Arbeiten sind keine willkürlichen Zufallsspiele, sondern teils auf komplexen Regelsystemen oder streng definierten Ordnungs- oder Selektionskriterien aufgebaut. Der Zufall wird als Motor für Neues und Unerwartetes genutzt. Weiters lässt sich sagen, dass der Zufall vor allem in Künsten Anwendung gefunden hat, die explorativ arbeiten und dem künstlerischen Experiment einen wichtigen Platz in der Werkgenese zuordnen. Wie die Beschäftigung mit chaotischen, delineaeren und dynamischen Strukturen in der Wissenschaft das Denken verändert hat, so hat auch die Kunst des vergangenen Jahrhunderts dem prozessualen Denken seinen Platz in ihrem Schaffen eingeräumt.

2-2-5. Das aleatorische Spiel

Alle aleatorischen Methoden, sei es in Musik, Literatur oder Bildender Kunst lassen sich nach SCHULZE (2000) mit drei ›Spielarten‹ und zwei aleatorischen Techniken kategorisieren und beschreiben. Im Grunde beschränken sich dabei alle aleatorischen Techniken auf eine theoretisch sehr einfache Handlung – die Auswahl und Zusammenstellung von Elementen aus einem Repertoire mittels Improvisation oder Kombinatorik.

- a) Die **Improvisation** greift den Topos auf, dass ein Kunstwerk aus der Inspiration des Künstlers durch einen irrationalen und indeterminierbaren Schaffensprozess entsteht. Geschätzt wird die singuläre Authentizität des Werks und die unmittelbare Nähe und Distanzlosigkeit des Produzenten zu seinem Werk. Der idealisierte Künstler ist ein rauschhaft-unbewusst produzierender ›Poeta insanus‹. Qualitätsmerkmal eines Kunstwerks ist eine Zufallssteigerung durch die gesteigerte Verwendung zufälliger Elemente, die als ›dionysische Dunkelheit‹ bezeichnet wird. Das Credo der Improvisation lautet: Das Un- oder Überbewusste produziert (SCHULZE 2000).
- b) Die **Kombinatorik** lässt sich auf den Topos zurückführen, dass Kunstwerke aus einer nüchternen Reflexion hervorgehen und

streng rational, als ein durch die Gesetze der Artistik formulierbares Programm produziert werden. Geschätzt wird hier die all-gemeingültige Regelhaftigkeit eines Werkes und die vermittelte Distanz des Produzenten. Der idealisierte Künstler ist ein kalkulierend-besonnen produzierender ›Poeta doctus‹. Qualitäten sind das weitgehende Ausschließen zufälliger Elemente, eine Zufallsvermeidung, die als ›apollinische Klarheit‹ bezeichnet wird. Das Credo der Kombinatorik lautet: Das Material oder das Programm produziert (SCHULZE 2000).

Das Repertoire eines Spiels kann dabei aus verschiedenen Elementen wie Buchstaben, Wörter, akustische Hüllkurve, visuelle Farbwerte, Linien, Rechtecke, Foto-, Video- oder Audiosamples bestehen. Durch ein oder mehrere Filter werden nun Elemente aus dem Repertoire nach bestimmten Regeln ausgewählt. Die Selektion kann sowohl gestaffelt oder kontinuierlich erfolgen. Die abschließende Organisation der Elemente in einem aleatorischen Spiel kann seriell stattfinden, einem vorgegebenen Muster untergeordnet werden oder wiederum selbst zufällig bestimmt sein. Interessant ist, dass bereits MOLES (1973) in seinen Ausführungen zum Verhältnis von Computer und Kunst, ähnliche Begrifflichkeiten zur Beschreibung von permutationeller Kunst verwendet. Er hält fest, dass bei einem permutationellen Kurationsprozess aus einem ›Repertoire‹ an Zeichen und einer Idee, multiple Werke gemäß eines kombinatorischen Algorithmus generiert werden. Der Kompositionsprozess wird als ›herrliches Spiel‹ bezeichnet, welches ›persönliche Diversität in der Uniformität‹ mit einem algorithmischen Prozess schenkt.

SCHULZE (2000) differenziert das gestalterische Spiel mit der Aleatorik noch in drei Arten, je nach Umgang mit Repertoire, Selektion und Organisation.

- a) **Minimalistische** Spiele bestehen aus einem Repertoire mit einer einzigen Quelle, die Selektion erfolgt per Zufall oder Permutation, die Organisation vorwiegend seriell.
- b) In **fluktuierenden** Spielen werden zwei oder mehr Quellen nach einem festgelegten Muster beständig gewechselt, die Organisation erfolgt seriell oder nach einem vordefinierten Muster.

- c) Bei **polyphonen** Spielen umfasst das Repertoire eine möglichst große Anzahl an Elementen, die unter der Prämisse, dass keine Quelle dominieren darf, selektiert und organisiert werden.

Minimalistische Spiele haben die ornamentale Untersuchung eines medien-spezifischen Repertoires zum Zweck und »werden entweder isoliert präsentiert, wie beim Ready-made, zu Serien gruppiert wie beim Katalog oder rhythmisch umgruppiert wie in der Permutation« (SCHULZE 2000:352). Fluktuierende Spiele zeichnen sich durch eine Selektion der Quellen nach einem bestimmten Muster aus. »Organisiert werden die Elemente entweder locker als Parallelisierung oder Kontrastierung, in denen sich die Elemente überlagern können oder streng geordnet als Protokoll (SCHULZE 2000:354). Polyphone Spiele erhalten ihr Arrangement durch eine repräsentative Selektion der Quellen. Hier lassen sich nach SCHULZE (2000) die aleatorischen Werktypen der Anthologie, der Collage und der Montage kategorisieren.

Minimalistische Spiele (Aleatorik des Ornaments)		
Ready Made	Katalog	Permutation
Fluktuierende Spiele (Aleatorik des Brainstormings)		
Parallelisierung	Kontrastierung	Protokoll
Polyphone Spiele (Aleatorik der Lektoren)		
Anthologie	Collage	Montage

T 1. Aleatorische Spiele und Werktypen

2-2-6. Zusammenfassung

Im Kapitel Aleatorik wurden die vielfältigen Auseinandersetzungen mit dem Phänomen Zufall in der menschlichen Historie im Überblick gezeigt. In der Philosophie, Mystik und Religion, in der klassischen Malerei, Literatur und Musik – überall hat der determinierte Zufall, im Rahmen eines vordefinierten Ereignisraumes, als Inspirationsquelle,

als schöpferischer Aspekt und als mystischer Einflussfaktor Einzug gefunden. Im 20. Jahrhundert wurde der Zufall zum künstlerischen Programm erhoben und mit dem Begriff der Aleatorik zur modernen Kompositionstheorie für alle nicht-intentionalen Kunstwerke der Avantgarde. Die Wahl des künstlerischen Zufallssystem – vom klassischen etwas Zu-Fall bringen, stochastischen Zufallstabellen bis zu Shoot-, Wurf- oder Drip-Paintings – entspricht bereits einer bestimmten künstlerischen Vorstellung und durch die Konstruiertheit der Zufallsoperation verliert der Zufall seine Objektivität. Eine Objektivität, die ohnehin niemals kausal sondern immer zweckgebunden ist. Denn das Merkmal des Zufalls ist seine Unvorhersehbarkeit und nicht das Unverständnis seiner Ursache. Die Grundelemente eines aleatorischen Spiels – **Repertoire** (Bild, Ton, Textelemente), **Selektion** (die Auswahl der Elemente als programmierte Regelsatz) und **Organisation** (die zeitliche und räumliche Verteilung der Elemente) – finden sich, so die Hypothese, auch in generativen Gestaltungsprozessen in gleicher Form wieder.

2-3. Prozessualität

«Ideas are one thing and what happens is another.»

(John Cage)

Generative Gestaltungsprozesse sind offen. Durch die Verwendung von aleatorischen Zufallsmethoden in der Komposition und Ablaufsteuerung wird per se eine intentionale Gestaltung bis ins letzte Detail ausgeklammert. Dies bedeutet nicht, dass generative Designobjekte frei von Intention sind, der Rahmen, die Minima und Maxima in denen sich das Programm bewegen kann, sind von den Autoren bestimmt. Auch der Elementsatz, die ästhetische Idee und die Präsentationsform sind intendiert. Allerdings implizieren die prozessuale Struktur und die Ausführung in Echtzeit ein gewisses Verortungsproblem in den Kunsttheorien und entsprechen nicht der gewohnten Werkcharakteristik einer künstlerischen Arbeit. So sollen in der Folge die Begriffe Prozess, Offenheit und Partizipation in der modernen Kunst und in den Medientheorien überblicksartig reflektiert und auf die Praktiken der generativen Computerkunst bezogen werden.

2-3-1. Der moderne Kunstbegriff

Der Begriff der Kunst ist im 20. Jahrhundert unscharf geworden und hat seine einstige klare Abgrenzung als Suche und Ausdruck von Schönheit, religiöser Glorifizierung oder der Repräsentation von Personen und Orten verloren. Im 20. Jahrhundert will Kunst nicht mehr Darstellung, Erscheinung oder Abbild sein, sondern Handlung. »Sie bricht aus Fläche und Raum aus, greift auf die Zeit, ihre Formen und Rhythmen« (RECK 1999:121). Dies führte zu einer unglaublichen Ausdehnung der Materialbasis. Jede nur erdenkliche Materialität kann für die gestalterische Praxis verwendet werden. Bezeichnend heißt es bei SCHWITTERS (1981), dass Kunst nicht anderes ist, als rhythmische Gestaltung mit einem beliebigen Material.

»Was Kunst ist, wissen Sie ebenso gut wie ich, es ist nichts weiter als Rhythmus. Und wenn das wahr ist, so belaste ich mich nicht mit Imitation oder mit Seele, sondern gebe Dir einfach Rhythmus mit jedem beliebigen Material: Bustickets, Ölfarbe, Holzklötze, (...) oder mit Worten in der Poesie, den Klängen der Musik, oder was immer du willst. Darum schau nicht das Material an, denn das ist unwesentlich.« (SCHWITTERS 1981:242)

Die verschiedenen Kunstbewegungen des vergangenen Jahrhunderts haben das Kunstobjekt und den Werkbegriff entscheidend verändert. Der Fokus hat sich von Inhalt und Ausführung auf die Methode und die zugrunde liegende Idee des Kunstwerks verschoben. Die Impressionisten tauschten die realistische Beschreibung einer Szenerie zu Gunsten einer fiktionalen und emotionalen Repräsentation des Moments. So begann die Verformung des Kunstobjekts vom Realen zum Unrealen bis zum Irrationalen. Futuristen und Konstruktivisten drückten ihre Themen und Emotionen über geometrische und mathematische Formen aus. Der Dadaismus nutzte ebenfalls Geometrie, Mathematik und Zufall, änderte aber den Werkbezug auf Materialien des täglichen Lebens. Duchamp behauptete anschließend, dass die Idee von Kunst schon Kunst sei – und so wurde die physische Natur des Kunstwerks immer unwichtiger. Ein ›new way of thinking‹ hat sich in der Kunstszene des 20. Jahrhunderts etabliert, der die zeitgenössische Wissenschaft und Gesellschaft kritisch reflektierte. So liest man bei Eco (1989):

»In every century, the way that artistic forms are structured reflects the way in which science or contemporary culture view reality.« (Eco 1989:13)

Die Realität des 21. Jahrhunderts ist von Digitalität geprägt. Code ist, wie es 2003 bei der *Ars Electronica* in Linz heißt, die Sprache unserer Zeit geworden (vgl. STOCKER & SCHÖPF 2003). Wir bedienen täglich dutzende Computerschnittstellen, die – im Sinne der Kybernetik – triviale Prozesse auslösen und uns im Gegenzug mit Geld, Essen, Fahrkarten, Telekommunikation und Information versorgen. Das Bedienen von vernetzten Computerprozessen, deren Funktionsweise die wenigsten im Detail kennen, ist ein Teil unserer Gesellschaft und unseres sozialen Handelns geworden. Auch die Kunst hat davor nicht halt gemacht. Vernetzte Prozesse und aktives Handeln sind zentrale Elemente der modernen Kulturpraxis.

2-3-2. Offene Kunstwerke

Umberto Eco veröffentlichte 1962 als junger Dozent für Ästhetik eine Sammlung von Aufsätzen unter dem Titel *Opera aperta*, die er aus Anlass des 12. Internationalen Philosophiekongresses verfasst hatte und die zu einem der einflussreichsten Werke für die moderne Kunst werden sollten. Im Zentrum seiner Untersuchung steht die Entwicklung einer erweiterten Werkästhetik – einer Ästhetik der informellen Kunst. Nachdem bereits die Avantgarde der Zwischenkriegszeit den Begriff des Kunstwerks in Frage gestellt hatte, entstehen in der Nachkriegszeit Werke, die immer weiter vom Kunstbegriff im traditionellen Sinn abrücken. Eco entwickelt in seinen Essays ein theoretisches Konstrukt, welches diese Kunstwerke neu kategorisiert und gleichzeitig auch eine neue Art der Kunstinterpretation anregt. Er geht dabei von einer Mehrdeutigkeit aller Kunstwerke aus, die er als ›Offenheit‹ bezeichnet.

Unterschieden werden zwei Grade der Offenheit: Eine **begrenzte Offenheit**, die dem Betrachter verschiedene Lesarten anbietet, hinter denen jedoch ein einziger ›wahrer Sinn‹ steht und eine **freie Offenheit**, die dem Rezipienten den ganzen Freiraum in der Interpretation, nur eingeschränkt durch die Strukturen im Werk selbst, überlässt. Als Erweiterung der zweiten Kategorie führt Eco den Begriff der **Kunstwerke**

in **Bewegung** ein, der hauptsächlich zeitgenössische Medienkunst betrifft, die sich nicht nur durch Mehrdeutigkeit, sondern auch durch »Beweglichkeit der Form und Unbestimmtheit« (Eco 1977:42) auszeichnet. Das Kunstwerk in Bewegung ist dabei keine Aufforderung zu völlig beliebiger Ergänzung, sondern eine »Einladung, sich frei in eine Welt einzufügen, die gleichwohl immer noch die vom Künstler gewollte ist« (Eco 1977:55). Er hebt den Aspekt der künstlerischen Autorschaft besonders hervor, »weil unser abendländisches ästhetisches Bewusstsein, wenn von einem Kunstwerk die Rede ist, fordert, dass man unter ›Werk‹ eine personale Produktion verstehe« (Eco 1977:55f).

Seinen Kernbegriff der Offenheit bezieht Eco einerseits auf den als offen bezeichneten Bereich der Kunst und andererseits auf die offene Herangehensweise des Betrachters. Um eine Verbindung zwischen den beiden Arten der Offenheit aufzuzeigen, sucht er einen Vergleich mit den Methodologien der Wissenschaft. In diesem Zusammenhang führt Eco neben der Phänomenologie auch das Kanalmodell der Informationsübertragung an, in welcher er die angewandte Trennung von Bedeutung und Information besonders heraushebt. Denn, in der Kommunikationstheorie bedeutet Information nicht das was tatsächlich gesagt wird, sondern das was gesagt werden kann. Information ist nicht gleichzeitig Bedeutung.

»In fact, two messages, one of which is heavily loaded with meaning and the other of which is pure nonsense, can be exactly equivalent, from the present viewpoint, as regards information. (...) To be sure, this word information in communication theory relates not so much to what you do say, as to what you could say. That is, information is a measure of one's freedom of choice when one selects a message.» (WEAVER 1949:5)

Eco legt den kommunikationstheoretischen Begriff der Information auf offene Kunstwerke um, die den Empfängern ebenfalls mehrere Möglichkeiten zur Interpretation anbieten und meint mit dem Begriff der Information »die Möglichkeit zu informieren« (Eco 1977:168) und nicht die Vermittlung einer klaren Botschaft. Es liegt, so gesehen, im Ermessen des Einzelnen eine bestimmte Bedeutung – eine Message – in der Rezeption von offenen Kunstwerken auszuwählen. Eco untermau-

ert seine Theorie der Offenheit mit dem Bezug auf offene Konzepte in der Phänomenologie und unterstreicht, dass jedes Kunstobjekt immer subjektiv unter Einbezug der eigenen Erfahrungen wahrgenommen und komplementiert wird. Die moderne Kunst wertet somit bewusst die Betrachter auf, nicht nur passiver, aufnehmender Part zu sein, sondern aktiv ihre Wahrnehmung des Kunstobjekts zu wählen.

Doch nicht nur die Rezeption ist in Bewegung gekommen, sondern auch die Kunstproduktion selbst. Mit den Möglichkeiten neuer Medien wird der Prozess, als Gegenstück zum abgeschlossenen Werk, zu einem bestimmenden Aspekt moderner Kunst. So heißt es im Vorwort von *Kunst in Bewegung: Aktion – Kinetik – Neue Medien (2004)*:

»Mit der Medienkunst ist der traditionelle Begriff des ›Betrachters‹ endgültig obsolet geworden; viele Werke existieren nur aufgrund der Beteiligung eines ›Benutzers‹ oder ›Users‹, ob es sich nun um rein reaktive oder um partizipative Arbeiten handelt.« (KLANT 2004:1)

2-3-3. Der Prozess als Leitbegriff der Medien

Die Informationstheorie ist nicht nur bei Eco ein Ausgangspunkt zur Theorie des offenen Kunstwerks – welches wie von ihm oft betont, aber keine Anleitung für eine praktische Umsetzung ist – sondern auch in der Medientheorie und Technikphilosophie sind immer wieder Überschneidungen und Verknüpfungen mit der Informationstheorie und offenen Prozessen zu finden. So unterschiedlich die Positionen von Marshall McLuhan, Vilém Flusser, Jean Baudrillard und Paul Virilio auch sind, lässt sich doch eine Gemeinsamkeit feststellen, die in einem mehr oder weniger ausgeprägten Rekurs auf die mathematische Informationstheorie oder die Kybernetik besteht.

»Allen Ansätzen [McLuhan, Flusser, Baudrillard, Virillio] ist gemeinsam, daß sie den Paradigmenwechsel von der Linearität und Kausalität zur Delinearität (auf verschiedenen Ebenen) thematisieren. Kausale und lineare Prozesse werden von der Zirkularität reflexiver Rückkopplungsprozesse in selbstorganisierten Systemen abgelöst, deren

*Funktionsweise durch eine gewisse Zufallsabhängigkeit
und durch das Prinzip der Emergenz erklärt werden.«
(HEIBACH 2000:158)*

McLuhan zentralisiert den Prozess der sozialen Veränderungen den die Medien auslösen. Deren Wertung bezieht er auf den Prozess der Sinnesstimulation. Ähnlich bei Flusser, der sein Augenmerk auf die Kommunikation als Prozess legt und die Medien an der Möglichkeit zur aktiven Beteiligung misst. Baudrillards Simulationsbegriff ist rein prozessualer Natur, gekennzeichnet durch das Ereignis der Ekstase. Virilio fokussiert seine Thesen auf die Geschwindigkeit als dynamisches Maß.

Ob der Bezug auf den Prozess als Leitbegriff nun bewusst hergestellt wurde, ist sekundär, entscheidend ist, dass sich mit den neuen Medien »offensichtlich parallel in den unterschiedlichsten Disziplinen ein Bewusstsein von der Unzulänglichkeit bisher grundlegender Kategorien des Denkens durchgesetzt hat« (HEIBACH 2000:156). »Es geht nicht mehr um die Erforschung des ›Wesens‹ der Dinge, sondern um die Frage nach dem Ablauf von Prozessen« (HEIBACH 2000:163). Delineare Prozesse, Selbstreferentialität, Rückkopplung und Kommunikationsschleifen sind immer wiederkehrende Begriffe in der Kunst und in den Medientheorien am Ende des 20. Jahrhunderts. An die Stelle statischer, durch Eigenschaften beschreibbarer Objekte, die auf verschiedene Art repräsentiert werden und die Realität abbilden, ist die Konzentration auf den Prozess und die dynamischen Relationen getreten.

2-3-4. Effektive Komplexität

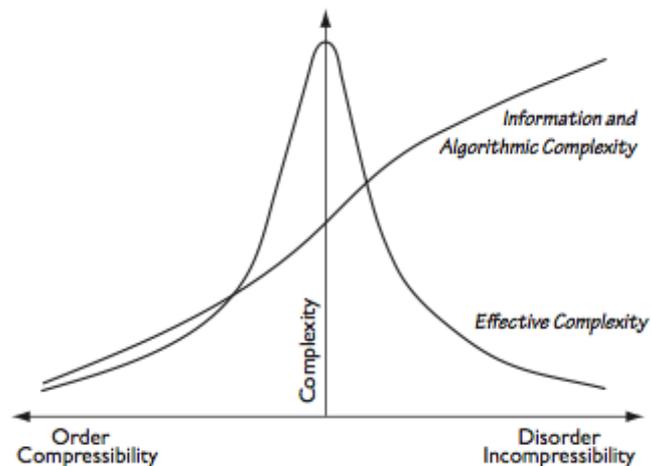
Nach der klassischen Definition der Informationstheorie von SHANNON (1948) ist der Informationsgehalt einer binären Folge gleich. So hat etwa die Folge ›1000110111100101‹ den gleichen Informationsgehalt wie ›1111111100000000‹. In der algorithmischen Informationstheorie hingegen kann die zweite Folge verkürzt als ›8 x 1 dann 8 x 0‹ dargestellt werden und besitzt so weniger algorithmische Information als die erste Folge, die weitaus schwieriger verkürzt werden kann. Die algorithmische Inhaltsinformation ist also um so höher, je weniger sich eine Zeichenkette komprimieren lässt. So haben etwa beliebige Folgen, die

keinem vorhersehbaren Muster folgen, einen sehr hohen Informationsgehalt und geordnete Folgen einen sehr niedrigen Informationsgehalt.

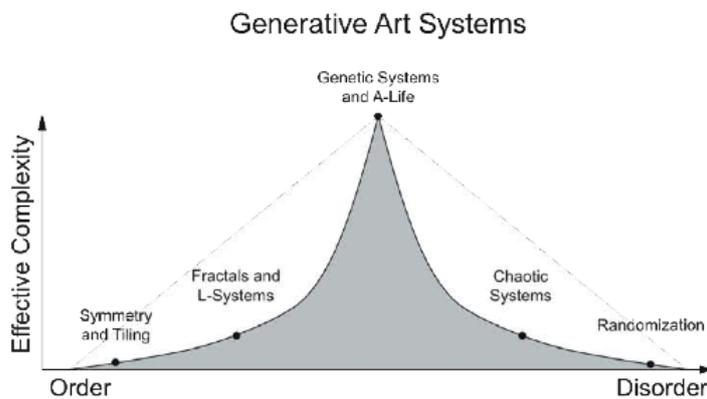
Dieses Verhältnis entspricht jedoch nicht unserer menschlichen, intuitiven Wahrnehmung von Bedeutung und Inhalt. In dieser Darstellung hätten etwa literarische Werke eine niedrigere algorithmische Komplexität als zufällige, sinnentleerte Wortfolgen. Für unsere menschliche Fähigkeit, Inhalt und Bedeutung von einer bestimmten Erfahrung auszulesen, braucht es eine Mischung aus Überraschung und Redundanz zwischen den Extremwerten von völliger Ordnung und totalem Chaos.

GALANTER (2003, 2010) überträgt den Gell-Mann Graphen für natürliche Systeme auf die Kunst und schlägt eine Messung der »effektiven Komplexität« für generative Kunstwerke vor.

A 33. Algorithmische Komplexität und effektive Komplexität (GALANTER 2010)

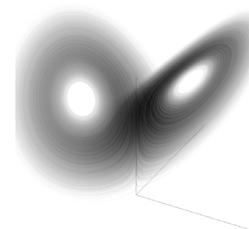
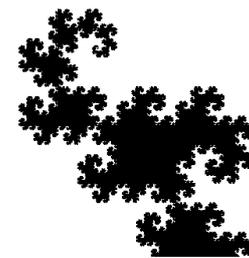


»Unlike information and algorithmic complexity, effective complexity is not inversely proportional to order and compressibility. Rather both order and disorder contribute to complexity.« (GALANTER 2010:4)



A 34. Komplexität generativer Kunstsysteme (GALANTER 2009)

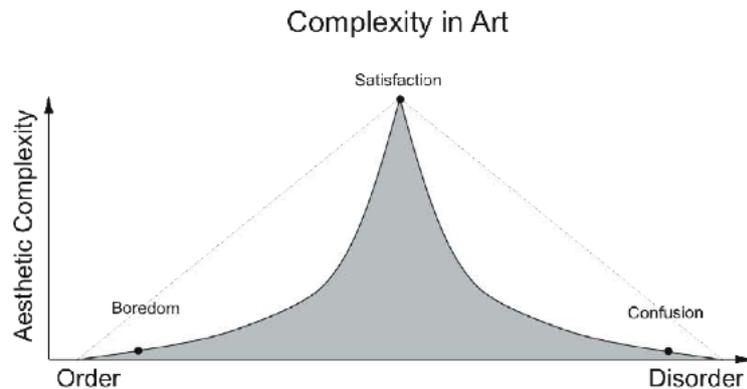
Als Beispiele für hochgradig geordnete Systeme in der Kunst führt GALANTER (2003) etwa die Kacheltechniken der islamischen Architektur und Künstler der Minimal Art und Konzeptkunst an, die stark geordnete geometrische Formen, Zahlenfolgen und Kombinationssysteme in ihren Werken benützen. Als hochgradig ungeordnete generative Systeme werden die Arbeiten von William S. Burroughs, John Cage oder der Dadaisten bezeichnet. Bei den Lindenmayer- oder L-Systemen handelt es sich um mathematische Formalismen zur Simulation von natürlichen Entwicklungen. Das wesentliche Prinzip der verschiedenen Systeme ist die rekursive Ersetzung von Einzelteilen durch Produktionsregeln. L-Systeme werden zum Beispiel in der Computergrafik zur Modellierung von Pflanzenwachstum eingesetzt oder zur Abbildung selbstähnlicher Fraktale wie das Sierpinski-Dreieck, die Koch'sche Schneeflocke oder die Drachenkurve. Chaotische Systeme sind dynamische Strukturen, die stark von ihren Anfangsbedingungen abhängen und deren Verhalten langfristig nicht vorhersagbar ist. Beispiele sind seltsame Attraktoren, wie der Lorenz-Attraktor oder Rössler-Attraktor oder turbulente Strömungen, Störsignale und Resonanzen. Die höchste Komplexität weisen genetische Algorithmen und künstliche Lebenssysteme (A-Life) auf, die Prozesse im Computer zu realisieren versuchen, die Eigenschaften und Fähigkeiten von biologischen Lebens aufweisen.



A 35. Drachenkurve und Lorenz-Attraktor (WIKIMEDIA COMMONS)

GALANTER (2009) verwendet diesen Graphen auch für die Darstellung von ›ästhetischer Komplexität‹ in Kunstprozessen, die zwischen den Abstufungen von geordneter Langeweile und ungeordneter Verwirrung am höchsten ist.

A 36. Ästhetische Komplexität
in der Kunst (GALANTER 2009)



»Artists working in all forms have an intuitive understanding that an effective piece needs regularity to not lose the audience to confusion, but also surprise to not lose the audience to boredom. This is analogous to the balance of order and disorder that is referred to as ›complexity‹ in complexity science.« (GALANTER 2009:14)

Generative Designprozesse bewegen sich zusammengefasst, durch die Kombination aus syntaktischer Determiniertheit und aleatorischer Zufälligkeit, offen zwischen den Extremwerten von ›Order‹ und ›Disorder‹ und in ihrer Konzeption zwischen den Polen von ›Werk‹ und ›Prozess‹.

2-3-5. Werk und Prozess

Ein Kunstwerk im traditionellen Sinn ist ein ›opus perfectum et absolutum‹ schreibt ESSL (1996b) in seinem Plädoyer für offene Kunstprozesse. Es ist unantastbar. In Geschlossenheit und Vollkommenheit ist es einem Gesetzestext gleich, der zwar offen ist für vielfältige Interpretationen, aber niemals verändert oder gar in Frage gestellt werden darf. Als Gegenpol zum Werk hat sich auch in der Kunst der Begriff des Prozesses etabliert. Was ESSL im Spezifischen auf die Komposition und Interpretation von neuer Musik bezieht kann, so die Hypothese, auch im Allgemeinen auf generative Designprozesse übertragen werden. Denn auch hier ist die zeitliche Ausdehnung eines Prozesses unbe-

stimmt, seine formale Erscheinung vage, lose und offen. Während sich Werke aufgrund ihrer Geschlossenheit und Eindeutigkeit hervorragend reproduzieren lassen, verweigern sich Prozesse dieser Verdinglichung und erscheinen einmalig, jedes Mal anders, jedes Mal neu (vgl. Essl 1996b). In einer Gegenüberstellung summiert Essl (1996b) die Hauptmerkmale von Werk und Prozess:

Werk	Prozess
geschaffen	verursacht
gestaltet	generiert
geschlossen	offen
endlich	unendlich
reproduzierbar	irreproduzibel
ziel-orientiert	weg-orientiert

T 2. Hauptmerkmale von Werk und Prozess

Betont wird jedoch, dass es sich hierbei um Idealformen handelt, die in der realen Kunstproduktion so nicht vorkommen. Das reine Werk gäbe es ebenso wenig wie den reinen Prozess. Viel wahrscheinlicher ist eine Konvergenz von Werk und Prozess. Essl schlägt in Folge eine Ausdehnung von Ecos Werkbegriff des ›offenen Kunstwerks‹ (siehe 2-3-2. [Offene Kunstwerke](#)), welcher sich in erster Linie auf geschlossene Werke bezieht, auch für ›offene Prozesse‹ vor. Denn ein Werk, im Sinne eines hochgradig organisierten Stücks, verliert seine Einmaligkeit, wenn die Determination zu weit getrieben wird. Umgekehrt kann die menschliche Wahrnehmung Sinnbezüge in chaotischen und ungeordneten Arbeiten generieren, die per se nicht vorhanden sind. Essl plädiert für den ›offenen Prozess‹ als Konvergenz von Werk und Prozess.

»Ich möchte deshalb für eine neue Sichtweise plädieren, die WERK und PROZESS nicht als Widersacher gegeneinander ausspielt, sondern die Polarität dieser beiden Wesensformen in sich vereint. WERK und PROZESS lieben sich demnach - ganz im Sinne des seriellen Denkens - als Extremwerte auffassen, zwischen den vielfältige Zwischenstufen und Übergangsformen denkbar sind.« (Essl 1996b:4)

Offene Prozesse würden den Rezipienten einladen zwischen den verschiedenen Ebenen von Werk und Prozess zu springen und assoziativ Sinnesbezüge und Relationen zu konstruieren, wodurch wiederum Züge einer Werkhaftigkeit entstehen.

»Ein solches ›Offenes Kunstwerk‹ ließe sich als unbekannte Landschaft beschreiben, die den Rezipienten zu eigenen Erkundungsmärschen einlädt. Eine ›terra incognita‹, durch das sich ein Netzwerk von Wegen zieht. Entlang dieser Pfade (und auch abseits davon) gibt es Mannigfaches zu entdecken. Und doch ist der Besucher nicht völlig auf sich gestellt: immer wieder findet er Orientierungsmarken und Wegweiser, Fluchtpunkte und Richtungspfeile.« (Essl 1996b:5)

Retroherence – Bezeichnet die Tendenz von verschiedenen Ereignisgruppen logisch verbunden zu sein, nachdem sie passiert sind. Ursprünglich unabhängige Ereignisse werden im Nachhinein nicht mehr getrennt wahrgenommen.

Essl drückt damit Ähnliches aus, wie Brian Eno mit dem Begriff der ›**Retroherence**‹. So schildert ENO (1996) am Beispiel einer Tonaufnahme aus dem Londoner Hyde Park, die Veränderung des Wahrnehmungsprozesses und das Entstehen einer Fiktion. Während eines Spaziergangs nimmt er alle Umgebungsgeräusche – fahrende Autos, bellende Hunde, sprechende Menschen – auf. Ausgehend von dieser willkürlichen Aufnahme selektiert er einige Minuten und reiht sie aneinander. Nach tagelangem Hören entwickeln die zufälligen Geräusche ein Narrativ, fast so als ob sie bewusst arrangierte Sequenzen wären. Ein Sinnesbezug, der nicht vorhanden ist, wird von der menschlichen Wahrnehmung konstruiert.

2-3-6. Generative Entwurfsprozesse

In Bezug auf offene Entstehungs- und Wahrnehmungsprozesse sind die Begriffe der Kohäsion, Kohärenz und Konsistenz interessant. Diese stammen aus der Linguistik, lassen sich jedoch in den unterschiedlichsten Medien anwenden, um semantische und nicht-semantische Strukturen eines Werks zu untersuchen.

»Mit den Begriffen Kohäsion und Kohärenz wird es möglich, semantische und nicht-semantische Strukturen eines Werkes gleichberechtigt zu untersuchen. Eine metaphysisch und historisch aufgeladene Unterscheidung von

Form/Inhalt oder Form/Sinn wird ersetzt durch die pragmatische Unterscheidung zwischen Material und Gestaltung« (SCHULZE 2000:24).

Unter **Kohäsion** versteht SCHULZE (2000) »mechanisch erzeugbare Bezüge der Oberflächenstruktur« mit denen kontextfrei operiert werden kann. Im literarischen Zusammenhang etwa das phonologische und orthografische System. In der Computerprogrammierung beispielsweise die syntaktischen Vorgaben der verwendeten Programmiersprache. **Kohärenz** ist nicht mechanisch erzeugbar und entsteht erst durch semantische Bezüge zur äußeren Wirklichkeit. Die **Konsistenz** einer Arbeit wird letztendlich durch die »Regelmäßigkeit und Stimmigkeit« bei der Verwendung von Aussagen und Oberflächenstrukturen bestimmt. Es gilt: je höher die Konsistenz einer Arbeit, desto größer die Intentionalität.

2-3-6-1. Heuristische Fiktion

Der Arbeitsmodus des aleatorischen Spiels – die zufallsgeleitete Selektion und Organisation von Elementen aus einem Repertoire – soll neue Ideen und Intentionen, neue Kohäsions- und Kohärenzmuster hervorbringen. Das Ergebnis sind Arbeiten »ohne Vordergrund und Hintergrund und ohne akzentuierte Gestalt, reine Element- und Aussagenreihungen« (SCHULZE 2000:350). Die aleatorische Materialsammlung ist Prozesskunst im klassischen Sinn – das Ergebnis ist der Prozess. Die Strategie der »heuristischen Fiktion« besteht nun darin, diese Materialsammlungen so wahrzunehmen als wären sie intentional organisiert. Aus der Frage, welche Intentionen dieses Material konsistent und notwendig erscheinen lassen können, wird eine Einzige hervorgehoben und zur zentralen Intention des Werks gemacht.

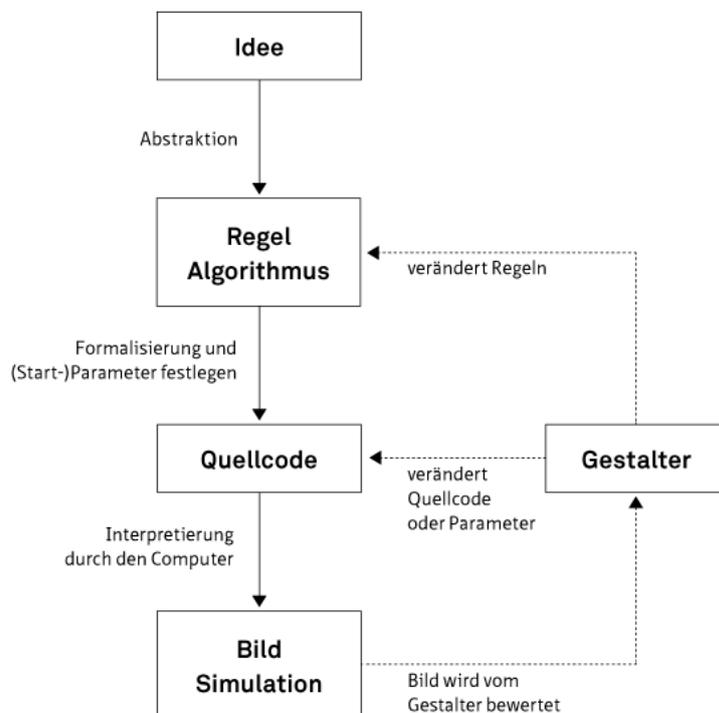
»Am Übergang zum intentionalen Modus wird dann eine Intention herausgegriffen, als heuristische Fiktion fixiert und mit den vorliegenden Materialien möglichst schlüssig verwirklicht. Die intentions- und visionslose, präreflexive Aleatorik schafft somit die materialen Bedingungen, die den Prozess inhaltlicher Gestaltung, die Heuristik, erst möglich machen.« (SCHULZE 2000:361)

Eine heuristische Fiktion ist die retrospektive Erfindung von Intention. Sie beschließt das nichtintentionale Probieren und stellt den Übergang zum Herstellen schlüssiger, semantischer Bezüge dar. Gelingt es trotz wiederholter Versuche nicht, das Material dem Werkkonzept entsprechend zu organisieren, schlägt Schulze zwei Möglichkeiten vor: die Rückkehr zum aleatorischen Spiel, um das Material zu erweitern oder anders zu beschränken oder die Vision des Werkes zu revidieren und angemessener zu formulieren. Die heuristische Fiktion einer Arbeit wird also so lange überarbeitet, bis sie den Möglichkeiten von Material und Produzent entspricht und ein unbewusstes oder explizit formuliertes Regelwerk entstanden ist, welches die verwendeten Kohärenz- und Kohäsionsmuster schlüssig, also konsistent macht.

2-3-6-2. Abstrahierte Idee

Den klassischen Ansatz mit einer zentralen Idee am Beginn eines generativen Entwicklungsprozesses beschreiben BOHNACKER, GROSS, LAUB UND LAZZERONI (2009). Aufbauend auf die grundsätzliche Intention der Arbeit entsteht hier ein zirkulärer Überarbeitungs- und Bewertungsprozess von Regelwerk und Quellcode durch die Gestalter.

A 37. Klassische Form generativer Entwurfsprozesse (BOHNACKER et al. 2009)



Die Veränderung von Regeln und Parametern könnte man – im Sinne der Aleatorik – auch als improvisatorisches und kombinatorisches Spiel mit den Elementen des generativen Werkstücks sehen. Der Gestalter bewertet wiederholt die Ergebnisse des Programms – hierdurch entsteht auch die wiederholt angesprochene Klasse von Kunstwerken – und dreht dann an Knöpfen und Reglern oder ändert Variablen, Schleifen und Fallunterscheidungen bis das gewünschte, semantisch mit der Ursprungsidee konsistenteste Ergebnis erzielt wird. Bei dieser klassischen Form des Entwurfsprozesses heben BOHNACKER et al. (2009) richtigerweise die Bedeutung des Abstrahierens der zentralen Idee in syntaktische Regeln hervor:

»Die wesentliche Veränderung im Entwurfsprozess durch die generative Gestaltung ist, dass der handwerkliche Aspekt in den Hintergrund rückt, dafür aber Abstraktion und Information zum hauptsächlichen Element werden. Nicht mehr die Frage ›wie zeichne ich‹, sondern ›wie abstrahiere ich‹, ist von Belang.« (BOHNACKER et al. 2009:460)

Es ergeben sich – so die Hypothese – zwei Formen der Intentionsgestaltung in generativen Designprozessen. Bei der klassischen Form wird durch die Fixierung einer bestimmten Idee von Beginn an der semantische Bezug (Kohärenz) hergestellt und der zirkuläre Prozess des Ausformulierens, Systematisierens und Detaillierens findet durchgehend in Bezug auf die Abstraktion der Grundidee statt. Bei heuristischen Entwurfsprozessen wird, durch die Technik des aleatorischen Spiels und der heuristischen Fiktion, erst retrospektiv in der sukzessiven Arbeit mit dem generativen Programm eine Intention entwickelt.

2-3-7. Zusammenfassung

Generative Gestalter entwickeln Kunstsysteme. Systeme sind verschachtelte Prozesse zwischen den Polen von Ordnung und Zufälligkeit. Die interessantesten oder komplexesten Ergebnisse erzielen Systeme, die eine Mischung aus Überraschung und Redundanz implementieren. Denn gerade das hochgradig Organisierte kann durch ein Regulativ unserer Wahrnehmung als beliebig wahrgenommen werden und besitzt, ebenso wie das hochgradig Zufällige, eine geringe effektive Komplexität. Gezeigt wurde weiters, dass der Begriff des

offenen Kunstwerks, insofern dieser auf offene Prozesse ausgedehnt wird, auch zur Beschreibung von generativen Werkstücken geeignet ist. Einher geht eine Aufwertung des Betrachters als aktiv handelnder, partizipativer Benutzer, insbesondere in interaktiven, raum- und zeitspezifischen Medieninstallationen. Zirkuläre Prozesse, Selbstorganisation und Selbstreferenz sind zu den Paradigmen und Wesensmerkmalen unserer Zeit geworden. Generative Gestalter greifen diese Paradigmen nicht nur auf, sie arbeiten damit.

2-4. Interaktivität

»Interact or die!«

(Dutch Electronic Art Festival – DEAF 2007)

In der Rezeption von Kunst kommt den Betrachtern immer schon eine konstituierende Rolle zu, die sich durch gedankliche Vervollständigung und subjektive Assoziation äußert. In interaktiven Arbeiten gewinnt dieser Umstand umso mehr an Bedeutung, als diese ihr Repertoire nur dann ausspielen, wenn sich der Betrachter ihnen über einen längeren Zeitraum hinweg »aussetzt«. Dabei geht es nicht nur darum, den dargebotenen Inhalt zu erkunden und sich darin zurechtzufinden, vielmehr sind die Besucher oft selbst in die Installation eingebunden. Ihre Bewegungen und Reaktionen auf das Gesehene und Gehörte sind (un)mittelbar für die jeweilige Konfiguration der Arbeit mitverantwortlich. Durch Interaktion entsteht eine Dialogform, die über das traditionelle Kommunikationsverhältnis zwischen Kunstwerk und Betrachter hinausgeht, da die Präsenz der Besucher das Werk selbst verändern kann. Damit eröffnet sich ein Feld von Möglichkeiten und Anwendungsformen, deren Zusammenspiel sowohl von der Gestaltung der Computerschnittstelle, als auch von der Interaktionswilligkeit der Rezipienten abhängig ist. Im Folgenden werden verschiedene Kommunikationsmodelle für interaktive Computerkunst untersucht, ästhetische Qualitäten von Interface Design thematisiert, mehrere Besucherstudien zu interaktiven Arbeiten erörtert und abschließend dramaturgische Konzepte für generative Gestaltungsprozesse diskutiert.

2-4-1. Kommunikationsmodelle

In der Moderne des 20. Jahrhunderts wurde das Prinzip der Partizipation in der Kunst mehr und mehr erweitert. Vor allem durch die in den 1950er und 1960er Jahren aufkommenden Aktionskunst-, Happening- und Fluxus-Bewegungen, die erstmalig auf ein tatsächliches Mitmachen, im Sinne eines direkten Einwirkens der Besucher auf das Entstehen des Kunstwerks abzielten, wurden die Besucher zu tatsächlichen – nicht nur gedanklichen – Interakteuren. Durch die meist kollagenartig komponierten Geschehensabläufe entstand ein offenes Aktionsfeld, in einem vorgegebenen Handlungsrahmen, der die Kommunikation zum zentralen Faktor des ästhetischen Erlebnisses machte und zu einer Aufhebung der Grenze zwischen Autor, Teilnehmer und Publikum führte (vgl. DANIELS 2003).

Das Bestreben die Partizipation zum Mittel der Medienkunst zu machen, war vielfach politisch motiviert, um die Passivität und Ein-Weg-Kommunikation von massenmedialen Inhalten, hauptsächlich des Fernsehens, aufzubrechen. Die Pionierarbeit *Participation TV* (1963-1966) von Nam June Paik ist eines der ersten medialen Kunstwerke, bei dem die Besucher mit dem sonst unbeeinflussbaren, elektronischen Bild der TV-Apparate interagieren konnten. Über zwei Mikrofone konnte mit dem Fernseher ›gesprochen‹ und als Reaktion, abstrakte Muster auf dem Bildschirm manipuliert werden. Es folgen Arbeiten von Bruce Naumann (*Live-Taped Video Corridor*, 1970), Peter Weibel (*Beobachtung der Beobachtung: Unbestimmtheit*, 1973) oder Dan Graham (*Time Delay Room*, 1974), die in so genannten ›Closed-Circuit-Installationen‹ die Beziehung von Betrachtern und Medien kritisch zum Ausdruck brachten und eine Veränderung der Kommunikationsmodelle der Massenmedien forderten.

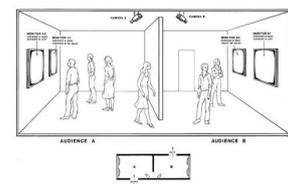
Mit gesteigerter Rechenleistung, zunehmender Verfügbarkeit von Computern und ersten körperlichen Interfaces wie Datenhandschuh und Datenhelm, wurde die Fiktion vom begehbaren, virtuellen Raum nicht nur in Literatur und Film aufgegriffen – wie etwa bei William Gibson (*Burning Chrome*, 1982; *Neuromancer*, 1984) oder Steven Lisberger (*Tron*, 1982) – es wurden auch verschiedene Interaktionsmodelle zur Mensch-Maschine-Kommunikation von Kunsthochschulen, Medieninstitutionen und der Industrie erprobt. Im Vordergrund standen dabei technisch-ästhetische Innovationen und die enge Zusammenar-



A 38. Nam June Paik, *Participation TV*, 1963-1966 (MEDIENKUNSTNETZ)



A 39. Bruce Nauman, *Live-Taped Video Corridor*, 1970 (MEDIENKUNSTNETZ)



A 40. Dan Graham, *Time Delay Room*, 1974 (MEDIENKUNSTNETZ)



A 41. Peter Weibel, *Beobachtung der Beobachtung: Unbestimmtheit*, 1973 (MEDIENKUNSTNETZ)

beit von Technikern und Künstlern. Die medienkritischen Aspekte der vergangenen Jahre fanden aber kaum mehr Erwähnung und Virtual Reality, Telematik und Artificial Intelligence wurden zu den Schlagwörtern für Arbeiten in Kunst, Wissenschaft und Wirtschaft. Beispielsweise referenzierte ein Produktmanager des Softwareherstellers *Autodesk Inc.* direkt auf die Science Fiction Vision von Gibson und setzt sich die Replikation eines ›Cyberdecks‹ mit neuronalem Zugang zum virtuellen Raum als Ziel (vgl. CESHEN 1994). Der Begriff des ›Cyberspace‹ wurde zur bestimmenden Fiktion der 1980er und 1990er Jahre. Jeder kannte ihn, doch niemand hatte ihn je gesehen.

»Cyberspace. A consensual hallucination experienced daily by billions of legitimate operators, in every nation, by children being taught mathematical concepts... A graphic representation of data abstracted from the banks of every computer in the human system. Unthinkable complexity. Lines of light ranged in the nonspace of the mind, clusters and constellations of data. Like city lights, receding...»
(GIBSON 1984:67)

In der Kunst entwickelte sich ein besonderes Interesse an interaktiven Medieninstallationen. Verschiedene Projekte thematisierten den virtuellen Raum, elektronische Lebensformen oder kollaborative Telekommunikation. DANIELS (2003) skizziert in seiner Retrospektive *Strategie der Interaktivität* sieben Grundmodelle mediengestützter Interaktion:

- a) Interaktion mit einer Videostory, deren Ablauf vom Betrachter bestimmt wird
- b) Geschlossene Systeme einer Datenwelt, die vom Betrachter erkundet werden
- c) Interaktion zwischen Körper und Datenwelt
- d) Datensysteme mit einer Eigendynamik, die sich durch die Interaktion weiterentwickeln
- e) Dialogische Modelle
- f) Der ›exemplarische Betrachter‹
- g) Ansätze zu einer Kollektivität im Medienraum

Diese sieben Kategorien sind aus der Historie entstandene Konzepte, die sich auch heute noch gut eignen, um das vorrangige Interaktionsschema eines Werkstücks zu beschreiben. Bei interaktiven Videostories (a) werden Video- und Computertechnik verknüpft, um eine Geschichte mit mehreren Wahlmöglichkeiten für die Betrachter zu erzählen. In explorativen Datenwelten (b) durchqueren die Benutzer mehr oder weniger immersive, unveränderliche Datenlandschaften. Bei Interaktionen zwischen Körper und Datenraum (c) wird eine Verbindung oder Rückkopplung zwischen den Körperbewegungen der Besucher mit dem Medienobjekt hergestellt. Evolvierende Datensysteme (d) besitzen ein gewisses Eigenleben, das sich über die Kommunikation mit den Benutzern weiterentwickelt. Dialogische Modelle (e) sind telematische Projekte, die an mindestens zwei Ausstellungsorten existieren und per Live Schaltung aufeinander Einfluss nehmen. Mit der Bezeichnung des exemplarischen Betrachters (f) spricht DANIELS (2003) die ›Einsamkeit‹ des einzelnen Benutzers ›vor dem Apparat‹ an. Viele interaktive Installationen lassen oft nur einen einzigen Besucher in Aktion treten und dieser nimmt dann den ›einen‹ spezifischen Platz zur Vervollständigung des interaktiven Werkes ein, während die anderen Besucher warten müssen. Als Kollektivität im Medienraum (g) werden Arbeiten bezeichnet, bei denen mehrere Benutzer in einem kollektiv strukturierten Prozess miteinander verbunden sind.

2-4-2. Interaktivität in der Krise

Der Begriff der Interaktivität hat sich durch die Digitaltechnik selbst stark gewandelt. Im ursprünglichen Sinne (lat. *inter* = zwischen; *agere* = betreiben) meinte Interaktion noch ein wechselseitiges Handeln zwischen Personen, wie es auch in der Aktionskunst und den Happenings ausgedrückt wurde, während heute wohl eher die Kommunikation zwischen Mensch und Computer gemeint ist. Interaktive Präsentationsformen von Kunst und Design stellen einerseits eine Öffnung der Kunstwerke, durch die Einbeziehung des Rezipienten in die Handlung dar, andererseits führen sie auch zu einem enormen Komplexitätszuwachs in Technologie und Rezeption. Es erfordert von den Künstlern ein umfassendes technisches Wissen in der Konstruktion, eine soziale Antizipation des Besucherverhaltens und eine genaue Planung räumlicher und zeitlicher Spezifikationen der Arbeit.

Trotz der nun schon jahrelangen künstlerischen Auseinandersetzung mit Interaktivität mangelt es meist gerade an der Konzeption der interaktiven Handlungsmomente. So wurden im Rahmen der *transmediale 2003* mit dem Panel *The Crisis of Interactive Art* ausführlich die Produktionsbedingungen und Ausstellungsmöglichkeiten für interaktive Installation diskutiert. Denn wie JASCHKO (2004) treffend feststellt, hat die Interaktivität »erst eine massive Überschätzung, dann eine vehemente Krise und weit reichende Ablehnung« (JASCHKO 2004:1) erfahren. So gilt vielleicht auch für die interaktive Kunst, dass »das Ideal einer Kunst ohne Hierarchie von Betrachter und Schöpfer« nur eine Übergangsphase ist, »die zwar entscheidend zur Ablöse des statischen Werkbegriffs der Bildkünste beiträgt, in ihrer völligen Offenheit und Unabschließbarkeit jedoch auf Dauer kein tragfähiges Modell liefert« (DANIELS 2003:11).

Ein weiteres Problem von interaktiven Arbeiten ist neben der komplexen Konzeption und den vergleichbar schwierigen Ausstellungseigenschaften, dass sich Künstler – früher wie heute – einem Publikum gegenüber sehen, »das kein elaboriertes Wissen um Interaktive Kunst mitbringt, sondern vielmehr von einer ›Plug-and-Play‹ und ›Click-by-Click‹ Konsumenten-Praxis geprägt und somit auf schnelles Erkennen und Verstehen gedrillt ist« (JASCHKO 2004:3). Oder wie es HUNGER (1998) ausführlich formuliert:

»Für eines der Hauptprobleme im offenen, interaktiven Kunstwerk halte ich den Umstand, dass die BenutzerInnen sich erst in ein Wertesystem einarbeiten müssen, welches ihnen fremd ist, um überhaupt Zugang zu einer Arbeit zu finden. Das bedeutet unter anderem, dass sie sich damit über einen längeren Zeitraum auseinandersetzen müssen, während sie in den üblichen Ausstellungen bildender Kunst nur wenige Sekunden (!) vor einem Werk verweilen. Statt den erhöhten Anforderungen der Rezeption nachzukommen, lassen sie sich eher auf eine ›vereinfachte Interaktivität‹ ein, die statt größtmöglicher Offenheit, eine Auswahl aus einigen, wenigen Möglichkeiten zulässt.« (HUNGER 1998:7)

Mit den oft technisch sehr aufwändigen Installationen kommt es auch zu einem Anachronismus in der Vermittlung und Berichterstattung von interaktiver Kunst.

»Noch entscheidender ist, dass im Unterschied zu traditionellen, statischen Kunstwerken die wesentlichen Aspekte der Installationen nicht durch Abbildungen transportierbar sind, weshalb die Berichterstattung darüber nur Bruchteile erfasst. Gerade die technologisch aufwändigsten Inventionen überschreiten also die Kapazität der gängigen Vermittlungsmedien und fallen so aus der Struktur der medialen Verbreitung heraus. Deshalb kommt es zu dem ironischen Anachronismus, dass der Kunstbetrachter – wie in früheren Jahrhunderten – zum Reisenden werden muss, um die Orte der Kunst bei Festivals und Medienausstellungen aufzusuchen, wenn er ihre eigentliche interaktive Qualität erfahren will.« (DANIELS 2003:21)

Die angesprochenen Probleme, die sich bezüglich Rezeption und Konzeption mit interaktiven Installationen ergeben, existieren nach wie vor, wie eine umfangreiche empirische Studie zur Rezeption von interaktiver Kunst (MÖRTH, HOCHMAYR & KWASTEK 2008) im Rahmen der *Ars Electronica 2007* zeigt. So resümieren die Autoren der Studie, dass zwar das grundsätzliche Publikumsinteresse an interaktiven Medienarbeiten und deren Kontextualisierung zu wachsen scheint, aber vor allem im Bereich der Vermittlungsarbeit ein hoher Bedarf gegeben ist, die Reserviertheit des Publikums in Bezug auf die Partizipation zu überwinden.

»Somit ist ein von den KünstlerInnen angestrebter Freiraum hinsichtlich der Rezeption zwar wesentlich – um den prozesshaften Charakter der Installationen bewahren zu können – jedoch durch den Einsatz von Technik und Sprachen zumindest ein ›Vorzeigen‹ und Heranführen (nicht aber ein deutendes Erklären) nötig, sodass ein immer noch beschränkter Zugang zu interaktiver Kunst ausgedehnt werden kann.« (MÖRTH, HOCHMAYR & KWASTEK 2008:147)

In den Beobachtungsprotokollen (MÖRTH, HOCHMAYR & KWASTEK 2008:77) wurde festgestellt, dass die meisten Besucher eine eher intuitive und spielerische Herangehensweise, im Gegensatz zu einem informierten Zugang (Informationsblätter, Anleitung) zu einer Arbeit wählen. Das Kunstwerk wird ausprobiert, ohne über die genaue Funktionalität Bescheid zu wissen. Weiters zeigte sich, dass viele Besucher kreativ in der Interaktion mit einer Installation durch andere Zuschauer beeinflusst wurden. Die durchschnittliche Verweildauer der Besucher mit höchstens fünf Minuten pro interaktivem Kunstwerk ist jedoch nach wie vor relativ gering. Allgemein konnten in der Studie vier Gruppen von Rezipienten beobachtet werden:

»Zum einen diejenigen, die die Werke als spielerisch auffassen, dann jene, die von der Komplexität fasziniert sind und versuchen, die Werke zu interpretieren. Schließlich die, deren Sichtweise sich dadurch nicht verändert, die nicht viel mit dem Ausstellungsstück anfangen können oder es nicht verstehen. Aber auch die Gruppe der ›Kunstverweigerer‹ gibt es, die diese interaktiven Werke nicht als Kunst werten.« (MÖRTH, HOCHMAYR & KWASTEK 2008:88)

Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Aussagen von ehemaligen Juroren zu den möglichen Zukunftsszenarien von interaktiver Kunst (vgl. MÖRTH, HOCHMAYR & KWASTEK 2008:107-109). So meint Joseph Paradiso, dass es in den nächsten Jahren zu einer zunehmenden Verbreitung kommen wird, Joachim Sauter sieht hingegen die Entwicklung im Großen und Ganzen abgeschlossen, Pamela Winfrey erwartet neue Perspektiven durch neue Technologien und Masaki Fujihata befürwortet mehr Show und neue Konzepte für interaktive Kunstformen.

Fest steht zusammenfassend, dass man sich vom Hype der virtuellen Realität und dem total immersiven Raum verabschieden muss, wenn man von Interaktivität und interaktiver Kunst spricht und die Interaktion in subtileren und feineren Konzepten, als in der ewigen Wiederholung eines wie auch immer gearteten dreidimensionalen Datenraumes suchen muss. An die Künstler und Designer von interaktiven Arbeiten stellt vor allem die Gestaltung der Interaktionsschnittstelle eine technische und antizipatorische Herausforderung dar. Am Konzept und

Design der Interfaces entscheidet sich letztendlich, ob Interesse an einer tiefgehenden Exploration der Arbeit überhaupt geweckt werden kann. Im Dreiecksverhältnis von Autor, Werk und Rezipient wird bestimmt, ob es bei einer rein passiven Beobachtung bleibt oder ob es zu einer aktiven Partizipation der Besucher bei interaktiven Installationen kommt.

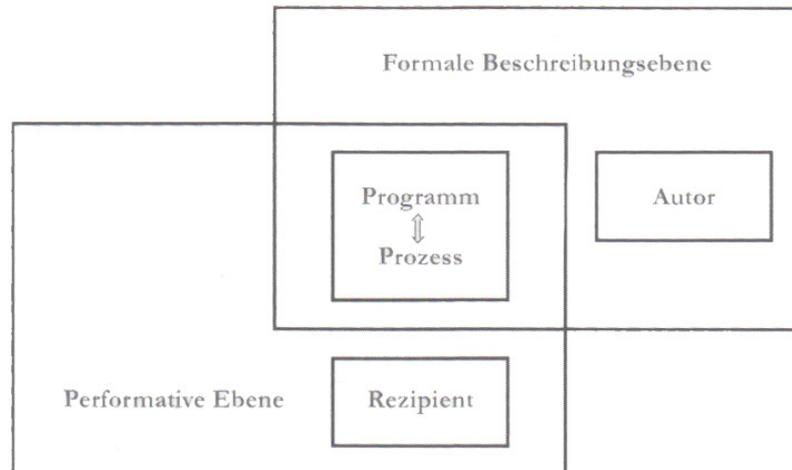
2-4-3. Autor, Werk und Rezipient

Der Computer, als ›Acting Machine‹ kann nach ANDERSEN (2003) drei unterschiedliche Rollen einnehmen – als Automat, Werkzeug oder Medium. Die Unterscheidung ist zwar vordergründig chronologisch, beschreibt aber durchaus passend die unterschiedlichen Interaktionsstufen in der künstlerischen Arbeit mit dem Computer.

Ein **Automat** ist ein Artefakt, das ohne direkte menschliche Einflussnahme mehr oder weniger komplizierte Handlungen ausführt. Hier gibt es während der gesamten Programmführung keine Möglichkeit einzugreifen und die Berechnungen werden selbstständig bis zum Erreichen eines definierten Abbruchkriterium durchgeführt. In der Rolle des **Werkzeugs** steht der Computer unter direkter Kontrolle des Benutzers, der digitale Objekte in Echtzeit verändert oder produziert. Über definierte Schnittstellen können während des laufenden Betriebs Benutzereingaben abgefragt und direkt verarbeitet werden. In diese Kategorie fallen in der Regel fast alle modernen ›Apps‹ und Softwareprogramme. Als **Medium** sieht ANDERSEN (2003) Artefakte, die durch vernetzte Kommunikationsformen Information offerieren, Fragen aufwerfen und emotionale Erfahrungen zulassen. Dazu zählen etwa Internetportale aber auch alle Arten von Computerspielen.

Durch das Design der Schnittstelle wird entschieden, welche Ereignisse das Programm erreichen und welche sie verlassen können. Der Autor legt durch die Programmierung die grundsätzlichen Möglichkeiten der Interaktion fest, er kann jedoch später in der Anwendung das interaktive Spiel zwischen Rezipienten und Programm nicht mehr beeinflussen. TROGEMANN UND VIEHOFF (2005:143) stellen das komplexe Beziehungsverhältnis zwischen Autor, Programm und Rezipient vereinfacht als Überlagerung von deskriptiver und performativer Ebene dar.

A 42. Deskriptive und performative Ebene computerbasierter Werke (TROGEMANN & VIEHOFF 2005)



Je nach Rolle des Computers gibt es nun auf der performativen Ebene überhaupt keine Interaktion, wie bei Automaten, oder es gibt mehr oder weniger gezielte Kontroll- und Steuermöglichkeiten für die Handhabung des Programms als Werkzeug. Bei offenen, interaktiven Installationen wäre es erstrebenswert, ähnlich wie in der Spieleentwicklung, ein regelbasierendes ›Interaktionsuniversum‹ zu entwerfen, anstatt jede mögliche Benutzerinteraktion durch ein bestimmtes Verhalten zu definieren. Nur so kann es zu kommunikativen Konstellationen kommen, die von keinem der beteiligten Akteure – Autor und Rezipient – in der jeweils konkreten Erscheinungsform vorausgeplant wurde.

Durch die Interaktion kommt eine gewisse ›Unschärfe‹ in den Computerprozess zurück, die durch die syntaktische Formalisierung auf deskriptiver Ebene eliminiert wurde. TROGEMANN UND VIEHOFF (2005) verwenden für die Performance der Rezipienten bei computerbasierenden Arbeiten den Begriff der ›Improvisation‹ und heben zwei mögliche Verhaltensweisen hervor.

- a) »Der Rezipient kennt die Grundregeln der Interaktion und synchronisiert sich durch seine Handlungen mit den vorgegebenen Rahmen.« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:142)
- b) »Der konkrete Verlauf ergibt sich als komplexes Zusammenspiel zwischen starren Regeln und Handlungsfreiheiten des Benutzers.« (TROGEMANN & VIEHOFF 2005:142)

FLEISCHMANN UND STRAUSS (2000) fassen ähnliche Beobachtungen in ihrer Mixed Reality Installation *Murmuring Fields* (1997-1999) zu fünf Wahrnehmungsschritten einer interaktiven Erfahrung zusammen:

- a) »Der Teilnehmer versucht die Strukturen und Regeln herauszufinden« (FLEISCHMANN & STRAUSS 2000:5)
- b) »Der Teilnehmer spielt mit den Strukturen und Regeln« (FLEISCHMANN & STRAUSS 2000:5)
- c) »Der Teilnehmer überlegt wie seine Aktion für den Zuschauer aussieht/sich anhört« (FLEISCHMANN & STRAUSS 2000:5)
- d) »Der Teilnehmer wird aufmerksam auf den oder die Mitspieler« (FLEISCHMANN & STRAUSS 2000:5)
- e) »Der Teilnehmer erprobt, welche Kommunikation mit dem anderen entstehen kann« (FLEISCHMANN & STRAUSS 2000:5)

COSTELLO, MULLER, AMITANI UND EDMONDS (2005) untersuchten, basierend auf Interviews, das Interaktionsverhalten von mehreren Besuchern bei der Installation *Iamascope* (1997-2000) von Sidney Fels. Bei der Ausstellung standen die Besucher einer kaleidoskopartigen, visuellen Skulptur gegenüber, die sich durch die Körperposition und Bewegung der Rezipienten in Echtzeit verformte.



A 43. Sidney Fels, *Iamascope*, 1997-2000 (FELS 2000)

FELS (2000) beschreibt dazu vier, sich teilweise überlappende Kategorien von Interaktionsbeziehungen zwischen den Rezipienten und dem

Ausstellungsobjekt, die in der Studie von COSTELLO et al. (2005) qualitativ überprüft wurden. Auf einer ersten Beziehungsebene **Response** (Rückmeldung) befinden sich Objekt und Person in einer gesprächsähnlichen Situation. Die Person interagiert, versucht zu verstehen und wartet auf eine Antwort des Objekts. Dokumentiert wurden Aussagen wie:

»And then I see my face actually merge on the screen and I think; oh yeah okay now I can see how changing my body position and doing things with my body might actually influence the way the kaleidoscope works.« (COSTELLO et al. 2005:5)

Nach einem ersten Verstehen der Funktionsweise beschreiben die Autoren einen Übergang in ein expertenhaftes Explorieren der interaktiven Installation. Bewusstes Kontrollieren (**Control**) des Objekts erzeugte dabei ein positives emotionales Feedback. Beobachtet wurden einerseits zweckorientierte Bewegungen und andererseits sehr feine Handlungsmomente.

»I was just playing around with different shapes that I could make. I liked the (...) little details that I could add into the kaleidoscope.« (COSTELLO et al. 2005:6)

Die dritte Beziehungsebene bezeichnet FELS (2000) als **Contemplation** (Nachsinnen), in der die Besucher gedanklich intensiv mit der Arbeit beschäftigt sind. Es findet keine Interaktion statt. Diese Ebene ist vergleichbar mit dem üblichen Rezipient-Werk Verhältnis bei traditionellen Kunstformen.

»I was thinking oh this is quite cool and ... at this point I was thinking – because I do a lot of choreography and I was thinking oh this is a really interesting way to choreograph.« (COSTELLO et al. 2005:6)

Die letzte Beziehungsebene **Belonging** (Zugehörigkeit) verlangt eine intensive Beschäftigung mit dem interaktiven Werk und wird von FELS (2000) als das positive Gefühl vom Objekt gelenkt zu werden beschrieben. In der Studie wurden Aussagen notiert wie:

»I noticed a few times how mesmerizing [it is], you get lost a bit in there so you are not as conscious of what you are physically doing. Taking the lead I guess a bit from the screen.« (CoSTELLO et al. 2005:6)

Als zusätzliche Phase einer ›Trajektorie der Interaktion‹ bezeichnen die Autoren der Studie das Loslösen (**Disengagement**) von einer Installation. Bei allen Probanden wurde dieser Rückzug vom Kunstwerk in einer Phase der Kontrolle festgestellt.

»The actions they repeated were ones they had performed during their most intense control state period. This seems consistent with their expressed feelings at this point that they had ›exhausted the possibilities‹.« (CoSTELLO et al. 2005:7)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass nur in Situationen bei denen es durch andere Zuschauer keine Beeinflussung gibt, die intensiveren Auseinandersetzungsphasen – Contemplation und Belonging – mit einem interaktiven Kunstwerk überhaupt erreicht werden. Generell überwiegen hauptsächlich die Phasen Response und Control bei den meisten Besuchern. Diese beiden Phasen können auch mit den anfangs erwähnten zwei Spielarten von TROGEMANN UND VIEHOFF (2005) gleichgesetzt werden. Die initiale Phase Response ist hier das sich zufällig ergebende Zusammenspiel aus dem vom Künstler gesetzten Regelwerk und der Handlungsfreiheit der Benutzer. Erst durch das Erlernen der Grundregeln der jeweiligen Interaktion können sich die Besucher mit dem Handlungsraum synchronisieren und das Kunstwerk bewusst – wie ein Werkzeug – kontrollieren. Die vier Phasen stimmen auch mit den Beobachtungen von FLEISCHMANN UND STRAUSS (2000) überein. Die Besucher versuchten hier anfänglich die Strukturen und Regeln herauszufinden, erst dann begannen sie eine spielerische Interaktion mit der Arbeit. Das bedeutet für das Design von Interaktionsschnittstellen, dass mit den beiden initialen Phasen der Rückmeldung und Kontrolle ein erster, einfacher Zugang gelegt wird. Erst auf dieser Basis kann ein Gefühl von Zugehörigkeit entstehen und eine intensive Auseinandersetzung mit dem Werk, durch Detailsploration und assoziatives Nachdenken, möglich gemacht werden.

2-4-4. Interaktionsästhetik

LÖWGREN (2009) beschreibt vier ästhetische Qualitäten von Computerschnittstellen, die zu einer gelungenen Interaktionserfahrung führen sollen.

Als erste Qualität seiner Interaktionsästhetik benennt er **Pliability** (Formbarkeit) und meint damit die Flexibilität und Beweglichkeit von Information. Eine hohe Formbarkeit erreichen Schnittstellen, die äußerst reaktiv und in enger Kopplung mit der Interaktionsbewegung stehen, fast so, als ob man ein Material mit seinen eigenen Händen formen würde. Ein Beispiel aus der interaktiven Kunst: Golan Levin und Zach Lieberman konstruierten mit *Messa di Voce* (2003) und *The Manual Input Sessions* (2004) zwei Arbeiten, die sowohl als Installation als auch als Performance erfolgreich waren und sich durch ein sehr reaktives Interaktionsverhalten auszeichneten. *Messa di Voce* (2003) ist eine Echtzeit-Visualisierung von Sprache und Gesang, die jede vokale Nuance grafisch transformiert. Das Projekt thematisiert abstrakte Kommunikationsformen und synästhetische Verbindungen innerhalb eines spielerischen und virtuosen Narrativs. Ursprünglich konzipiert als Performance mit zwei Vokalist:innen, wurde die Arbeit aber auch in der Kategorie Interactive Art bei der *Ars Electronica 2004* als Installation gezeigt und ausgezeichnet. *The Manual Input Sessions* (2004) ist ein zweites gelungenes Beispiel des Duos für ein flexibles, formbares Interaktionsdesign. Hier werden Gesten und Fingerbewegungen über einen Overhead und einen Videoprojektor zu einem audiovisuellen Instrument. Das System generiert dabei Grafiken und Töne aus den Handbewegungen der Benutzer. Auch LEVIN (2000) benennt die Plastizität und Formbarkeit einer Interaktion und die enge Kopplung von synthetischem Ton und Bild als eine der wichtigsten Komponenten von interaktiven, audiovisuellen Installationen.



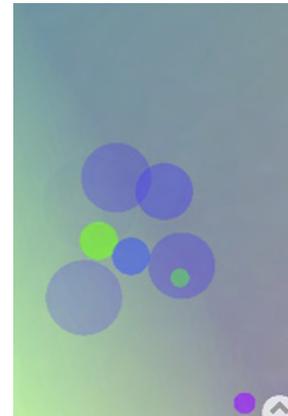
A 44. Golan Levin & Zach Lieberman, *Messa di Voce*, 2003 (FLONG.COM)



A 45. Golan Levin & Zach Lieberman, *The Manual Input Sessions*, 2004 (FLONG.COM)

Als zweite ästhetische Interaktionsqualität bezeichnet LÖWGREN (2009) **Rhythm** – den Beat einer Interaktion – nicht nur in Bezug auf musikalische Interfaces, sondern als ganz allgemeine Qualität einer Mensch-Maschine-Interaktion. So sind etwa konstante Rückmeldungszeiten besser als variable Wartezeiten. Auch wenn diese meist kürzer sind, ist der Gewöhnungseffekt an eine immer gleich lange Wartezeit zugänglicher. Weiters findet sich eine gewisse ›hypnotic pleasure‹ in der rhythmischen Wiederholung einer motorischen Tätigkeit. Generell gilt

die Erkenntnis aus der Interaktionsforschung, dass Wiedererkennen einfacher ist als Erinnern. Als Beispiel für eine rhythmisch-musikalische Interaktion führt Löwgren die Applikation *Bloom* (2008) von Brian Eno und Peter Chilvers für das Apple iPhone an, welche teils Instrument, teils Komposition und teils Kunstwerk ist. Jede Berührung des Touchscreens erzeugt einen semitransparenten Farbpunkt und einen Ton, welche sich zu einer audiovisuellen Symphonie vermischen und in rhythmischen Sequenzen wiederholt werden. Gibt es über eine gewisse Zeitdauer keine Benutzerinteraktion, beginnt *Bloom* die Eingabe aleatorisch zu verändern. Die Klarheit des visuellen Feedbacks – jeder Farbpunkt leuchtet bei seinem Trigger kurz auf – und die damit sofort erkennbare Rhythmik der Sequenzierung macht das Interface selbst schon zu einem Teilkunstwerk und stellt genau jene hypnotisierende Wirkung dar, die Löwgren motorischen, repetitiven Aufgaben attestiert.



A 46. Brian Eno & Peter Chilvers, *Bloom*, 2008 (LÖWGREN 2009)

Als dritte ästhetische Qualität wird die dramaturgische Struktur (**Dramaturgical Structure**) einer Interaktionssequenz bezeichnet. Wenn der grundlegende Ablauf einer Interaktionssequenz erkannt wird, eröffnet sich auch die Möglichkeit diesen bewusst zu verändern. LÖWGREN (2009) erwähnt in diesem Zusammenhang auch die intendierte Parafunktionalität eines Objekts, bei dem anfangs eine bestimmte Funktionalität zwar klar erkennbar ist, sich dann allerdings ein anderes, als das zu erwartende Verhalten einstellt. Nach einer anfänglichen Frustrationsperiode kommt es dann oft zu einem Aha-Erlebnis, einer plötzliche Einsicht, was denn die Designer mit dieser bestimmten Funktion zum Ausdruck bringen wollen.

Als **Fluency** (Geläufigkeit) wird die vierte und letzte Qualität einer ästhetischen Interaktion bezeichnet und meint den visuellen oder taktilen Anmut, mit dem ein Interface sich mit gängigen sozialen Normen und Praktiken verbinden lässt. Das heißt, einerseits soll das Interaktionsdesign an bestehende Kulturpraktiken oder etablierte Interaktionsformen anschließen, andererseits sollen diese – wie es in der künstlerischen Interaktion immer wieder passiert – hinterfragt und ausgelotet werden. Fluency steht im Gegensatz zu einer direkten Push-the-Button Interaktion und zielt eher auf periphere Kommunikation und sogenannte ›Calm Technology‹ ab, welche die Informationsverarbeitung bewusst im Hintergrund hält und die Benutzer nur mit tatsächlich relevanten Informationen versorgt. Als Beispiel kann etwa Durrell Bishops *Ambi-*



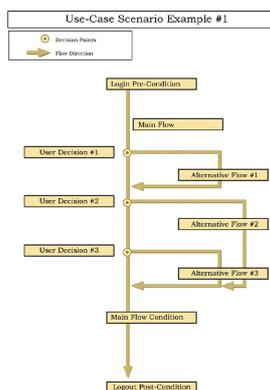
A 47. Durrell Bishop, *Ambient Orb*, 1994 (LÖWGREN 2009)

ent Orb (1994) genannt werden, die Information als taktiles und visuell leicht erfassbares Objekt abbildet.

2-4-5. Interaktive Handlungsmodelle

Als Erweiterung zu den Konzepten ästhetischer Interaktion sollen abschließend noch verschiedene Handlungsmodelle für interaktive Narrative herangezogen werden, die, so die Hypothese, in vereinfachter Form auch für die Dramaturgie von generativen und interaktiven Gestaltungsprozessen relevant sind.

MEADOWS (2002) geht davon aus, dass sich alle narrativen Modelle, unabhängig vom verwendeten Medium, immer in drei grundsätzliche Handlungsteile gliedern: die **Desis** als Anfang oder als Einführung in eine Problematik, die **Peripeteia**, als Mittelteil oder als Beschreibung des Problems und abschließend das **Denouement** als Schluss und Auflösung der Problematik. Je nach Genre, Medium und Funktion mit unterschiedlicher Gewichtung. Das ist nicht neu. Bereits 1863 wurde von Gustav Freytag bei seiner Überarbeitung der klassischen, antiken Dramentheorie von Aristoteles das Verhältnis von Zeit und die Verdichtung der Handlung in einem Graphen dargestellt. Neu ist, dass Meadows klassische Handlungsmodelle auch auf die Entwicklung von Software und interaktive Kompositionen umlegt. So könne man etwa die Flussdiagramme von Benutzerszenarien, mit ihrer Darstellung von Zeit und Interaktion zwischen Programmmethoden und Akteuren, als vereinfachte Handlungsmodelle ansehen.



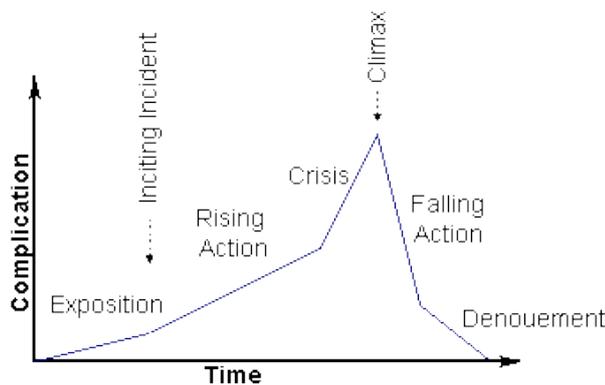
A 48. Flussdiagramm für ein Use-Case Szenario (MEADOWS 2002)

»The equivalent to plot, in the interactive world of software design, is the use-case scenario. (...). Calling a use-case scenario a plot is an over-simplification, but the basic function of tying events together as a function of time is the same.« (MEADOWS 2002:13)

Auch LAUREL (1993) bezog sich ganz explizit auf den Freytag Graphen um Interaktionsmodelle zwischen Mensch und Maschine zu visualisieren. In *Computers as Theatre* publiziert sie eine moderne Version des Freytag-Graphen für die dramaturgische Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Sie sieht dabei alle Beteiligten eines Kommunikationsprozesses als Akteure die sich in einem gemeinsamen

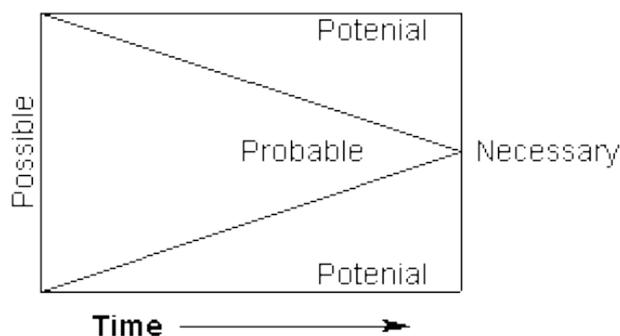
Handlungskontext – auf einer Bühne – aufhalten um etwas zu produzieren. Die Technologie, die diese Repräsentation erlaubt, ist selbst nicht sichtbar, sondern wie im Theater ›hinter den Kulissen‹ tätig. Allen Interaktionsdesignern rät sie:

»Focus on designing the action. The design of objects, environments, and characters is all subsidiary to this central goal.« (LAUREL 1993:134)



A 49. Moderne Version des Freytag Graphen (TOMASZEWSKI 2005)

LAURELS (1993) zweites Theatermodell *The Flying Wedge* kann aus Sicht des Interface Designers ebenfalls als Metapher gelesen werden. In diesem Modell beginnt das Drama oder die Interaktionssequenz mit einem praktisch unlimitierten Potential möglicher Handlungsverläufe. Von Szene zu Szene wird der Möglichkeitsraum kleiner und ein bestimmter Ausgang immer wahrscheinlicher. Letztendlich am Klimax des Dramas werden alle möglichen Verläufe eliminiert und ein einziger Ausgang, der durch die vorangegangenen Handlungssequenzen auch notwendig geworden ist, wird ausgewählt.



A 50. Laurels Flying Wedge Modell interaktiver Narration (TOMASZEWSKI 2005)

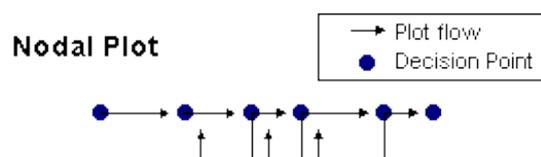
Als Gegenstück zu Laurels Keilmmodell, welches auf einen bestimmten Ausgang hinausläuft, diskutiert TOMASZEWSKI (2005) Techniken aus dem Improvisationstheater als Beispiel für möglichst offene, interaktive Handlungsmodelle. Bei einer ›Improv‹ gibt es keinen festgelegten Plot, keine festgelegte Idee in welche Richtung sich eine Performance entwickelt und welchen Ausgang sie letztendlich hat. Die Performer folgen Themenvorschlägen aus dem Publikum. Trotzdem entsteht ein grundsätzlicher Handlungsverlauf durch die Folge der einzelnen Ereignisse. Der Trick ist, bekannte Routinen aufzubauen und vergangene Handlungsmomente zu integrieren und dann diese Routinen wieder aufzubrechen und umzustößen.

»Following simple rules of routine creation, tilting, and re-incorporation can still generate workable storylines.« (TOMASZEWSKI 2005:11)

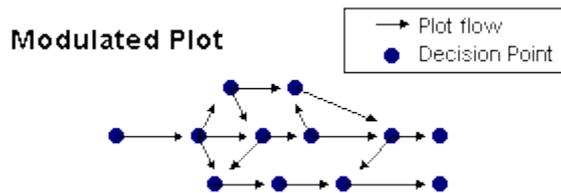
Beide Überlegungen zur Konzeption von interaktiven Narrativen lassen sich vereinfacht in den drei Plotmodellen von MEADOWS (2002) darstellen. Diese beziehen sich zwar vorrangig auf das Story Design von Computerspielen, können aber in konzeptioneller Hinsicht auch als mögliche Interaktionsmodelle von generativen Arbeiten gelesen werden.

- a) Die erste Form des **Nodal Plots** gibt dem Autor die größtmögliche, dem Benutzer die kleinstmögliche Kontrolle. Es gibt einen fixen Handlungsverlauf mit sogenannten ›Do or Die‹ Entscheidungspunkten, die von den Benutzern richtig gelöst werden müssen. Nodal Plots besitzen normalerweise einen fixen Anfangspunkt und Endpunkt.

A 51. Nodal Plot (TOMASZEWSKI 2004)

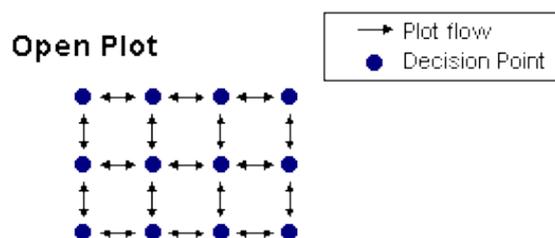


- b) Ein **Modulated Plot** besitzt hingegen mehrere Handlungsverläufe. Entscheidungen, die von den Benutzern an gewissen Stellen getroffen werden, resultieren in einem anderen sequentiellen Ablauf. Durch wiederholtes Probieren können alle möglichen Handlungsverläufe herausgefunden werden.



A 52. Modulated Plot
(Meadows in TOMASZESKI 2004)

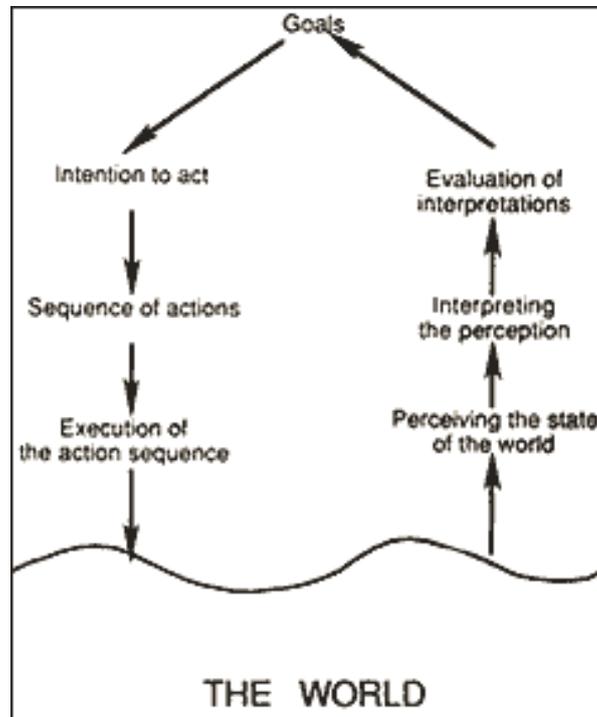
- c) Bei einer **Open Plot** Struktur gibt es keine erkennbare Geschichte. Es wird eine virtuelle Datenwelt vorgestellt, die nach Belieben exploriert werden kann und keinen definierten Anfang und kein Ende besitzt. Ein Narrativ entsteht erst durch die Interaktion selbst.



A 53. Open Plot (Meadows in
TOMASZESKI 2004)

Wie könnte nun eine konkrete Handlungsanleitung, eine Step-by-Step Anweisung für die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine aussehen? Der Usability Consultant und Psychologe Donald NORMAN (2002) differenziert in *The Design of Everyday Things* ganz allgemein sieben Stufen einer Aktion, von der initialen Idee bis zur Evaluierung der Umsetzung. Der Designprozess beginnt mit der Formulierung des Aktionszieles. Die Frage was ich tun möchte, muss geklärt sein, bevor eine Absichtserklärung formuliert werden kann. Jetzt können spezifische Aktionen definiert und ausgeführt werden. Nach der Aktionsausführung wird aktiv beobachtet, interpretiert und abschließend evaluiert, ob das Ziel erreicht wurde.

A 54. Modell der sieben Aktionsstufen (NORMAN 2002)



Umgelegt auf eine Human-Computer-Interaction ergeben sich zwei Probleme, die NORMAN (2002) als **Gulf of Evaluation** und als **Gulf of Execution** bezeichnet. Es existiert immer eine mehr oder weniger große kognitive Distanz zwischen Benutzern und System. In der Evaluation müssen die Benutzer den physischen Zustand des Systems erkennen und mit den eigenen Erwartungshaltungen abgleichen. Ist das System transparent und stimmt mit der Nutzungszintention annähernd überein, dann ist die Evaluationskluft zum Benutzer klein. Wenn es allerdings schwierig ist zu erkennen, was das System überhaupt gemacht hat und sich die Evaluierung durch fehlende Statuskommunikation mühsam gestaltet, entsteht eine große Kluft zwischen System und Benutzern. Ähnliches gilt für die Exekution. Der Gulf of Execution beschreibt die kognitive Distanz zwischen der Zielsetzung der Benutzer und den funktionalen Möglichkeiten des Systems. Ersteres ist eine Frage des Informationsdesigns, zweiteres eine Frage des Interaktionsdesigns.

Hilfreich für die Konzeption von Aktionsstufen und die Verringerung der kognitiven Distanz von Benutzer und System sind sogenannte »Design Patterns«. Diese haben in der Softwareentwicklung, vor allem im

Bereich der objektorientierten Programmierung, in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Jedoch konzentrieren sich die verschiedenen Konzepte vordergründig auf programmiertechnische Aspekte in spezifischen Entwicklungssprachen und sind für das Ziel dieser Arbeit, eine allgemeine Designmethodik für generative Gestaltungsprozesse zu entwickeln, zu eng gefasst. Interessant sind allgemeinere Entwurfspraktiken wie die *Pattern Language* in der Architektur, Kreativtechniken wie die *Oblique Strategies* oder kollaborative Entwicklungsmethoden in der Interaktionsgestaltung.

2-4-6. Design Patterns

Eine Mustersprache (Pattern Language) versteht sich als Sammlung von Entwurfsmustern, die in einer einheitlichen Sprache, Lösungen für wiederkehrende Probleme anbietet. Dadurch soll die Kommunikation zwischen den Beteiligten verbessert und Erfahrungen für typische Entwurfsprobleme transparent weitergegeben werden. Der Begriff der **Mustersprache** stammt aus der Architektur und wurde von Christopher ALEXANDER im gleichnamigen Buch (ALEXANDER, ISHIKAWA & SILVERSTEIN 1977) geprägt. In der Einführung heißt es:

»The elements of this language are entities called patterns. Each pattern describes a problem which occurs over and over again in our environment, and then describes the core of the solution to that problem, in such a way that you can use this solution a million times over, without ever doing it the same way twice.« (ALEXANDER, ISHIKAWA & SILVERSTEIN 1977:X)

Das Buch enthält rezeptartige Beschreibungen, wie die 253 vorgestellten Patterns angewendet und auch neue Muster entworfen werden können. Die einzelnen Patterns stehen dabei nicht isoliert, sondern sind wie ein Netzwerk aufgebaut, in welchem man sich in einer Sequenz von den größeren zu den kleineren Mustern bewegt. Immer beginnend von den Mustern die Struktur erzeugen, zu denen die diese Strukturen verfeinern. Musterbasierende Designaktivitäten fördern aufgrund der verständlichen Darstellung von Kontext, Problem und Lösung, delineaire Entwicklungsprozesse, kollaborative Entscheidungen

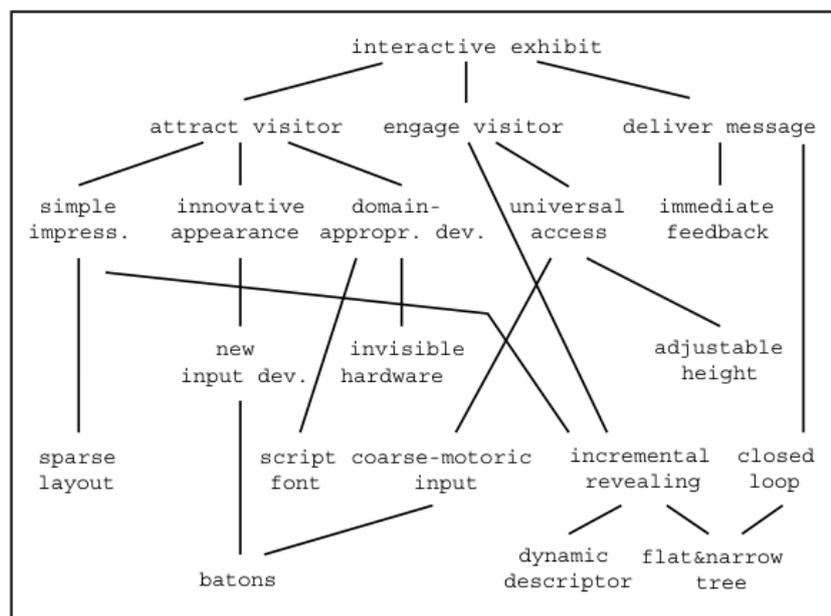
und partizipatorisches Design. Das hat auch die Softwareentwicklung und vor allem die Interaktionsforschung für sich entdeckt.

BORCHERS (2001) veröffentlichte *A Pattern Approach to Interactive Design*, in welchem er verbindende Kommunikationsmuster zwischen Musik, Softwareentwicklung und Mensch-Computer-Interaktion beschreibt. TIDWELL (2005) verzeichnet in *Designing Interfaces* knapp hundert Entwurfsmuster für verschiedenste Bereiche der interaktiven Schnittstellenentwicklung. Beide verwenden eine ähnliche Struktur für die Beschreibung ihrer Patterns auf Basis von Kontext, Problem und Lösung. Sie betitelt die Kategorien ihrer Design Patterns mit what, use when, why, how und führt jeweils ein Praxisbeispiel dazu an.

2-4-6-1. Interaktive Ausstellungen

BORCHERS (2000) stellt die hierarchische Beziehung seiner Patterns jeweils situationsspezifisch dar. Unter anderem auch für interaktive Ausstellungen.

A 55. Mustersprache für interaktive Ausstellungen (BORCHERS 2000)



Die einzelnen Patterns detailliert er jeweils mit den Kategorien Context, Problem, Solution, Examples und Reference. Beispielsweise wird der

Kontext des ›Incremental Revealing‹, also die schrittweise Exploration des Werkstücks in einer Ausstellungssituation, wie folgt beschrieben:

»Context: Designing a computer exhibit interface that ATTRACTS VISITORS with its initial SIMPLE IMPRESSION, but that still ENGAGES VISITORS for a while with sufficient depth of functionality and content.« (BORCHERS 2000:375)

In der Kontextbeschreibung eines Patterns werden bereits die Verbindungslinien zu anderen Patterns gezogen und so auf die Problemstellung die Schwierigkeit zwischen einfacher Erscheinung und inhaltlicher Tiefe hingewiesen. Als Lösung dieser bekannten Ausstellungsproblematik von interaktiven Arbeiten bietet er folgende Beschreibung an:

»Solution: Initially, present only a very concise and simple overview of the system functionality. Only when the user becomes active, showing that he is interested in a certain part of this overview, offer additional information about it, and show what is lying ›behind‹ this introductory presentation.« (BORCHERS 2000:375)

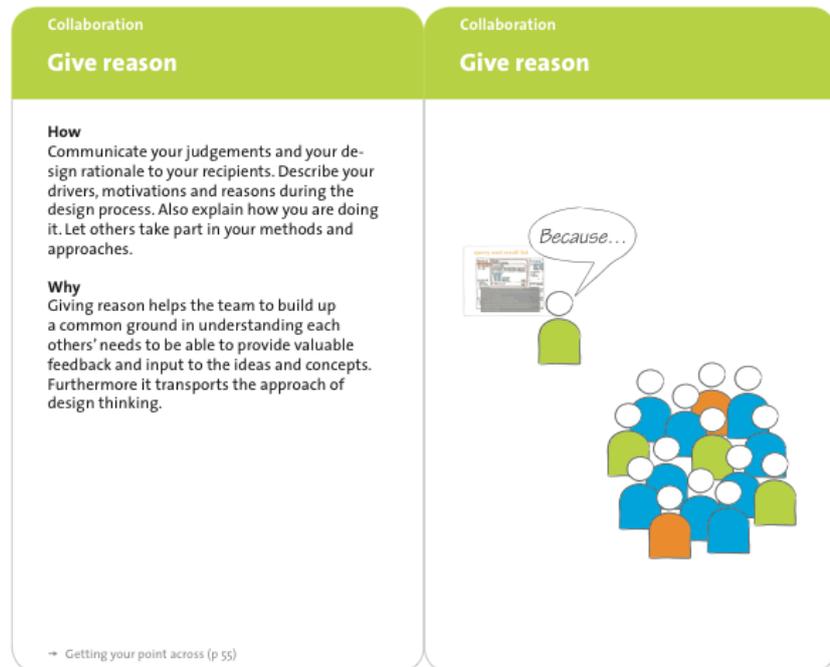
Der Vorschlag zur schrittweisen Präsentation von interaktiven Kunstwerken ist bekannt, es macht aber in dieser Version, innerhalb eines Netzwerks von Patterns mit gegenseitigen Bezügen, die Problematik weitaus klarer erkennbar, als die simple Erkenntnis, die Funktionalität eines interaktiven Systems erst nach und nach freizulegen.

2-4-6-2. Catalyst Kit

Einen Schritt weiter geht SPANGL (2008), der einen Toolkit in Form von physisch verwendbaren Karten vorschlägt, welcher die Zusammenarbeit in kollaborativen Design- und Entwicklungsteams mit einer ganzheitlichen Sicht auf die Entwicklung von Software unterstützen soll. Seine Patterns fördern ein benutzerzentriertes ›Design Thinking‹ durch die Bereitstellung von Methoden und Tools von der Konzeptentwicklung bis zum Endprodukt. Das Kartenset des Catalyst Kit umfasst 22 Patterns in drei Kategorien. Jede Karte ist einer übergeordneten Thematik – Process, Collaboration oder Artefacts – zugeordnet und enthält die Segmente How und Why. SPANGL (2008) sieht das Repertoire seines Toolkits als Katalysator zwischen Designern und Ingenieuren, durch

dessen Verwendung das Verständnis für die jeweils andere Disziplin verbessert, interdisziplinäre Teamarbeit gefördert und so bessere Software produziert wird.

A 56. Beispielkarte aus dem Catalyst Kit (SPANGL 2008)



2-4-6-3. Oblique Strategies

Ebenfalls ein Set von Karten, allerdings mit einer sehr differenten Zielsetzung, verwendeten ENO UND SCHMIDT (1975) um einen künstlerischen Stillstand oder ein kreatives Dilemma zu lösen. In fünf unterschiedlichen Editionen erschienen, enthält jede Karte der *Oblique Strategies* eine Phrase oder kryptische Anmerkung, die den Gestaltungsprozess reflektieren oder zu einer neuen Wendung führen soll. Die mehr als hundert Karten entstanden aus Beobachtungen der eigenen Arbeitsweise. Sie sind teilweise retrospektiv erkannt, teils im Moment identifiziert oder teils bewusst formuliert worden. Es finden sich Fragen wie ›What were you really thinking about just now?‹, ›Which parts can be grouped?‹ oder Handlungsanweisungen wie ›Do the last thing first!‹, ›Use something nearby as a model!‹ oder ›Try faking it!‹.

Die Karten können sowohl als Ganzes verwendet werden, also als ein Set von Möglichkeiten, welches beim Kurationsprozess beständig überprüft wird, oder es wird eine einzelne Karte aus dem Deck gezo-

gen, wenn ein kreativer Engpass in einer Arbeitsphase erreicht wird. Die gezogene Karte ist dann, heißt es, in jedem Fall zu vertrauen, auch wenn sie im ersten Moment nicht passend erscheint.



A 57. Kartenset der 5. Edition der Oblique Strategies (Eno & SCHMIDT 1995)

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass gute Design Patterns konsistente Konzepte anbieten, mit denen Strukturen, Mechanismen und Verbindungen eines Systems aufgezeigt werden, die über das Offensichtliche hinausreichen. Der Entwurf eines Pattern-Konzeptes sollte auf praktischen Erfahrungen beruhen und eine möglichst einfache und kollaborative Verwendung ermöglichen. Die Vorteile von Design Patterns liegen einerseits in der strukturellen Beschreibung von fachspezifischen Entwurfsproblemen und im Aufzeigen von Lösungen. Diese können so auch als Best-Practice Beispiele und allgemeine Vorgehensweisen an Anfänger und Studierende weitergegeben werden. Weiters entsteht durch die eindeutige Benennung der Aspekte ein gemeinsames Vokabular – eine **Pattern Language** – welche den Diskurs aller Beteiligten auf einer gemeinsamen konzeptionellen und semantischen Ebene erlaubt. Im Gegensatz zu Guidelines, die eher Voraussetzungen beschreiben und kontextlose Ratschläge erteilen, sind Patterns praktisch einsetzbare Werkzeuge zur Problemlösung und zur interdisziplinären Kommunikation.

2-4-7. Zusammenfassung

Die Grundidee jedes Interfaces ist, dass die Maschine nicht länger als das eigentliche informationsverarbeitende Gerät im Vordergrund steht, sondern über eine repräsentative Schnittstelle als Werkzeug, Instrument oder Informationsmedium manipuliert werden kann, ohne sich mit der Logik der Programmierung befassen zu müssen. Zentral ist dabei die Analyse, was der Benutzer machen möchte. Anstatt jedoch Benutzeraktionen zu repräsentieren wird häufig ein Interface konzipiert, das lediglich zeigt was der Computer macht, während die performative Wechselwirkung von Autor, Programm und Rezipient gar nicht oder nur indirekt zum Ausdruck kommt. Nicht nur deswegen wurde vielfach eine ›Crisis of Interactive Art‹ attestiert. Die komplexe Konzeption, der hohe technische Aufwand, schwierige Ausstellungsbedingungen, die Nicht-Transportierbarkeit durch Abbildungen und eine Konsumpraxis, die auf schnelles Plug-and-Play Verhalten getrimmt ist, machen interaktive Arbeiten zu einer konzeptionellen Herausforderung. Am Design der Schnittstelle entscheidet sich, ob Rezipienten länger als einige Minuten verweilen und sich intensiver mit einer Arbeit auseinandersetzen. Die **Kommunikationsmodelle** von intermedialen Arbeiten – Kollektivität im Medienraum, exemplarischer Betrachter, dialogisches Modell, evolvierendes Datensystem, Interaktion Körper-Datenraum, explorative Datenwelt und interaktive Videostory – erlauben eine Kategorisierung der grundsätzlichen Interaktionsform. Die Interaktionsstufen **Response**, **Control**, **Contemplation** und **Belonging** leiten sich aus Benutzerbeobachtungen ab und können in dieser Form auch auf andere interaktive Arbeiten übertragen werden. **Pliability**, **Rhythm**, **Dramaturgical Structure** und **Fluency** sind als assoziative Kriterien für eine qualitative, ästhetische Interaktion zwischen Mensch und Maschine nicht nur im künstlerischen Kontext, zu verstehen. **Nodal Plot**, **Open Plot** und **Modulated Plot** stellen narrative Metakonzepte für die zeitliche Komposition von interaktiven und reaktiven Installationen dar, mit denen mögliche Handlungswege und Ablaufszenarien konzipiert und antizipiert werden können. **Design Patterns** sind konsistente Systeme, die Strukturen und Mechanismen eines Systems aufzeigen. Sie sind lösungsorientiert und können sowohl konzeptionell als auch analytisch als Kreativwerkzeug eingesetzt werden.

3 MODELLBILDUNG

Ausgehend von den vier Grundannahmen der theoretischen Ausarbeitung, dass generatives, computerbasierendes Design **programmierbare Systeme** für die Erzeugung ihrer Formen nutzt, **aleatorische Prozesse** auf verschiedenen Ebenen der Komposition beinhaltet, in kontinuierlicher **prozessualer Veränderung** und Transformation steht und die Möglichkeit zur **Interaktion** das gestalterische Handlungsfeld für Autor und Publikum entscheidend erweitert, werden die Begriffe aus der Literatur in mehreren Hypothesen akkumuliert und zu einem visuellen Erklärungsmodell verarbeitet. Das **Generative Design Model (GDM)** ist Verständnisbasis für die nachfolgende Projektbeschreibung (siehe [4 Werkanalyse](#)) und die abschließende Formulierung spezifischer Entwurfsmuster für generatives, computerbasierendes Design (siehe [5 Design Patterns](#)).

3-1. Hypothesen

- a) Generatives Design ist prozessual. Das heißt nicht die Gestaltung eines abgeschlossenen und in sich geschlossenen Werkstücks steht im Zentrum des Designprozesses, sondern die Konzeption und Formalisierung eines **ästhetischen Systems**.
- b) Generative Gestaltungstechniken beschränken sich auf eine theoretisch sehr einfache Handlung – die **Selektion** und **Organisation** von Elementen aus einem **Repertoire** nach einem vom Autor programmierten Regelsatz. Die Elemente des Repertoires bestehen dabei aus digital repräsentierbaren Medienobjekten, deren Eigenschaften in verschiedenen Graden moduliert, variiert, automatisiert und transkodiert werden können.
- c) Der generative Softwareprozess verläuft in Echtzeit, mit einer gewissen Autonomie und ist nach Selbstorganisationprinzipi-

en gestaltet. Generative Designer nutzen die grundlegenden Eigenschaften von Regelkreisläufen, in dem sie durch Wiederholung und Zirkulation der immer gleichen Typen von Operationen und Aktivitäten, eine **Klasse von Kunstwerken** bzw. **multiple Werke** erzeugen. Diese sind selbstähnlich und bewegen sich, wie natürliche und organische Systeme, innerhalb bestimmter Rahmenbedingungen. Es gibt Unsicherheiten, aber das Gefühl von Ursache und Wirkung bleibt. Man kann keine sicheren Voraussagen machen, aber es kann eine Tendenz abgeleitet werden.

- d) Generatives Design beinhaltet zweierlei Prozesse: das Programm bildet einerseits seinen eigenen Entstehungsprozess ab, es ist das prozessuale Ergebnis (die Summe) eines in vielerlei Spielarten variierten und optimierten (aleatorischen) Spiels und es ist weiters, im Gegensatz zu einem Werk, keine fertige und abgeschlossene Arbeit, wie etwa der klassische Spielfilm oder das notierte Musikstück, sondern das Ergebnis selbst ist prozessual. Die Maschine ist dabei absichtsloser Interpret (**Makroaleatorik**). Durch Interaktion entstehen auch auf Ebene der Komposition spezifische, zeitlichen und örtliche Unbekannte (**Mikroaleatorik**).
- e) Generative Gestaltung schließt an das Prinzip einer ästhetischen Theorie an, bei der die Formulierung von Prozeduren und die Erzeugung ästhetischer Objekte untrennbar miteinander verbunden sind. Generative Gestaltung ist eine Mischform aus handwerklicher Kunst, im Sinne der technischen Beherrschung des verfügbaren Zeichensatzes (**Programmierung**) und geistiger Urheberschaft bei der ästhetischen und thematischen Komposition (**Intention**).
- g) Die wesentliche Veränderung im Entwurfsprozess generativer Gestaltung ist die Entwicklung von abstrahierten Objektklassen und nicht mehr die Gestaltung eines einzelnen Zeichenobjekts. **Code** ist hierbei elementares Material, Akteur und Vermittler gleichzeitig. Erst durch Programmierung kann das

Medium Computer in vollem Umfang erfasst und eine eigenständige, individuelle Ästhetik entwickelt werden.

- h) **Intentionalität** entsteht entweder heuristisch, durch die sukzessive Arbeit mit dem generativen Programm oder eine anfängliche Idee bestimmt den zirkulären Bewertungs- und Entwicklungsprozess zur Erstellung von semantisch konsistenten Werkstrukturen.

- f) **Originalität** im Sinne eines einzigartigen Werkes, das ontologisch einmalig existiert, gibt es in generativen Arbeiten nicht. Durch den evolvierenden Charakter generativer Codes und das bewusste Herbeiführen von unvorhergesehenen Zuständen, entstehen immer neue, in ihrer momentanen Konfiguration nur bedingt reproduzierbare Unikate. Ein Original kann erst durch Aufnahme und Speicherung geschaffen werden. Die Selektion durch den Autor ist in diesem Sinne die Erwählung eines Unikats zum Original, das gespeichert, veröffentlicht oder gesampelt wird. Erst ab diesem Zeitpunkt kommt es zum vielerorts angesprochenen ›Problem der Originalität‹. Darunter ist zu verstehen, dass ein digitales Kunstwerk durch seine technische Reproduzierbarkeit kopiert und so gleichzeitig an verschiedenen physikalischen Plätzen formgleich existieren kann. Ein generatives Programm wird aber auch bei gleichzeitiger Ausführung von mehreren Kopien immer wieder neue und unterschiedliche Ergebnisse hervorbringen.

- i) **Interaktivität** ist im Verständnis der vorliegenden Arbeit ein essentieller Teilaspekt generativer Gestaltungsprozesse. Durch die Einwirkung von Außen können zeit- und ortsspezifische Faktoren einbezogen werden und erlauben neben kombinatorischen Zufallsprozessen auch improvisatorische Handlungen. Durch Interaktivität wird ein generatives Programm zum künstlerischen Instrument, das in Echtzeit gespielt werden kann. Je nach Kommunikationsmodell und Funktion können interaktive Schnittstellen zu einer abschließenden Aktivierung und Erfahrbarmachung von generativen Arbeiten genutzt wer-

den oder eine bestimmte Interaktionscharakteristik steht im Zentrum des Gestaltungsprozesses.

- j) **Kombinatorik** und **Improvisation** sind die zwei möglichen Zugänge zu einem aleatorischen Spiel. In der Computerkunst können beide Wege gleichzeitig, durch Echtzeit-Interaktion während des kombinatorischen Berechnungsprozesses, gegangen werden. Eine generative Arbeit kann somit entweder kombinatorisch oder improvisatorisch sein, oder beide Techniken verbinden.

3-2. Generative Design Models

Das im Folgenden vorgeschlagene Prozessmodell generativer Gestaltung zeigt nicht nur das grundlegende Schema von generativen Arbeiten, es bildet auch gleichzeitig den strukturellen Aufbau und den Verlauf über Zeit ab. Als Schnittpunkt der kombinatorischen und interaktiven Komponenten steht zu jedem Zeitpunkt der Momentanzustand des generativen Systems.

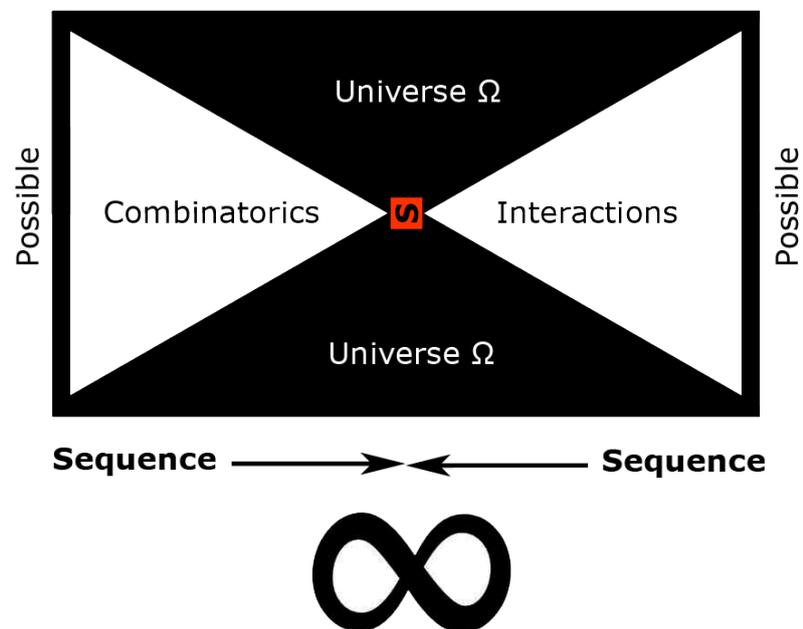
3-2-1. GDM Infinity

Das **Prozessmodell** ist in zwei Hälften geteilt – kombinatorische Prozesse und Interaktionsprozesse. Analog zu Laurels *Flying Wedge* der interaktiven Narration (siehe [2-4-5. Interaktive Handlungsmodelle](#)) gilt, dass am Anfang eines Durchlaufs die Wahrscheinlichkeit seiner Fortentwicklung noch offen ist (**Possible**), aber mit fortschreitendem Prozessverlauf aus dem Gesamtpotential der Arbeit ein gewisser Zustand immer wahrscheinlicher (**Probable**) und letztendlich durch die vorangegangenen Entscheidungen notwendig (**Necessary**) wird.

Das Entwicklungspotential einer Arbeit am Beginn einer Sequenz ist der Ereignisraum oder das Universum Ω (siehe [2-2-1. Zufall und Notwendigkeit](#)). Es ist der von den Designern gestaltete ästhetische und

formale Rahmen eines generativen Werkstücks. Am Beginn einer Sequenz ist jeder Ausgang innerhalb des Rahmens möglich. Mit jeder Fallunterscheidung, Schleife und Zufallszahl des kombinatorischen Prozesses (**Combinatorics**) und mit jeder improvisatorischen Handlung innerhalb einer Sequenz (**Interactions**) wird ein bestimmter Ausgang wahrscheinlicher, bis sich der momentane Zustand des Systems (S) im aktuellen Sequenzdurchlauf notwendigerweise ergibt. Dann beginnt der Prozess von Neuem. Theoretisch unendlich lange, in der Praxis bis ein gewisses Abbruchkriterium eintritt.

A 58. GDM Infinity (GRUBER 2011)

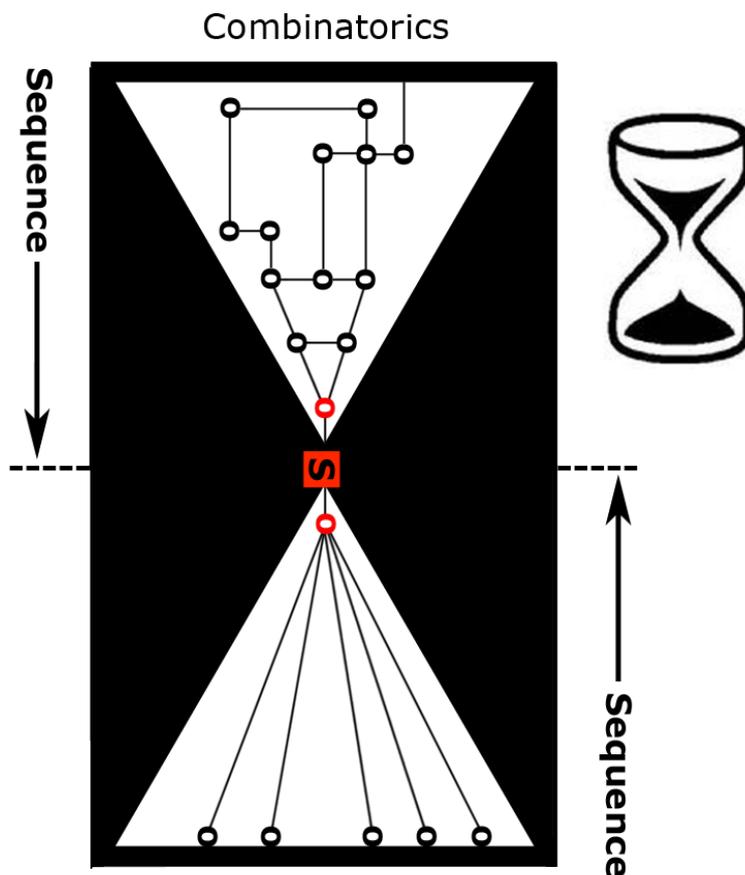


3-2-2. GDM Hourglass

Mit dem **GDM Hourglass** erfolgt eine Detaillierung des Grundmodells. Es kann als strukturelle Darstellung für generative Programme gelesen werden. Jeder Knotenpunkt im kombinatorischen Teil repräsentiert einen unterschiedlichen inneren Zustand der Maschine und modifiziert, je nach Zustand, die Interaktion. Umgekehrt – darum auch die Darstellungsmetapher als Sanduhr – kann die laufende Interaktion den internen Zustand der Maschine beeinflussen und zu einem Knotenpunktwechsel führen.

MODELLBILDUNG

Das GDM Hourglass bildet so das klassische Prinzip einer nicht-trivialen Maschine ab (siehe 2-1-5. [Systemisches Denken](#)), die kontinuierlich ihren Zustand ändert und unterschiedlich auf gleiche Inputsignale reagiert. Dadurch wird der aktuelle Systemzustand (S) des generativen Programms in der Wahrnehmung analytisch unbestimmbar, obwohl die Systematik formal beschreibbar ist.



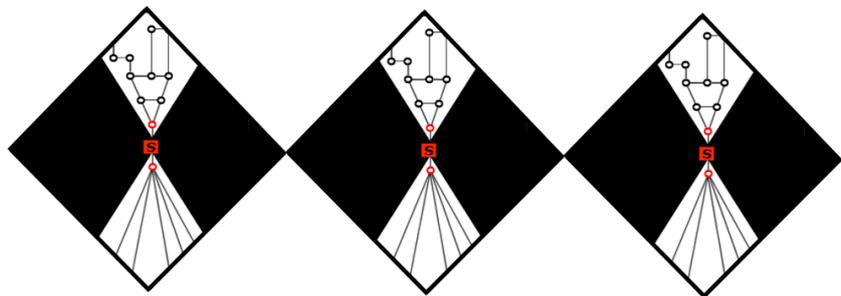
A 59. GDM Hourglass (GRUBER 2011)

3-2-3. GDM Time-based

Aufgabe der Designer ist es Fragen des technischen Funktionierens mit denen des ästhetischen Gelingens in Einklang zu bringen. Sowohl als Programmsequenz Frame für Frame, als auch als prozessuale Werkzeuggenese und dramaturgische Struktur der Arbeit über die Zeit.

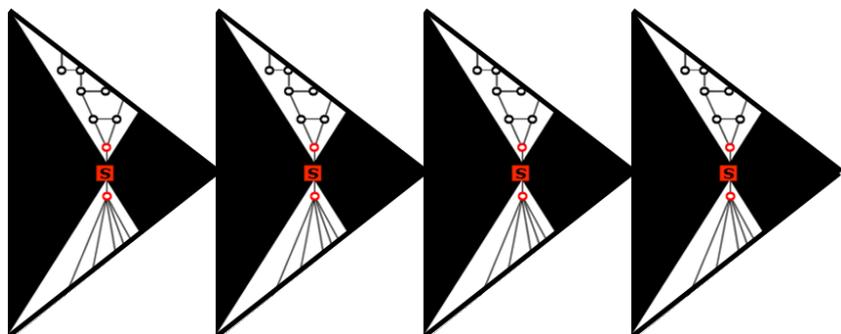
Die kontinuierliche Veränderung ist eines der charakteristischen Merkmale generativer Gestaltungsprozesse. Je nach Konzeption kann die Veränderung vergangenheitsabhängig oder vergangenheitsunabhängig sein. **Vergangenheitsabhängige Systeme** berücksichtigen den aktuellen Zustand der Arbeit und die nächste Transformationssequenz beginnt mit dem aktuellen Zustand des Systems.

A 60. GDM Time-based
vergangenheitsabhängig
(GRUBER 2011)



Bei **vergangenheitsunabhängige Systemen** wird in jeder Sequenz eine Transformation durchgeführt, die mit einem bestimmten Zustand endet, dann aber wieder mit dem Aufspannen des gesamten Möglichkeitsraumes von Neuem beginnt.

A 61. GDM Time-based
vergangenheitsunabhängig
(GRUBER 2011)



Alle identifizierten Aspekte der **Generative Design Models** beziehen sich auf computerbasierende, algorithmische Designprozesse. Die GDM Modelle zeigen einfach und verständlich den zyklischen Entwicklungsprozess, die rekursive Programmstruktur und die transformative Charakteristik generativer Arbeiten.

4 WERKANALYSE

Ausgehend von den Hypothesen der Modellbildung und den herausgearbeiteten theoretischen Begrifflichkeiten, werden im Folgenden mehrere Werkstücke des Autors nach den Aspekten Programmierung, aleatorische Konzeption, Prozesscharakter und den zur Verfügung gestellten Interaktionsmöglichkeiten analysiert.

Die Arbeiten *Strøem* (2008-2009), *Square Dance* (2009), *Infection* (2010-2011) und *La Linear* (2008-2011) sind parallel zur Forschungstätigkeit der vorliegende Arbeit entstanden und sollen exemplarisch die Verwendung von generativen Strategien und Softwareprozessen im Spannungsfeld von digitaler Kunst, medialer Architektur und interaktiver Installation und Performance aufzeigen. Eine Detailanalyse der technischen und ästhetischen Konzeption dieser Arbeiten, soll den Aufbau eines algorithmischen Werkstücks und die Praxis und Arbeitstechniken des Programmierens als gestalterische Disziplin erschließen. Die Begrifflichkeiten aus der Theorie werden einerseits zur Kategorisierung und Vergleichbarkeit verwendet, andererseits, durch die praktische Verwendung als solche, gleichzeitig gefiltert und evaluiert. Auf dieser Basis gliedert sich die Analyse jedes einzelnen Werkstücks wiederum in die übergeordneten Kategorien Programmierbarkeit, Aleatorik, Prozessualität und Interaktivität.

Nach einer kurzen Vorstellung der jeweiligen Arbeit mit Ausstellungsfotografien und allgemeinem Beschreibungstext, bildet der Punkt **Programmierbarkeit** die technische Realisierung des Werkstücks, den modularen Aufbau und das systemische Zusammenspiel einzelner Komponenten ab. Unter dem Punkt **Aleatorik** werden die verwendeten Zufallsmechanismen einer Arbeit untersucht. Analyse- und Beschreibungskriterien sind Repertoire, Selektionsfilter und die Organisation der Elemente. Der Punkt **Prozesshaftigkeit** charakterisiert die Prozessästhetik der Arbeit, liefert eine Einschätzung der effektiven Komplexität und beschreibt retrospektiv Produktionsprozess und Werkgenese. Unter dem Punkt **Interaktivität** wird abschließend das Kommunikationsmodell, das Interaktionsdesign und die dramaturgische Konzeption jedes Werkstücks erläutert.

Im Sinne eines **Arts-based Research** wird so nicht nur das fertige, abgeschlossene Werk betrachtet, sondern methodisch auf die Strategien und Stadien seiner Produktion eingegangen, um nachvollziehbar Entstehungsprozesse zu dokumentieren und konzeptionelle Erkenntnisse zu akquirieren.

4-1. Strøem - Ein immersives audiovisuelles Environment

Autoren: Florian Gruber, Nikolaus Hartmann, Thomas Lorenz, Christina Simmel

Ausstellungen: 3. International Design Cinema Conference, Conference Exhibition, Istanbul, Türkei 2008; sound:frame – Festival for Audiovisual Expressions, Festivalausstellung Künstlerhaus, Wien 2009; Computational Aesthetics Conference, ACM Siggraph, Conference Exhibition, Victoria, British Columbia, Kanada 2009;

Dokumentation: <http://www.ambientartlab.com/projects/stroem>

4-1-1. Projektbeschreibung

Strøem ist eine computergenerierte Echtzeitinstallation, die Projektion, Klang und die Präsenz des Betrachters zu einer Erzählung von voneinander abhängigen Aktionen und Reaktionen verflechtet. Neben einem dichten visuellen und akustischen Formenspiel, zielt *Strøem* darauf ab, einen Dialog zwischen Kunstwerk und Besucher zu etablieren, in dem jedes Element sowohl zum Redner als auch zum Zuhörer werden kann. Die Arbeit erkennt Veränderungen in Raum und Klang und reagiert mit spezifischen Veränderungen in Geschwindigkeit, Richtung und Darstellung. Die generativen Aspekte bei Ton und Bild werden in diesem Zusammenhang bewusst in gleicher Weise wie der Mensch betrachtet. Das bedeutet, dass sich das Augenmerk gleichermaßen auf die Balance aller Aktionen und Reaktionen richtet, die für die letztendliche Erscheinungsform des Environments zu einem gegebenen Zeitpunkt relevant sind. In diesem Sinne bedeutet Interaktion nicht ei-

nen bestimmten Knopf zu drücken und eine bestimmte Reaktion zu erwarten, sondern kontrolliert zu werden, während man selbst die Kontrolle hat, Handlungen ausgeliefert zu sein, indem man selbst handelt. Durch diese Betrachtungsweise interagiert *Strøem* vorwiegend über akustischen Input. Alle Geräusche werden registriert, doch während *Strøem* den eigenen Klängen lauscht, die es in einer scheinbar endlosen Schleife generiert, reagiert es über ein zentral positioniertes Mikrofon auch auf die Besucher, in dem es aufhört selbst Klang zu erzeugen und beginnt zuzuhören. So entscheidet jeder Besucher für sich, ob er passiv bleibt und nur den Raum erkundet oder ob er zu einem produktiven Teil der Arbeit wird, indem er beginnt zu interagieren. Mit *Strøem* zu kommunizieren, beinhaltet das Erforschen des Environments ebenso sehr wie das Erproben der eigenen Fähigkeiten, Klänge in den unterschiedlichsten Spielarten zu erzeugen. Die Besucher werden von *Strøem* und seinen visuellen und akustischen Reaktionen angetrieben, während sie selbst versuchen diese zu manipulieren. (Text: ambient-artlab)

4-1-2. Programmierung

Strøem ist nach den Modellen wie Computer für die Schaffung von Kunst eingesetzt werden können (siehe [2-1-3. Ästhetische Positionen der Computerkunst](#)), eine Arbeit **permutationeller Kunst**. Es ist eine Maschine, die durch symbolische Codes vom Künstler beschrieben wird und fortwährend eine große Anzahl möglicher Werke produziert. Es ist eine **synthetische Arbeit**, die jedoch durch die gezielte Verarbeitung äußerer Einflüsse durch Mikrofon und Sensoren, einen Eingriff in das aktiv laufende System erlaubt und so auch **mimesische Komponenten** besitzt. *Strøem* operiert daher selbst- und fremdreferentiell. Es ist eine nicht-triviale Maschine, die determiniert und im Groben voraussagbar ist, aber durch Timerfunktionen, Zufallsvariablen und frequenzabhängiges Verhalten sein internes Regelwerk ständig verändert und so im Detail analytisch unbestimmbar bleibt. *Strøem* ist **vergangenheitsabhängig** insofern, dass durch die Wahl eines neuen Modus nicht alle Partikeln sofort geändert, sondern nach und nach überschrieben werden und so Mischformen und visuelle Kombinationen verschiedener Modi entstehen.

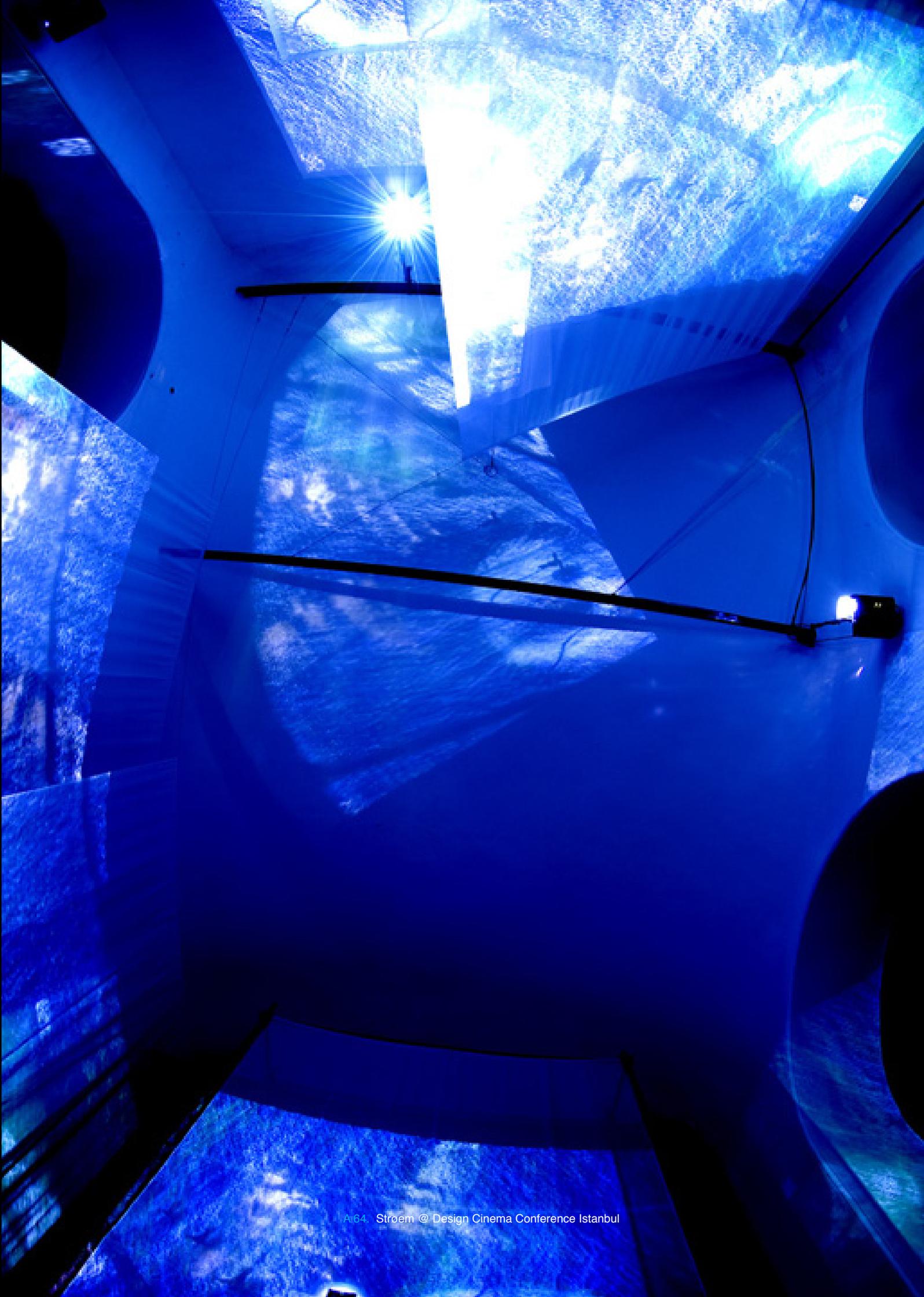


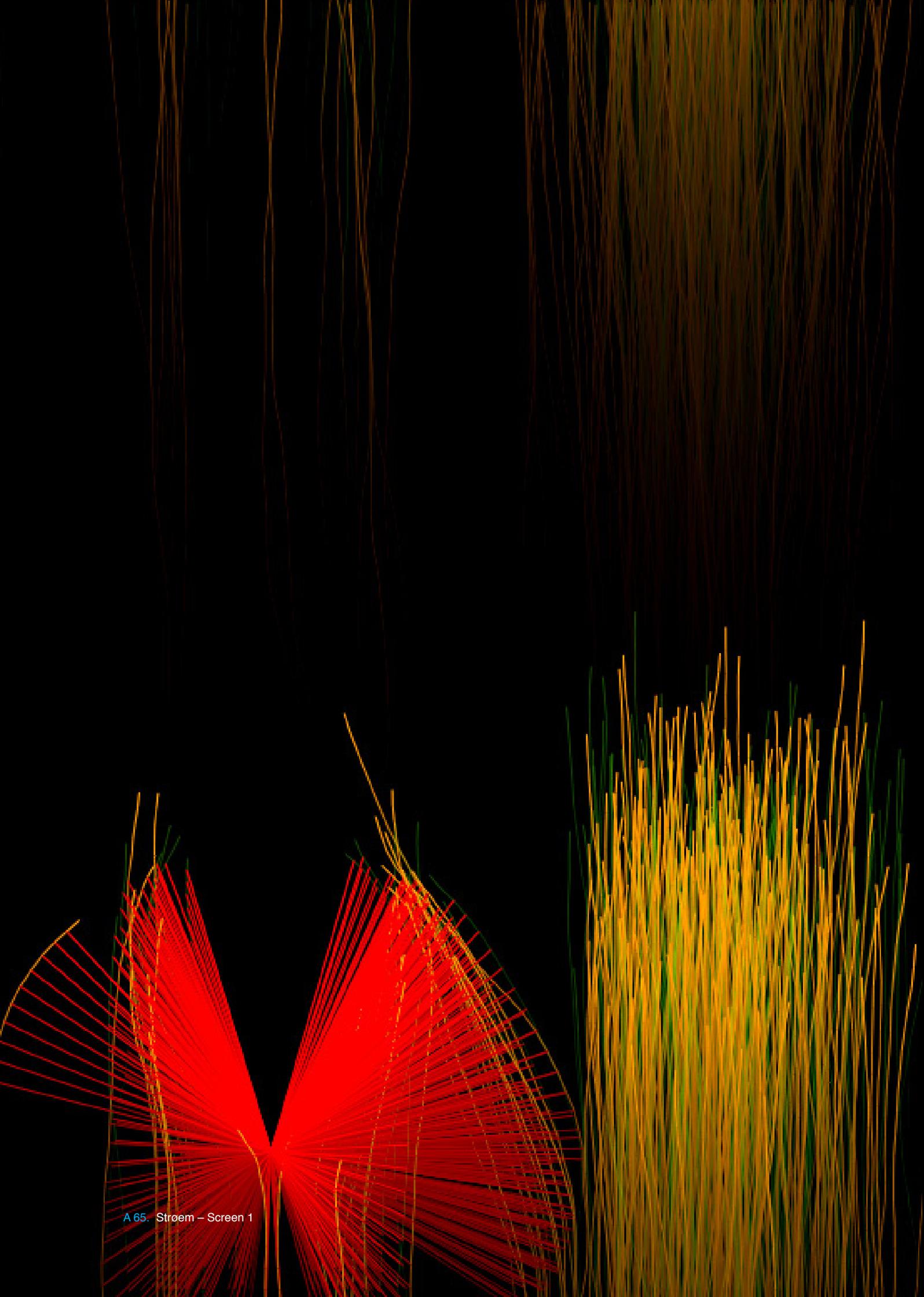


A 62. Strøm @ Design Cinema Conference Istanbul

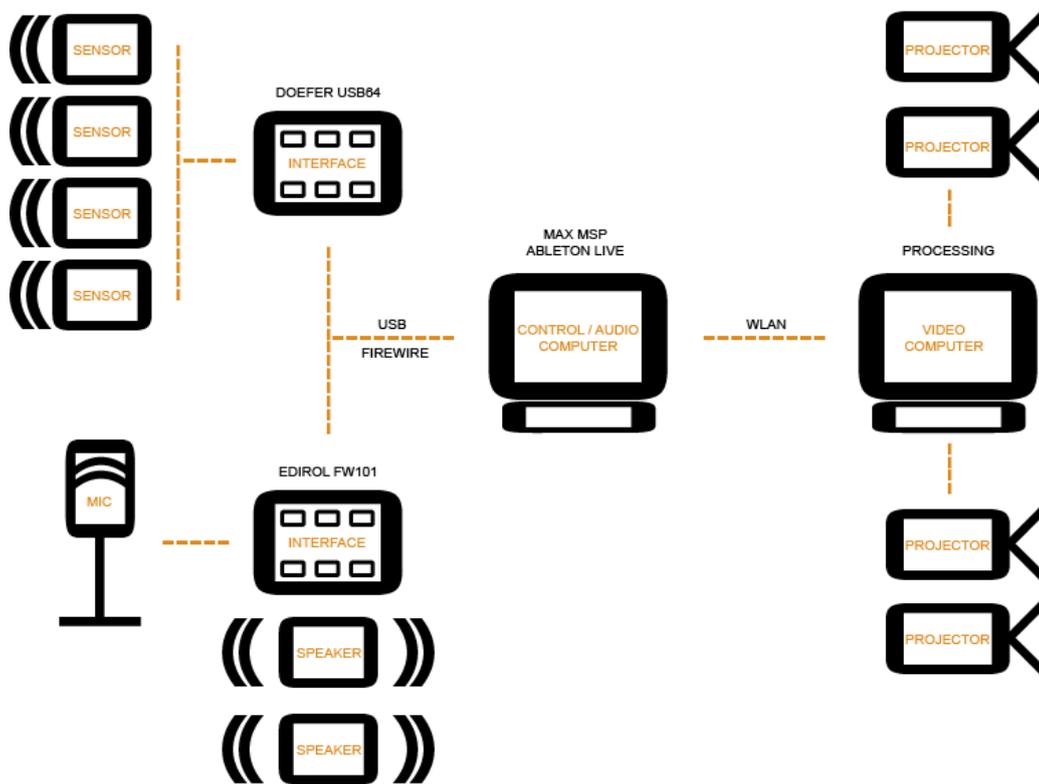
Das Projekt wurde als begehbare, audiovisuelle Installation ausgestellt. Die Besucher interagierten mit dem akustischen und visuellen Design über Sensoren und Mikrofon.





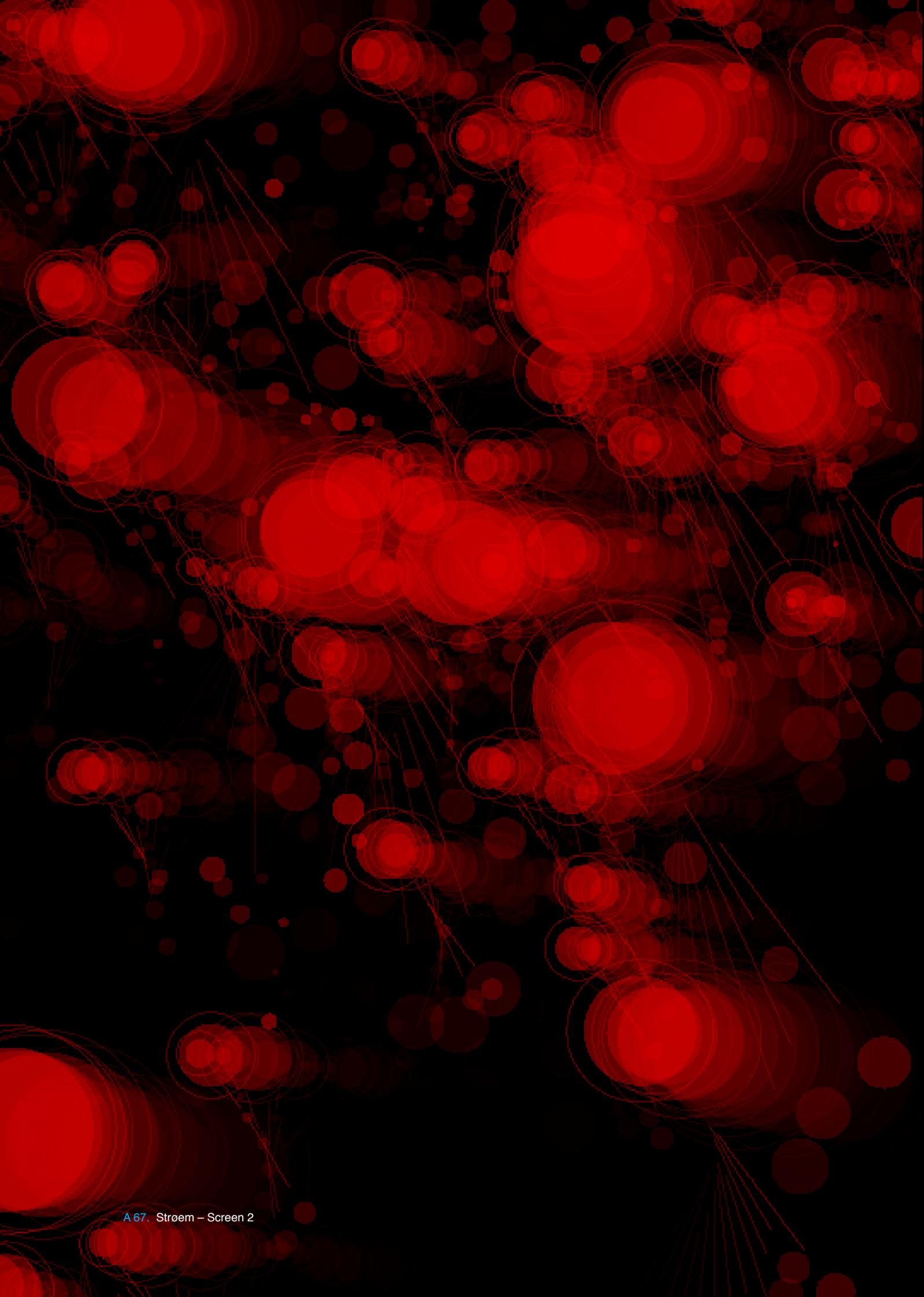


4-1-2-1. Technisches Setup

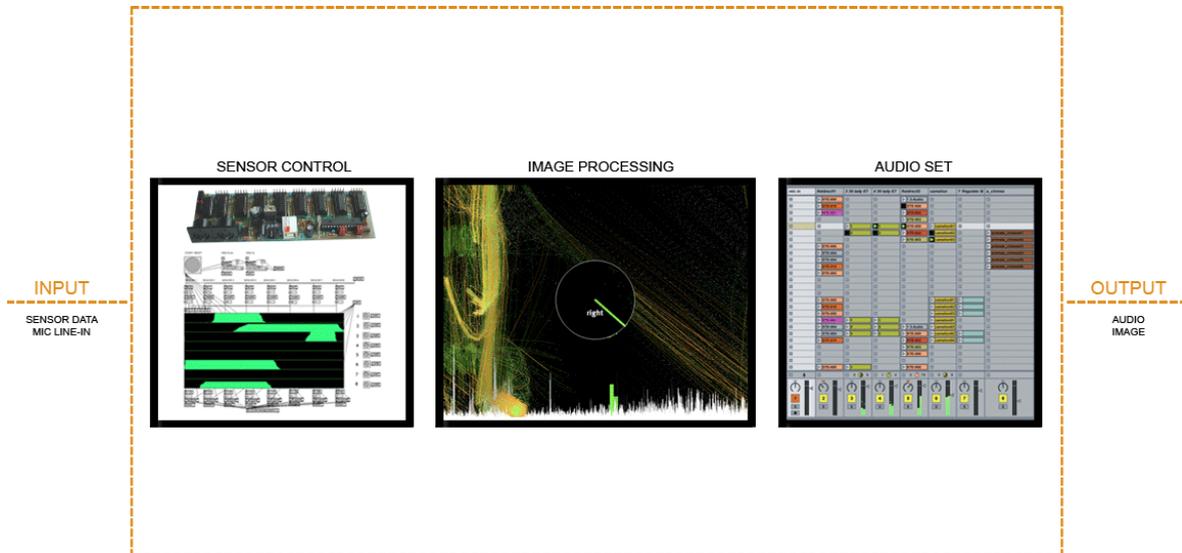


A 66. Strøm – Technisches Setup

Strøm verwendet mehrere Distanzsensoren mit einer Reichweite von etwa 2-3 Meter und zwei Nahfeldsensoren mit kegelförmigen Signalfeldbereich von etwa einem Meter. Über ein Doepfer USB64 Board werden die Messdaten der Sensoren in MIDI Daten umgewandelt und von einem Software Controller in MaxMSP überwacht. Sowohl im visuellen als auch im akustischen Arrangement ist jedem Sensor ein bestimmter Modus zugeordnet. Ein zentral positioniertes Mikrofon registriert alle Geräusche. Über Projektion und Lautsprecher werden die Veränderungen im Raum wiedergegeben und erzeugen ein begehrbares audiovisuelles Environment.



4-1-2-2. Programmmodule



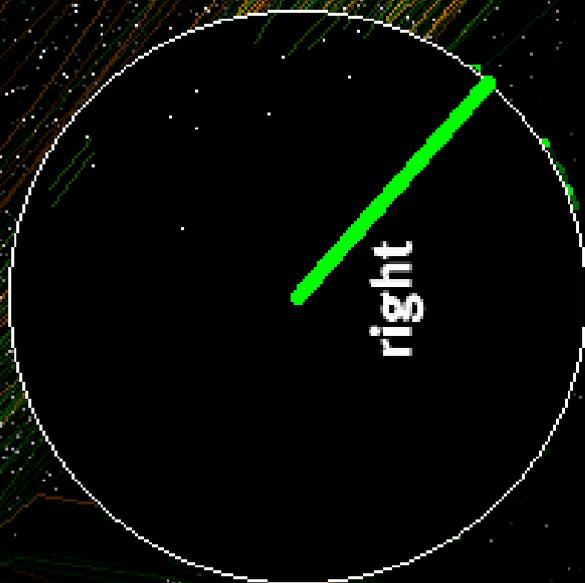
A 68. Strøm –
Programmmodule

Sensor Control (MaxMSP, Doepfer USB64)

Mit dem Doepfer USB64 Board werden die Messdaten der Sensoren in MIDI-Daten umgewandelt und von einem eigenen Software Controller in MaxMSP überwacht. Wird ein bestimmter Messschwellwert der Sensoren überschritten, gilt dieser als ausgelöst und eine entsprechende Nachricht wird über eine UDP Schnittstelle (jklabs MaxLink Library) and das Image Processing weitergegeben. Das Audio Set wird direkt per MIDI vom Sensor Control System gesteuert. So können gezielt Crossfade-Rampen zwischen den einzelnen Audiokanälen bei einem Moduswechsel programmiert werden.

Audio Set (Ableton Live)

Ähnlich wie bei den visuellen Modi ist in der akustischen Komposition von *Strøm* jedem Sensor eine Szene zugeordnet, die wiederum per Zufallsgenerator Tonspuren aus dem Szenenrepertoire wählt und Effektparameter verändert, solange der Modus aktiv ist. Die Komposition setzt sich aus Samples und Field-Recordings zusammen, die spezifisch für jede Ausstellung aufgenommen und passend zu den einzelnen Modi arrangiert wurden. Als aleatorische Komponente wird der Launch Mode von Ableton Live genutzt, der über so genannte ›Follow Actions‹ eine zufällige Auswahl verschiedener Tonspuren innerhalb ei-



nes Kanals erlaubt. Dadurch entsteht – wie bei den visuellen Formen – eine für jeden Modus ähnliche, aber niemals gleiche Komposition.

Fast Fourier Transformation (FFT) – Eine FFT wird in der Audioanalyse zur Berechnung und Darstellung von Spektrogrammen verwendet, welche die Amplituden der jeweiligen Frequenzanteile zeigen.

Image Processing (Processing)

Die Hauptschleife von *Strøem* wird jeden Frame durchlaufen und beinhaltet Funktionen für die Farbwahl, Audioanalyse, Sensorkonfiguration, Timer und das finale Rendering der einzelnen Partikelpunkte. Per **Fast Fourier Transformation (FFT)** Analyse werden spezifische Frequenzbänder gefiltert und die Grundbewegungsrichtung eines Modus (direction) modifiziert. Weiters werden die Transparenzwerte für Vordergrund- und Hintergrundfarbe gesetzt (frontAlpha, backAlpha) und ein aleatorisch positionierter Attraktorpunkt bekommt einen gewissen Einflussradius (forceM) zugewiesen. Eine der acht Timerfunktionen (timerMod) wird ausgewählt und die Sensibilität des Audioeingangssignals (vmax) gesetzt. Abschließend werden im Beispiel ([A 70. Strøem – Beispiel Moduskonfiguration](#)) die Hälfte aller zur Zeit angezeigten Partikeln (showParticles) einem spezifischen Rendermodus (particleMode) zugeordnet. Die andere Hälfte der Partikeln bleibt im ursprünglichen Modus.

A 70. Strøem – Beispiel Moduskonfiguration

```
fft = true;
direction = "right";
backAlpha = 15;
frontAlpha = 20;
forceM = int(random(100, 300));
timerMod = int(random(1, 9));
vmax = 1.15;

for(int i=0; i<showParticles/2; i++)
{
    particles[i].particleMode = 8;
}
```

In der Renderanweisung wird nun von der aktuellen Position jedes betroffenen Partikels (x-vx, y-vy) eine grüne Linie, statt der bisherigen orangen Linien ([A 69. Strøem – Screen 3](#)) bis zur neuen Position (x, y) gezeichnet. So ergeben sich vereinfacht erklärt, Mischformen zwischen den einzelnen Repertoireelementen.

A 71. Strøem – Beispiel Modusrendering

```
case 8:
    strokeWeight(1);
    stroke(150, 255, 0, 50);
    line(x-vx, y-vy, x, y);
    break;
```



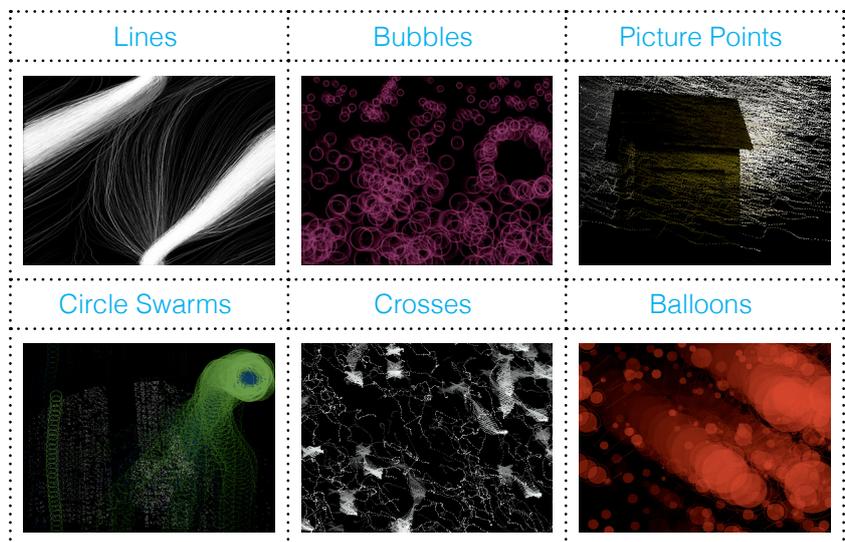
4-1-3. Aleatorik

Strøem basiert auf einem partikularen System mit 500 bis 4000 gleichzeitig agierenden Partikeln, deren Einzelverhalten pro Frame und pro Partikel jeweils neu bestimmt wird und die je nach Modus unterschiedlichen Verhaltensweisen, Aufteilungen und Kräfteinflüssen unterliegen.

4-1-3-1. Repertoire

Das Repertoire von *Strøem* umfasst sechs grafische Grundformen.

T 3. Strøem – Repertoire der Elemente



4-1-3-2. Selektionsfilter

Die Grundelemente werden von Sensoren ausgelöst und durch Timer-Funktionen beständig verändert, so dass eine Überlagerung und Durchmischung verschiedener grafischer Grundformen nicht nur erlaubt, sondern erwünscht ist. *Strøem* ist als polyphones aleatorisches Spiel konzipiert, das heißt keine Quelle des Repertoires darf dominieren, jedoch entsteht durch die Positionierung der Sensoren im Raum und die serielle Abarbeitung des Programmcodes eine gewisse Gewichtung der einzelnen Modi.

Kombinatorischer Selektionsfilter (Timer)

In *Strøem* kommen unterschiedliche Timer zur Anwendung – im Bild (A 73. *Strøem* – Screen 5) beispielsweise T6 – die jeweils per Random Number Generator den Einflussbereich (im Bild: F421) und die Position des Attraktorpunktes (im Bild: O) neu setzen, die primäre Be-

D4

S2

0.600 0.137 114

D4

up P550 T6 T6

S1.45 F421

0

wegungsrichtung beeinflussen (im Bild: up) und gegebenenfalls neue Bilder laden.

Improvisatorischer Selektionsfilter (Sensoren)

Strøem verwendet fünf Distanzsensoren mit einer Reichweite von etwa 2-3 Meter und zwei Nahfeldsensoren mit kegelförmigen Signalbereich von etwa einem Meter. Jeder audiovisuelle Modus ist einem Sensor zugeordnet. Im Bild ([A 73. Strøem – Screen 5](#)) werden zwei Sensoren (D4, S2) ausgelöst. Der aktuelle Modus (S2) mit dem Repertoireelement Lines (orange) wird von dem zuletzt ausgelösten Sensor D4 mit dem Repertoireelementen Circle Swarm (grün) und Picture Points (weißblaue Bildpunkte) überzeichnet und eine neue Grundbewegungsrichtung (up) wird aufgerufen.

4-1-3-3. Organisation der Elemente

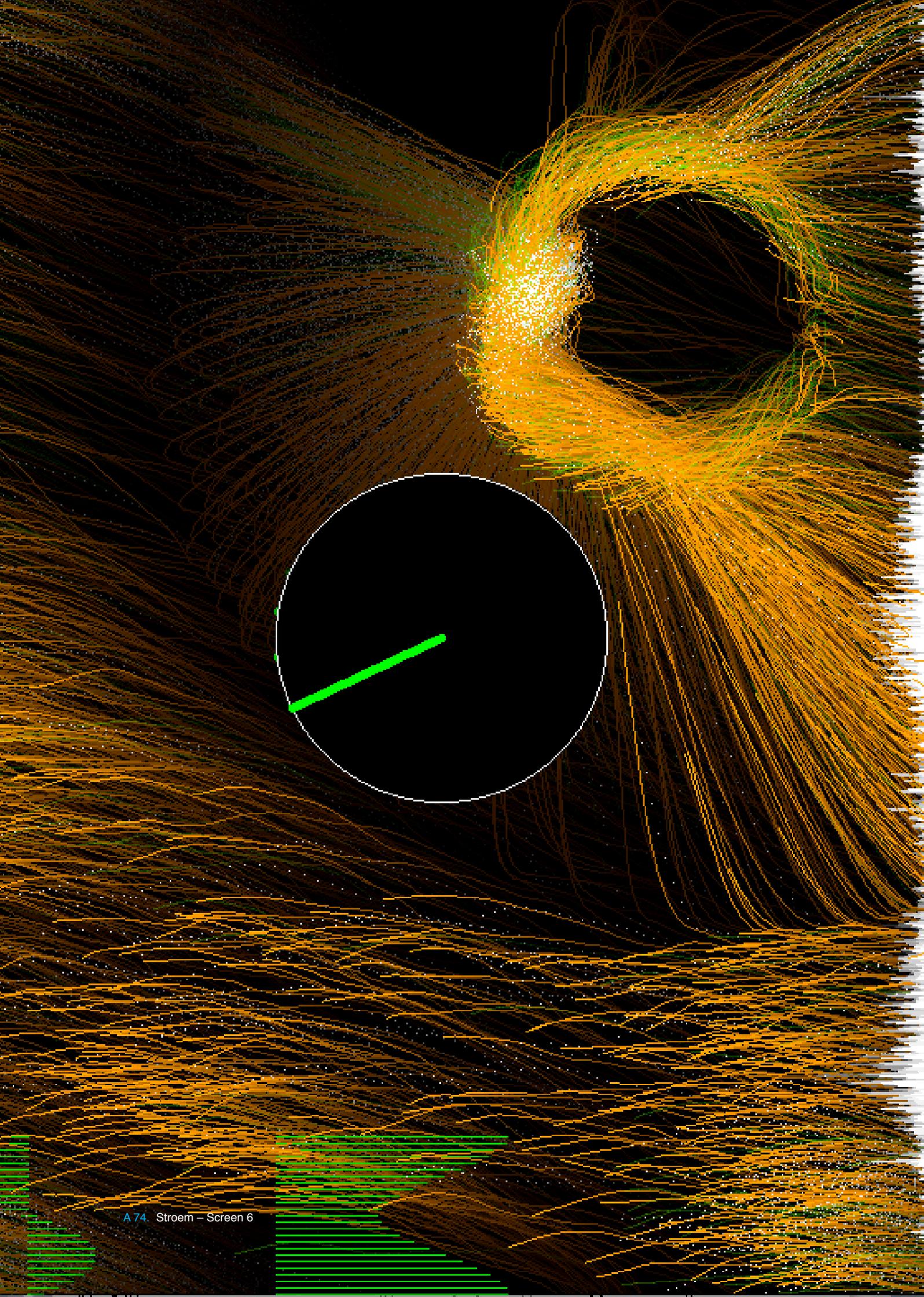
Die Organisation und Verteilung der Elemente hängt von Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung und der aktuellen Position des Attraktorkpunktes (Force Point) ab. Per Timer werden Position und Radius des Force Point immer wieder neu bestimmt und es entstehen die für diese Arbeit charakteristischen Drift- und Flussbewegungen der Partikeln, die durch das musikalische Arrangement gelenkt und bewegt werden.

Force Point

Bei jedem Partikel im Einflussbereich des Attraktorkpunktes wird pro Frame die euklidische Distanz zum Zentrum bestimmt. Sollte die momentane Position des Partikels innerhalb des aktuellen Radius liegen, wird das Partikel beschleunigt um den Einflussbereich wieder zu verlassen. Je kleiner der Abstand des Partikels zum Attraktorkpunkt, desto größer die Beschleunigung nach außen. Als Gegenkraft wirkt ein fixer Radius rund um das Zentrum, der versucht die Partikeln in diesem Bereich zu halten. Modifiziert mit der Grundbewegungsrichtung des Modus und dem Audiomapping ergibt sich so die jeweils neue Position eines Partikels am Screen. Durch die Anziehungs- und Abstoßungskräfte des Force Points bilden sich Strudel und Ströme.

Audio Mapping

Per FFT wird das im Moment präsenteste Frequenzband gefiltert und zwischen Minima und Maxima der überprüften Frequenzbänder auf einen Einheitskreis umgerechnet. Daraus ergibt sich die Initialbewe-



gungsrichtung der Partikeln. Diese wird in den verschiedenen Modi mit der Grundbewegungsrichtung (up, down, right, left) modifiziert. Die Amplitude des Hauptfrequenzbandes bestimmt die Bewegungsgeschwindigkeit und die Rhythmik bestimmt die Anzahl der gerenderten Partikeln. Das heißt, je lauter die Musik, desto schneller bewegen sich die Punkte und Linien von *Strøem*. Je rhythmischer die Musik, desto höher die Anzahl der Partikeln.

4-1-4. Prozess

Strøem ist eine klassisch prozessuale Arbeit. Durch den wiederholten Durchlauf der Sequenzen und Schleifen der generativen Programmierung entsteht eine theoretisch unendliche Anzahl selbstähnlicher Grafiken. Diese sind im Gegensatz zum einzelnen Werk verursacht, generiert und im Detail unreproduzierbar. *Strøem* ist nach den Kategorien der Offenheit ein **Kunstwerk in Bewegung**, welches dem Betrachter letztendlich den ganzen Freiraum in der Interpretation überlässt, und ihn einlädt eine eigene assoziative Fiktion zwischen abstrakter Formenwelt und den freigelegten Bildmotiven zu entwickeln. *Strøem* ist eine **makroaleatorische** Arbeit, die vor allem aus aleatorischen Zufallsprozessen entsteht und einen gewissen Grad an Undeterminiertheit durch Musik und Interaktion aufweist.

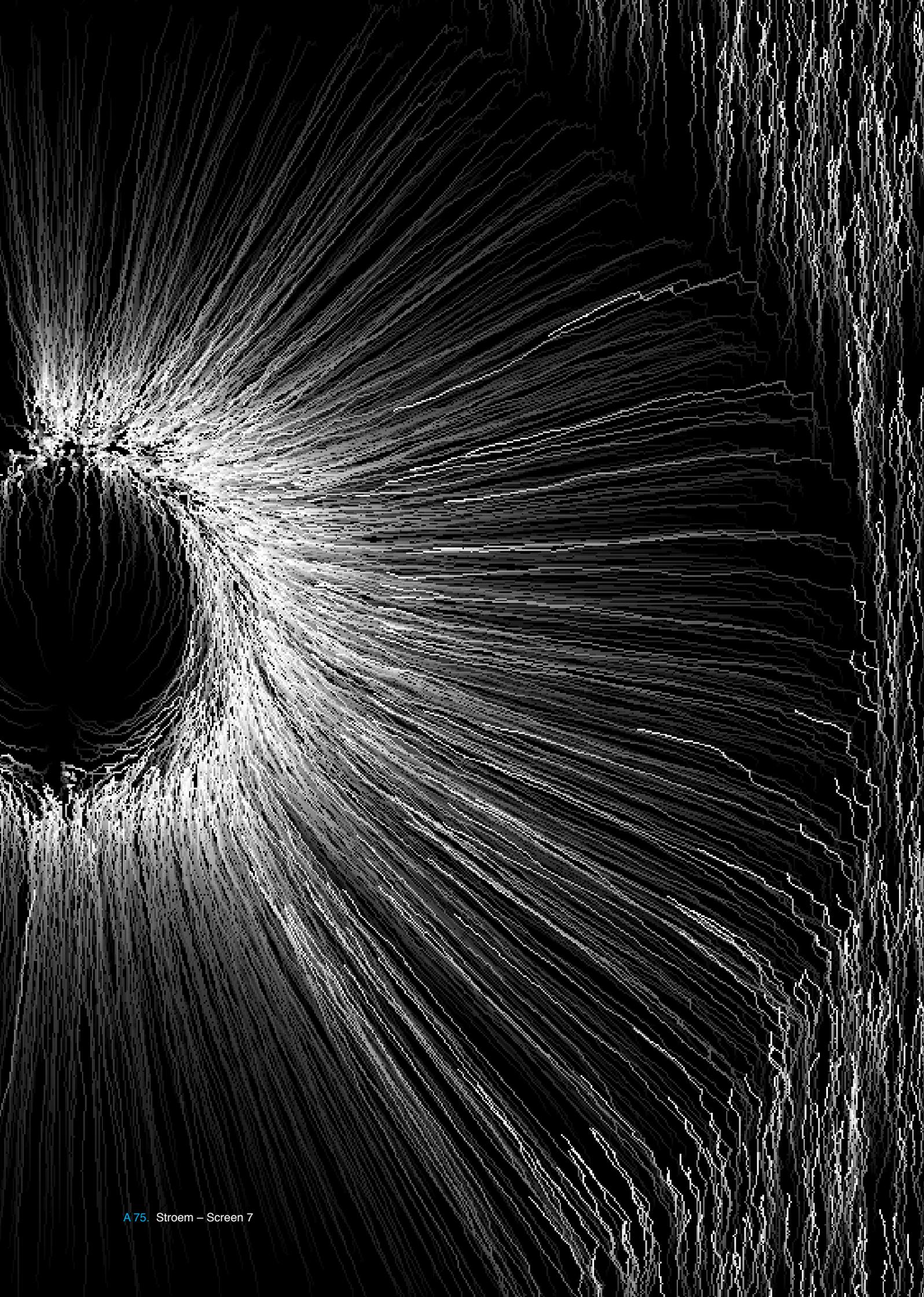
4-1-4-1. Prozessästhetik

Attribute: fließend, chaotisch, verursacht

Strøem verflechtet Projektion, Klang und die Präsenz des Betrachters zu einer fließenden Erzählung von voneinander abhängigen Aktionen und Reaktionen. Mit *Strøem* zu kommunizieren beinhaltet das Erforschen des Environments und das Erproben der eigenen Fähigkeiten, verschiedene Klänge zu erzeugen. Die Besucher werden von *Strøem* und seinen visuellen und akustischen Spielarten angetrieben, während sie gleichzeitig durch Interaktion neue Reaktionen verursachen.

4-1-4-2. Effektive Komplexität

Strøem ist grundsätzlich ein chaotisches System, dass durch die konkrete Formalisierung der Modi selbstähnliche visuelle Formen erzeugt.



Interessant und schwer vorhersehbar sind die angesprochenen Mischformen, die sich aus der Kombination von Modi in Übergangsphasen ergeben und stets von wechselnden Audioinput modifiziert werden. Dadurch entwickelt *Strøem* einen mittleren Komplexitätsgrad der eher einem ungeordneten als geordneten System zuzuschreiben ist.

4-1-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese

Durch das Feedback der Besucher und dem beobachteten Interaktionsverhalten wurde *Strøem* mehrfach überarbeitet. Mit der ersten Revision wurden die zu Beginn versteckten Sensoren offen als Interaktionsmöglichkeit im Raum gekennzeichnet, da eine unbewusste Aktivierung sich oft nicht von einer kombinatorischen Regeländerung in der Wahrnehmung der Besucher unterschied.

Weiters wurde die Frequenzerkennung des Mikrofoninputs beständig verfeinert, um bei ähnlichen tonalen Folgen auch möglichst ähnliche visuelle Effekte zu produzieren und so gerade bei der eigenen Stimme einen Wiedererkennungseffekt zu erzielen. Auch die visuellen Modi von *Strøem* wurden im Zuge der öffentlichen Präsentationen überarbeitet und in Farbe und Form auf das jeweilige Ausstellungsszenario eingestellt. Seitens der Inszenierung wurden später Spiegelvorrichtungen für zusätzliche Boden- und Deckenprojektionen verwendet, um ein möglichst immersives Gesamterlebnis der Installation zu erreichen.

4-1-5. Interaktion

4-1-5-1. Kommunikationsmodell

Strøem lässt sich nach den verschiedenen Kommunikationsmodellen interaktiver Kunst (siehe 2-4-1. [Kommunikationsmodelle](#)) am besten in die Kategorien **Interaktion zwischen Körper und Datenwelt** und **geschlossenes System einer Datenwelt, die vom Betrachter erkundet wird** einordnen. Bedingt durch seine Werkgenese ist *Strøem* eine generative Arbeit, die durch Interaktion und Inszenierung zu einer immersiven Bild- und Tonwelt aktiviert wurde.



4-1-5-2. Interaktionsstufen

T 4. Strøem – Interaktionsstufen

Stufen	Beobachtungen
Response	<p>Die Besucher stellen fest, dass sich durch bloßes Herumwandern im Ausstellungsraum die Installation verändert</p> <p>Die Besucher stellen fest, dass sich über das Mikrofon visuelle Veränderungen herbeiführen lassen</p>
Control	<p>Die Besucher versuchen bewusst mit ihrer Stimme bestimmte visuelle Effekte zu erzielen</p> <p>Die Besucher wissen, welcher Sensor welchen visuellen und akustischen Modus auslöst</p> <p>Ein Dialog entsteht zwischen Besuchern am Mikrofon und Besuchern an unterschiedlichen Sensorpunkten</p>
Contemplation	<p>Die Besucher nehmen Sitzmöglichkeiten innerhalb der Installation in Gebrauch und beobachten Farbenspiel und Musik über einen längeren Zeitraum</p> <p>Einige Besucher werden nach einer passiven Phase ein weiteres Mal aktiv</p> <p>Erfahrene Besucher klären neue Besucher über die Funktionalität der Installation auf</p>
Belonging	<p>Einige Besucher nutzen das Mikrofon über einen langen Zeitraum hinweg (20 Minuten) und lassen sich von der Installation leiten und musikalisch inspirieren</p>

4-1-5-3. Interaktionsästhetik

Pliability

Das duale Verhalten der Sensoren (on/off) hat eine äußerst geringe Plastizität und gewinnt erst in der Kommunikation mit anderen Besuchern bei anderen Sensorpunkten an Qualität, da sich so Mischformen



von Modi ergeben. Das Mikrofon, als zweites Interaktionselement, ist hingegen äußerst reaktiv und die Kopplung von Musik und Bild sind deutlich erfahrbar.

Rhythm

Strøem ist als audiovisuelles Environment konzipiert, welches durch direktes Mapping von Audiodaten auf Bildbewegungen per se eine rhythmisch getaktete Gestaltung einschließt. Die Reaktionszeiten der Sensoren sind annähernd gleich und auch die Frameraten der einzelnen Modi unterscheiden sich, durch die Reduktion von Bildpartikeln bei grafisch aufwendigeren Berechnungen, kaum.

Dramaturgical Structure

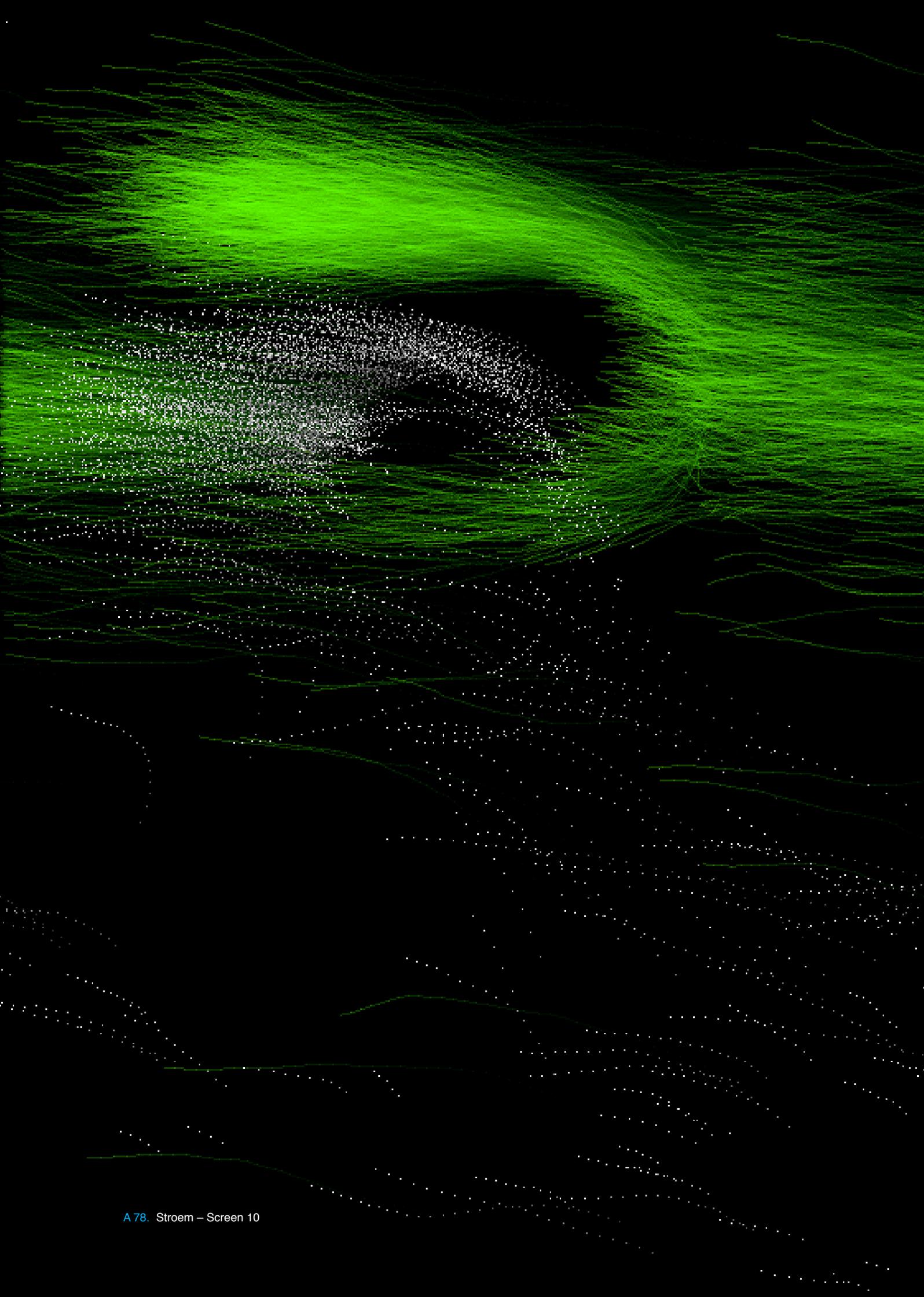
Durch das installative Setup mit mehreren transparenten Projektionsflächen im Raum und zusätzlichen Boden- und Deckenspiegelungen ist die Inszenierung von *Strøem* sehr umfangreich. Die Entdeckung der Sensoren und die Möglichkeit damit den visuellen und akustischen Zustand der gesamten Installation zu verändern, stellt einen ersten Climax in der dramaturgischen Struktur dar. Der zweite Climax ist die direkte Steuerung von Geschwindigkeit und Bewegung der Bildpartikeln über die eigene Stimme.

Fluency

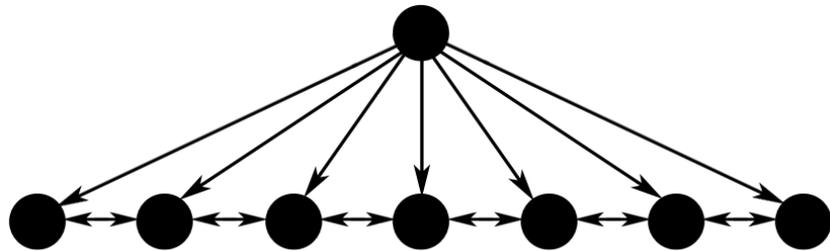
Strøem ist ein audiovisuelles Environment, das sowohl passiv rezipiert als auch aktiv benutzt werden kann. Die Übergänge zwischen einzelnen Stimmungen sind sowohl visuell als auch akustisch fließend, allerdings in ihrer formalen Verschachtelung bewusst undurchsichtig gehalten, um der Installation einen gewissen ›eigenen Willen‹ zu geben mit welchem die Benutzer im Dialog stehen. Sensoren und Mikrofon sind jedoch eher unkonventionelle Interaktionsschnittstellen.

4-1-5-4. Handlungsstruktur

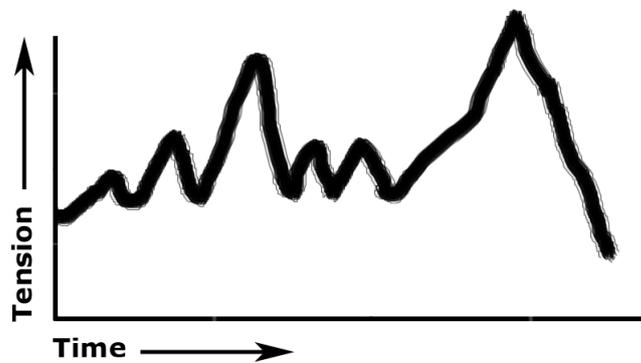
Strøem besitzt eine **Modulated Plot** Struktur mit acht Entscheidungspunkten. Die sieben Modi können durch die Sensoren in einer seriellen Abhängigkeit voneinander kombiniert werden. Über das Mikrofon kann zu jeder Zeit die visuelle Dynamik und die akustische Komposition verändert werden. Ein offenkundig narrativer Handlungsstrang besteht nicht. Aktion und Reaktion von Besuchern und System stehen im Vordergrund.



A 79. Strøm – Handlungsstruktur



A 80. Strøm – Spannungsverlauf



4-1-6. Strukturanalyse

T 5. Strøm – Strukturanalyse

Analysefaktor	Bestimmung
Aleatorische Spielart	Polyphon
Repertoire	6 grafische Grundformen, 6 akustische Sets
Selektionsfilter	Timer, Sensoren
Organisation der Elemente	Attraktorpunkt, Audiomapping, Bewegungsrichtung
Programmmodule	Sensor Control, Audio Set, Image Processing
Ästhetische Position der Computerkunst	Permutationelle Kunst

Analysefaktor	Bestimmung
Phänomenologische Position der Computerkunst	Mimese
Operationsweise	Selbstreferentiell und fremdreferentiell
Generatives Prinzip	Partikelsystem
System	Ungeordnet, chaotisch
Offenheitsgrad	Kunstwerk in Bewegung
Makroaleatorische Undeterminiertheit	Kombinatorik
Mikroaleatorische Undeterminiertheit	Interaktion
Modell der Kommunikation	Interaktion zwischen Körper und Datenwelt Ein geschlossenes System einer Datenwelt, die vom Betrachter erkundet wird
Primäre Interaktionsphasen	Response, Contemplation
Primäre Interaktionsästhetik	Rhythm
Handlungsstruktur	Modulated Plot

4-2. Square Dance - Computerkunst im öffentlichen Raum

Autor: Florian Gruber

Ausstellungen: Live Performance, Festival Ars Electronica, Linz 2009; Visualisierungsarchiv Medienfassade, Ars Electronica Center, Linz 2009 - 2011;

Dokumentation: <http://www.ambientartlab.com/projects/square-dance>

4-2-1. Projektbeschreibung

Square Dance ist eine generative Arbeit, die speziell für die Medienfassade des Ars Electronica Center (AEC) in Linz entwickelt wurde. Die Arbeit führt eine Folge an polygonalen Verformungen und Figurenfolgen aus, welche die Gebäudefassade des AEC direkt ansteuern. Die simple Formensprache der Arbeit – ein Schachbrettmuster und vier Farben – rekrutiert sich ganz bewusst aus der Architektur des Gebäudes und ist Ausgangspunkt für endlose Permutationen. Es gibt, wie im Modern *Square Dance*, keine vorgeschriebene Formenchoreografie, einzig ein ›Caller‹ kann über ein Touchscreen Interface Einfluss auf die Figurenfolge ausüben. Farbflächen werden dabei von schnellen horizontalen und vertikalen Bewegungsfolgen abgelöst, einzelne Figuren arbeiten sich heraus, bleiben für einige Sekunden erhalten um schließlich wieder dekonstruiert zu werden. *Square Dance* ist ein taktsynchrones Farben- und Formenspiel, das durch die Eigendynamik der Codierung und die performative Steuerung eine hypnotische Faszination entwickeln kann und den umliegenden Stadtraum in eine Farbwelt eintauchen lässt.

4-2-2. Programmierung

Square Dance ist eine **nicht-triviale, synthetische Maschine**, die ihr Regelwerk beständig ändert und in Folge eine Vorhersehbarkeit weitgehend unmöglich macht. Über ein Interface kann von einem Akteur (Caller) insofern eingegriffen werden, dass einzelne Parameter nicht





A 81. Square Dance @ Ars Electronica Festival 2009

Das Projekt ist Teil des Visualisierungsarchiv für die Medienfassade und wurde als Live Performance während des Ars Electronica Festivals 2009 vorgestellt.



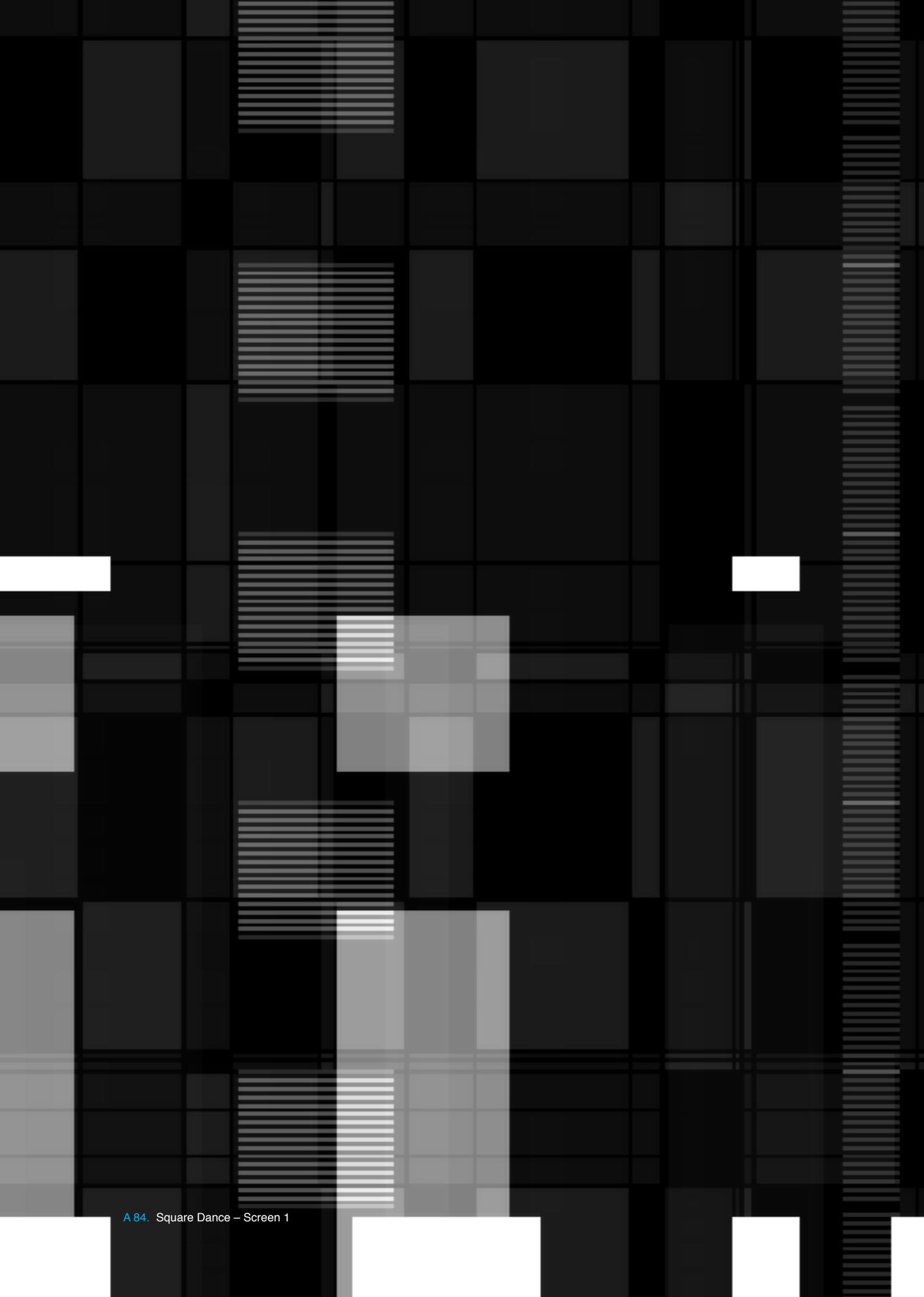


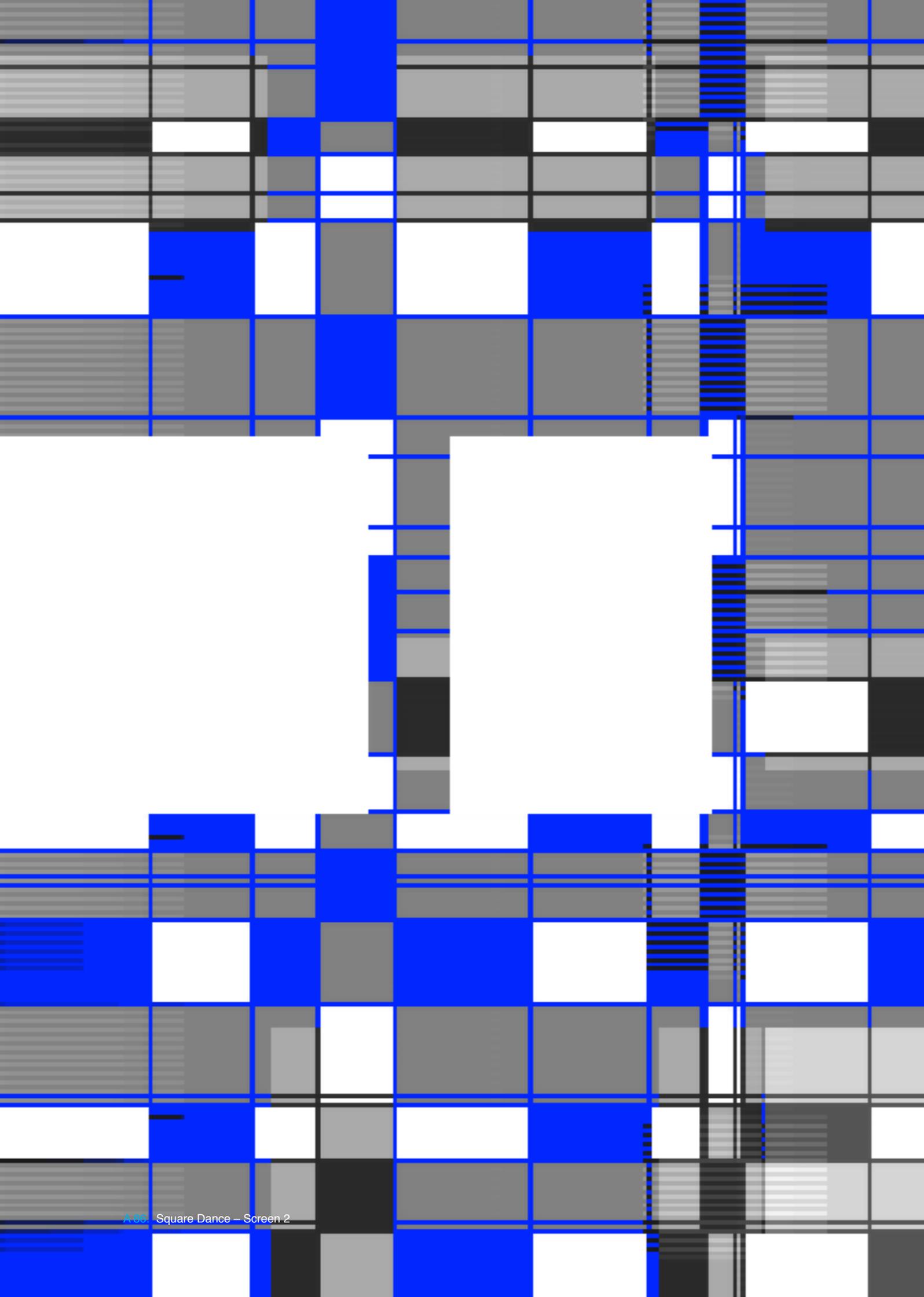
HUMAN NATURE

ARS ELECTRONICA 2009

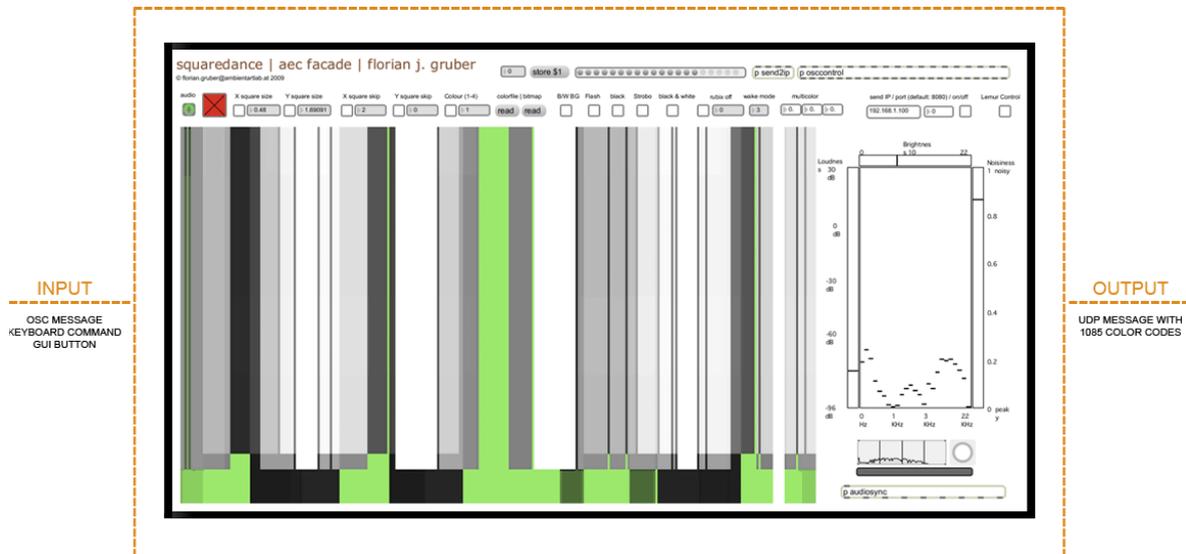
Festival für Kunst, Technologie und Gesellschaft

A 83. Square Dance @ Ars Electronica Festival 2009





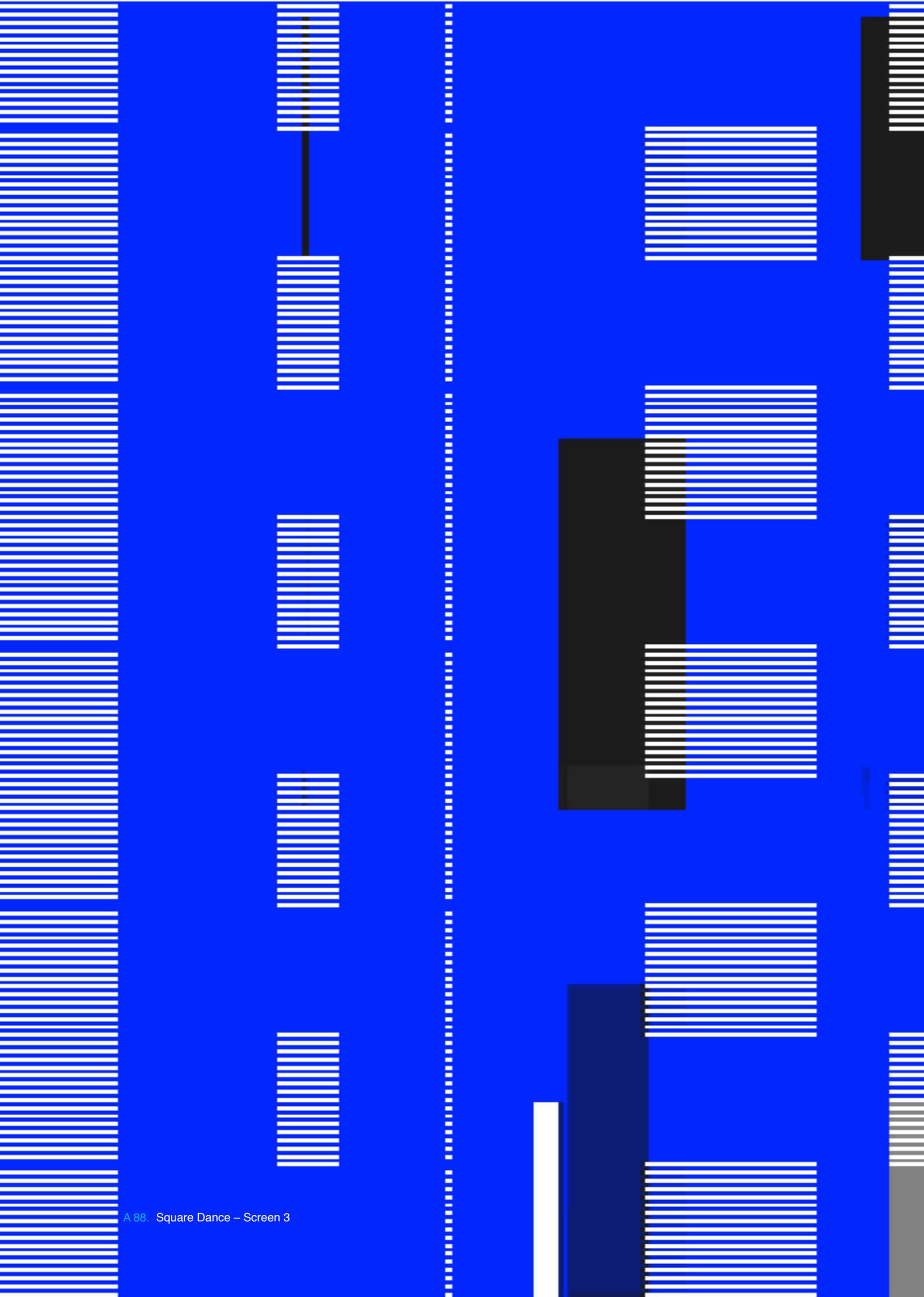
4-2-2-2. Programmmodule



A 87. Square Dance – Programmmodule

Option: Lemur Control (MaxMSP, Lemur JazzEditor)

Square Dance kann per Open Sound Control (OSC) Schnittstelle mit einem Lemur Touchscreen Controller gesteuert werden. Dabei werden über das OSC-Protokoll Nachrichten vom Controller zum Image Processing und vice versa mit direktem visuellen Feedback übertragen. Die Programmierung in MaxMSP ist relativ einfach mit Switches und Selektoren aufgebaut, welche den jeweiligen Parameter in der Steuerleiste des Image Processings adjustieren. Beispielsweise können so Verschiebungen zugeschaltet oder abgedreht werden oder Farbe, Transformationsregeln und FeedbackEinstellungen direkt geändert werden. Zentrales Steuerelement des Touchscreens (A 89. [Square Dance – Lemur Control](#)) ist ein Multiball Controller, auf dessen Achsen die Rechtecksgröße in horizontaler und vertikaler Richtung aufgetragen ist. Durch eine einfache Fingerbewegung kann so die grafische Transformationskette verändert werden und es entsteht eine sehr intuitive und spielerische Bedienbarkeit des Projekts. Die übrigen Regler und Knöpfe der Kontrolloberfläche steuern direkt die entsprechenden Nummernfelder und Checkboxes in der Steuerleiste des Image Processings (A 90. [Square Dance – Steuerleiste](#)).



A 89. Square Dance – Lemur Control

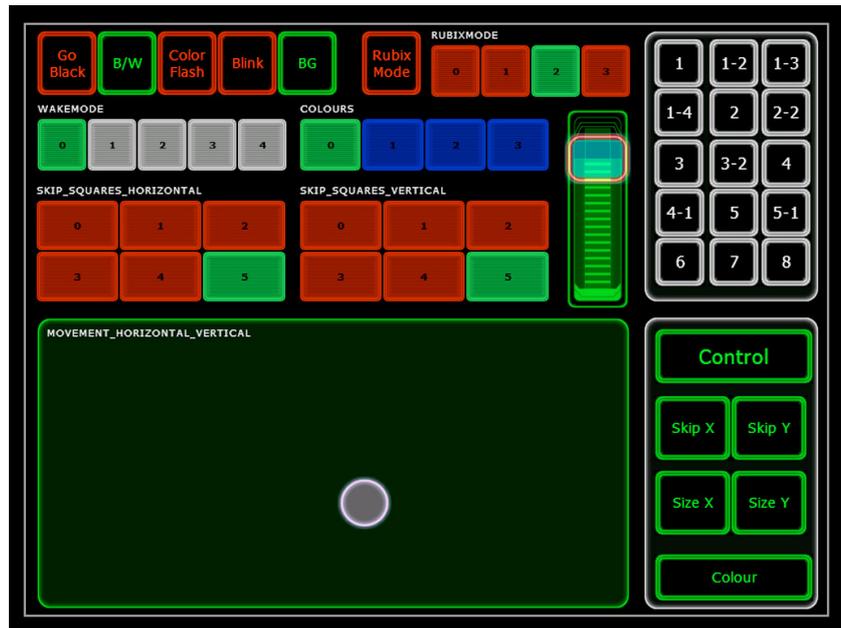


Image Processing (MaxMSP)

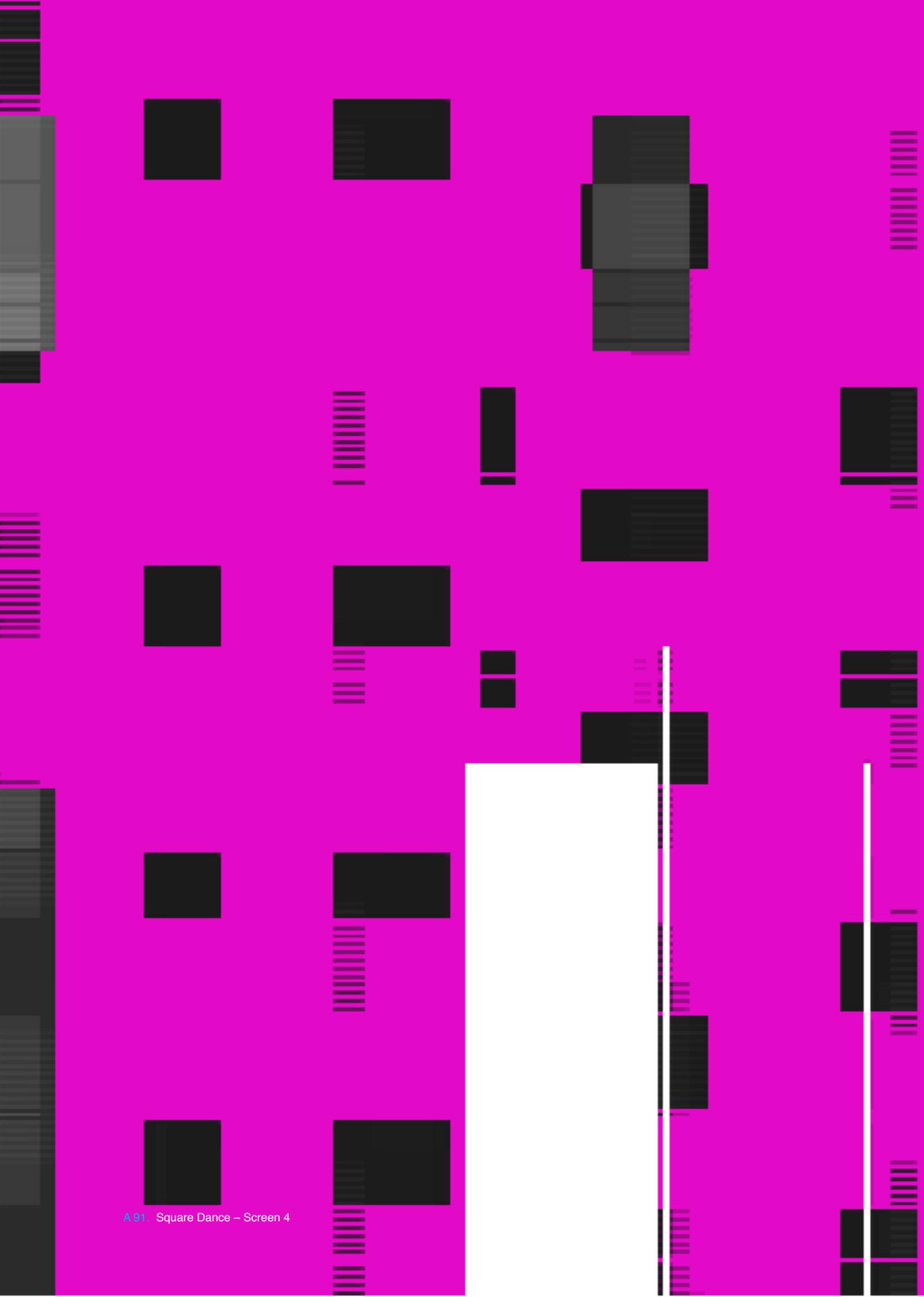


A 90. Square Dance – Steuerleiste

Die Organisation der Rechtecke am Bildschirm erfolgt über eine aleatorische Effektkette zur Bitmaptransformation (siehe 4-2-3-3. [Organisation der Elemente](#)). Steht die Form fest wird abschließend ein Farbselektionsprozess gestartet, der weiße oder schwarze Flächen im Bild selektiert und mit einer beliebigen Farbe koloriert. Dadurch entstehen Bildmuster, die neben einer vorherrschenden Farbe auch unterschiedliche Transparenzen besitzen. Im Image Processing sind weiters folgende Effekte implementiert, die manuell oder automatisiert zugeschaltet werden können.

T 6. Square Dance – Bildeffekte

Bildeffekt	Kurzbeschreibung
Colour	Aus vier Grundfarben wird jeweils eine zur aktuellen Kolorierung gewählt
BW Background	Der Hintergrund wird in Graustufen gerendert
BW Foreground	Der Vordergrund wird in Graustufen gerendert

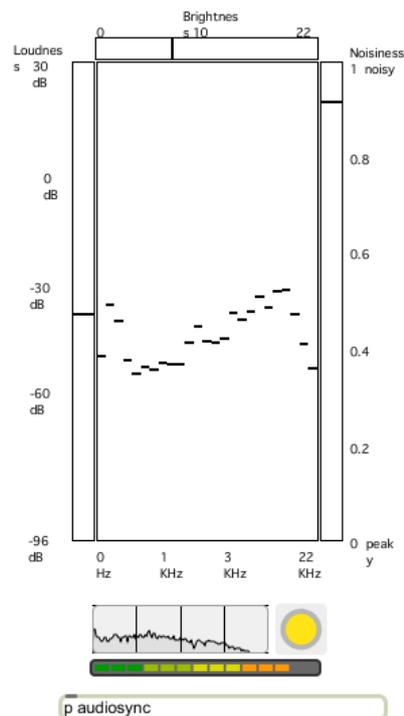


Bildeffekt	Kurzbeschreibung
Flash	Das Bild wechselt im Sekundentakt mit einem schwarzen Hintergrund
Strobo	Das Bild wechselt im Sekundentakt mit einem weißen Hintergrund
Black	Das Bild wird schwarz überblendet. Dieser Filter kann als Crossfader benützt werden

Option: Audioanalyse (MaxMSP)

Square Dance verfügt über ein Audioanalysemodul, das vor allem für die audiovisuelle Live Premiere des Stücks im Zuge des Ars Electronica Festival 2009 genutzt wurde. Soll ein Audiosignal als Taktgeber benutzt werden, kann mit einem Button in der Steuerleiste das ganze Programm auf ›Audio on‹ umgestellt werden und das Eingangssignal steuert nun direkt Metronom und Rechtecksgröße. In *Square Dance* wird eine leicht modifizierte Version des MaxMSP analyzer~ Objekts genutzt. Dabei wird die ›Attack‹ des Signals als Taktgeber genutzt und die Analysewerte für ›Pitch‹, ›Loudness‹, ›Brightness‹ und ›Noisiness‹ werden auf die Größe und Ausdehnung der Rechtecke in der X und Y-Achse übertragen.

A 92. Square Dance – Audioanalyse



ARS Facade Simulator (Java)

Für die Simulation und zum Testen des Programms wurde der vom Ars Electronica Futurelab entwickelte *ARS Facade Simulator And Control 1.0.3* benutzt, welcher über eine einfache Netzwerkschnittstelle anderen Applikationen erlaubt, die Fassade zu bespielen. Das Client-Programm muss dabei jeden Frame alle Farbwerte für alle 1085 Fenster des Gebäudes in einem einzigen UDP Paket verschicken. Die maximal zulässige Framerate ist 25. Das Format der Nachricht muss aus einer Sequenz von einer 2-Byte Fensteradresse und einem 3-Byte RGB Farbcode bestehen, um korrekt verarbeitet zu werden.

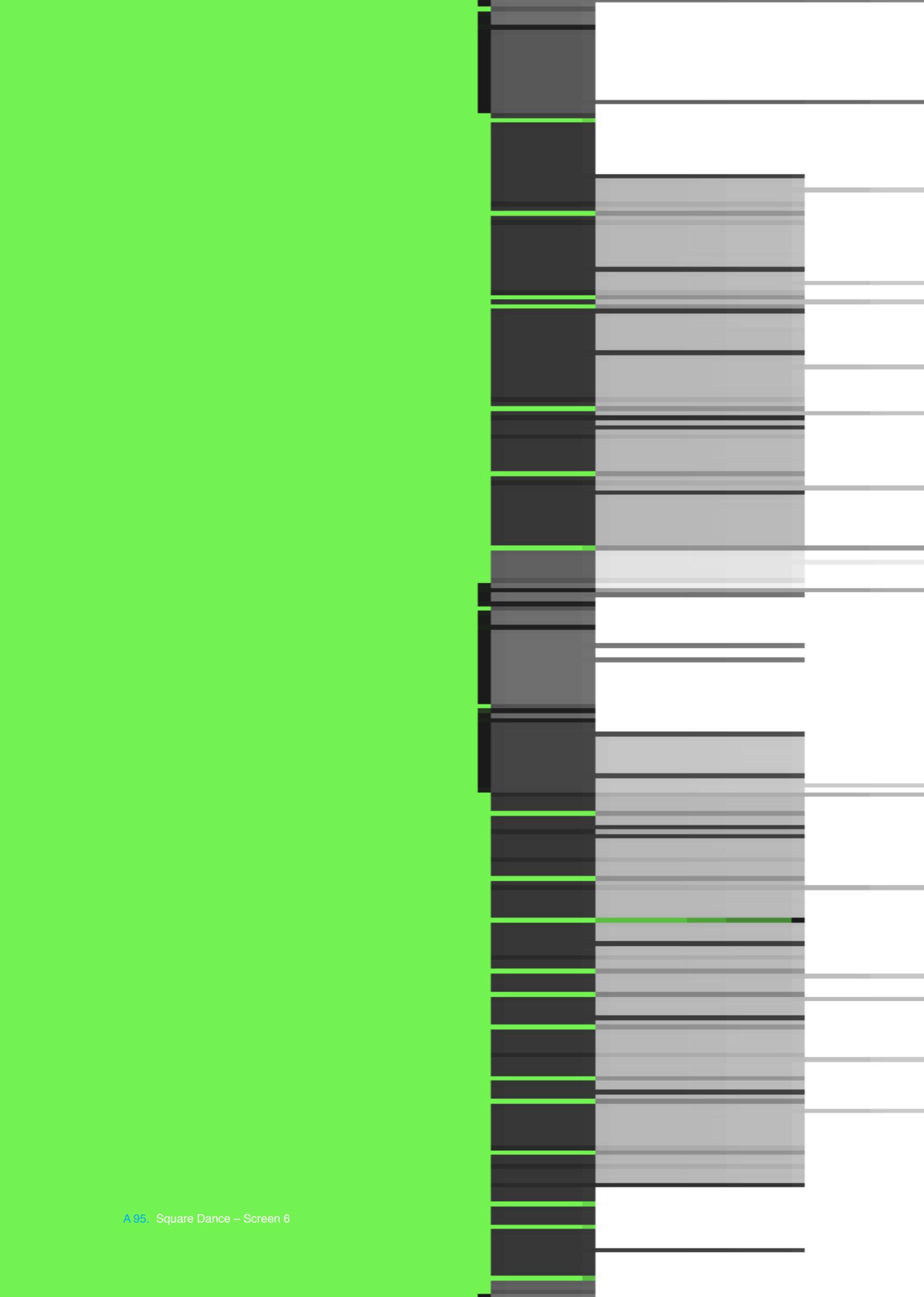
T 7. Square Dance – Byte Codierung ARS Facade Simulator

Bytenummer	Datenwert
byte 1	low byte of window address
byte 2	high byte of window address
byte 3	colorRed (between 0 and 255)
byte 4	colorGreen (between 0 and 255)
byte 5	colorBlue (between 0 and 255)

Im Simulator wird der Farbcode auf die jeweiligen Fensterpaneele übertragen und in Folge an die DMX Steuerung der Fassade geschickt. Bis auf eine Generalprobe wurde *Square Dance* bis zur Premiere ausschließlich auf dem Simulator entwickelt und getestet.



A 94. Square Dance – Screenshot ARS Facade Simulator



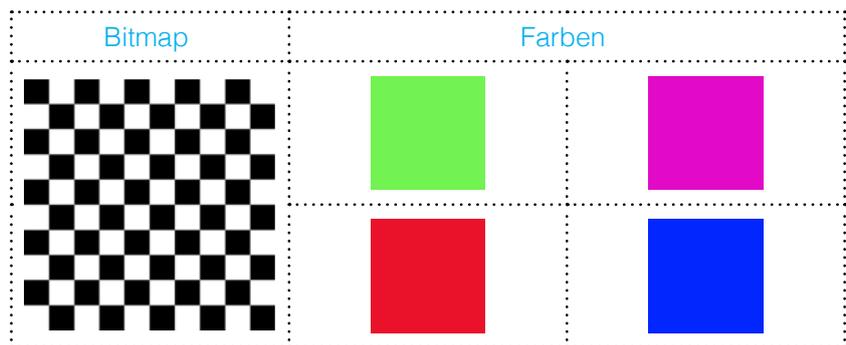
4-2-3. Aleatorik

Square Dance ist ein minimalistisches aleatorisches Spiel. Es basiert auf der kontinuierlichen kombinatorischen Transformation von Rechtecksymbolen. Jede Sequenz wird ein neues Bild erzeugt, im Image Processing koloriert, effektiert und transparent abgestuft und schließlich an den AEC Simulator zur Ansteuerung der Fassade geschickt.

4-2-3-1. Repertoire

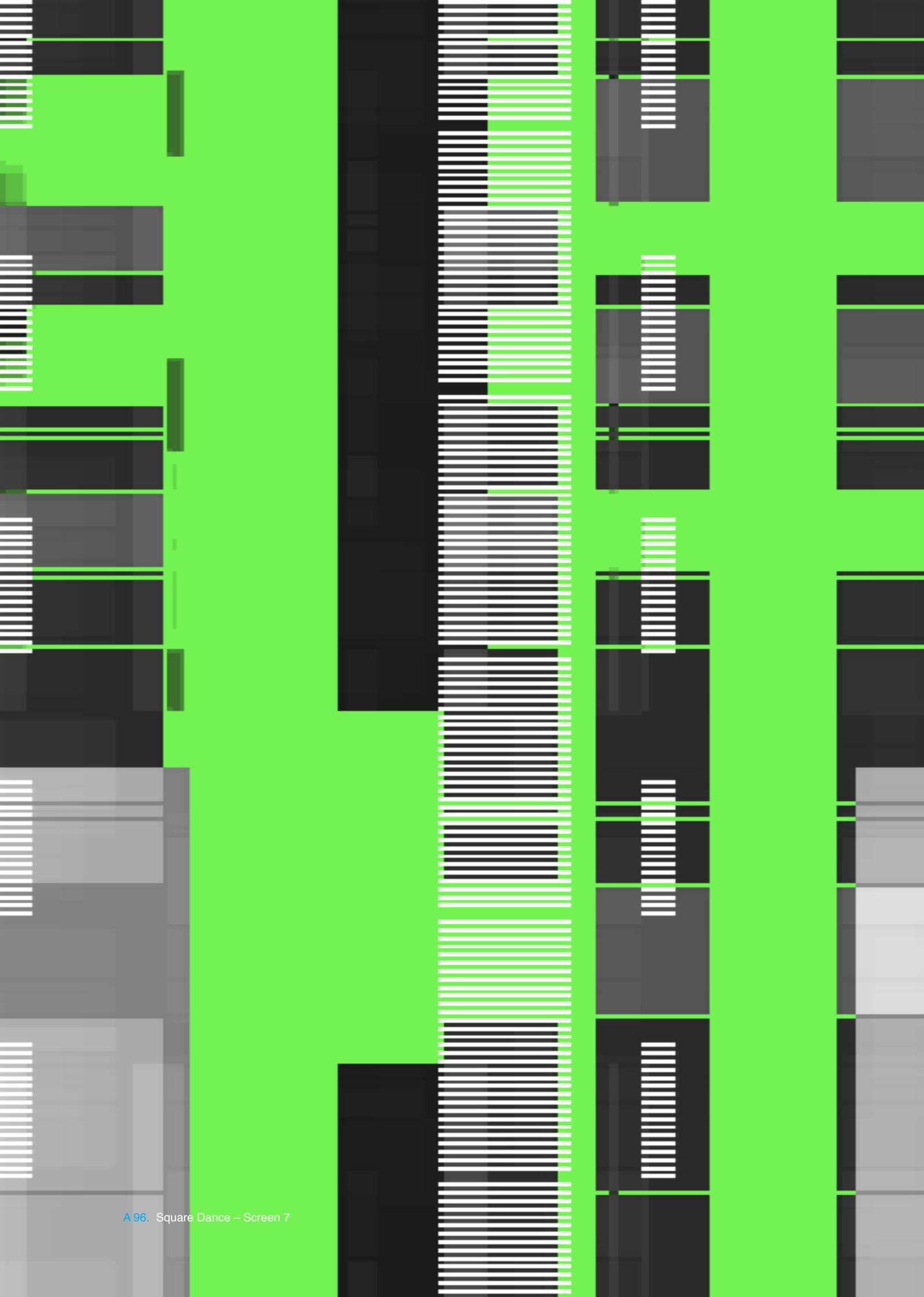
Das Repertoire von *Square Dance* besteht aus einem schwarzweißen Schachbrettmuster als Grundform der Transformation und vier Farben, welche die Polygone abwechselnd und mit unterschiedlichen Transparenzen und Überlagerungen einfärben. Die Elemente von *Square Dance* sind singular kohärent und werden minimalistisch permutiert.

T 8. Square Dance – Repertoire der Elemente



4-2-3-2. Selektionsfilter

Square Dance besitzt verschiedene Parameter, welche die Selektion der Rechtecksymbole steuert. In der Standalone Variante wird jeder Wert mit einem Nummerngenerator in MaxMSP angesteuert. Per Knopfdruck am Touchcontroller kann in den Performance Mode gewechselt werden, bei dem alle Werte mit den berührungssensitiven Reglern gesteuert werden. *Square Dance* besitzt jeweils zwei Filter in der X- und Y-Achse, die entscheiden welche Rechtecke für die Transformation selektiert bzw. ausgelassen werden.

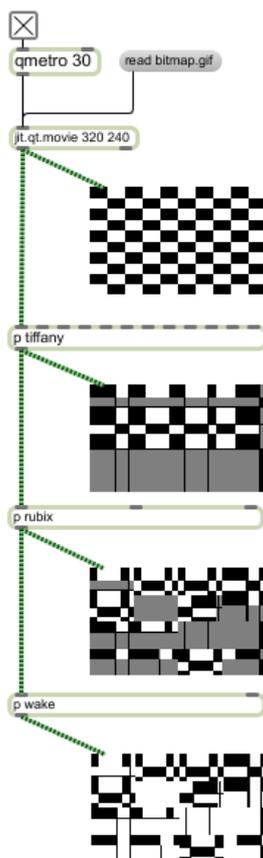


T 9. Square Dance – Selektion der Rechtecke

Selektionsfilter	Kurzbeschreibung
X Square Size	Bestimmt die Transformationsgröße für die Rechtecke auf der X-Achse
Y Square Size	Bestimmt die Transformationsgröße für die Rechtecke auf der Y-Achse
X Square Skip	Bestimmt wie viele Schritte der Bitmap auf der X-Achse übersprungen werden
Y Square Skip	Bestimmt wie viele Schritte der Bitmap auf der Y-Achse übersprungen werden

4-2-3-3. Organisation der Elemente

Die im Bild (A 97. Square Dance – Transformation der Bitmap) vereinfacht dargestellte Objektkette, ist für den eigentlichen Transformationsprozess verantwortlich. Einige Parameter der Objekte können dabei direkt über die Steuerleiste des Image Processings bzw. über den Touchscreen bestimmt werden, andere werden bei jedem Durchlauf mikroaleatorisch bestimmt.



A 97. Square Dance – Transformation der Bitmap

Das **jit.tiffany** Objekt bewirkt ein willkürliches, rechteckiges Resampling der Bildmatrix. Die Werte ›xrange‹ und ›yrange‹ geben einen Prozentsatz der totalen Matrixgröße an. Das Objekt erzeugt automatisch Zufallswerte für x und y, die nach oben hin durch die Range-Angaben limitiert sind. Werden die Werte spezifisch über die Steuerleiste deklariert, sind sie nicht dem aleatorischen Prozess des Objekts unterworfen.

Das **jit.rubix** Objekt teilt dann die Bildmatrix erneut in einen Raster aus rechteckigen Zellen und beginnt diese vertikal und horizontal zu drehen. Verschiedene Transformationsmodi können dabei gespeichert und jederzeit mit gleichen Startbedingungen geladen werden.

Im letzten Effektabschnitt wird eine Feedbackschleife mit dem Eingangssignal durch das **jit.wake** Objekt durchgeführt. Dabei werden Parameter wie ›Feedback‹ und ›Gain‹ für jede RGB-Ebene spezifisch kontrolliert, andere wie ›Feed Forward‹ aleatorisch bestimmt.



4-2-4. Prozess

Square Dance erzeugt jeden Frame eine neue generative Form, welche auf Grund der Organisationskette selbstähnliche Rechteckformen besitzt, im Detail aber unreproduzierbar bleibt. Es ist ein Kunstwerk in Bewegung mit makroaleatorischen Prozessen, die ausschließlich kombinatorisch bestimmt werden. Im Falle einer Interaktion durch den Caller ergibt sich ein gewisser Grad an Undeterminiertheit durch die improvisatorische, instrumentenhafte Handhabung der Benutzerschnittstelle.

4-2-4-1. Prozessästhetik

Attribute: sprunghaft, minimalistisch, stark zufällig, generiert

Square Dance ist ein minimalistisches Spiel. Die Arbeit ist im Detail völlig unvorhersehbar und in seiner Ausprägung stark an die Aleatorik der Organisationskette gebunden. Im Falle einer aktiven Audioquelle, sind klar erkennbare rhythmische Korrelationen zwischen Ton und Bild eine Qualität dieser Arbeit.

4-2-4-2. Effektive Komplexität

Square Dance ist als stark zufallsgeleiteter Prozess mit sehr wenigen Basiselementen, ein klassisch chaotisches System, welches seine grundsätzliche ästhetische Ausprägung als Rechteckpermutation niemals ändern soll. Gerade durch die Einfachheit der Grundform entwickelte das Projekt auf der 5000 m² Fassade des Ars Electronica Centers eine sehr klare und intensive Wirkung. Die Arbeit ist im Detail unvorhersehbar, die effektive Komplexität des Programms ist jedoch gering.

4-2-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese

Square Dance wurde vordergründig als rein visuelle Standalone Variante konstruiert. Die konzeptionelle Entscheidung nur mit Rechtecken zu arbeiten, leitet sich aus der spezifischen Bauweise des Ars Electronica Centers ab und fokussiert auf das Rechteck als elementare Grundform jeder Architektur, welcher sich zu unzähligen Formen kombinieren lässt. Durch die Entscheidung auch schwarze Flächen in der



Bildgenerierung zuzulassen, wurde am Gebäude ein sehr interessanter Effekt erzielt. Die schwarz ›beleuchteten‹ Teile des Gebäudes verschwanden in der visuellen Wahrnehmung und so änderte sich die architektonische Form des Gebäudes im Sekundentakt. Der Produktionsprozess war ein ständiges Ausprobieren und Verfeinern der Elementorganisation und des Image Processings. Erst durch die Auswahl der Festival Jury das Stück als Performance im Zuge des Ars Electronica Festival 2009 live zu präsentieren, wurde *Square Dance* noch um das Audiomodul erweitert.

4-2-5. Interaktivität

Square Dance besitzt durch die Konzeption als generative visuelle Komposition keine Interaktionsmöglichkeit für Besucher. Das Touch Screen Interface erlaubt nur einem Akteur die Handhabung der Arbeit als visuelles Instrument.

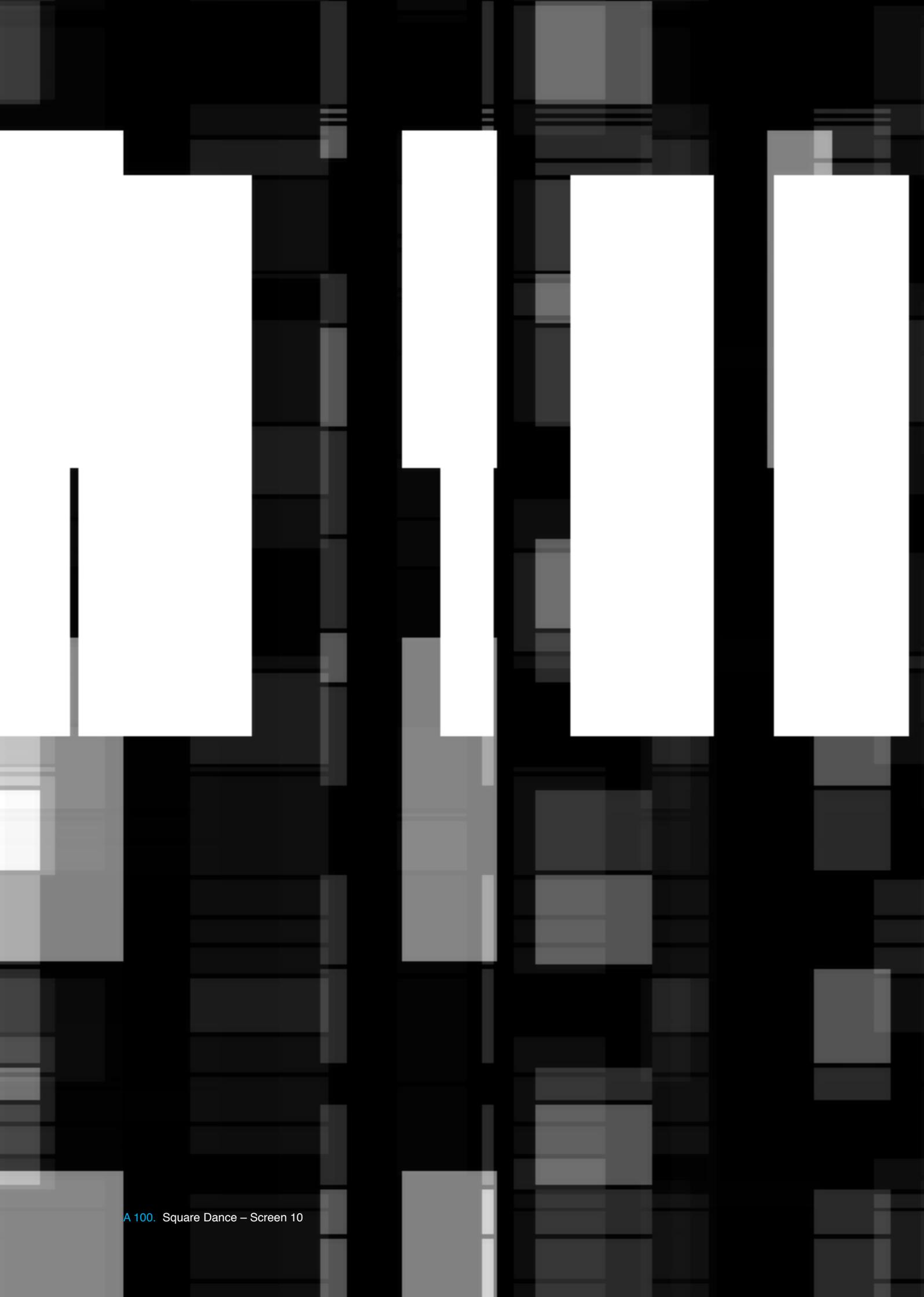
4-2-5-1. Kommunikationsmodell

In der Standalone Version besitzt *Square Dance* keine Möglichkeit zur Interaktion und alle Parameter werden aleatorisch bestimmt. In der Performance Version mit aktiven Audiomodul und Touchscreen Control kann das Projekt als taktil steuerbare **Interaktion zwischen Körper und Datenwelt** kategorisiert werden.

4-2-5-2. Interaktionsstufen

T 10. Square Dance – Interaktionsstufen

Stufen	Beobachtungen
Response	Der Akteur lernt den Umgang mit dem Interface
Control	Der Akteur kann bewusst visuelle Veränderungen steuern
Contemplation	Der Akteur versucht sehr spezielle visuelle Zustände herbeizuführen Der Akteur versucht die Grenzen des System auszuloten



Stufen	Beobachtungen
Belonging	Der Akteur lässt sich von den kombinatorischen Transformationen leiten und beginnt das Projekt wie ein Instrument zu spielen

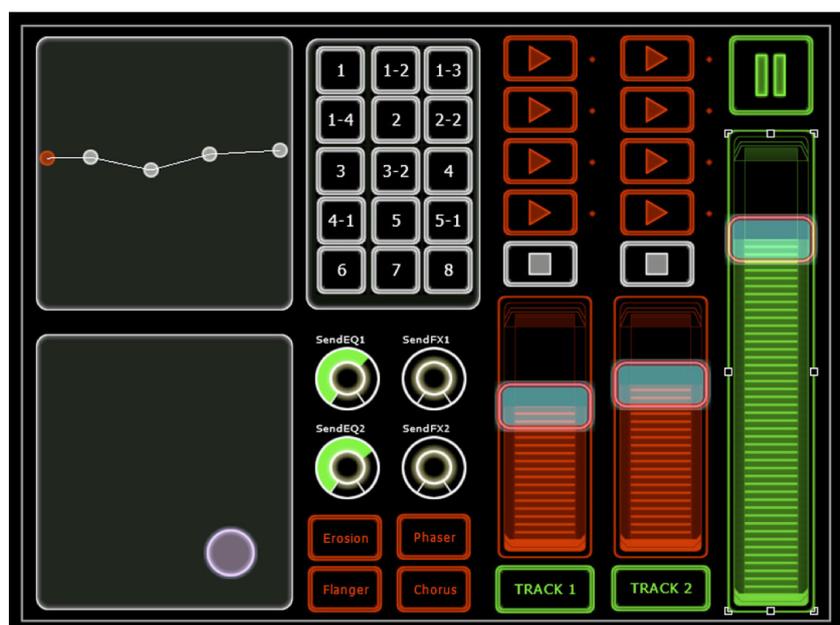
4-2-5-3. Interaktionsästhetik

Pliability

Durch die Steuerung von *Square Dance* über ein Touch Interface hat die Arbeit eine hohe Plastizität.

Für das Audioset der Live Performance wurde ein zweiter Control Screen programmiert ([A 101. Square Dance – Lemur Control Audio](#)), der sich aus einem 2-Kanal Sample Board mit Play-and-Stop Tasten und Trigger für einzelne Sequenzen (1, 1-2, 1.3, etc.) zusammensetzt. Über zwei Sendekanäle können jeweils ein grafischer Equalizer und vier koppelbare Postprozesseffekte (Erosion, Phaser, Flanger und Chorus) hinzugeschaltet werden. Diese Kontrollelemente steuern direkt das Audio Set im Sequenzer (Ableton Live). Die visuellen Elemente werden erst durch das Analysemodul mit dem Audiosignal gekoppelt. Dadurch bleibt die taktsynchrone Synästhetik von *Square Dance* auch bei verschiedenen musikalischen Arrangements erhalten.

A 101. Square Dance – Lemur Control Audio



Rhythm

Mit dem zuschaltbaren Audiomodul und dem resultierenden Mapping von Attack, Pitch, Loudness, Brightness und Noisiness ist *Square Dance* eine ausgesprochen rhythmische Arbeit. Die klar erkennbare Verbindung von Bild und Ton ist eine Qualität dieser Arbeit.

Dramaturgical Structure

Square Dance ist vergangenheitsunabhängig und besitzt keine dramaturgischen oder zeitbasierenden Wendungen. Durch das improvisatorische Spiel des Callers entsteht jedoch – gerade in Verbindung mit Musik – ein mehr an Spannung und Atmosphäre.

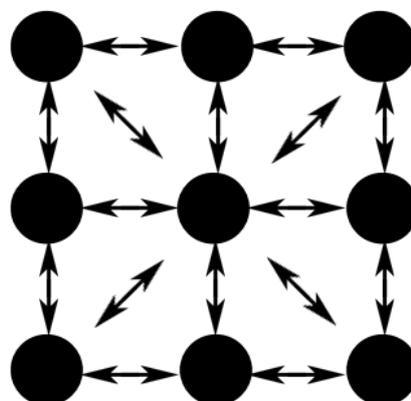
Fluency

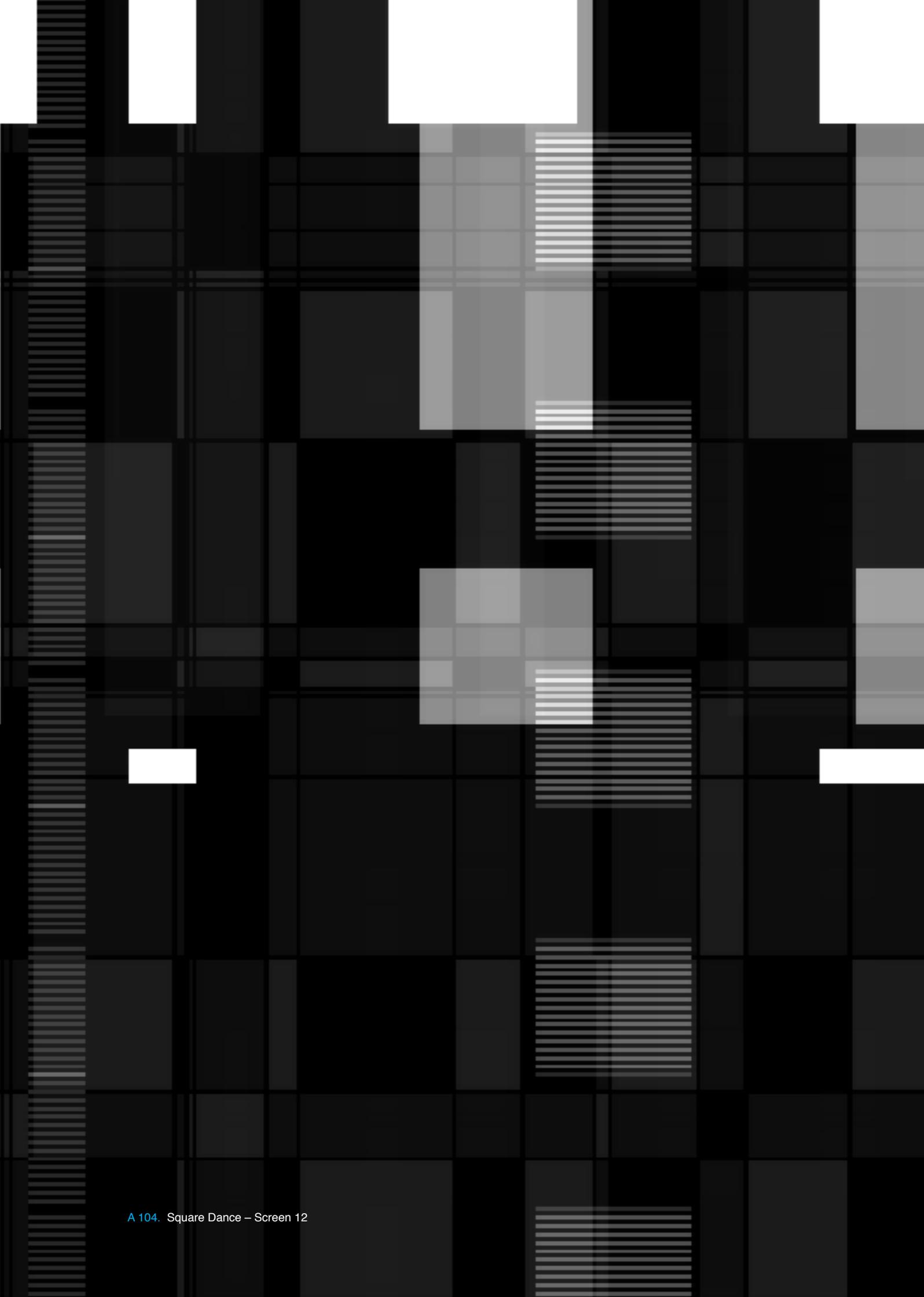
Die Knöpfe und Regler des Touchscreen Controllers sind weitgehend standardisiert und sofort intuitiv verständlich. Vor allem das Multitball-Objekt ist ein taktil sehr spannendes Improvisationselement. So kann mit der kleinsten Änderung der Fingerposition Licht, Farbe und Form eines 5000 m² Gebäudes direkt transformiert werden.

4-2-5-4. Handlungsstruktur

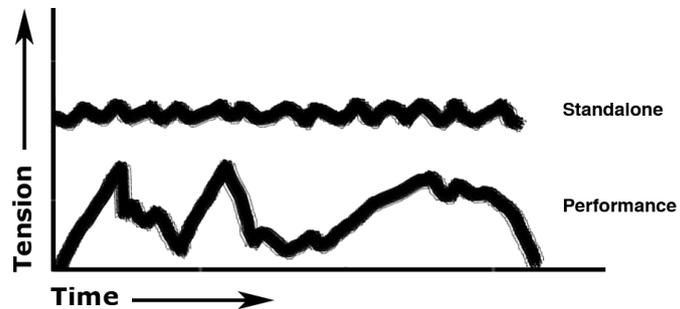
Durch die Konzeption als audiovisuelles Instrument besitzt *Square Dance* eine offene Handlungsstruktur. Der Spannungsverlauf ist in der Standalone Variante konstant, im Performance Mode werden dramaturgische Wendungen durch die Aktionen des Callers bestimmt.

A 103. Square Dance – Handlungsstruktur





A 105. Square Dance –
Spannungsverlauf



4-2-6. Strukturanalyse

T 11. Square Dance –
Strukturanalyse

Analysefaktor	Bestimmung
Aleatorische Spielart	Minimalistisch
Repertoire	Bitmap, 4 Farben
Selektionsfilter	X-Range, X-Skip, Y-Range, Y-Skip
Organisation der Elemente	Bitmaptransformation, Chroma Keying
Programmmodule	Touch Control, Image Processing, AEC Simulator
Ästhetische Position der Computerkunst	Permutationelle Kunst
Phänomenologische Position der Computerkunst	Standalone: Synthese Performance: Mimese
Operationsweise	Selbstreferentiell
Generatives Prinzip	Randomisierung
System	Ungeordnet, chaotisch
Offenheitsgrad	Kunstwerk in Bewegung
Makroaleatorische Undeterminiertheit	Standalone: Kombinatorik Performance: Improvisation
Mikroaleatorische Undeterminiertheit	Kombinatorik

Analysefaktor	Bestimmung
Modell der Kommunikation	Interaktion zwischen Körper und Datenwelt
Primäre Interaktionsphase	Control
Primäre Interaktionsästhetik	Pliability
Handlungsstruktur	Open Plot

4-3. Infection - Eine taktile audiovisuelle Installation

Autoren: Florian Gruber, Nikolaus Hartmann, Thomas Lorenz

Ausstellungen: sound:frame – Festival For Audiovisual Expressions, Ausstellung, Künstlerhaus Passage, Wien 2010; EU XXL - Forum For European Film, Performance, Wien 2010; 13. International Generative Art Conference (GA2010), Conference Performance, Politecnico di Milano, Italien 2010; Moozak Festival, Installation und Live Visualisierung, Mediaopera, Rinderhalle Neu Marx, Wien 2011;

Dokumentation: <http://www.ambientartlab.com/projects/infection>

4-3-1. Projektbeschreibung

Infection ist eine audiovisuelle Echtzeit-Installation mit taktilem Interface. In Anlehnung an Umberto Ecos Text *Das Foucaultsche Pendel* erzählt die Arbeit von einem Ort in ständiger Bewegung und etabliert eine visuelle und akustische Form von beständiger räumlicher Transformation. Jedem Ort – ob es sich nun dabei um virtuelle oder reale, imaginäre oder wirkliche Räume handelt – ist die Qualität des ›Konstruierten‹ gemeinsam. *Infection* greift unsere Vorstellungskraft von unterschiedlichen Qualitäten der Dimensionalität auf und unterwirft diese

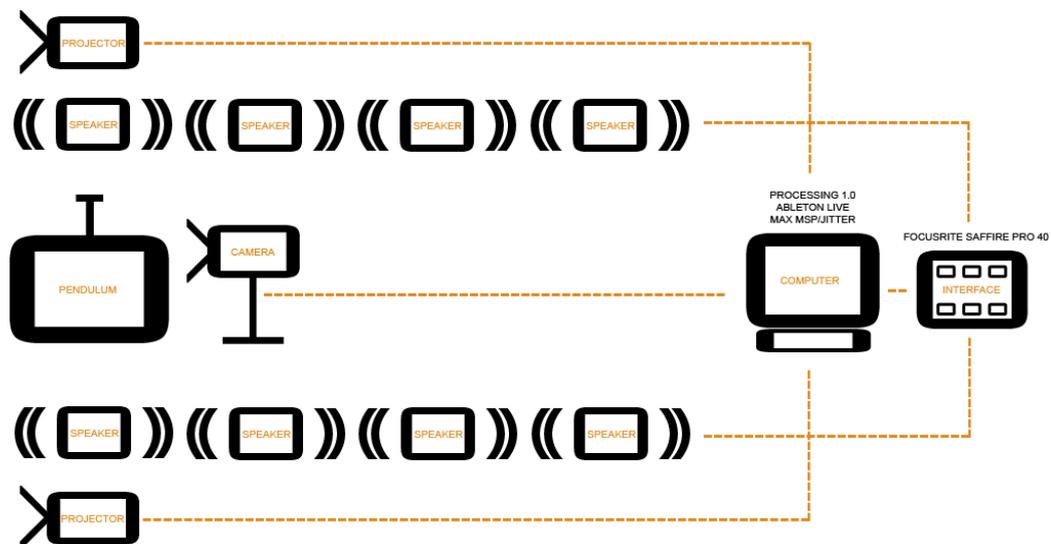
einem fortwährenden Prozess der Demontage und Rekonfiguration. In der Mitte der Installation befindet sich ein von der Decke herabhängendes Pendel, das als Übergangspunkt zwischen realem und imaginärem Raum fungiert. Es repräsentiert einen Fixpunkt, durch dessen Bewegung der umgebende Raum akustisch und visuell in Bewegung kommt. Indem die Richtung und Geschwindigkeit des Pendels verändert wird, gewinnen die Zuschauer Einfluss auf die sie umgebenden Dimensionen und können diesen Ort zurückdrängen, beschleunigen, verformen oder verlangsamen. (Text: ambientartlab)

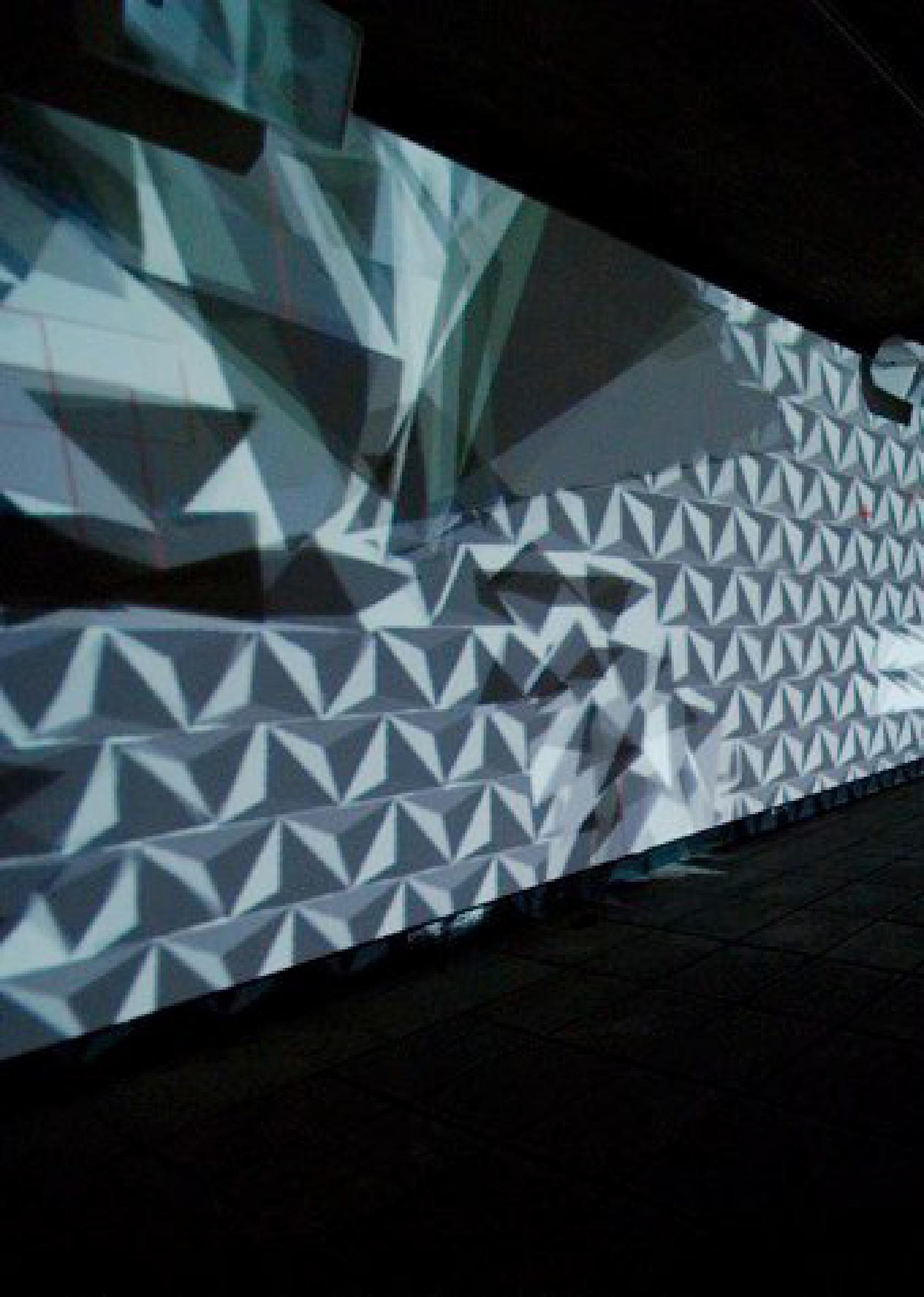
4-3-2. Programmierung

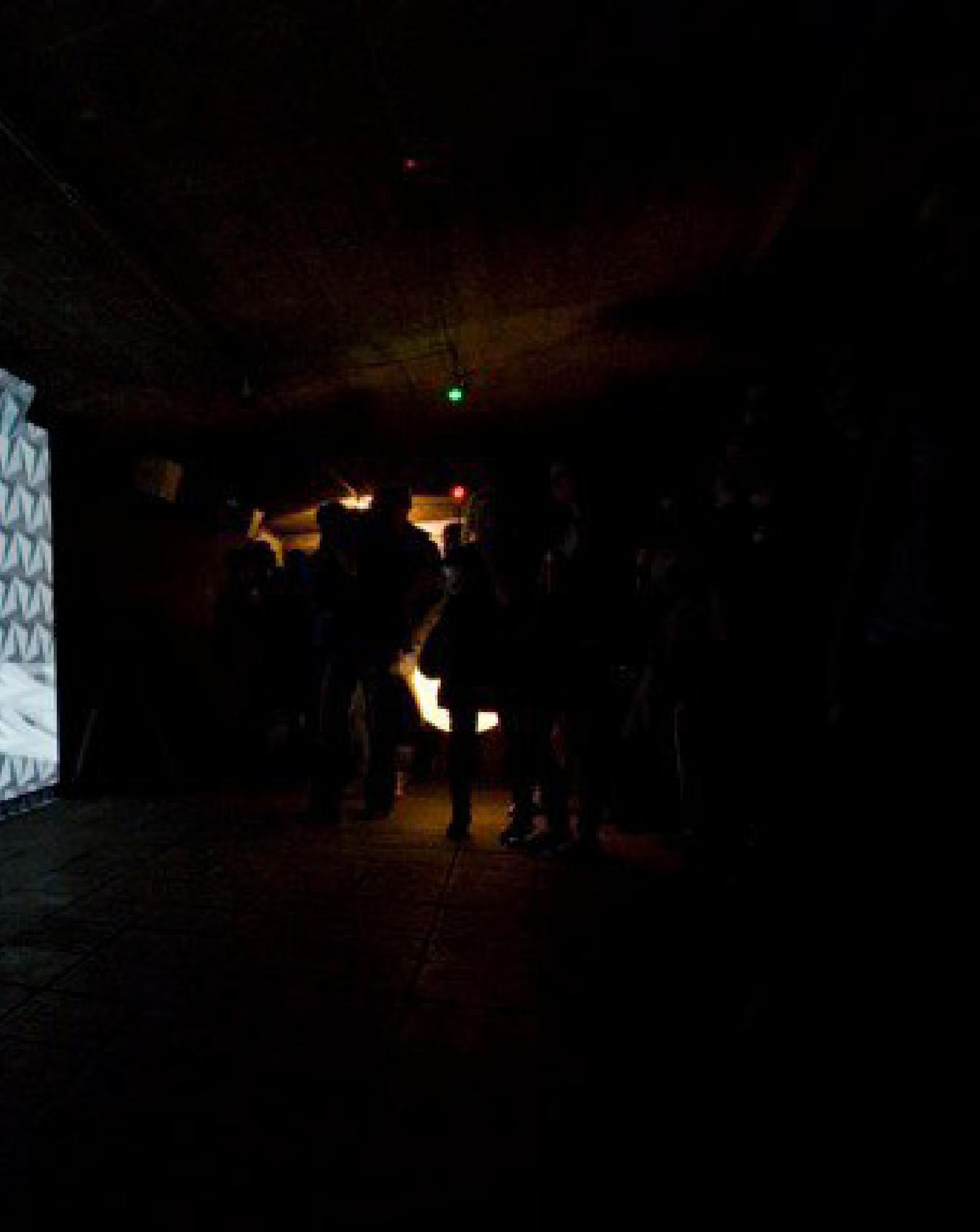
Infection ist eine Arbeit **permutationeller Kunst** mit einem haptischen Interface, welches Bild und Ton in Echtzeit transformiert. Durch das Pendel ›schwingt‹ einerseits die musikalische Komposition von *Infection* in einem oktagonalen Surround Sound Setting mit jeder Bewegung mit, andererseits werden visuell texturierte Kuben im Wirkungsradius des Pendels in Bewegung versetzt.

4-3-2-1. Technisches Setup

A 106. Infection – Technisches Setup





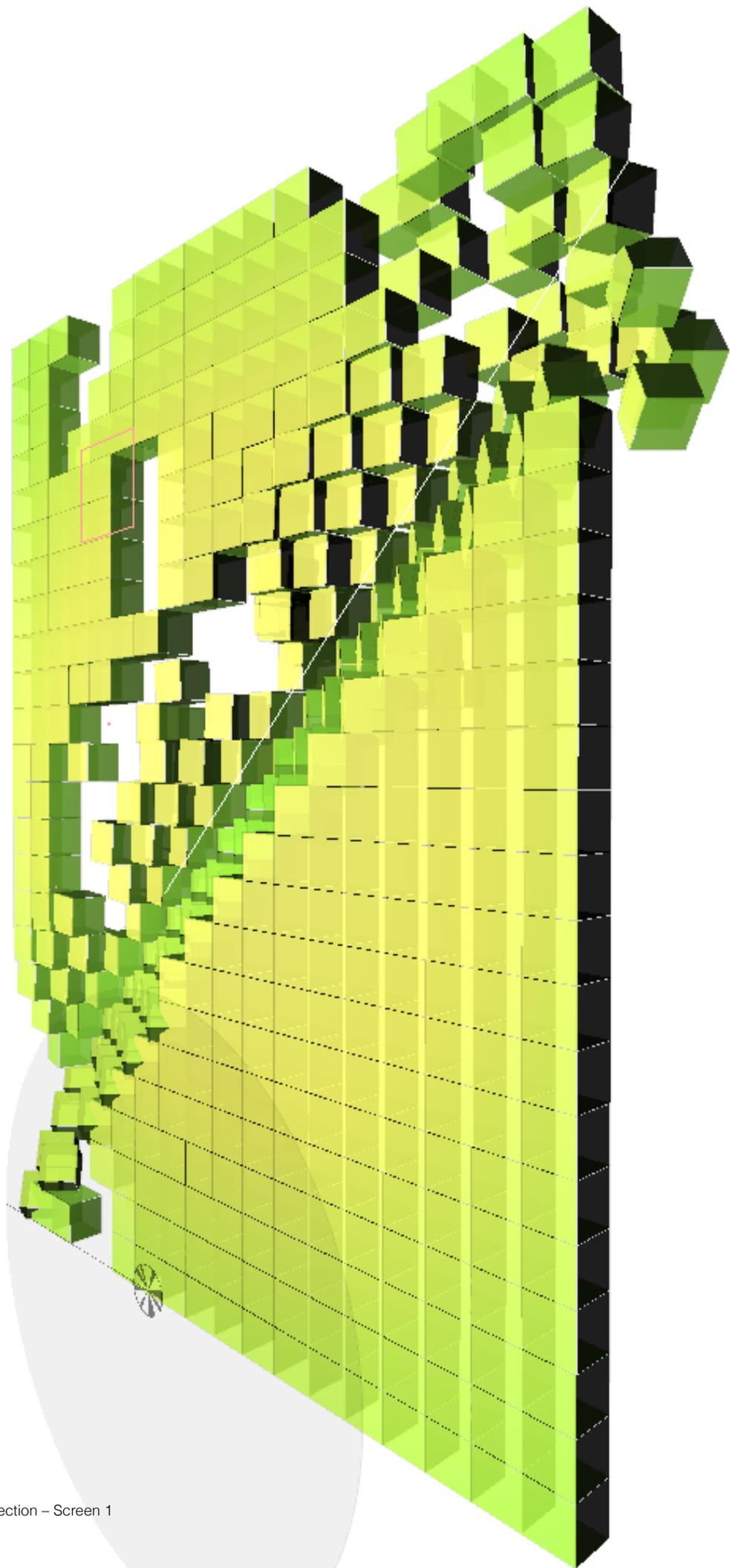


A 107. Infection @ sound:frame Festival 2010

Das Projekt wurde bei der Eröffnung des sound:frame Festivals 2010 live präsentiert und war im Anschluss als interaktive Installation den Museumsbesuchern zugänglich.

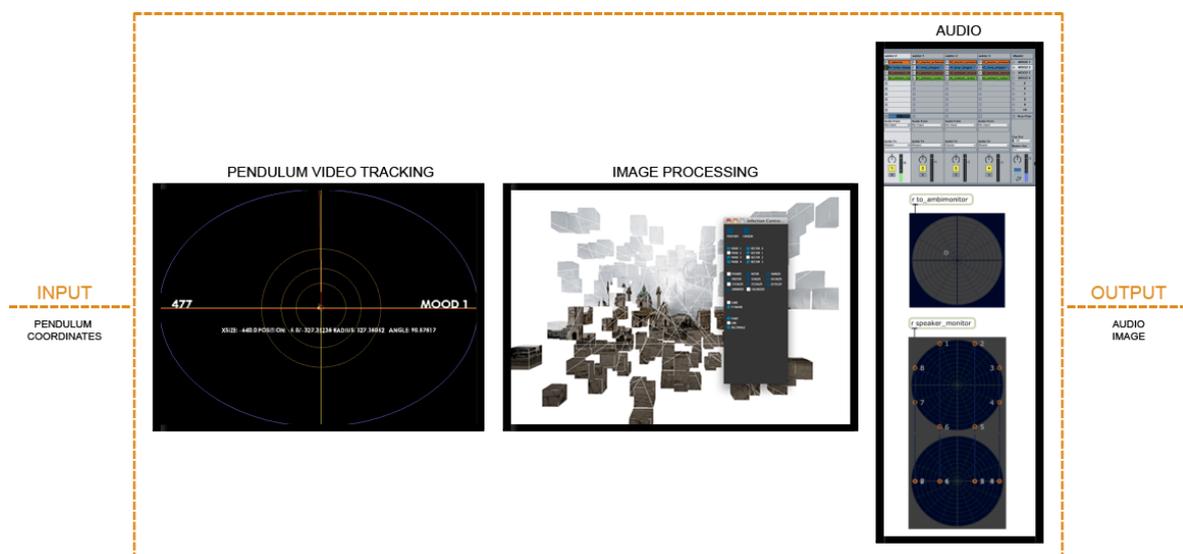






Infection ist eine audiovisuelle Rauminstallation, die per haptischen Interface Bild und Ton in Echtzeit transformiert. In der Mitte der Installation befindet sich ein von der Decke herabhängendes Pendel – der Übergangspunkt zwischen realen und imaginären Raum. Durch die Pendelbewegungen kommt der umgebenden Raum akustisch und visuell in Bewegung. Die Pendelbewegungen im realen Raum werden durch ein Videotracking-System beobachtet und auf den virtuellen Datenraum umgerechnet. Indem die Richtung und Geschwindigkeit des Pendels verändert wird, gewinnen die Zuschauer Einfluss auf die verschiedenen Dimensionen der Arbeit und können diese beschleunigen, verlangsamen und verformen. Zwei Projektoren und acht Lautsprecher vervollständigen die Ausstellungssituation von *Infection*.

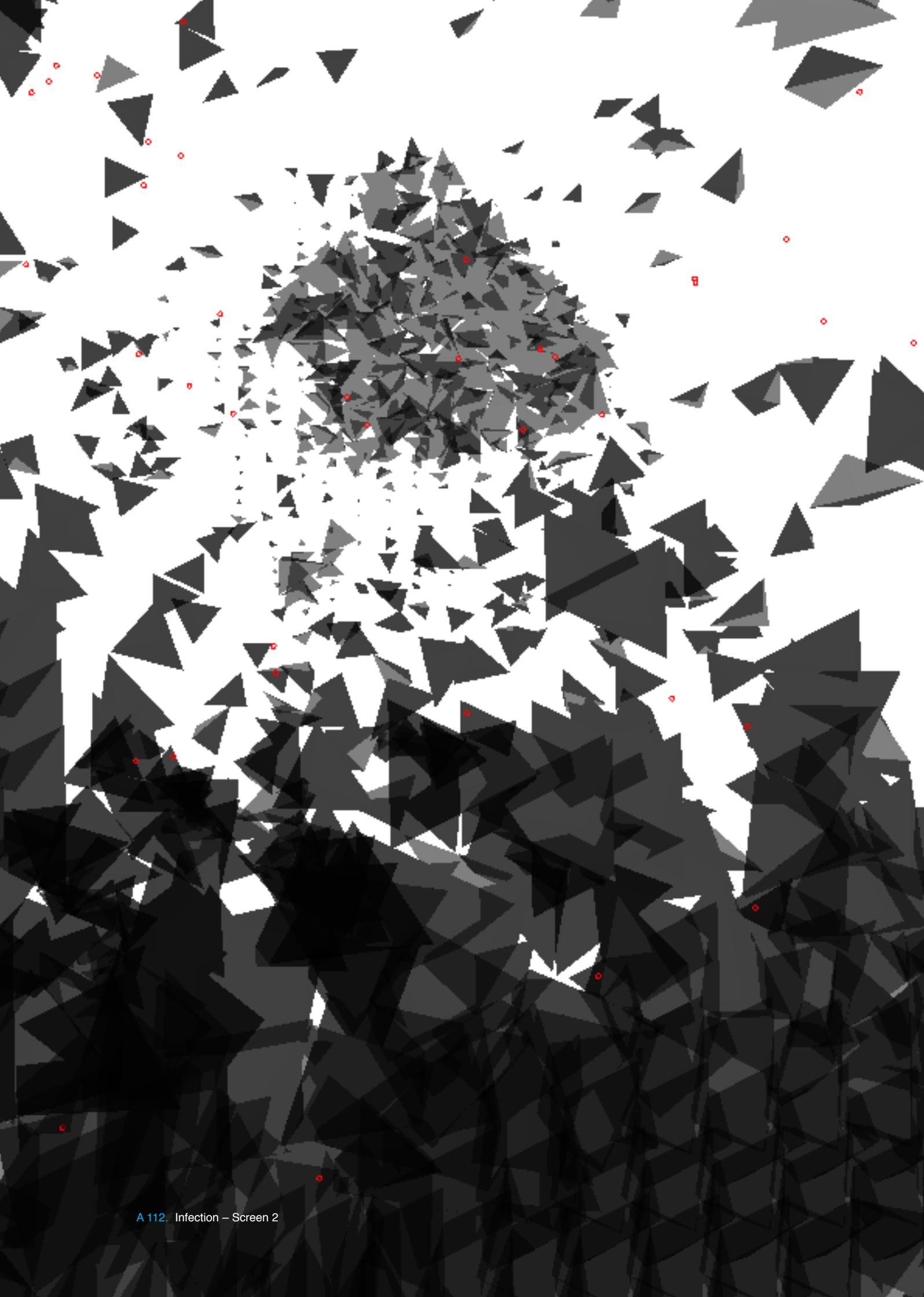
4-3-2-2. Programmmodule



A 111. Infection – Programmmodule

Pendel Video Tracking (Processing)

Die Bewegungen des Pendels werden von einer über dem Interface an der Decke befestigten Videokamera aufgezeichnet und prozessiert. Dazu wurden in die Aufhängung des Pendels zwei verschiedenfarbige LED Kugeln eingearbeitet, deren Position im Raum per Farberkennung auf ein Computermodell umgerechnet wird (A 113. *Infection – Pendel*)



Videotracking). Die Koordinaten des Pendels werden direkt an das Audio Set und an das Image Processing weitergegeben. Ist das Pendel im Ruhezustand, ist nur ein leises akustisches Rauschen zu hören und die Visualisierungen kehren schrittweise zu ihrer Grundposition im dreidimensionalen Raster zurück. Das Pendel ist das zentrale, interaktive Steuerelement der Arbeit.

A 113. Infection – Pendel
Videotracking

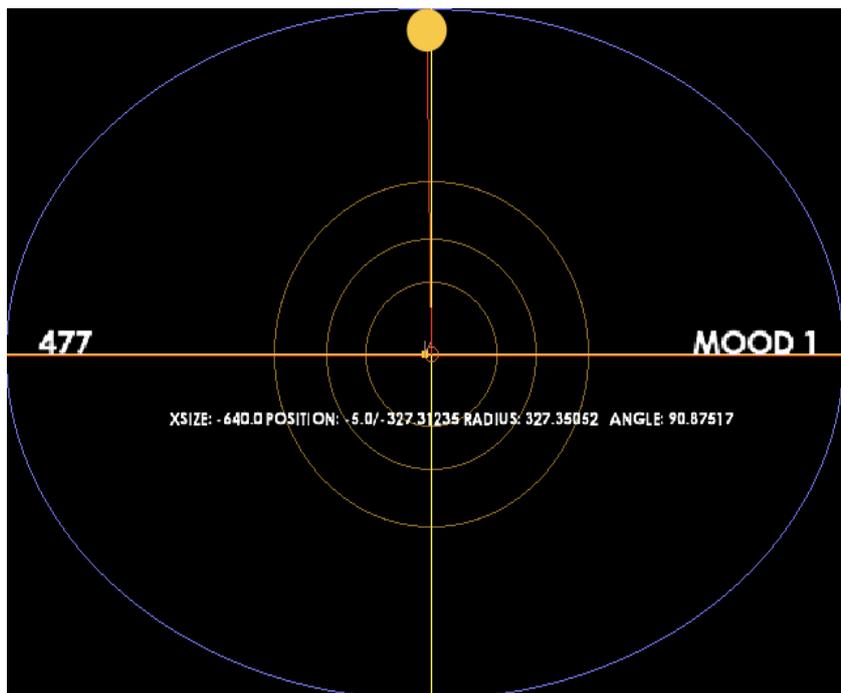
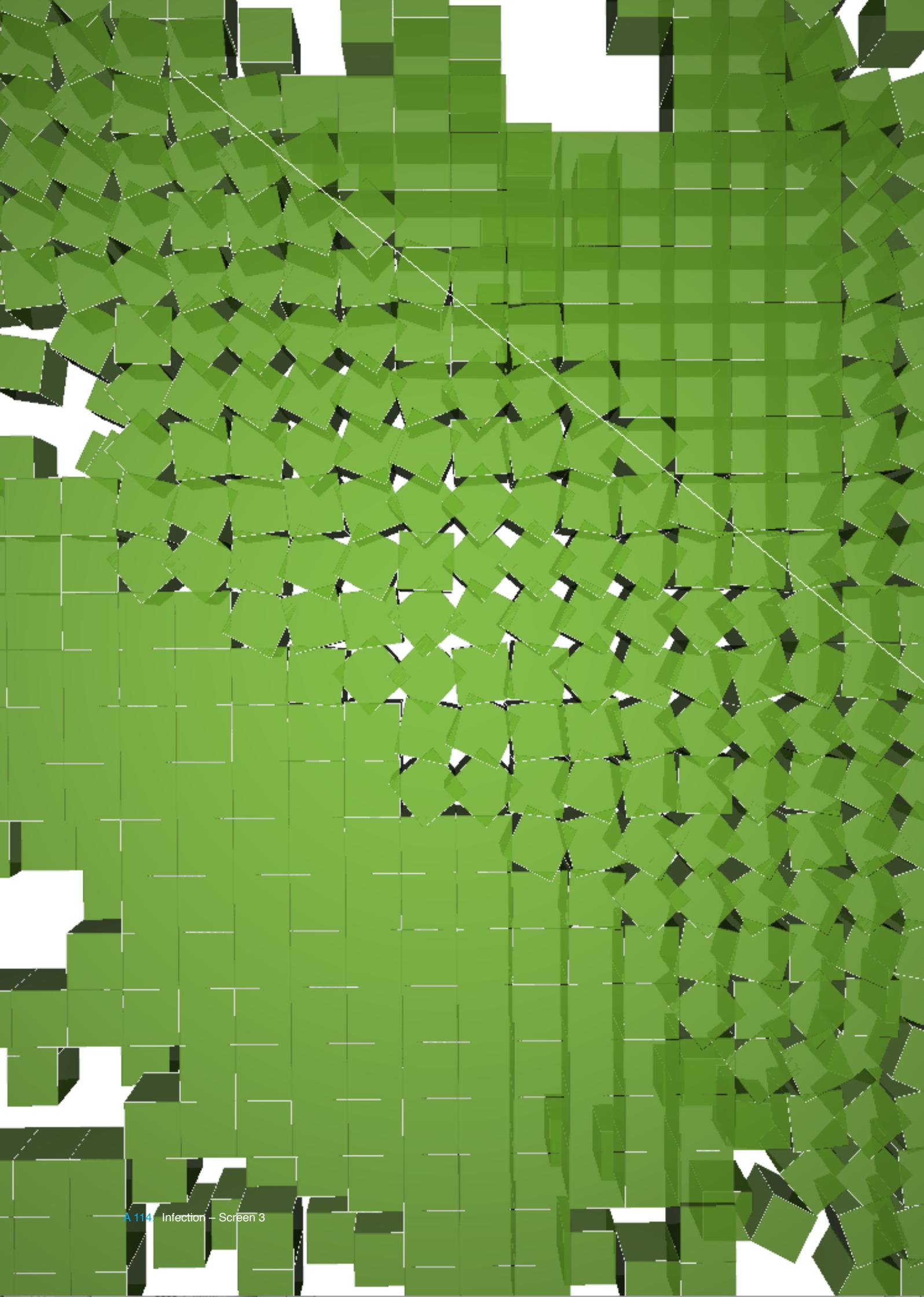


Image Processing (Processing)

Infection besitzt vier audiovisuelle Atmosphären (Moods), die in regelmäßigen Abständen wechseln. Durch das Pendel werden je nach Ausschlag und Position, Attraktoren mit verschiedenen Eigenschaftskombinationen im Bild ausgelöst. Das visuelle Grundelement sind dabei dreidimensionale Kuben und Pyramidenformen, auf deren Seitenflächen Farben, Texturen und Fotografien aufgetragen werden. Der 3D-Raster von *Infection* wird weiters von einer ›Sonne‹ auf einer ellipsoiden Bahn umkreist, die für unterschiedliche Beleuchtungsszenarien sorgt. Die Sonne ist beispielsweise im Bild (A 110. *Infection* – Screen 1) als grauer Kreis dargestellt.



Die Grundkonfiguration eines Moods besteht aus mehreren Methoden und Eigenschaften. Die Methode ›Cloud‹ erzeugt neue Objekte vom Typ ›Cube‹ oder ›Pyramid‹ und zeichnet sie auf einen zufällig gewählten Raster mit 4 bis 32 Sektoren in Höhe und Breite. Im Bild (A 114. Infection – Screen 3) wird keine Bildtextur verwendet, was im Beispiel (A 116. Infection – Beispiel Moodkonfiguration) mit der Angabe `paint.mapping = 0` und `paint.mappingsides = 0` angewiesen wird. Stattdessen werden die Seitenflächen jedes Kubus mit einem grünen Colorset eingefärbt. Danach wird die Rendermethode und das Attraktorenset für den aktuellen Mood aufgerufen.

A 116. Infection – Beispiel Moodkonfiguration

```

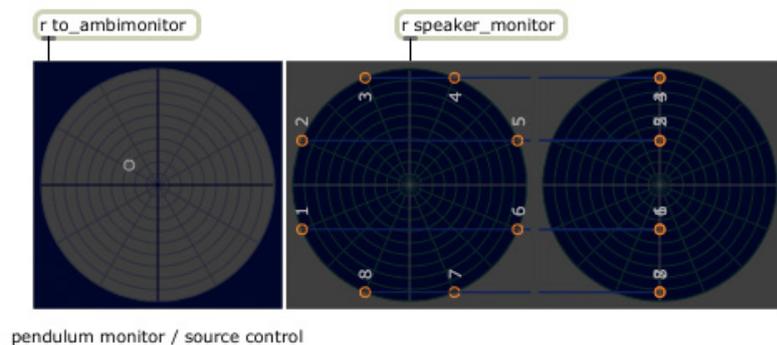
case 3:
  if (moodSet != 3) {
    c = new Cloud ("Cube", int(random(20, 25)));
    paint.mapping = 0;
    paint.mappingsides = 0;
    paint.currentcolorset = 1;
    setCurrentmood(3);
    moodSet = 3;
  }

```

Audio Set (Ableton Live, MaxMSP)

Für *Infection* wurden 16 unterschiedlich lange elektronische Musikstücke produziert und in einer 4x4 Samplmatrix arrangiert. Zu jedem Stück existiert jeweils ein bestimmtes visuelles Komplementär, welches gleichzeitig vom Pendel aktiviert wird. *Infection* arbeitet mit den Ambisonic Surround External für MaxMSP der Zürcher Hochschule für Künste. Die Mastersumme der Samplmatrix im Sequencerprogramm (Ableton Live) wird intern geroutet und mit den Ambisonic Decoder- und Encoder-Modulen prozessiert.

A 115. Infection – Ambisonic Sound Mapping





Die aktuellen Positionskoordinaten des Pendels werden laufend für das Ambisonic Mapping umgerechnet und als bewegliche Klangquelle direkt in der Kreisdarstellung angezeigt. Die zwei Kreise rechts im Bild (A 115. [Infection – Ambisonic Sound Mapping](#)) zeigen die Positionierung der Lautsprecher im Ausstellungsraum.

4-3-3. Aleatorik

Infection besteht aus einem Raster von angrenzenden, aber frei beweglichen Objekten. Die Einzelobjekte werden durch Klassen beschrieben, der Grundraster wird in jedem Mood mit einem neuen Konstruktor erzeugt. Bewegt werden die Rasterelemente von Attraktoren.

4-3-3-1. Repertoire

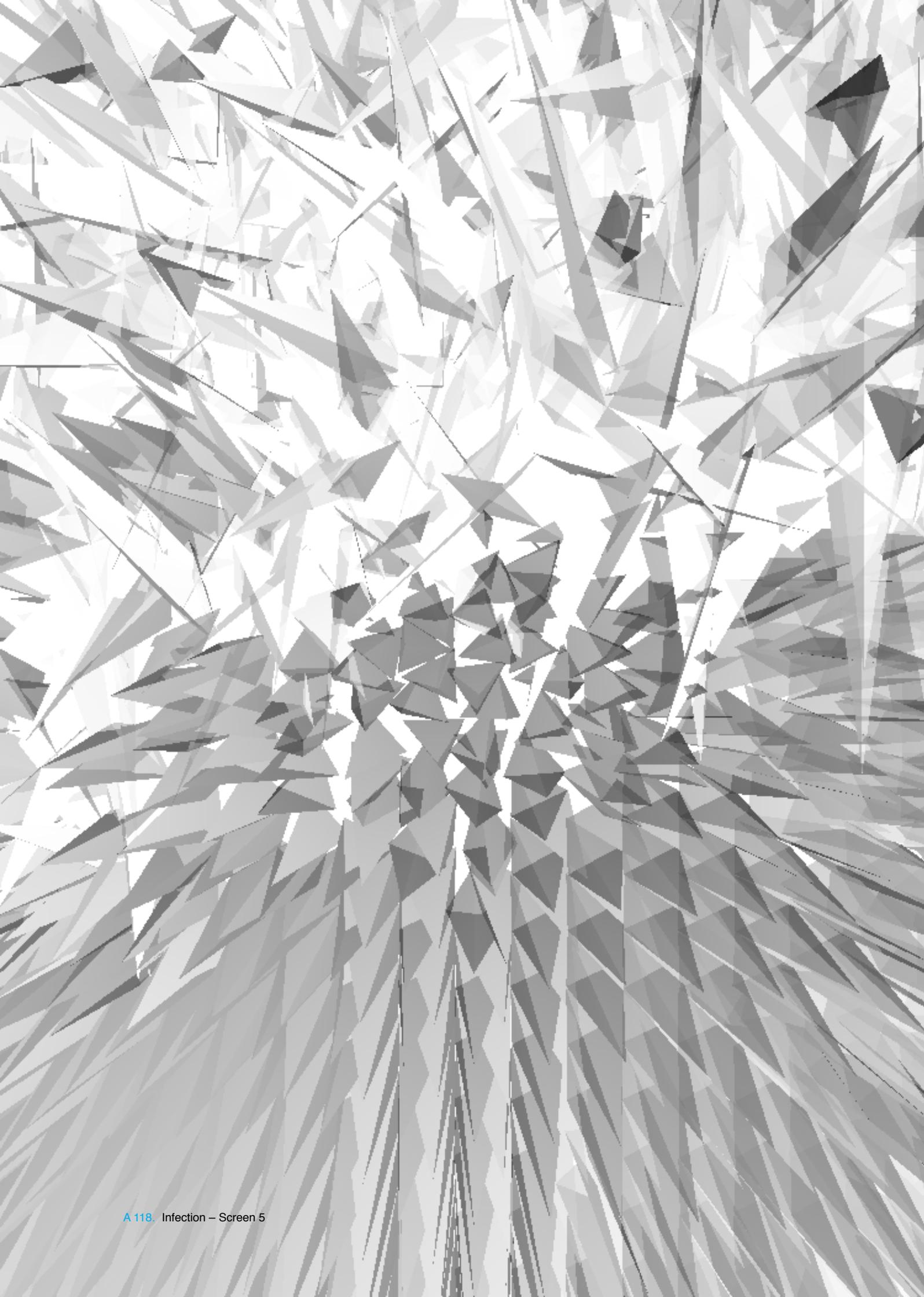
Das Repertoire von *Infection* umfasst einen Raster von 16 bis 1024 Kuben oder Pyramiden (4x4 bis 32x32) und ein Set an Bildern und Farbpaletten zur Texturierung.

T 12. Infection – Repertoire der Elemente



4-3-3-2. Selektionsfilter

Welche Kuben in Bewegung versetzt werden bestimmen drei Attraktortypen – Punkte, Linien und Rechtecke – die sich selbstständig im Raum bewegen und während ihrer ›Lebensdauer‹ jedes Objekt dessen Position sie überschneiden, aktivieren und in Transformation versetzen. Wo und wann Attraktoren entstehen und wie sie sich am Screen ausbreiten, wird bei der Attraktorerzeugung definiert. Im Beispiel (A 117. [Infection – Screen 4](#)) werden rechteckige Attraktoren mit



den Elementeffekten S (Shrinker) und P (Pusher) erzeugt. Jeden 16. Takt wird hier ein neuer Attraktor generiert, der sich in einer bestimmten Richtung (dir) am Screen ausbreitet.

A 119. Infection – Beispiel Attraktorkonfiguration

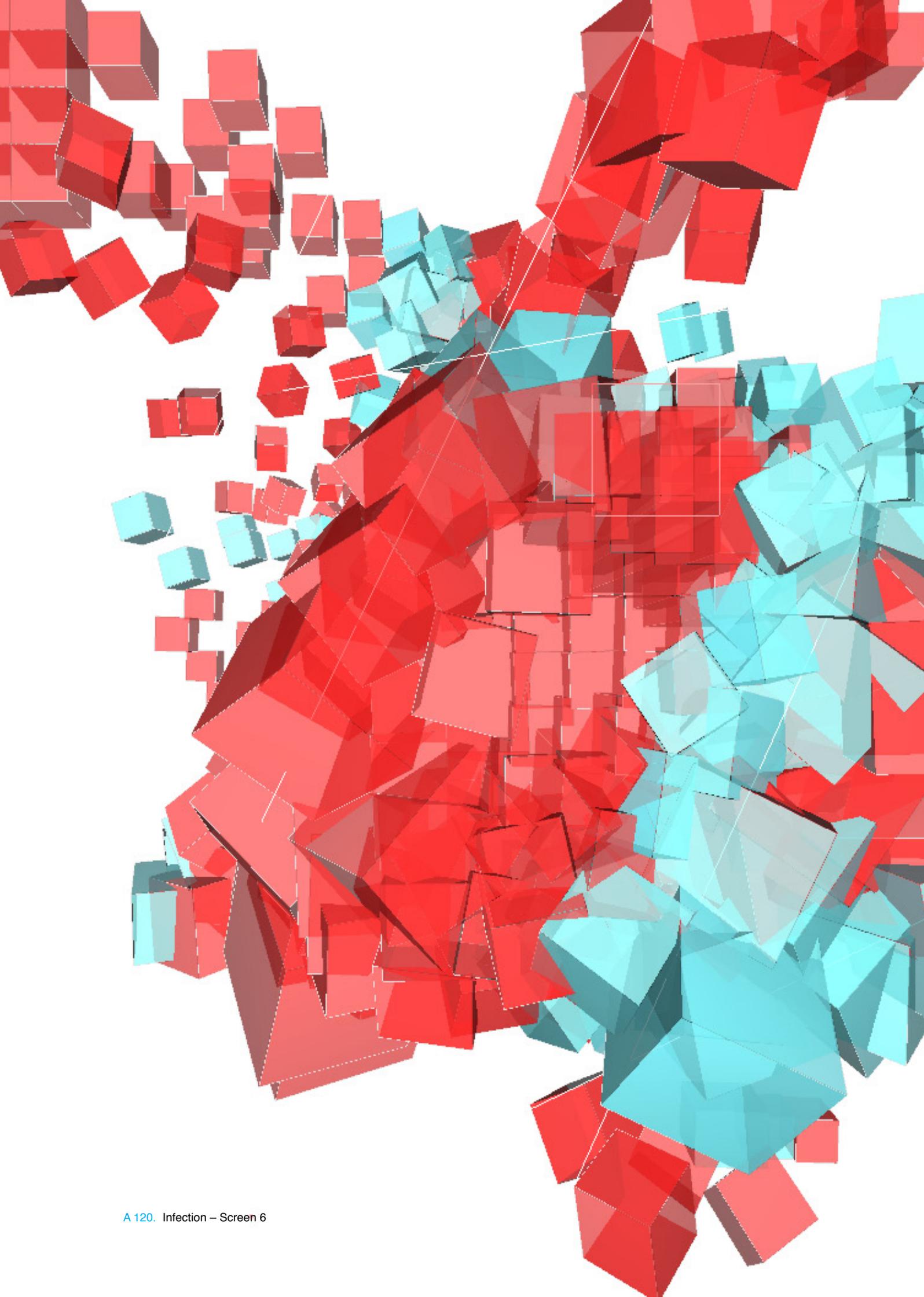
```
em[n].atype = "Rect";
em[n].effects = "S P";
em[n].everybeat = 16;
em[n].dir = -1;
em[n].amount = 1;
```

4-3-3-3. Organisation der Elemente

Aktiviere Objekte werden in Bewegung versetzt. Je nach Attraktoreffekt führt nun jedes Element Transformationen aus, die jeweils zur aktuellen Organisation der Kuben und Pyramiden am Screen führen. Für *Infection* wurden verschiedene Attraktortypen programmiert, die in beliebiger Form kombiniert werden können.

T 13. Infection – Attraktoreffekte

Attraktoreffekt	Kurzbeschreibung
Pusher	Stößt ein aktiviertes Objekt auf der Z-Achse ab
Rotor	Rotiert ein aktiviertes Objekt auf der X, Y oder Z-Achse
Shaker	Schüttelt ein aktiviertes Objekt auf der X, Y oder Z-Achse
Scaler	Vergrößert ein aktiviertes Objekt auf der X, Y oder Z-Achse
Shrinker	Verkleinert ein aktiviertes Objekt auf der X, Y oder Z-Achse
Colorizer	Färbt die Seitenflächen eines aktivierten Objekts zusätzlich ein



4-3-4. Prozess

Infection ist eine selbstreferenzielle Arbeit, deren generative Transformation durch Interaktion verursacht und stark **vergangenheitsabhängig** ist. Es ist **Kunst in Bewegung** mit mikroaleatorischen Zufallsprozessen bei der Bestimmung der Attraktoren und einer improvisatorischen Undeterminiertheit durch die interaktive Pendelbewegung.

4-3-4-1. Prozessästhetik

Attribute: räumlich, geordnet, vergangenheitsabhängig

Das Projekt basiert auf einem geordneten System mit festgelegten Ausgangspunkten für jedes Objekt am Raster und beweglichen Attraktoren, welche die Objekte mit verschiedenen Bewegungseffekten aktivieren. Findet keine Interaktion statt, kehren alle Objekte schrittweise wieder an ihre Ursprungsposition zurück. *Infection* ist vergangenheitsabhängig und transformiert sich bei jeder Parameteränderung immer vom aktuellen Zustand. Es ist eine **nicht-triviale, mimetische Maschine** mit kombinatorischen und improvisatorischen Zufallselementen.

4-3-4-2. Effektive Komplexität

Die effektive Komplexität der Arbeit ist durch die Kombinationsmöglichkeiten der Attraktoreigenschaften, die unterschiedlichen Bewegungs- und Aktivierungsformen der Attraktortypen (Punkte, Linien, Rechtecke), sowie wechselnde Beleuchtung und verschiedene Texturierungen relativ hoch.

4-3-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese

Infection wurde in drei Teilabschnitten produziert. Zuerst wurde das Videotracking und das Interaktionsmedium entwickelt, dann die Soundkomposition und das Audioprocessing erstellt und schließlich die Visualisierungen mit dem Mapping der einzelnen Funktionsparameter programmiert. Nach der interaktiven Galerieausstellung im Künstlerhaus wurde die Arbeit mehrmals als audiovisuelle Performance präsentiert.



4-3-5. Interaktion

Infection ist eine generative Arbeit, die von Beginn an als interaktiver Prozess konzipiert und entwickelt wurde. Die Besucher können über das Pendel Bild und Ton dynamisch beeinflussen und so die visuellen und akustischen Qualitäten der Arbeit spielerisch explorieren. Ein besonderer Reiz der Arbeit besteht in seiner Räumlichkeit. Das Pendel, als klar erkennbares Interaktionsmedium, ist ein physisch interessantes Objekt, welches die virtuelle Dimension des Projekts haptisch kontrollierbar macht und durch das Schwingen sicht- und hörbar auf die Installation einwirkt.

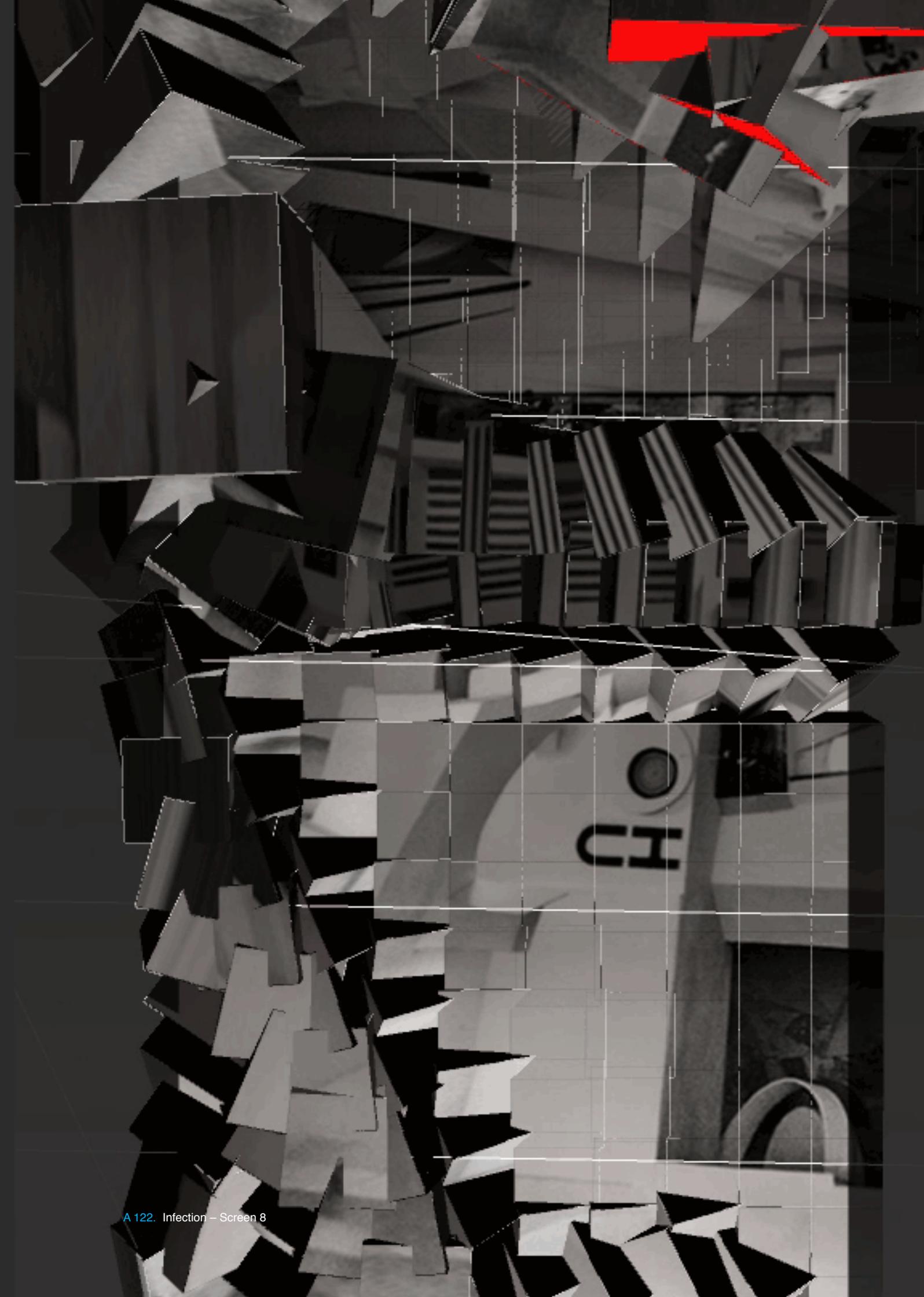
4-3-5-1. Kommunikationsmodell

Das Kommunikationsmodell von *Infection* kann als **Datensystem mit einer Eigendynamik, die sich durch Interaktion weiterentwickelt** beschrieben werden.

4-3-5-2. Interaktionsstufen

T 14. Infection – Interaktionsstufen

Stufen	Beobachtungen
Response	Die Besucher bemerken, dass Ton und Bild vom Pendel beeinflusst werden Die Besucher probieren verschiedene Bewegungsformen mit dem Pendel aus
Control	Die Besucher beginnen die audiovisuellen Veränderungen bestimmten Richtungen und Schwungbewegungen des Pendels zuzuordnen. Mehrere Besucher spielen mit dem Pendel, es wird gehalten, im Kreis geführt oder geschwungen
Contemplation	Die Besucher beginnen genauer zuzuhören und bewusster zu interagieren – Assoziationen entstehen



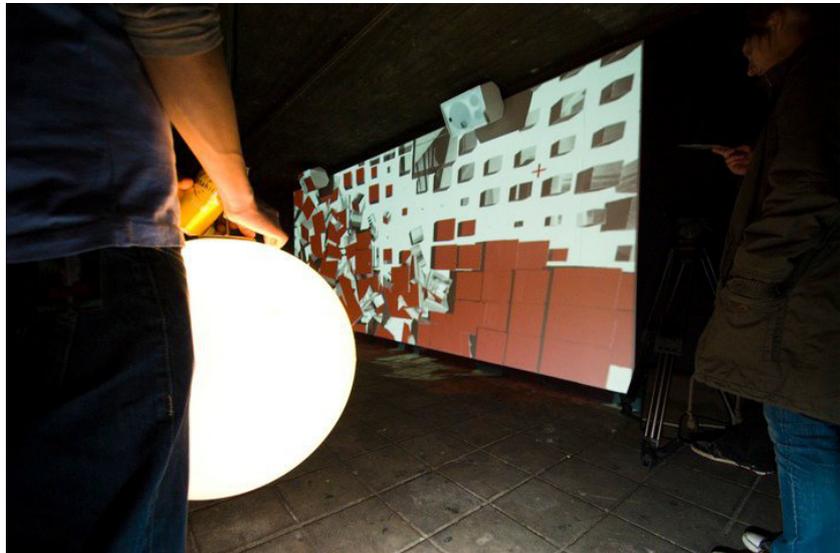
Stufen	Beobachtungen
Belonging	Die Besucher lassen sich von Visualisierung und Musik zu bestimmten Interaktionsfolgen inspirieren Es kommt zu einer gewissen Choreografie in der Interaktion

4-3-5-3. Interaktionsästhetik

Pliability

Durch die direkte Umsetzung der Pendelbewegung in ein Ambisonic Surround Setting sind bei *Infection* besonders Ton und Interaktionsmedium sehr stark gekoppelt. Der Sound schwingt mit dem Pendel im physischen Raum. Je größer der Ausschlag, desto lauter wird *Infection*. Ruht das Pendel in der Mitte, ist nur ein leises Kratzen aus den Lautsprechern zu hören. Ein Anstoß der leuchtenden Kugel setzt das Image Processing und die Audiokomposition wieder in Bewegung.

A 123. Infection – Pendel



Rhythm

Infection besitzt ein Audioanalysemodul, das durch Amplitude, Beat und Frequenzerkennung Einfluss auf die Grundeinstellungen der Attraktoren und die Taktung nimmt. Durch den eigenen Score und das Surround Setting ist *Infection* eine sehr musikalische Arbeit mit direkter visueller Korrelation.

Dramaturgische Struktur

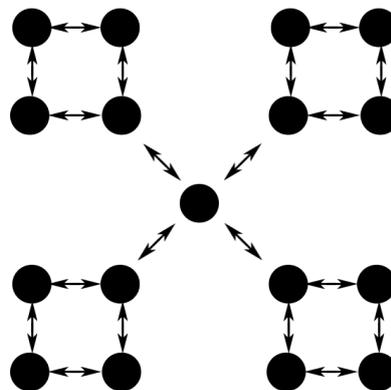
Der Übergang von Ruhephasen in Bewegung und die direkte musikalische und visuelle Übersetzung eröffnet den dramaturgischen Horizont. Das haptische Explorieren mit verschiedenen Bewegungsformen in den vier unterschiedlichen Moods, ist der strukturelle Kern von *Infection*. Ein langsames Auspendeln und die Rückkehr zum Ausgangspunkt beschließt meist eine Interaktionssequenz.

Flüssigkeit

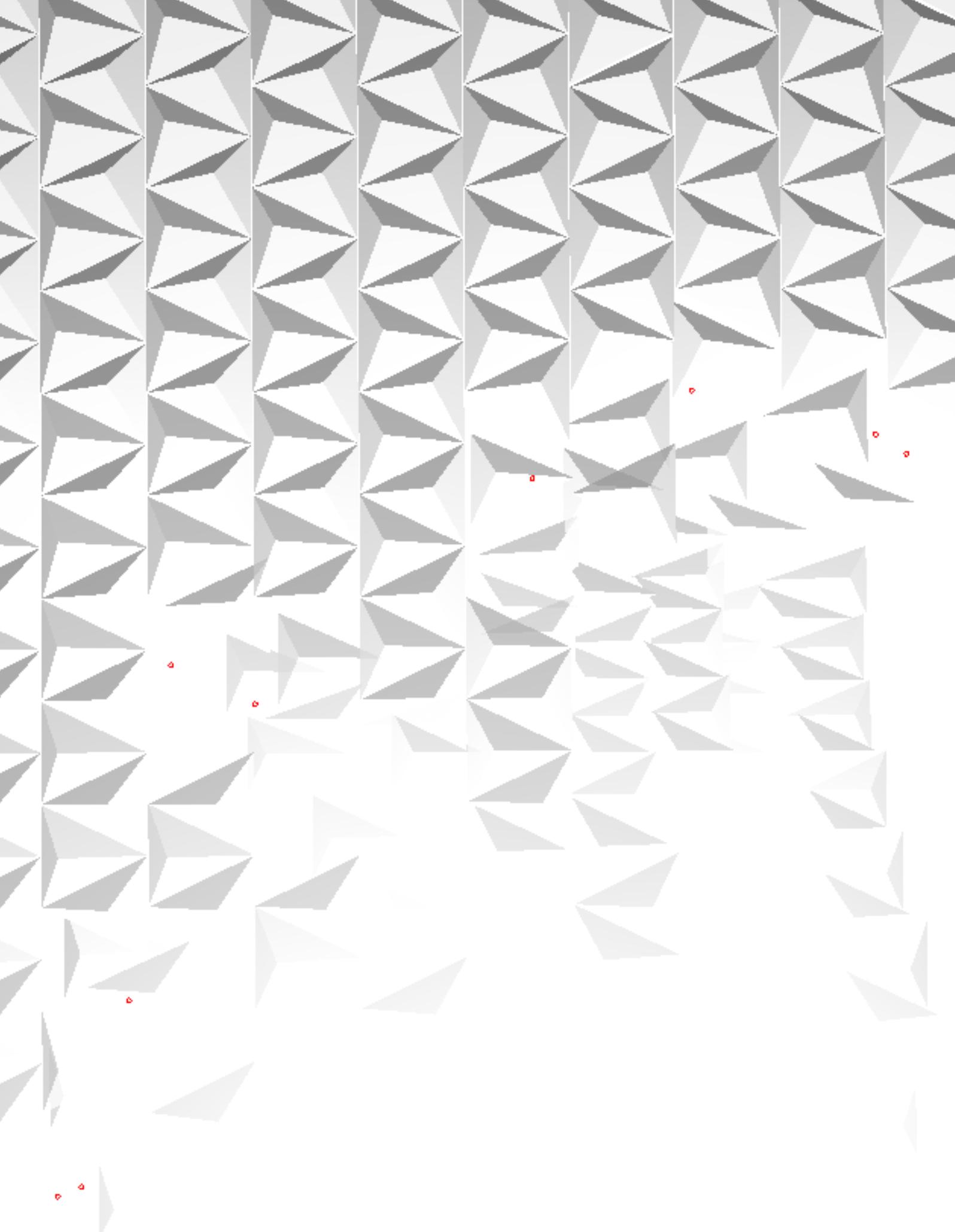
Die Übergänge zwischen den einzelnen, audiovisuellen Atmosphären sind gestaltet und fließend. Das Pendel als Interaktionsmedium ist zwar unorthodox aber in seiner Funktionsweise und Handhabung selbsterklärend. Als leuchtendes, haptisches Interface das über einfache Bewegungen komplexe visuelle und akustische Transformationsprozesse zu steuern vermag, ist *Infection* ein ausgezeichnetes Beispiel für sogenannte ›Calm Technology‹, die im Hintergrund arbeitet und reduzierte Informations- und Interaktionsmittel nutzt.

4-3-5-4. Handlungsstruktur

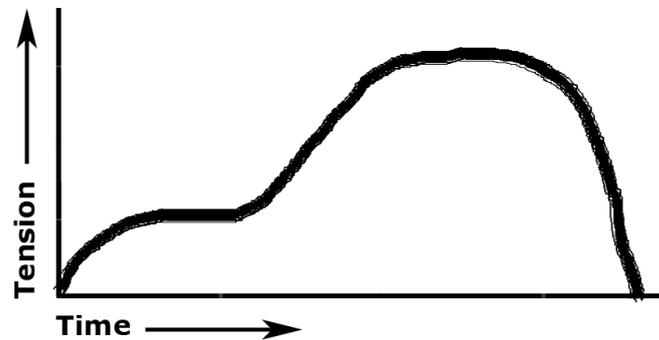
Infection hat eine **Modulated Plot** Struktur mit gleichem Anfangs- und Endpunkt: der Ruhezustand des Pendels. Durch die starke Vergangenheitsabhängigkeit werden Entscheidungen in Form von Parameteränderungen durch die Pendelbewegung erst sukzessive sichtbar und vom momentanen Zustand kann deshalb oft nicht sofort in jeden beliebigen anderen Zustand gewechselt werden. Solange das Pendel in Bewegung ist, können jedoch alle vier Systemzustände (Moods) mit ihren jeweiligen Attraktorkombinationen beliebig ausgelotet werden.



A 125. Infection – Handlungsstruktur



A 127. Infection –
Spannungsverlauf



4-3-6. Strukturanalyse

T 15. Infection – Strukturanalyse

Analysefaktor	Bestimmung
Aleatorische Spielart	Minimalistisch
Repertoire	Objektgruppe (Kubus, Pyramide), Texturgruppe (Bilder, Farben)
Selektionsfilter	3 Attraktortypen (Punkte, Linien, Rechtecke)
Organisation der Elemente	7 Attraktoreigenschaften
Programmmodule	Videotracking, Audio Set, Ambisonic Sound Mapping, Image Processing
Ästhetische Position der Computerkunst	Permutationelle Kunst
Phänomenologische Position der Computerkunst	Mimese
Operationsweise	Selbstreferentiell
Generatives Prinzip	Dreidimensionale Polygontransformation
System	Geordnet
Offenheitsgrad	Kunstwerk in Bewegung

Analysefaktor	Bestimmung
Makroaleatorische Undeterminiertheit	Interaktion (Pendel)
Mikroaleatorische Undeterminiertheit	Kombinatorik (Attraktoren)
Modell der Kommunikation	Evolvierendes Datensystem, dass sich durch Interaktion weiterentwickelt
Primäre Interaktionsphase	Response
Primäre Interaktionsästhetik	Fluency
Handlungsstruktur	Modulated Plot

4-4. La Linear - Ein generatives Zeichenprogramm

Autor: Florian Gruber

Ausstellungen: Improtage – Audiovisuelle elektronische Improvisationen, Jazzatelier Ulrichsberg, 2010; 25 Jahre Migrare Fest, Visualisierung Tanzperformance, Schlossmuseum, Linz, 2010; Integrationsball 2010, Visualisierung Tanzperformance, Design Center, Linz 2010; Verschiedene Motivdrucke, 2010 - 2011;

Dokumentation: <http://www.ambientartlab.com/projects/lalinear>

4-4-1. Projektbeschreibung

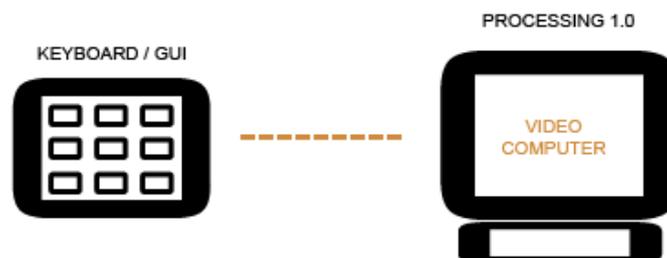
La Linear ist ein selbstkonstruiertes Zeichenprogramm, das grafische ›Topografien‹ von Bildern erzeugt. Mit hunderten sich gleichzeitig be-

wegenden Linien legt *La Linear* Schritt für Schritt Bildmotive frei. Je nach Farbgebung des Ausgangsmaterials fügen sich Strudel, Konturen und Wellenformen zu einem abstrakten Bild zusammen. *La Linear* ist ein grafisches Tool mit stark explorativem und improvisatorischem Charakter, mit dem ein Akteur verschiedene Bilder spielerisch vermischen, verändern und verformen kann. *La Linear* ist als Echtzeit Applikation konzipiert, die verschiedene Bildquellen gleichzeitig verarbeiten kann und dem Gestalter einen großen kreativen Freiraum in der Motivwahl und Bildkreation lässt.

4-4-2. Programmierung

La Linear ist ein klassischer **Verstärker künstlerischer Komplexität**. Ein **synthetisches Werkzeug**, welches dem Designer erlaubt auf spielerische Art mit gewählten Bildmotiven zu experimentieren. *La Linear* kann sowohl als visuelles Instrument als auch zur Produktion von digitalen Wallpapern und Kunstdrucken verwendet werden.

4-4-2-1. Technisches Setup



A 128. La Linear –
Technisches Setup

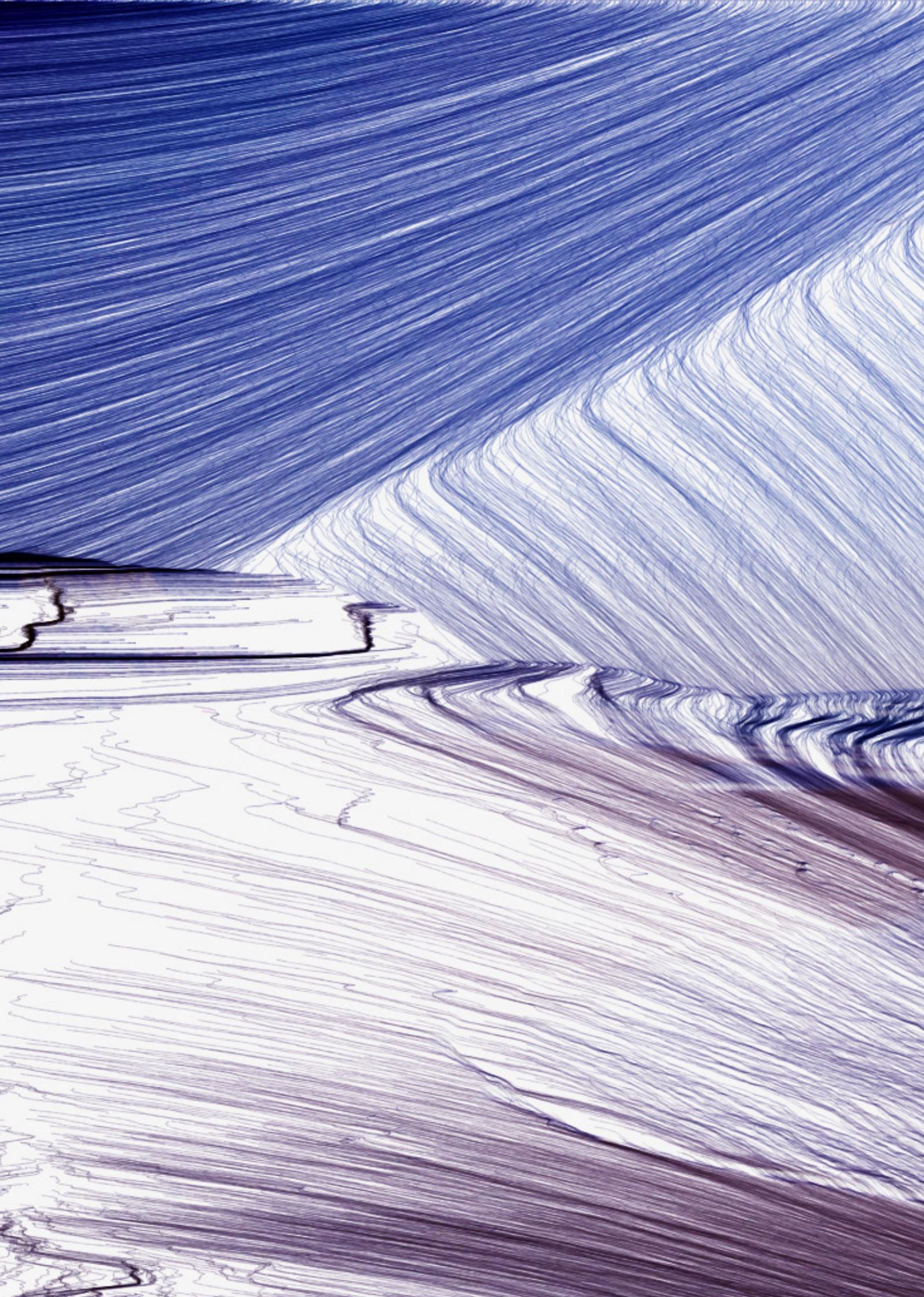
La Linear ist ein grafisches Werkzeug. Gleichzeitig bewegende Linien zeichnen ein oder mehrere geladene Bilder in abstrahierten Bildtopologien nach. Das Programm hat einen improvisatorischen, werkzeug-

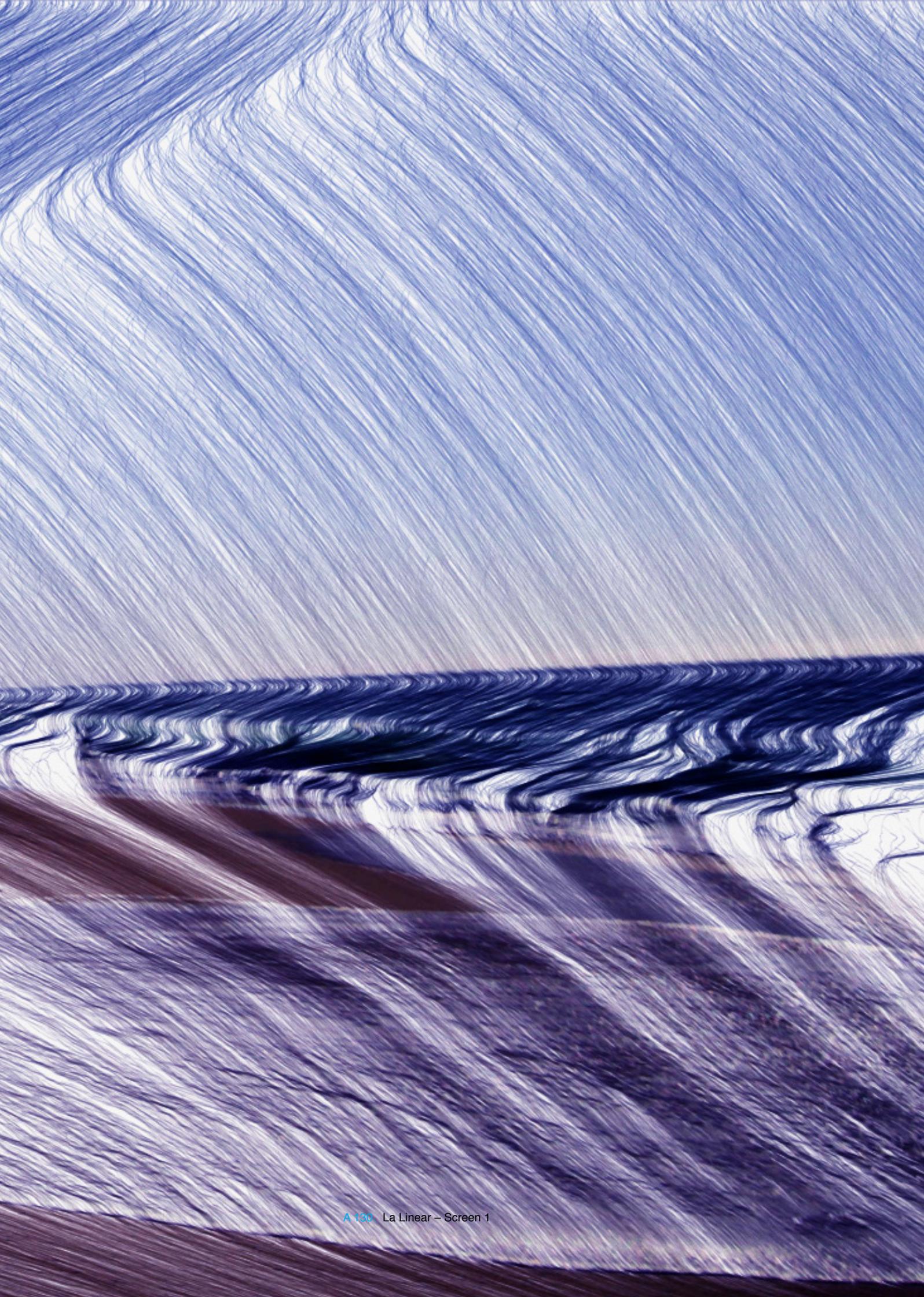


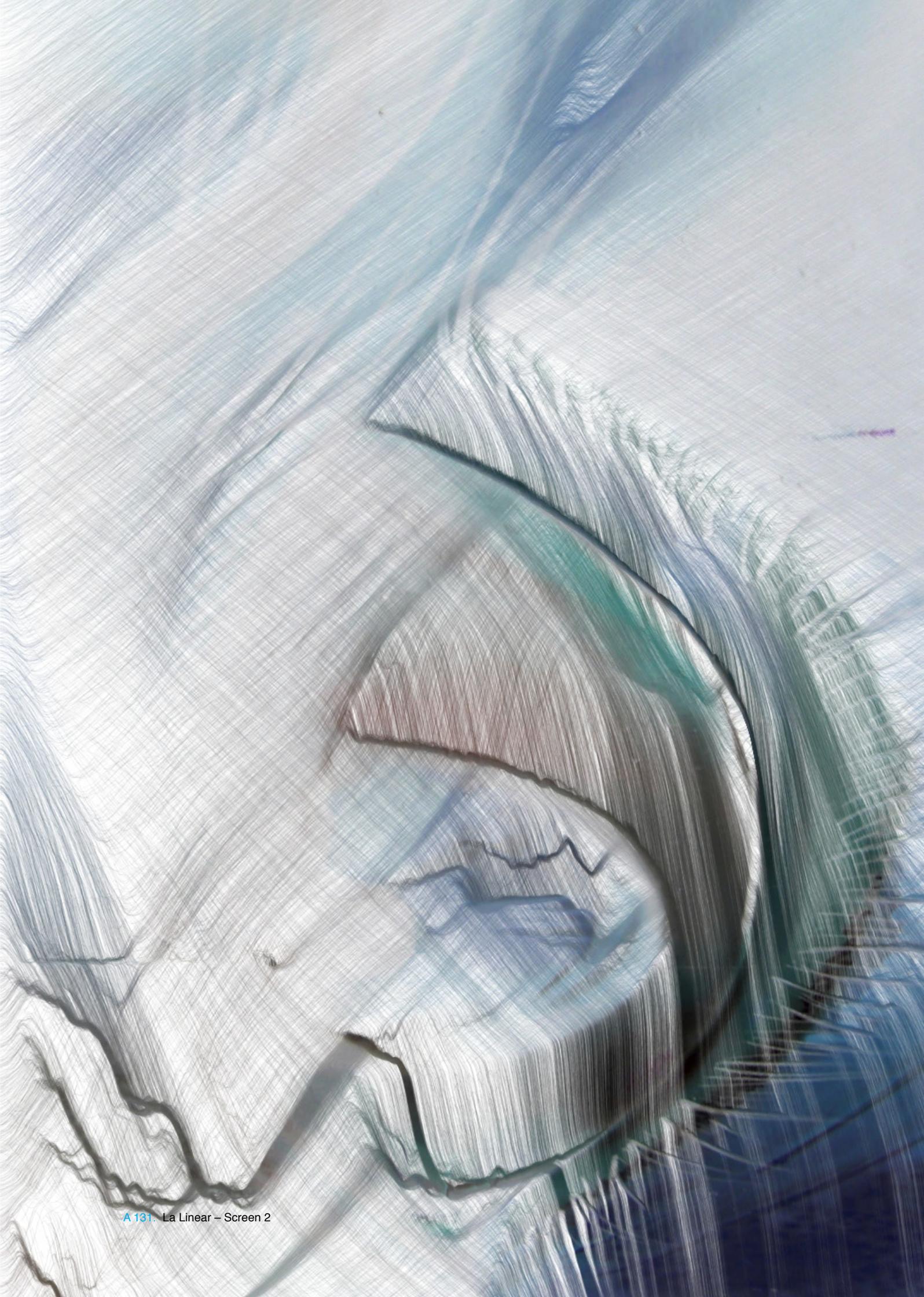


A 129. La Linear @ Migrare Fest, Schlossmuseum Linz

Das Projekt wurde als Live Visualisierung beim 25-jährigen Jubiläum von Migrare gezeigt. Zusammen mit dem Künstler Sebastian Holnsteiner wurden digitale und analoge Elemente in Echtzeit zu fließenden Bildkollagen kombiniert.

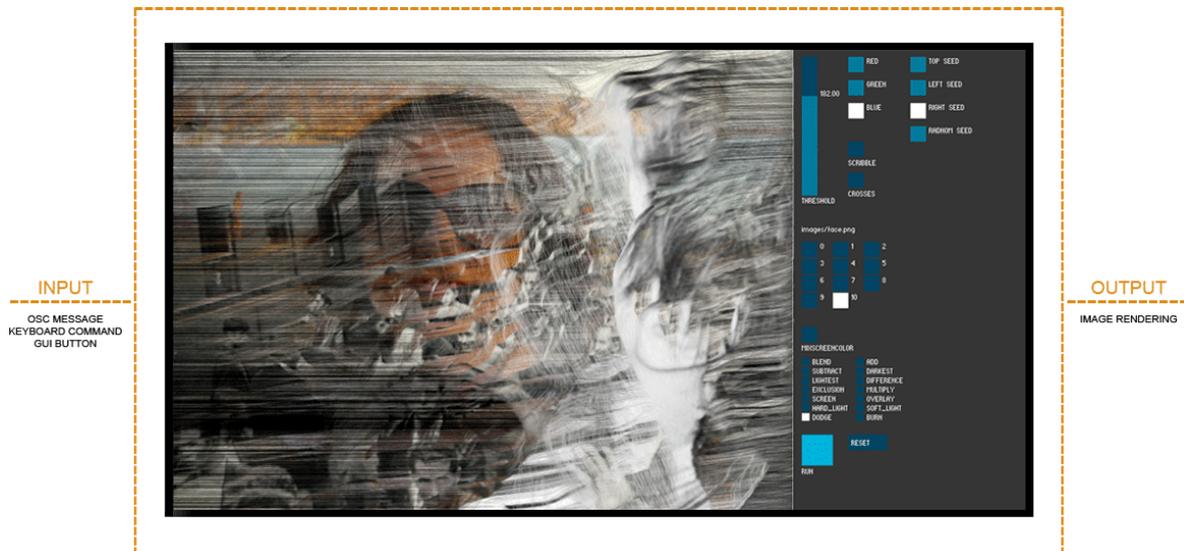






haften Charakter, indem der Benutzer die Bilder spielerisch mit Maus und Keyboard mischen, verändern und verformen kann. Der Zeichenprozess kann beliebig lange fortgesetzt, jederzeit von Neuem begonnen und direkt gesteuert werden.

4-4-2-2. Programmmodule



A 132. La Linear – Programmmodule

La Linear besitzt einen einfachen Aufbau. Eine Partikelklasse sorgt für die Berechnung und das Rendering der Bewegungsvektoren, eine Programmethode liest die Farbwerte des Hintergrundbildes und mehrere Kontrollelemente erlauben die Steuerung von Bildeffekten während der Laufzeit.

Image Processing - Bildgenerierung (Processing)

In Y-Richtung wird der RGB-Median des aktuellen Partikelpunktes auf einem Kreis gelegt und mit der Intensität einer selektierten Akzentfarbe (vcolor) an dieser Position multipliziert. Dadurch ergibt sich eine relativ gleichmäßige, wellenförmige Ausbreitung der Linien. In X-Richtung breiten sich die Partikeln mit einer konstanten Geschwindigkeit aus, allerdings legt ein zufälliger Schwellwert (threshold) bei der selektierten Grundfarbe fest, ob es zu einer Beschleunigung nach links oder rechts



kommt. Dadurch entstehen in Bildbereichen, die nahe am Schwellwert liegen, Strudelbewegungen nach links und rechts und führen so, je nach gewählter Grundfarbe zu unterschiedlichen Akzentuierungen im Bild. Die Partikeln können laufend mit neuen Startpositionen und Bewegungsrichtungen geladen werden und erlauben ein ›schichtenhaftes‹ Gestalten. Das heißt, der aktuelle Screen wird stets mit einer neuen Partikelschicht von oben, links, rechts oder zufälliger Startposition überzeichnet, solange *La Linear* läuft. So können etwa Leerstellen gefüllt, bestimmte Bildteile herausgearbeitet und verschiedene Kombinationen probiert werden. Laufen die Partikeln über die Bilddimensionen hinaus, setzen sie entweder ihre Bewegung auf der gegenüberliegenden Seite fort oder bekommen eine neue, zufällige Bildposition zugewiesen. Das Grundprinzip der Bildgenerierung von *La Linear* ist im Folgendem kurz zusammengefasst.

A 134. La Linear –
Bildgenerierung

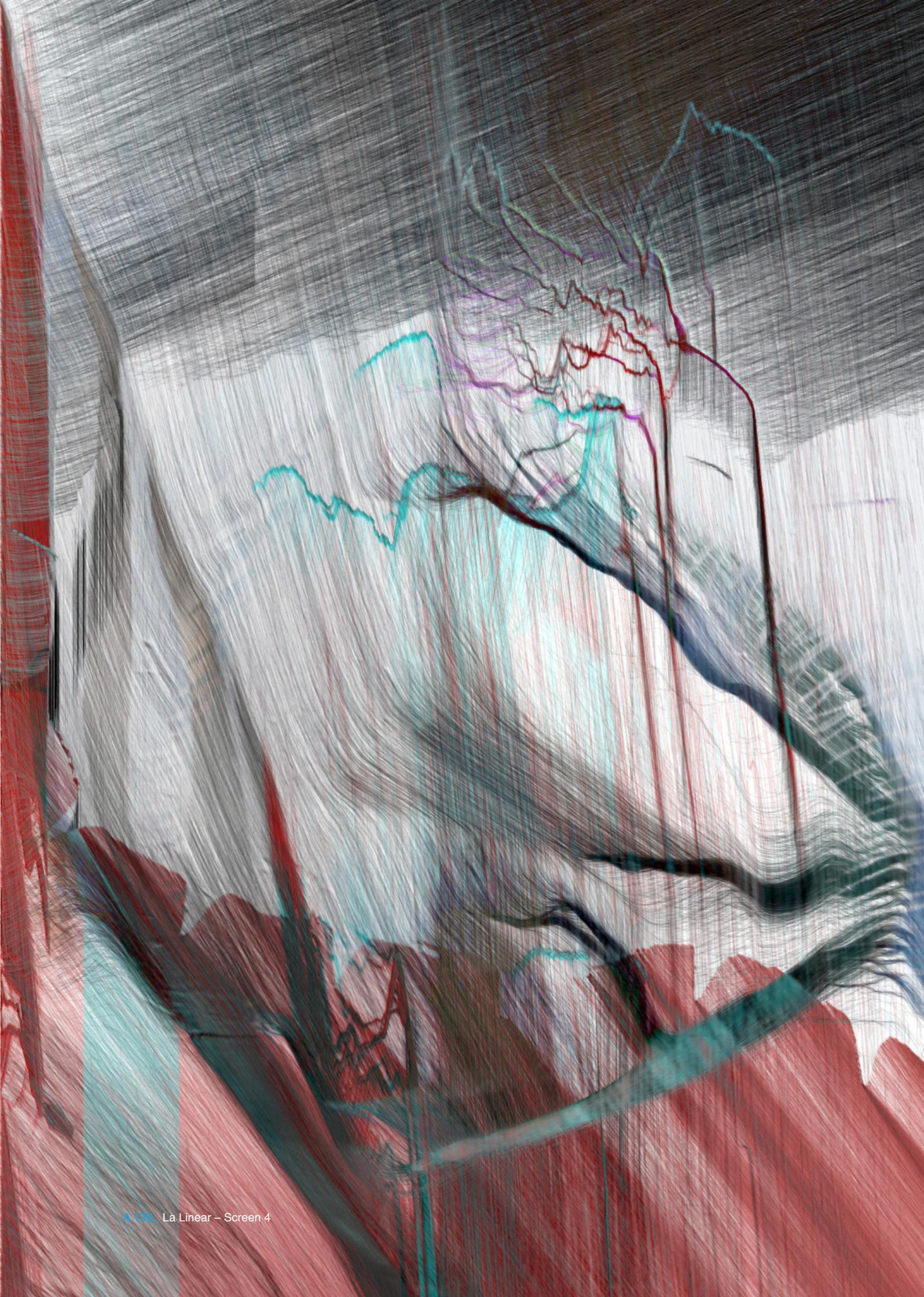
```
frameMode = "continous";
threshold = int(random(255));
pcolor = getPictureColor(x,y);
scolor = getScreenColor(x,y);
mixcolor = blendColor(scolor, pcolor, mixMode[mixMode]);
vcolor = red(pcolor);

if(vcolor >= threshold){vx += random(1);}
if(vcolor < threshold){vx -= random(1);}
vy = radians(map(vcolor, 0, 255, 0, 360));

x += vx;
y += vy;
```

Image Processing - Farbmethode (Processing)

La Linear überzeichnet bei jedem Durchlauf das aktuelle Bild mit neuen Linien. Dadurch entsteht bei gleichen Einstellungen eine fortwährende Herausarbeitung des Bildmotives, da die Linien stets gleich verlaufen. Werden die Parameter geändert oder ein neues Bild geladen, entstehen Mischformen. Vor der Berechnung des Bewegungsvektors ruft jedes Partikel die Farbe des Hintergrundbildes an seiner aktuellen Position ab und wird in Folge durch Akzentfarbe und Schwellwert abgelenkt. Der ausgelesene Farbwert färbt weiters die zu zeichnende Linie ein. Optional kann ein Mischfarbenmodus (*mixMode*) zugeschaltet werden, der die momentane Bildfarbe (*scolor*) mit der Farbe des



Hintergrundbildes (pcolor) mischt. Hier können viele bekannte Mischoperationen der Bildkomposition benutzt werden.

T 16. La Linear – Farbmischeffekte

Mischeffekt	Kurzbeschreibung
Blend	Lineare Interpolation der zwei Farben
Add	Additive Überblendung mit Weiß
Subtract	Additive Überblendung mit Schwarz
Darkest	Die dunkelste Farbe wird gezeichnet
Lightest	Die hellste Farbe wird gezeichnet
Difference	Die Farbwerte werden subtrahiert
Exclusion	Die Farbwerte werden abgeschwächt subtrahiert
Multiply	Die Farbwerte werden multipliziert
Screen	Die Farbwerte werden multipliziert und invertiert
Overlay	Mischung aus Multiply und Screen
Hard Light	Screen wenn der Grauwert 50% übersteigt, Multiply wenn der Grauwert unter 50% liegt
Soft Light	Mischung aus Darkest und Lightest
Dodge	Helle Töne werden betont, Kontrast steigt
Burn	Dunkle Töne werden betont, Kontrast steigt

Image Processing - Zeicheneffekte (Processing)

In *La Linear* sind drei einfache Zeicheneffekte implementiert: Der ›scribble mode‹ malt kurze Striche in beliebiger Richtung, wenn die Akzentfarbe besonders ausgeprägt ist.

A 136. La Linear – Zeicheneffekt Scribble

```
public void scribble(float x, float y){
    strokeWeight(1);
    xs = x+random(-2, 2);
    ys = y+random(-20, 20);
    color xscribble = getColor(xs, ys);
    stroke(xscribble, 15);
    line(x, y, xs, ys);
}
```

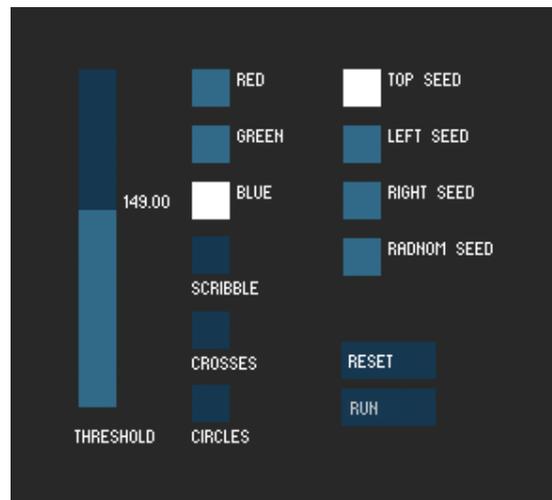


Der ›cross mode‹ zeichnet gut sichtbare Kreuze mit vergleichsweise niedriger Transparenz an diesen Stellen. Im ›circle mode‹ werden verschieden große Kreise zusätzlich zu den Linien gezeichnet. Die Zeicheneffekte können jederzeit während der Laufzeit zugeschaltet werden.

GUI & Keyboard Controls (Processing)

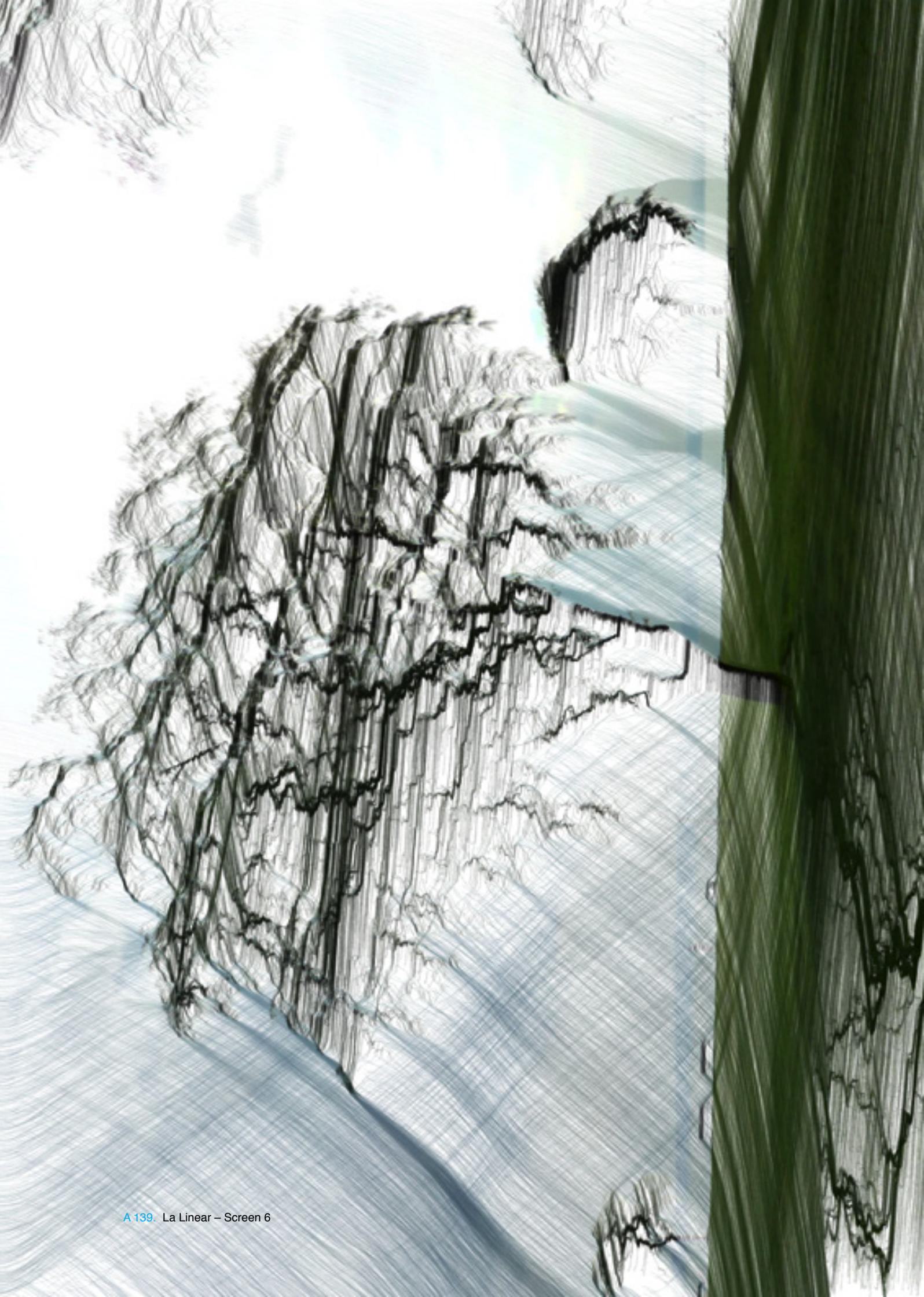
La Linear ist als spielerisches Zeichenwerkzeug konzipiert, das dem Anwender großen Freiraum in der Bildproduktion überlässt. Die Zeichenschleife kann jederzeit pausiert werden, um Parameter oder Effekte zu kombinieren, ein neues Bildmotiv zu laden oder um Akzentfarbe und Schwellwert zu ändern. Ein Button zum Löschen des gesamten Screens, eine Anweisung zur Speicherung als druckfähige Bitmap auf die Festplatte und die Startpositionen der Linien (Top Seed, Left Seed, Right Seed, Random Seed) sind die wichtigsten Kontrollelemente der Arbeit.

A 138. La Linear – Ausschnitt GUI



4-4-3. Aleatorik

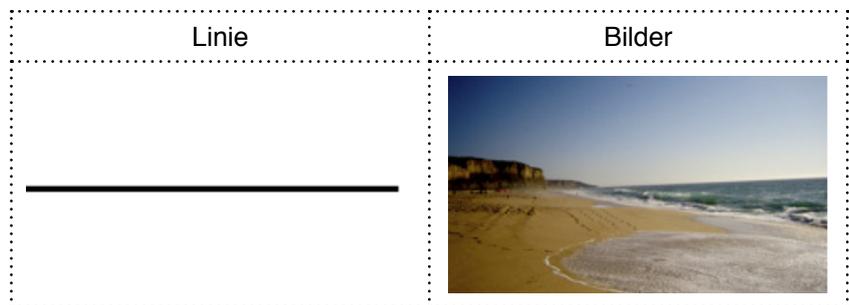
La Linear ist ein partikulares System, bei dem für jeden Partikelpunkt, abhängig von den Rot-, Grün-, Blauwerten des geladenen Bildes, ein neuer Bewegungsvektor berechnet wird. Ein zufälliger Schwellwert und eine Akzentfarbe bestimmen Ablenkung und Beschleunigung der Partikeln am Screen.



4-4-3-1. Repertoire

Das Repertoire von *La Linear* besteht aus einem oder mehreren Bildern, deren Bildpunkte beständig von Linien nachgezeichnet werden. *La Linear* besitzt durch die primäre Verwendung von dünnen Zeichenslinien ein einheitliches Kohäsionsmuster. Ein kohärenter, semantischer Bezug entsteht durch die Wahl und Kombination der Bildmotive. Beides führt in Summe zu einer relativ hohen Konsistenz in den Bildergebnissen.

T 17. La Linear – Repertoire der Elemente



4-4-3-2. Selektionsfilter

La Linear kann sowohl in einer minimalistischen, fluktuierenden oder polyphonen Spielart verwendet werden. So kann entweder ein einzelnes Bild immer wieder neu überzeichnet werden, zwei Bildmotive abwechselnd variiert oder mehrere Bildmotive für eine abstrakte Farb- und Formcollage geladen werden. Je höher die beabsichtigte Kohärenz der Arbeit, desto weniger unterschiedliche Bilder wird der Benutzer verwenden um ein Motiv herauszuarbeiten. *La Linear* ist eine Arbeit, die große Freiheit in der Selektion und Kombination der Bildmotive lässt, nur die Bewegung und Ablenkung der Linien ist algorithmisch bestimmt.

4-4-3-3. Organisation der Elemente

Organisiert wird *La Linear* immer nach einem vorgegebenen Muster – dem aktuell im Speicher geladenen Bild. Wie die Linien im Detail verlaufen, hängt von mehreren, während der Laufzeit veränderbaren Variablen und Einstellungen ab.



T 18. La Linear –
Organisationsvariablen

Variable	Kurzbeschreibung
Akzentfarbe	Bestimmt ob der Rot, Grün oder Blau Wert des Bildes untersucht wird
Schwellwert	Bestimmt den Schwellwert ab dem es zu einer Ablenkung nach links oder rechts kommt
Verlaufsrichtung	Bestimmt ob die Linien oben, links, rechts oder an einer zufälligen Position beginnen
Frame	Bestimmt ob die Linien an der gegenüberliegenden Seite weiterlaufen, wenn sie über die Bilddimensionen hinauslaufen
Mixed Screen Color	Bestimmt ob die Farbwerte des aktuellen Screens mit den Farbwerten des Hintergrundbildes gemischt werden
Zeicheneffekte	Scribble mode, cross mode, circle mode bei besonderer Ausprägung der Akzentfarbe

4-4-4. Prozess

La Linear ist ein Werkzeug. Das Ergebnis sind mehr oder weniger intentionale Bilder, die sich aus dem Zusammenspiel von gestalterischer Intention und kombinatorischem Zufall ergeben.

4-4-4-1. Prozessästhetik

Attribute: gestaltend, ziel-orientiert, interaktiv

Die Bilder weisen somit auch Eigenschaften eines klassischen Werkes auf: sie sind mehr geschaffen als verursacht, mehr gestaltet als generiert. Der Gestaltungsprozess an sich ist offen und kann bei gleichen Einstellungen reproduziert werden. *La Linear* kann je nach Gestaltungsintention und Präsentationsform sowohl Kunst in Bewegung sein, etwa als Performance, als auch Kunst mit freier oder begrenzter Offenheit wenn in einem wiederholten Gestaltungsprozess einzelne Bilder für den Druck oder die Weiterbearbeitung erzeugt werden. *La Linear*



wird makroaleatorisch durch gestalterische Improvisation gesteuert, mikroaleatorische Variationen entstehen durch Kombinatorik.

4-4-4-2. Effektive Komplexität

La Linear hat eine stark geordnete Struktur. Kombinatorische Variationen ergeben sich einzig durch Randomisierung des Schwellwertes und der Akzentfarbe. Durch die aktive Selektion und Kombination von Bildmotiven und der Verwendung von Zeicheneffekten und verschiedenen Überzeichnungsmethoden entsteht jedoch eine gewisse Komplexität der Bildergebnisse durch die interaktive Anwendung.

4-4-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese

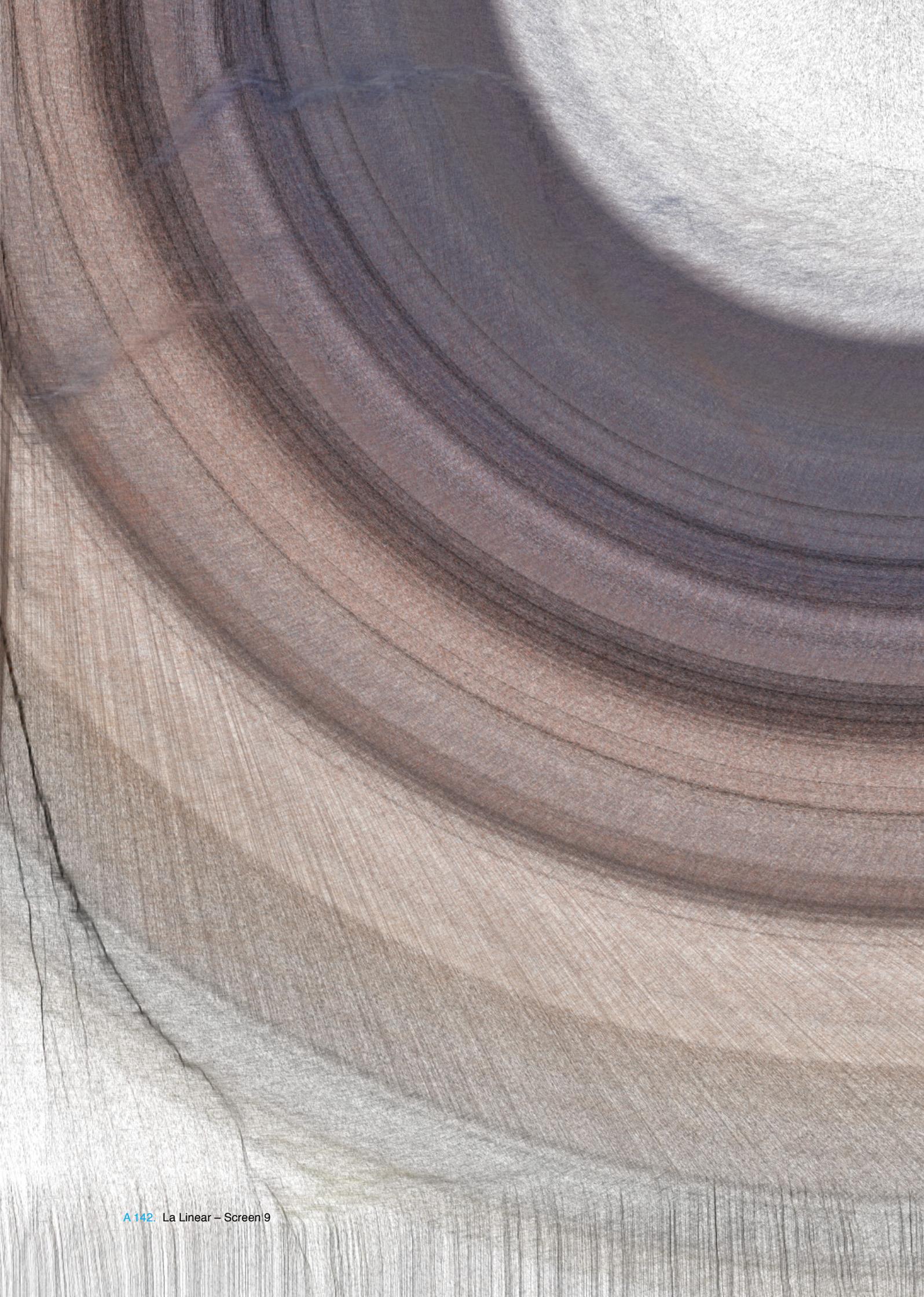
La Linear ist **work in progress**. Es gibt keine finale, endgültige Version, sondern je nach gestalterischen Ansprüchen wurde *La Linear* immer wieder erweitert. Angefangen mit Experimenten zu einem linienbasierenden Partikelsystem kamen Zeicheneffekte, Mischfarbenmodus, Videomodus und eine einfache grafische Benutzeroberfläche hinzu. Gerade die Flexibilität in der Erweiterbarkeit und das spielerische, explorative Handling stellen den Reiz eines eigenen, sehr spezifischen Grafikwerkzeugs im Vergleich zu proprietärer Bildbearbeitungssoftware dar. In iterativen Entwicklungszyklen wächst so das Werkzeug mit den künstlerischen Vorstellungen und der Arbeitsweise des Designers.

4-4-5. Interaktion

La Linear kann über eine standardisierte Bedienoberfläche in Echtzeit gesteuert werden. Die Arbeit besitzt kein spezielles interaktives Konzept. Slider, Buttons und Tastendrucke ermöglichen die Steuerung und direkte Einflussnahme auf den generativen Prozess während der Laufzeit.

4-4-5-1. Kommunikationsmodell

Durch die Handhabung als interaktives Zeichenwerkzeug ist *La Linear* am besten der Kategorie **Interaktion zwischen Körper und Datenraum** zuzuordnen.



4-4-5-2. Interaktionsstufen

T 19. La Linear – Interaktionsstufen

Stufen	Beobachtungen
Response	Der Gestalter lernt den Umgang mit dem Interface
Control	Der Gestalter kennt die Auswirkungen der einzelnen Steuerelemente und kann sie bewusst einsetzen Der Gestalter probiert verschiedene Effekt-, Bild-, Parameterkombinationen aus
Contemplation	Der Gestalter hat eine bestimmte Bild- oder Inszenierungsvorstellung und versucht diese gezielt umzusetzen
Belonging	Der Gestalter hat ein Set erarbeitet und spielt damit frei (z.B. Live Performance)

4-4-5-3. Interaktionsästhetik

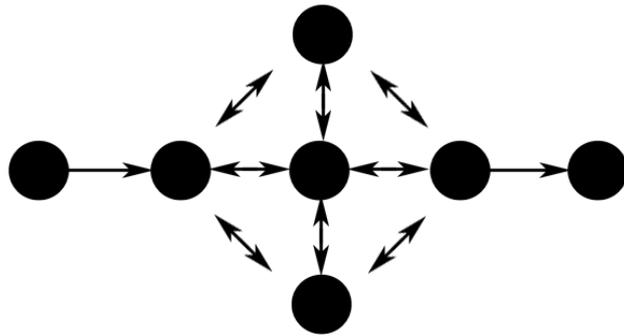
La Linear nutzt die externe GUI-Bibliothek controlP5. Diese stellt eine Reihe von grafischen Elementen, wie Slider, Buttons, Regler und Checkboxes zur Verfügung, die mit den eigenen Funktionsaufrufen und Befehlsketten verknüpft werden können. Die GUI wird als eigenes Programmfenster geladen und kann so, etwa bei einer Live Projektion, in den nicht sichtbaren Bildschirmbereich verschoben werden. Zusätzlich zur GUI können die meisten Einstellungen per Tastendruck am Keyboard für ein schnelleres Arbeiten gesteuert werden. Das Interaktionsdesign von *La Linear* ist selbsterklärend und bildet die beschriebenen Einstellungsmöglichkeiten von Farbschwellwert, Akzentfarbe, Partikelbewegung, zuschaltbaren Zeicheneffekten, Bildwahl und Farbmischfunktionen als grafische Elemente ab. Die Interaktion findet in gewohnten Point-and-Click Aktionen statt.

4-4-5-4. Handlungsstruktur

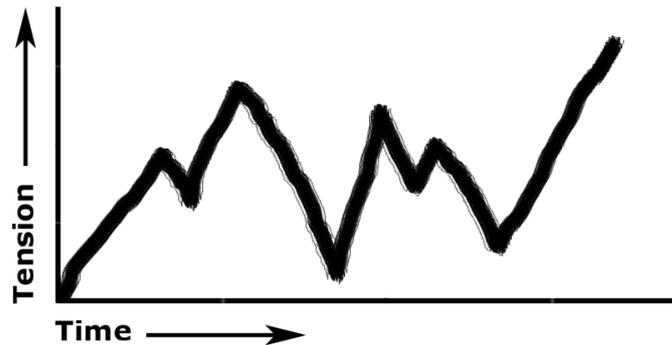
La Linear hat eine offene Struktur und kann beliebig oft variiert, überzeichnet und wieder gelöscht werden. Es gibt keine in der Programmierung vorgesehenen Entscheidungspunkte. Einzig der Benutzer entscheidet dramaturgisch mit welchen Einstellungen eine Zeichensequenz begonnen, gelöscht oder fortgesetzt wird und wann letztendlich

ein Bild tatsächlich fertig ist und das Programm beendet wird. Fixer Startpunkt jedes Programmaufrufes ist dabei immer der leere weiße Screen.

A 144. La Linear – Handlungsstruktur



A 145. La Linear – Spannungsverlauf



4-4-6. Strukturanalyse

T 20. La Linear – Strukturanalyse

Analysefaktor	Bestimmung
Aleatorische Spielart	Minimal, fluktuierend oder polyphon
Repertoire	Linien, Bildgruppe
Selektionsfilter	Manuelle Bildauswahl
Organisation der Elemente	Bewegungsrichtung, Akzentfarbe, Schwellwert

Analysefaktor	Bestimmung
Programmmodule	GUI Control, Image Processing
Ästhetische Position der Computerkunst	Verstärker künstlerischer Komplexität
Phänomenologische Position der Computerkunst	Synthetisches Werkzeug
Operationsweise	Selbstreferentiell
Generatives Prinzip	Partikelsystem
System	Geordnete Variation
Offenheitsgrad	Begrenzte und freie Offenheit (Bilddruck) Kunstwerk in Bewegung (Performance)
Makroaleatorische Undeterminiertheit	Improvisation (GUI)
Mikroaleatorische Undeterminiertheit	Kombinatorik
Modell der Kommunikation	Interaktion Körper - Datenraum
Primäre Interaktionsphase	Belonging
Primäre Interaktionsästhetik	Dramaturgical Structure
Handlungsstruktur	Open Plot

5 DESIGN PATTERNS

Mit einfachen haptischen Objekten in der Konzeption und im Planungsprozess zu arbeiten hat Vorteile. So können mit physischen Artefakten im Vergleich zu rein digitalen Dokumenten durch Auflegen, Arrangieren und Kombinieren sehr einfach und vor allem visuell verständlich unterschiedliche Szenarien ›on the fly‹ und ohne Benützung des Computers dargestellt werden. Einzelne Elemente können durch simples Hochheben oder Antippen sofort und unmissverständlich referenziert werden und komplexere Zusammenhänge zum Beispiel durch Abstandsbeziehungen visuell auf einen Blick erfasst werden. Fotografien, Post-Its und Haftnotizen werden in Designteams genützt, um kollaborativ Ideen zu generieren und Konzepte zu strukturieren. Auch in der Programmierung wurden mit der Initiative zur agilen Softwareentwicklung fallbezogene ›Story Cards‹ und ›Estimation Cards‹ eingeführt, um Abläufe und Funktionen darzustellen, objektorientierte Entwicklungsmethoden zu fördern und ein gemeinsames Verständnis und eine Diskussionsgrundlage für Implementierungsprozesse zu erarbeiten. Auch in generativen Gestaltungsprozessen kann es heißen:

*»Individuals and interactions over processes and tools
 Working software over comprehensive documentation
 Customer collaboration over contract negotiation
 Responding to change over following a plan«
 (Agile Manifesto, BECK et al. 2001)*

Denn künstlerische Programmierung ist per se agil. Es gibt selten einen vollständigen Plan, ein ausformuliertes Pflichtenheft oder eine exakte Zielspezifikation. Generative Gestalter arbeiten beständig an ihren Algorithmen und testen laufend. ›Working software‹ ist eine Grundvoraussetzung, ebenso wie ›responding to change‹, denn im Laufe eines generativen Gestaltungsprozesses werden verschiedene Wege ausprobiert, validiert, verworfen oder weiterverfolgt. Die Projektentwicklung ist, ebenso wie das Produkt selbst, in ständiger Transformation und niemals gänzlich fertig und abgeschlossen, sondern bleibt offen und spekulativ und enthält die Aufforderung das Programm weiter zu verändern. Es gibt selten eine ›contract negotiation‹ welcher das Ergebnis einer generativen Softwareentwicklung von Beginn an im Detail spezifiziert. Das Produkt entwickelt sich im Zuge des Designprozesses

in die eine oder andere Richtung und wird laufend evaluiert. Künstlerische Softwareentwicklung bewegt sich von einem Entscheidungspunkt zum Nächsten und deklariert mit dem Weg sein Ziel.

Allerdings lassen sich gewisse grundlegende Muster, Aspekte und Faktoren feststellen, die in vielen generativen Arbeiten – mit jeweils mehr oder wenig starker Ausprägung – vorkommen. Diese strukturellen Muster werden in Folge, als ein in der Praxis nutzbares Ergebnis dieser Arbeit, mit den **Generative Design Method Cards (GDM Cards)** zusammengefasst und beschrieben.

5-1. Generative Design Method Cards

Die GDM Karten sind ein Vorschlag für ein werkgenetisches Stufenmodell, das den Aufbau eines generativen, computerbasierenden Werkstücks strukturell beschreibt. Die GDM Karten sind weiters ein methodisches Werkzeug, um konzeptionelles Denken in generativen Designprojekten zu fördern und eine Diskussionsbasis in kollaborativen Entwicklungsteams zu etablieren.

Nicht jedes Projekt muss jedes Pattern durchlaufen, es können einzelne Karten übersprungen oder offen gelassen werden. Die Anzahl der durchlaufenen Design Patterns kann jedoch als Maß für die konzeptionelle Vielschichtigkeit einer Arbeit angesehen werden. Je mehr Karten genutzt werden, desto detaillierter können mögliche Szenarien analysiert und eingeschätzt werden. Die GDM Karten können in allen Phasen eines Projekts benutzt werden: bei Kick-Off Meetings, um verschiedene Ideen auszuarbeiten und zu evaluieren, während eines Entwicklungsprozesses, um einzelne Aspekte herauszugreifen und spezifische Entscheidungen zu treffen und am Ende eines Projekts zur Reflexion und Analyse.

Die GDM Karten sind als Werkzeug intendiert, um Entwicklungskonzepte zu strukturieren, kollaborativ auf einer gleichen semantischen Basis zu arbeiten und neue Sichtweisen in der Problemlösung zu gewinnen.

5-1-1. Struktur

Jede der zehn GDM Karten enthält eine kurze Erklärung des behandelten Aspekts generativer Gestaltung (Know) der mit Fragen (Ask) und einem Handlungsvorschlag (How) verbunden ist. Eine Referenz (Reference) verweist auf den Theoriebezug der einzelnen Design Patterns innerhalb dieser Arbeit. Zusätzlich sind in der folgenden Beschreibung der einzelnen Patterns kurze Beispiele aus der Werkanalyse angeführt und referenziert.

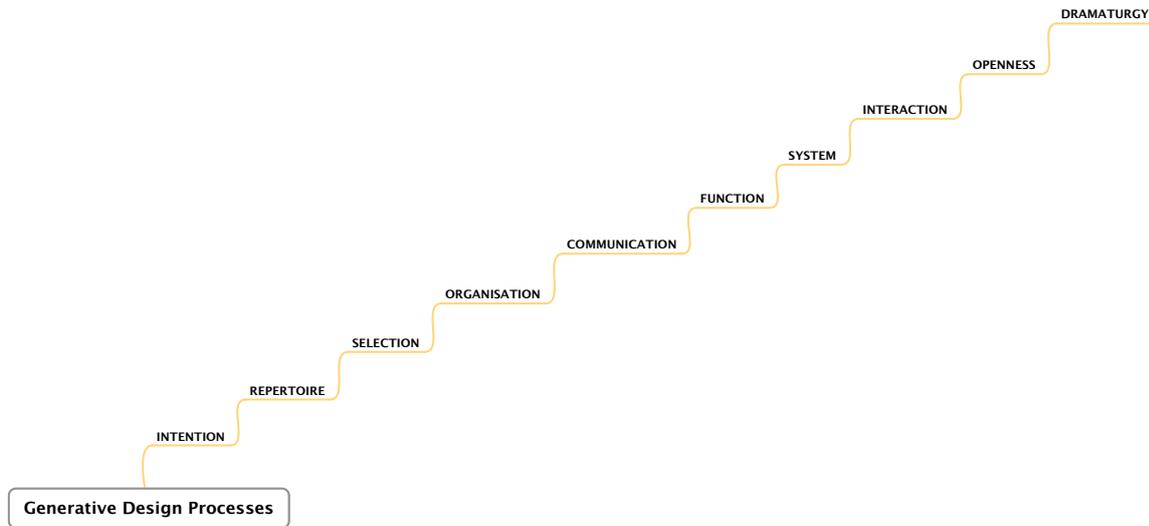
A 146. Aufbau einer GDM Karte



5-1-2. Anwendungsszenarien

5-1-2-1. Wasserfall

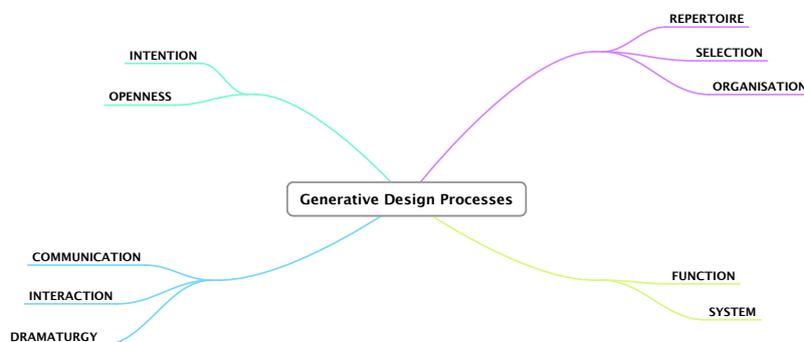
Die GDM Karten sind grundsätzlich so gestaltet, dass sie – aufeinander aufbauend – en Suite von 1 bis 10 benutzt werden können und den generativen Prozess von der Entwicklung und Konkretisierung einer Idee, über die Programmierung bis zur Festlegung eines dramaturgischen Konzepts begleiten und strukturieren. Die Vorteile einer linearen Anwendung sind – ähnlich wie im klassischen Wasserfallmodell der Softwareentwicklung – der schrittweise Aufbau des Arbeitsprozesses mit deklarierten Start- und Endpunkten und die Vergleichbarkeit bei der Evaluierung verschiedener Entwürfe.



A 148. GDM Anwendung – Lineares Wasserfallmodell

5-1-2-2. Baum

Die Baumstruktur beschreibt eine Anwendung der GDM Karten nach ihrer kategorischen Zuordnung zu Aleatorik, Prozessgestaltung, Programmierung und Interaktivität. Der Vorteil ist eine strukturierte Detaillierung jedes Hauptaspektes: die Ausarbeitung und Evaluierung verschiedener Ideen (**Intention, Openness**), die Klärung der technischen Umsetzungsmöglichkeiten (**System, Function**), die Ausarbeitung von Interaktionsstrategien, Interface Design und Inszenierung (**Communication, Interaction, Dramaturgy**) und die Entwicklung eines aleatorischen Spiels (**Repertoire, Selection, Organisation**).

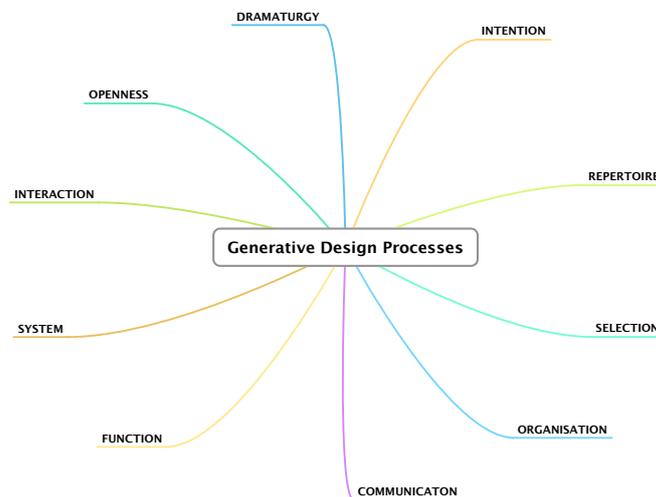


A 147. GDM Anwendung – Baumstruktur nach Aspekten

5-1-2-3. Kreis

Eine zirkuläre Anwendung beschreibt einen Prozess der kontinuierlichen Verbesserung in kleinen Schritten. Der Endzustand des Designprozesses steht in der Regel nicht fest, das Projekt entwickelt sich organisch. Die zehn GDM Karten werden dabei wiederholt durchlaufen und mit jeder Iteration werden die einzelnen Aspekte weiter konkretisiert, revidiert oder erweitert. Die Vorteile liegen einerseits in einer zunehmenden Kenntnis sinnvoller Systemanforderungen, die sich aus den Erfahrungswerten vorangegangener Entwicklungsschritte ableitet. Und andererseits in der Offenheit den Gesamtprozess während der Entwicklung in die eine oder andere Richtung zu lenken und auf sich ändernde Anforderungen flexibel reagieren zu können.

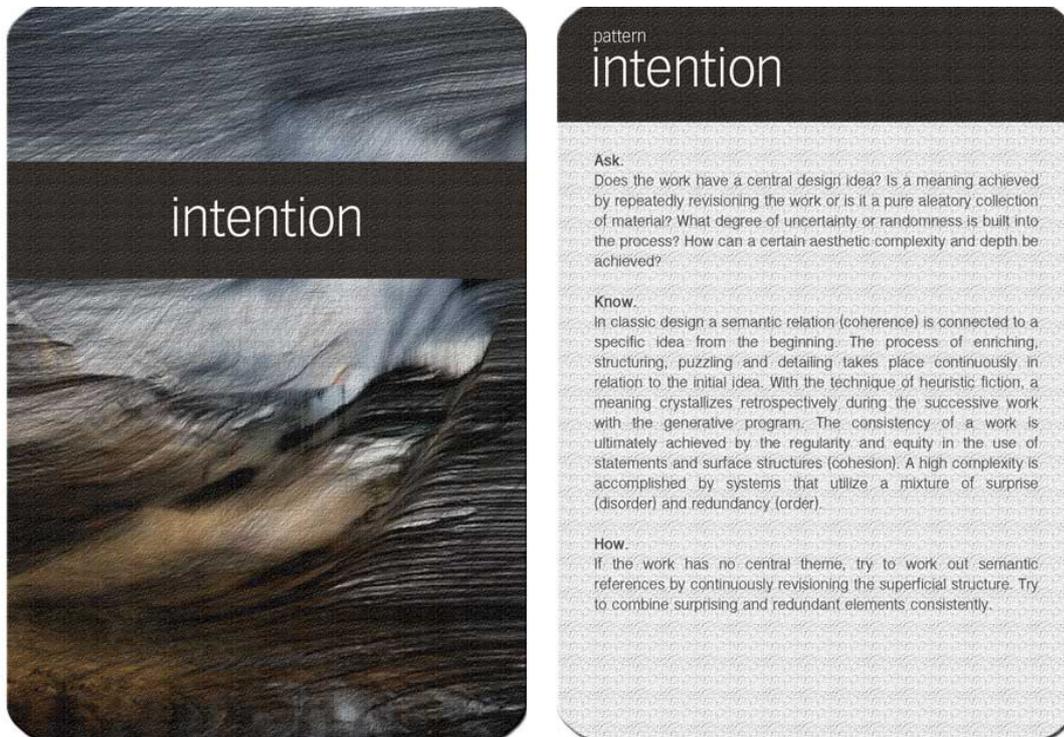
A 149. GDM Anwendung –
Zirkuläres Kreismodell



5-1-2-4. Offene Anwendung

Ein generativer Designprozess kann auch offen mit der Wahl einzelner Karten gestaltet werden. Einerseits können so spezifische Entwicklungsprozesse geplant werden, die einer bestimmten Priorisierung bedürfen und nicht alle Patterns berücksichtigen oder es können wichtige Aspekte für den jeweiligen Designprozess zentralisiert werden. Beispielsweise **Interaction** bei hochgradig interaktiven Arbeiten oder **Function** und **System** bei der Entwicklung evolutionärer Algorithmen oder zellulärer Automatismen. Eine offene Anwendung der GDM Karten kann zu kontextspezifischen Reihungen benutzt werden, oder im Sinne der *Oblique Strategies* als zufallsgeleiteter Impulsgeber für den nächsten Entwicklungsschritt verwendet werden.

5-2. GDM Intention



A 150. GDM Intention

5-2-1. Pattern

Ask

Hat der Designprozess eine zentrale gestalterische Idee? Entstehen semantische Bezüge erst heuristisch, durch die sukzessive Weiterentwicklung des generativen Programms? Ist die Arbeit eine rein aleatorische Materialsammlung? Wird ein bekanntes generatives Prinzip genutzt oder ein eigener formgebender Algorithmus entwickelt?

Know

Bei der **klassische Intentionsgestaltung** wird durch die Fixierung einer bestimmten Idee von Beginn an der semantische Bezug (Kohärenz) hergestellt und das Ausformulieren, Systematisieren und Detaillieren findet durchgehend im Bezug auf diese Idee statt. Bei der Technik der **heuristischen Fiktion** kristallisiert sich erst retrospektiv, durch die

sukzessive Arbeit mit dem Programm, eine Intention heraus. Die Konsistenz einer Arbeit wird durch die Regelmäßigkeit und Stimmigkeit bei der Verwendung von Aussagen und Oberflächenstrukturen (Kohäsion) erreicht. Eine hohe ästhetische Komplexität erzielen Systeme, die sich einer Mischung aus Überraschung (Unordnung) und Redundanz (Ordnung) bedienen.

How

Versuche die Intention des Designprozesses zu abstrahieren und in eine einfache Beschreibung zu fassen.

Reference

2-3-4. Effektive Komplexität	72
2-3-6. Generative Entwurfsprozesse	77

5-2-2. Beispiel

Strøem basiert auf einem Agentensystem mit hunderten gleichzeitig agierenden Partikeln, deren Einzelverhalten dynamische Gesamtstrukturen erzeugt. Die Grundidee von *Square Dance* war direkt mit der Fassadenarchitektur des Ars Electronica Centers zu arbeiten. Die visuelle Ausformung des Projekts ist heuristisch durch die beständige Verfeinerung der Rechtecktransformationen entstanden. Es entwickelte sich die Metapher zur freien Figurenfolge wie im Modern Square Dance und der Begriff des ›Callers‹ inspirierte das Interface Design und führte letztlich zu einer audiovisuellen Live Performance. *Infection* erzählt von einem Ort in ständiger Bewegung und etabliert eine visuelle und akustische Form von kontinuierlicher räumlicher Transformation. *La Linear* ist ein generatives Zeichenprogramm mit improvisatorischen Charakter, das grafische Topografien von Bildern erzeugt.

4-1-1. Projektbeschreibung (Strøem)	116
4-2-1. Projektbeschreibung (Square Dance)	143
4-3-1. Projektbeschreibung (Infection)	172
4-4-1. Projektbeschreibung (La Linear)	198

5-3. GDM Repertoire



A 151. GDM Repertoire

5-3-1. Pattern

Ask

Aus welchen Grundelementen besteht der generative Prozess? Gibt es Elementgruppen? In welcher Beziehung stehen die einzelnen Elemente zueinander?

Know

Mit dem Repertoire wird das Universum des generativen Designprozesses bestimmt. Die Quellen des Repertoires sind einzelne Elementtypen wie Buchstaben, Wörter, Tonaufnahmen, MIDI-Noten, akustische Hüllkurven, Farbpaletten, Punkte, Linien, Kreise, Fotos, Videos oder Ähnliches. Ein **minimalistisches aleatorisches Spiel** besteht aus einer einzigen Quelle, **fluktierende Spiele** wechseln beständig zwischen mehreren Quellen und **polyphone Spiele** umfassen ein Repertoire mit

einer möglichst großen Anzahl an Elementen unter der Prämisse, dass kein Element dominieren darf.

How

Bestimme die Repertoireelemente des generativen Prozesses und versuche ähnliche Elementtypen zu gruppieren.

Reference

2-2-4. Aleatorik in der Kunst des 20. Jahrhunderts	55
2-2-5. Das aleatorische Spiel	64

5-3-2. Beispiele

Strøem besitzt sechs grafische Grundelemente (Lines, Bubbles, Picture Points, Circle Swarms, Crosses, Balloons). Das Repertoire von *Square Dance* umfasst vier Farben und ein schachbrettartige Pixelgrafik. *Infection* setzt sich aus bis zu 1024 Kuben und einer Gruppe von Texturen zusammen. *La Linear* besteht aus einem Linienelement und einer Gruppe verschiedener Fotografien und Bildern.

4-1-3-1. Repertoire (Strøem)	129
4-2-3-1. Repertoire (Square Dance)	159
4-3-3-1. Repertoire (Infection)	185
4-4-3-1. Repertoire (La Linear)	213

5-4. GDM Selection



A 152. GDM Selection

5-4-1. Pattern

Ask

In welcher Beziehung stehen die Repertoireelemente zueinander? Wie werden einzelne Elemente ausgewählt? Wie sehen die Regeln für die Selektion aus? Wie können diese Regeln syntaktisch formuliert werden?

Know

Durch ein oder mehrere Selektionsregeln werden Elemente aus dem Repertoire ausgewählt. Die Selektion kann minimalistisch, fluktuierend oder polyphon erfolgen oder aus einem eigenen Filtersystem bestehen. Der Selektionsprozess kann wiederum selbst aleatorisch verändert werden. Durch Wiederholung und Zirkulation der gleichen Ope-

rationen und Aktivitäten entsteht eine **Klasse von Kunstwerken** und **multiple Werke**, aus denen Einzelne ausgewählt werden können.

How

Versuche syntaktische Regeln (Objektklassen) zu formulieren, welche die Beziehung der Elementgruppen zueinander beschreibt und bestimme, wie einzelne Elemente aus dem Repertoire selektiert oder aktiviert werden.

Reference

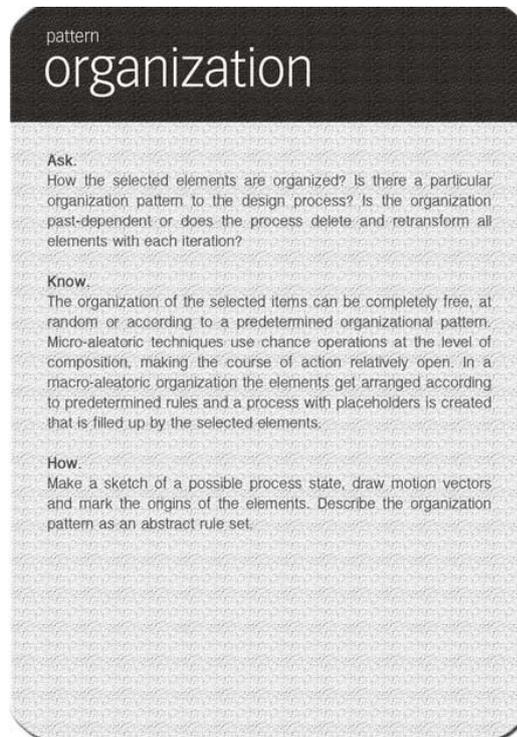
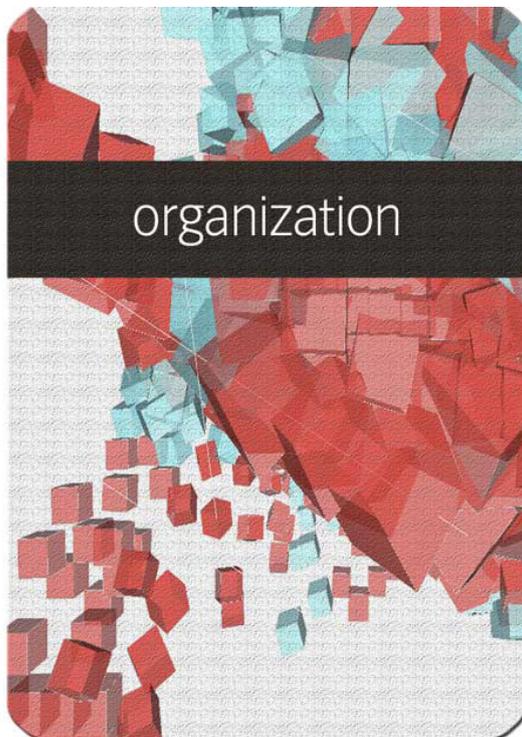
2-1-1. Die Anfänge der Computerkunst	30
2-2-6. Das aleatorische Spiel	48

5-4-2. Beispiele

Strøem ist als polyphones aleatorisches Spiel konzipiert, jedoch entsteht durch die Positionierung der Sensoren im Raum und die serielle Überzeichnung eine gewisse Gewichtung einzelner Modi. *Square Dance* ist ein minimalistisches aleatorisches Spiel, das auf der kontinuierlichen, vergangenheitsunabhängigen Transformation von Rechteckensymbolen basiert. Bei *Infection* werden einzelne Elemente fluktuierend durch bewegliche Attraktoren aktiviert und in Bewegung versetzt. Mit *La Linear* kann minimalistisch ein einzelnes Bildmuster überzeichnet, oder fluktuierend zwischen zwei Bildern gewechselt werden oder es werden polyphon immer wieder neue Bildmotive selektiert, die aus einer großen Elementgruppe geladen werden.

4-1-3-2. Selektionsfilter (<i>Strøem</i>)	129
4-2-3-2. Selektionsfilter (<i>Square Dance</i>)	159
4-3-3-2. Selektionsfilter (<i>Infection</i>)	185
4-4-3-2. Selektionsfilter (<i>La Linear</i>)	213

5-5. GDM Organization



A 153. GDM Organization

5-5-1. Pattern

Ask

Wie werden die selektierten Elemente organisiert? Gibt es ein bestimmtes Organisationsprinzip, welches den Designprozess kennzeichnet? Ist die Organisation vergangenheitsabhängig oder werden bei jedem Prozessschritt die Elemente gelöscht und neu transformiert?

Know

Die ausgewählten Elemente aus dem Repertoire können völlig frei, zufällig oder nach einem vorbereiteten Muster organisiert werden. Die **Mikroaleatorik** benützt Zufallsoperationen auf der Ebene der Komposition. Hier entstehen Prozesse, deren zeitlicher Verlauf relativ offen ist. Bei einer **makroaleatorischen Organisation** werden die Einzelmodule nach vorbestimmten Spielregeln neu zusammengesetzt. Hier entste-

hen Prozesse mit Platzhaltern, die von Zufallselementen aufgefüllt werden.

How

Versuche mögliche Organisationsformen selektierter Elemente zu skizzieren und mit Bewegungsvektoren zu versehen. Formuliere das Organisationsprinzip als syntaktische Regel.

Reference

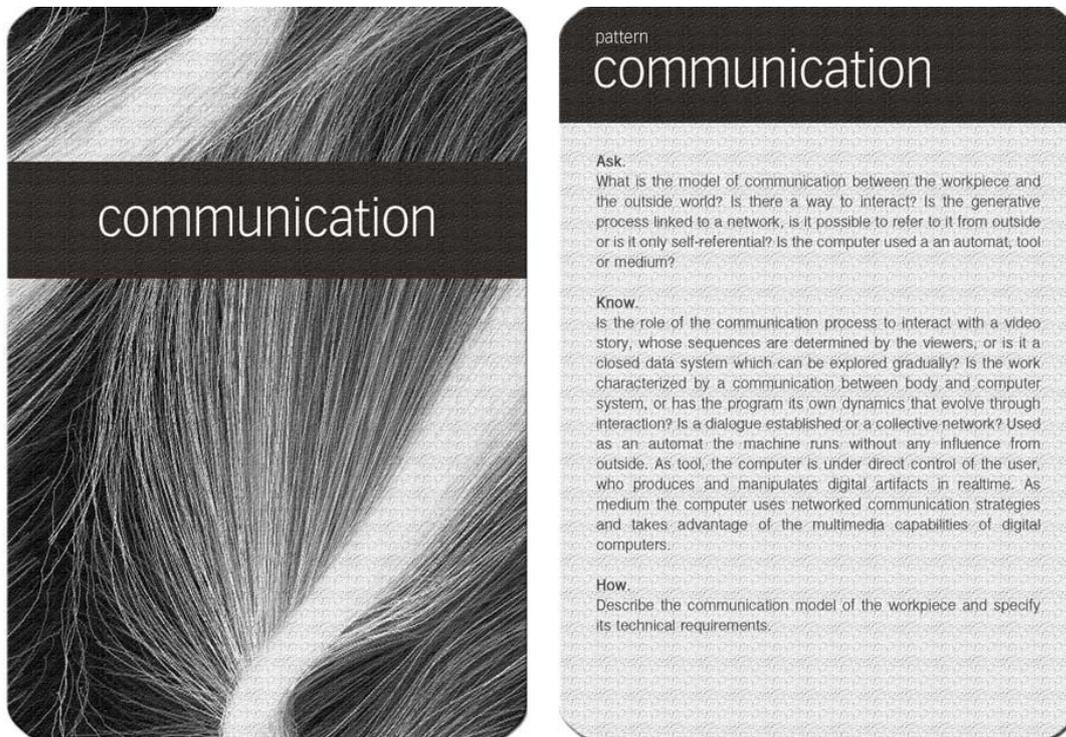
2-1-6. Kontrollmechanismen & Materialeigenschaften	42
2-2-6. Das aleatorische Spiel	48

5-5-2. Beispiele

Die Verteilung der Elemente bei *Strøm* hängt von der Form, Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung der Partikel ab und wird von der Bildposition eines Attraktorpunktes angezogen und abgelenkt. Die Organisationsform der Rechtecke von *Square Dance* füllt immer den ganzen Bildbereich aus und ergibt sich durch eine Effektkette aus Bitmaptransformationen. Bei *Infection* sind alle verfügbaren Elemente als Kuben oder Pyramiden in einem fixen Raster am Screen organisiert. Alle Elemente kehren immer wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurück. *La Linear* wird nach einem vorgegebenen Bildmuster organisiert. Zeichenparameter und Bildmischeffekte verändern den Linienverlauf im Detail.

4-1-3-3. Organisation der Elemente (<i>Strøm</i>)	131
4-2-3-3. Organisation der Elemente (<i>Square Dance</i>)	161
4-3-3-3. Organisation der Elemente (<i>Infection</i>)	187
4-4-3-3. Organisation der Elemente (<i>La Linear</i>)	213

5-6. GDM Communication



A 154. GDM Communication

5-6-1. Pattern

Ask

Wie sieht das Kommunikationsmodell zwischen Werkstück und Außenwelt aus? Gibt es eine Möglichkeit zur Interaktion? Ist der generative Prozess vernetzt, fremdreferentiell oder nur selbstreferentiell? Wird der Computer als Automat, Werkzeug oder Medium verwendet?

Know

Bei **interaktiven Videostories** werden Video- und Computertechnik verknüpft, um eine Geschichte mit mehreren Wahlmöglichkeiten zu erzählen. In **explorativen Datenwelten** durchqueren die Benutzer immersive Datenlandschaften. Bei einer **Interaktion zwischen Körper und Datenraum** steht die Verbindung von Körperbewegung und Medienobjekt im Vordergrund. **Evolvierende Datensysteme** besitzen ein gewisses

Eigenleben, das sich über die Kommunikation mit den Benutzern weiterentwickelt. **Dialogische Modelle** sind telematische Projekte, die an mindestens zwei Ausstellungsorten existieren und per Live Schaltung verbunden sind. Als **Kollektivität im Medienraum** werden Arbeiten bezeichnet, bei denen mehrere Benutzer zur Prozessentwicklung beitragen. Ein **Automat** ist eine Maschine, die ohne Einflussnahme programmierte Handlungen ausführt. In der Rolle des **Werkzeugs** steht der Computer unter direkter Kontrolle der Benutzer, die digitale Objekte in Echtzeit herstellen und verändern. Als **Medium** nutzt der Computer vernetzte Kommunikationsformen und die Möglichkeit traditionelle Medien in digitaler Form am Computer zu modifizieren.

How

Versuche das Kommunikationsmodell des Werkstücks zu beschreiben und das Input-Output-Verhältnis zwischen Autor, Werk und Rezipient zu spezifizieren.

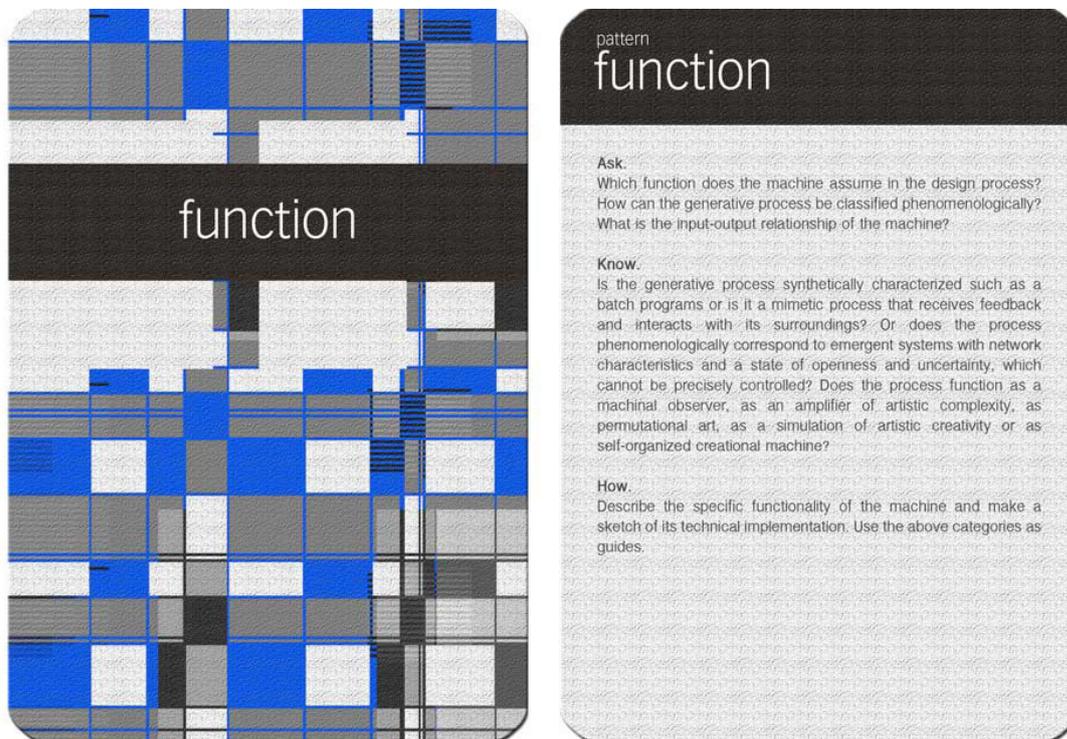
Reference

2-4-1. Kommunikationsmodelle	82
2-4-3. Autor, Werk und Rezipient	88

5-6-2. Beispiele

Strøem ist ein multimedialer Datenraum der von Besuchern exploriert werden kann. Gleichzeitig findet eine körperliche Interaktion über Sensoren und Stimme statt. Kommunikativer Input des Designprozesses sind die Audiosignale des Mikrofons und das On/Off der Distanzsensoren. Output sind grafische und akustische Zustandsänderungen. *Square Dance* hat in der Standalone Variante keine Kommunikationsmöglichkeit. Im Performance Modus sind die Knöpfe und Fingerbewegungen am Touchscreen, der Input für polygonale Transformationen. *Infection* kann als audiovisuelles Datensystem bezeichnet werden, dass sich durch Interaktion weiterentwickelt. Input ist die Position des Pendels im Raum, das vergangenheitsabhängige Ton- und Bildmanipulationen bewirkt. *La Linear* ist eine Interaktion zwischen Körper und Datenraum, mit einer grafischen Oberfläche für die Point-and-Click Kommunikation mit der Maus. Weiters ist die Belegung der Keyboard Tasten mit verschiedenen Programmfunktion möglich.

5-7. GDM Function



A 155. GDM Function

5-7-1. Pattern

Ask

Welche Funktion übernimmt die Maschine im Gestaltungsprozess?
Wie kann der generative Prozess phänomenologisch und ästhetisch kategorisiert werden? Aus welchen Arbeitsschritten und Modulen setzt sich das generative Programm zusammen?

Know

Wird die Maschine als **künstlicher Betrachter** eingesetzt, unternimmt sie statistische Charakterisierungen und macht Ordnungsrelationen sichtbar. Bei der **Simulation von Kurationsprozessen** setzen die Designer die stilistischen Regeln fest, nehmen aber sonst keinen Einfluss auf den generativen Prozess. Bei einem **Programm zur Komplexitätsverstärkung** wird eine Kompositionsidee maschinell weiterentwickelt. **Per-**

mutationelle Kunst erforscht systematisch ein Möglichkeitsfeld, dass durch einen Algorithmus definiert wird. Ein **synthetischer Prozess** ist phänomenologisch als automatisierter Programmdurchlauf ohne Einflussnahme charakterisiert. Ein **mimetischer Prozess** kann durch Feedback und Interaktion bereits fremdreferentielle Einflüsse aufnehmen. Ein **emergenter Prozess** weist Netzcharakteristik auf und ist von einem Status der Offenheit und Ungewissheit geprägt und entzieht sich der gezielten Kontrolle.

How

Versuche die spezifische Funktionalität des generativen Designprozesses ästhetisch und phänomenologisch zu charakterisieren. Versuche den Gesamtprozess in einzelne Arbeitsschritte (Programmmodule) zu zerlegen. Die angeführten Kategorien dienen als Anleitung.

Reference

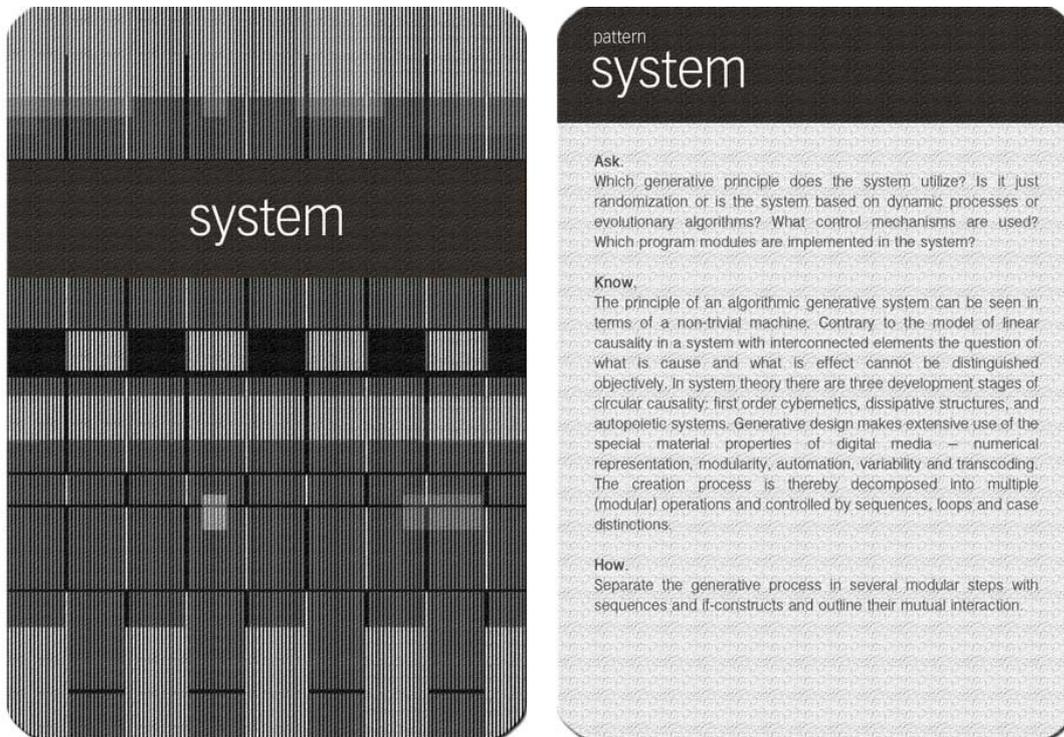
2-1-3. Ästhetische Positionen der Computerkunst	34
2-1-4. Phänomenologische Positionen der Computerkunst	37

5-7-2. Beispiele

Infection und *Strøem* können als emergente, multimediale Kreationssysteme beschrieben werden. *Square Dance* kann in der Standalone Variante als synthetischer Prozess permutationeller Kunst bezeichnet werden. *La Linear* ist ein mimetisches, grafisches Werkzeug zur Verstärkung gestalterischer Komplexität.

4-1-2-2. Programmmodule (Strøem)	125
4-2-2-2. Programmmodule (Square Dance)	151
4-3-2-2. Programmmodule (Infection)	179
4-4-2-2. Programmmodule (La Linear)	205

5-8. GDM System



A 156. GDM System

5-8-1. Pattern

Ask

Wie wird der generative Prozess hardware- und softwaretechnisch realisiert? Welche Steuerungs- und Kontrollmechanismen werden eingesetzt? Aus welchen Komponenten besteht das System?

Know

Im Gegensatz zu einem Modell der geradlinigen Kausalität, ist in einem System mit vernetzten Elementen die Frage, was Ursache und Wirkung ist, nicht mehr objektiv entscheidbar. Die Systemtheorie unterscheidet für Systeme, die dem Prinzip der **zirkulären Kausalität** folgen drei Entwicklungsschritte: kybernetische Systeme erster Ordnung, dissipative Strukturen und autopoietische Systeme. Das Gestaltungsprinzip eines generativen Designprozesses kann im Sinne einer

nicht-trivialen Maschine gesehen werden, die zwar synthetisch determiniert, aber analytisch unvorhersehbar ist. Generatives Design bedient sich der **speziellen Materialeigenschaften** von digitalen Medien: numerische Repräsentation, Modularität, Automation, Variabilität und Transkodierbarkeit. Der Arbeitsprozess wird dabei in mehrere **modulare Arbeitsschritte** zerlegt und mit Hilfe von Sequenzen, Schleifen und Fallunterscheidungen gesteuert.

How

Versuche eine technische Skizze des Gesamtprozesses anzufertigen und die Verbindung einzelner Komponenten darzulegen.

Reference

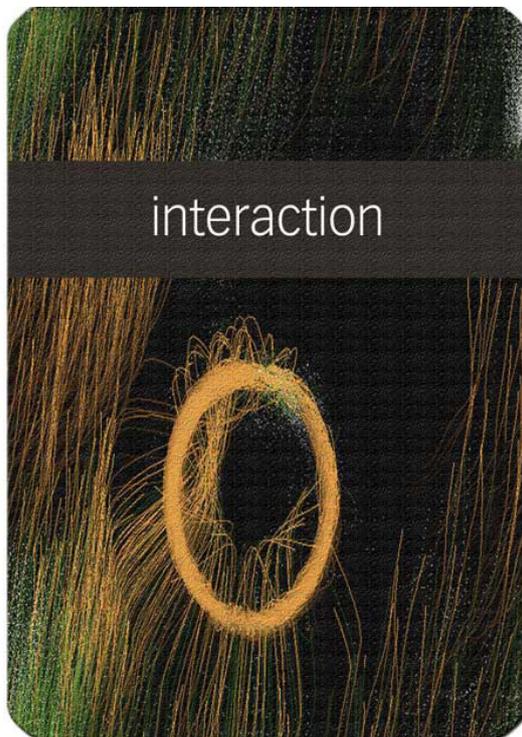
2-1-5. Systemisches Denken	38
2-1-6. Kontrollmechanismen & Materialeigenschaften	42

5-8-2. Beispiele

Strøm ist ein immersives audiovisuelles Environment, das auf Sensorinputs und Audiosignale reagiert. *Square Dance* ist Computerkunst im öffentlichen Raum und erzeugt eine endlose Folge an Rechtecktransformationen. *Infection* ist eine audiovisuelle Rauminstallation, die per haptischen Interface Bild und Ton in Echtzeit manipuliert. *La Linear* ist ein generatives Zeichenprogramm, welches abstrakte Topologien von Bildern erzeugt.

4-1-2-1. Technisches Setup (Strøm)	123
4-2-2-1. Technisches Setup (Square Dance)	149
4-3-2-1. Technisches Setup (Infection)	173
4-4-2-1. Technisches Setup (La Linear)	199

5-9. GDM Interaction



pattern
interaction

Ask.
Which phases of interaction the user and the generative process run through? Is there a feedback loop? By which interface the interaction is done? Is the interaction sequence designed for multiple users? What is the average time of interaction?

Know.
During the first interaction phase (response), object and person are in a situation similar to a normal conversation. The person interacts, tries to understand, and waits for a feedback. Next is a conscious exploration and control of the work. Does the work stir up a situation of contemplation, in which the user mentally deals with the work and associations arise? Or is even a feeling of belonging awakened, at which the users and the work interact in perfect harmony? Is the interaction characterized as a particularly plastic and malleable process (pliability), and does it connect to common social norms and practices (fluency)? Can it be characterized by a particular rhythmic sequence of human computer interaction and are sounds tightly coupled to visual outputs?

How.
Outline the process of interaction and try to anticipate possible user behaviors. Try to describe the different phases of interaction and uncover the special quality of the interface.

A 157. GDM Interaction

5-9-1. Pattern

Ask

Welche Interaktionsphasen durchlaufen Programm und Akteur? Wie sieht eine Feedbackschleife aus? Über welche Schnittstellen wird kommuniziert? Ist die Interaktion für mehrere Besucher konzipiert? Für welche Verweil- und Interaktionsdauer ist die Arbeit ausgelegt? Durch welche Qualität zeichnet sich das Interface aus?

Know

In der ersten Beziehungsebene **Response** sind Objekt und Person in einer gesprächsähnlichen Situation. Die Person interagiert, versucht zu verstehen und wartet auf eine Antwort. In der zweiten Ebene **Control** folgt ein Explorieren und bewusstes Kontrollieren der Arbeit. In einer dritten Beziehungsebene **Contemplation** wird eine assoziative Ausein-

andersetzung mit dem generativen Prozess etabliert. Die vierte Ebene **Belonging** führt zu einem Gefühl der Zugehörigkeit, bei der sich die Akteure von der Arbeit inspirieren und lenken lassen. Die ästhetische Qualität der **Pliability** zeichnet die Interaktion als besonders plastisch und formbar aus. **Fluency** bezeichnet die Integrationsfähigkeit des Interfaces mit gängigen sozialen Normen und Praktiken. Die Qualität **Rhythm** meint die rhythmische Konstanz der Mensch-Maschine-Interaktion nicht nur in musikalischen Anwendungen. Die **Dramaturgical Structure** bezeichnet die Spannung einer Interaktionssequenz.

How

Versuche ein mögliches Benutzerverhalten zu antizipieren und in verschiedenen Interaktionsstufen zu beschreiben. Versuche die besondere Qualität der Benutzerschnittstelle zu charakterisieren.

Reference

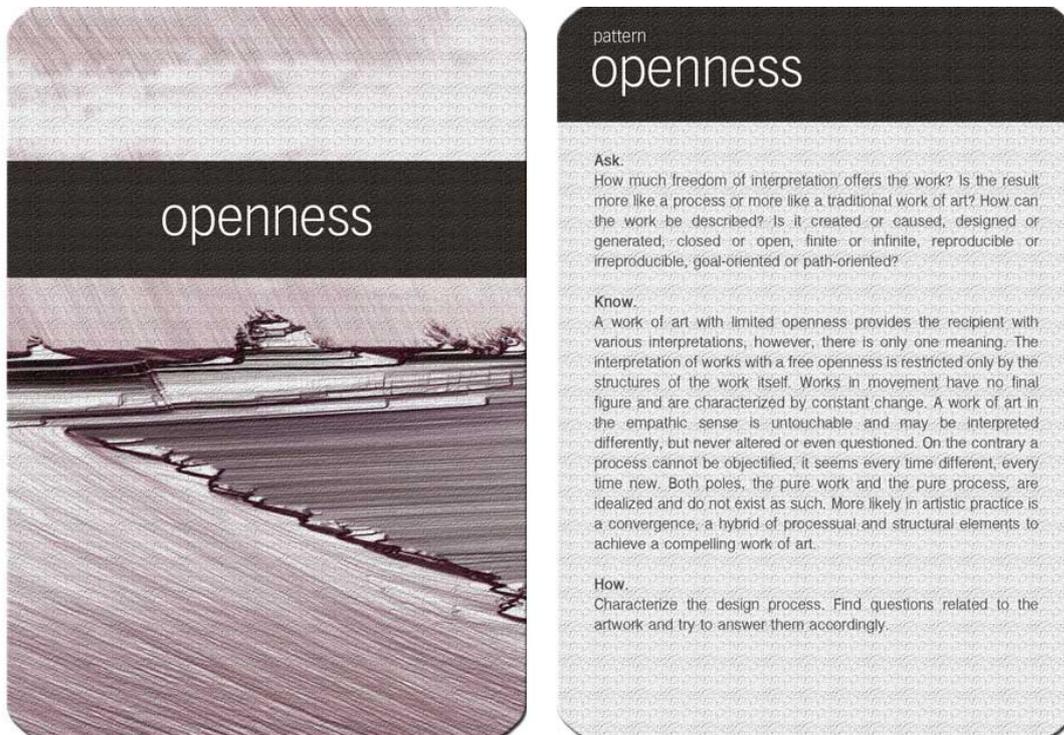
2-4-3. Autor, Werk und Rezipient	88
2-4-4. Interaktionsästhetik	93

5-9-2. Beispiele

Mit *Strøem* kann über mehrere Sensoren und per Mikrofon kommuniziert werden. Die audiovisuellen Veränderungen sind durchwegs zeitkonstant. Der Einfluss der eigenen Stimme und der rhythmischen Audiostrukturen sind sofort visuell erkennbar. Das Pendel von *Infection* zeichnet sich durch eine besonders haptische Interaktion aus. *Square Dance* kann mit einem äußerst reaktiven Touchscreen Interface gesteuert werden, das an gängige Interaktionspraktiken anschließt und intuitiv verständlich ist. Bei *La Linear* erfolgt die Interaktion über Keyboard und Maus. Das Projekt zeichnet sich durch eine lange Interaktionsdauer und spielerische Exploration aus.

4-1-5-2. Interaktionsstufen (Strøem)	137
4-2-5-2. Interaktionsstufen (Square Dance)	165
4-3-5-2. Interaktionsstufen (Infection)	191
4-4-5-2. Interaktionsstufen (La Linear)	219

5-10. GDM Openness



A 158. GDM Openness

5-10-1. Pattern

Ask

Ist der Designprozess eher geschaffen oder verursacht, eher gestaltet oder generiert? Ist das Ergebnis der Arbeit ein abgeschlossenes Werk oder ein offener Prozess? Wie viel Freiraum lässt die Arbeit in der Interpretation? Wie können Produktion und Werkgenese gestaltet sein?

Know

Ein Kunstwerk mit **begrenzter Offenheit** bietet dem Rezipient verschiedene Lesarten an, hinter denen jedoch nur ein Sinn steht. Bei Arbeiten mit **freier Offenheit** ist die Interpretation nur durch die Strukturen in der Arbeit selbst eingeschränkt. Ein **Kunstwerk in Bewegung** besitzt überhaupt keine finale Figur und zeichnet sich durch ständige Veränderung aus. Ein Kunstwerk im klassischen Sinn ist unantastbar. Es darf

zwar verschieden interpretiert, aber niemals verändert oder gar in Frage gestellt werden. Ein Prozess ist in seiner Form vage und zeitlich unbestimmt. Er kann nicht verdinglicht werden und erscheint jedes Mal anders und neu. Das reine Werk gibt es ebenso wenig wie den reinen Prozess. Wahrscheinlicher ist eine Konvergenz in Form von **offenen Prozessen**. Diese laden die Rezipienten ein, zwischen den Ebenen von Werk und Prozess zu springen und assoziativ Sinnesbezüge und Relationen zu konstruieren.

How

Versuche den generativen Gestaltungsprozess mit Attributen zu charakterisieren und Fragen zum Werkstück zu stellen. Versuche den Produktionsprozess und die Entwicklungsschritte bis zum fertigen Stück abzuschätzen.

Reference

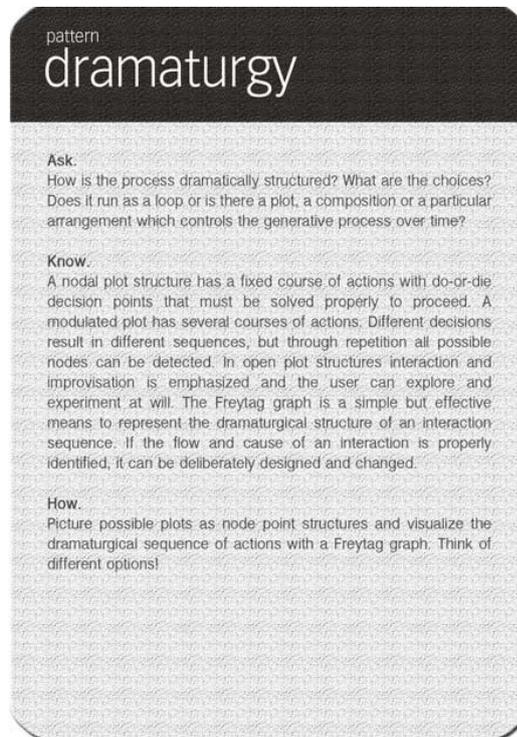
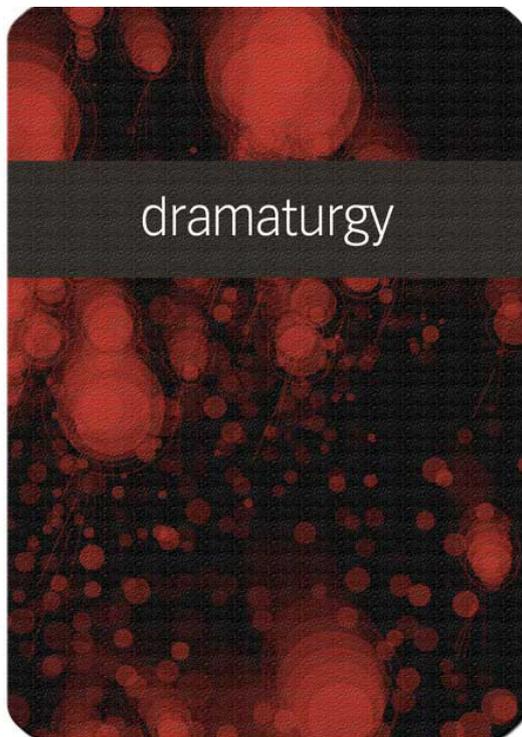
2-3-2. Offene Kunstwerke	69
2-3-5. Werk und Prozess	75

5-10-2. Beispiele

Strøem ist fließend, chaotisch und verursacht. *Square Dance* ist sprunghaft, minimalistisch und generiert. *Infection* ist räumlich, geordnet und vergangenheitsabhängig. *La Linear* ist bildhaft, ziel-orientiert und gestaltend.

4-1-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese (Strøem)	135
4-2-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese (Square Dance)	163
4-3-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese (Infection)	189
4-4-4-3. Produktionsprozess & Werkgenese (La Linear)	217

5-11. GDM Dramaturgy



A 159. GDM Dramaturgy

5-11-1. Pattern

Ask

Wie ist der Prozess dramaturgisch gestaltet? Wie wird er inszeniert? Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es? Läuft die Arbeit im Loop oder gibt es ein bestimmtes Arrangement, welches den generativen Prozess über Zeit verändert? Ist der Designprozess für eine spezifische Zeitdauer oder für einen spezifischen Ort ausgelegt?

Know

Eine **Nodal Plot** Struktur hat einen einzigen Handlungsverlauf mit mehreren Entscheidungspunkten, die durch richtige Interaktion gelöst werden müssen. Ein **Modulated Plot** besitzt mehrere Handlungswege. Entscheidungen resultieren in einem anderen sequentiellen Ablauf, durch Probieren können alle möglichen Handlungsverläufe herausgefunden

werden. **Open Plot** Strukturen sind ohne konkreten Handlungsverlauf. Die Benutzer wählen Anfangs- und Endpunkt. Interaktion und Improvisation stehen im Vordergrund und es kann beliebig exploriert und experimentiert werden. Der moderne Freytag Graph ist ein einfaches, aber effektives Mittel um den Spannungsverlauf und den dramaturgischen Aufbau einer Prozessessequenz zeitlich darzustellen. Ein digitaler Designprozess kann in verschiedenen Formen inszeniert werden. Erst wenn der Handlungsrahmen klar ist, kann dieser kompositorisch gestaltet werden.

How

Versuche mögliche Handlungsstrukturen der Arbeit mit einer Knotenpunktstruktur abzubilden und den Spannungsverlauf mit einem Graphen zu skizzieren. Versuche über verschiedene Inszenierungs- und Präsentationsformen nachzudenken.

Reference

2-4-5. Interaktive Handlungsmodelle	95
2-4-6. Design Patterns	100

5-11-2. Beispiele

Strøem wurde in verschiedenen Ausstellungssituationen als immersive Medieninstallation präsentiert. *Square Dance* wurde als durchgehende Visualisierung einer Gebäudefassade entwickelt und zur Premiere als einstündige Performance gezeigt. *Infection* wurde als interaktive Installation und mehrfach als audiovisuelles Live Konzert inszeniert. Von *La Linear* wurden mehrere Bildserien gedruckt und andere Varianten zur Musikvisualisierung benutzt.

4-1-5-4. Handlungsstruktur (Strøem)	139
4-2-5-4. Handlungsstruktur (Square Dance)	169
4-3-5-4. Handlungsstruktur (Infection)	195
4-4-5-3. Interaktionsästhetik (La Linear)	219

6 SYNOPSIS

Die eingangs gestellten Fragen nach theoretischen Bezugspunkten und historischen Vorläufern für generative Gestaltungsprozesse wurden über einen breitgefächerten Literaturbezug in Computer-, Kunst- und Designtheorien nach vier grundlegenden Kategorien – **Programmierbarkeit**, **Aleatorik**, **Prozesshaftigkeit** und **Interaktivität** – aufgearbeitet. Eine detaillierte Werkanalyse, der parallel zu dieser Forschung entstanden Projekten *Strøem* (2008-2009), *Square Dance* (2009), *Infection* (2010-2011) und *La Linear* (2008-2011) zeigte exemplarisch wie programmierende Medienkünstler arbeiten, wie der Aufbau und die Genese eines generativen Werkstücks aussehen kann und wie Benutzerschnittstellen und Präsentationsformen in der Praxis realisiert werden können. Zur Beantwortung der komplexen Zusammenhänge wie algorithmische Strategien auf ästhetische Zielsetzungen angewandt werden, wie zirkuläre Qualitäten eines Systems den Gestaltungsprozess beeinflussen und wie Entwurfskonzepte aussehen, die nicht mit statischen Objekten sondern mit dynamischen Klassen arbeiten, wurde ein **Prozessmodell der generativen Gestaltung** entwickelt und ein **Set von Design Patterns** vorgeschlagen, welche die wichtigsten Aspekte generativer Designprozesse mit Fragen und Handlungsvorschlägen verknüpfen und Designer, Techniker und Künstler sowohl in der Konzeption als auch in der deskriptiven Analyse praxisnahe unterstützen.

6-1. Zusammenfassung

Resümierend für die vorliegende Arbeit kann generative Gestaltung als digitale Kunstform definiert werden, deren Gestalt und Ablauf nicht im Detail determiniert ist, sich ständig weiterentwickelt und zu einem gewissen Grad zufallsgeleitet und unvorhersehbar ist. Es gilt Prozesse zu entwerfen, die einerseits ein bestimmtes ästhetisches Regelwerk und Organisationsprinzip (**Thema**) intendieren und weiters ein zirkuläres System zur aleatorischen Veränderung (**Variation**) implementieren. Generative Prinzipien können dabei als Kommunikationsschnittstelle zwischen Mensch und Technologie verstanden werden. Im Sinne

SYNOPSIS

von nicht-trivialen Maschinen sind die Transformationsregeln für die Benutzer nicht unmittelbar nachvollziehbar und ein spielerischer, instrumentaler Zugang im Wechselspiel zwischen improvisatorischer Steuerung (**Interaktion**) und Eigendynamik der Maschine (**Kombinatorik**) eröffnet einen assoziativen Freiraum in der Rezeption. Generative Designprozesse differenzieren sich von unserem alltäglichen und trivialen Umgang – im Sinne eines unveränderlichen Regelwerkes – mit Medientechnologie und ermöglichen, gerade über die Interaktion, einen direkten, oft haptischen Zugang zu abstrakten Formen der Kunst. Durch Interaktion entstehen Situationen der doppelten Kontingenz, bei denen Programm und Benutzer den Fortgang des Verhalten des jeweils anderen beobachten und gleichzeitig handeln. Zirkuläre Prozesse, Delinearität und Selbstorganisation sind zu den Forschungszielen in Wissenschaft, Gesellschaft und Technologie geworden. In der Medienkunst, im Informationsdesign und in der Interaktionsgestaltung greift generatives Design diese Paradigmen auf und entwickelt kybernetische und ästhetische Design- und Kommunikationssysteme, die prozessual einer bestimmten Intention oder Qualität folgen.

Im Sinne eines **Art-based Research** wurden in der vorliegenden Arbeit die eigenen künstlerischen Projekte und Methoden reflektiert und auf ein System von Normen bezogen, um grundsätzlichen Fragestellungen zum Entstehungsprozess von generativen Designprozessen nachzugehen. Mit den **Generative Design Method Cards (GDM Cards)** wurde ein auf Theorie und praktischen Erfahrungen basierender Vorschlag für einen strukturierten Konzeptions- und Analyseprozess von generativen Arbeiten entwickelt, welcher die wichtigsten Aspekte generativer Gestaltungsprozesse mit Fragen und Handlungsvorschlägen verknüpft und Designer sowohl in der Entwicklung, als auch in der deskriptiven Analyse praxisnahe unterstützt. Das **Generative Design Model (GDM)** eignet sich als visuelles Erklärungsmodell für die Lehre und Vermittlung generativer Designtechniken, welches gleichermaßen den zyklischen Entwicklungsprozess, den rekursiven Programmaufbau und die transformative Charakteristik generativer Software einfach und verständlich abbildet.

Es ist meine Überzeugung, dass eine semantische Benennung von Aspekten, eine klare visuelle Repräsentation und praktisch nutzbare Objekte den Gestaltungsprozess von generativer Software für alle Techniker, Designer und Künstler bereichern und verbessern können.

6-2. Ausblick

Die Design Patterns und das Prozessmodell wurden retrospektiv entwickelt und beruhen auf vorangegangenen praktischen Erfahrungen und theoretischen Überlegungen zur Konzeption, Analyse und Vermittlung generativer Gestaltungstechniken. Sie wurden bis dato nur in Einzelexperimenten getestet.

Für eine mittelfristige Erhebung von Peer-Reviews und Anwendungsberichten zu den GDM Modellen wurde im Zuge der 14. Internationalen Generative Art Conference in Rom eine erste Version der Design Patterns publiziert (GRUBER 2011) und ein Kommentar- und Feedbacksystem (<http://www.ambientartlab.com/gdm>) eingerichtet.

Eine Studie über die Nutzbarkeit der vorgeschlagenen Modelle und Entwurfsmuster in der universitären Lehre und in Projekten der Realwirtschaft, wäre die logische Fortsetzung dieser Arbeit und Basis für eine Überarbeitung oder Erweiterung der vorliegenden Forschungsergebnisse.

-- END IF --

7 APPENDIX

7-1. Bibliografie

- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Oxford: University Press.
- Andersen, P. B. (2003). *Acting Machines*. In G. Liestøl, A. Morrison & T. Rasmussen (Hrsg.), *Digital Media Revisited: Theoretical and Conceptual Innovation in Digital Domains*. Cambridge, MA: MIT Press, 183-213.
- Arns, I. (2004). *Texte, die (sich) bewegen: zur Performativität von Programmiercodes in Netzkunst und Software Art*. In I. Arns, M. Goller, S. Strätling & G. Witte (Hrsg.), *Kinetographien*. Bielefeld: Aisthesis, 57-78.
- Arns, I. (2005). *Read_me, run_me, execute_me: Code als ausführbarer Text – Softwarekunst und ihr Fokus auf Programmcodes als performative Texte*. In R. Frieling & D. Daniels (Hrsg.), *Medien Kunst Netz 2 / Media Art Net 2. Thematische Schwerpunkte / Key Topics*. Wien: Springer.
- Baier, K. (2003). *Offenes Kunstwerk versus Kunst der Offenheit: Umberto Ecos abendländische Werk-Ästhetik und John Cages buddhistische Alternative*. In *Polylog. Zeitschrift für interkulturelles Philosophieren*, Heft 9, 2003, 38-56.
- Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. V., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., et al. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. URL: <http://www.agilemanifesto.org/> [2012/04/23].
- Bense, M. (1965a). *Aesthetica: Einführung in die neue Ästhetik*. Baden-Baden: Agis.
- Bense, M. (1965b). *Projekte generativer Ästhetik*. In M. Bense & E. Walter (Hrsg.), *edition rot 19*. Stuttgart: Druck Hans Jörg Mayer.

- Boehmer, K.** (1988). *Zur Theorie der offenen Form in der neuen Musik*. 2. Auflage, Darmstadt: Edition Tonos.
- Bohnacker, H., Groß, B., Laub, J. & Lazzeroni, C.** (2009). *Generative Gestaltung: Entwerfen, Programmieren, Visualisieren mit Processing*. Mainz: Hermann Schmidt.
- Borchers, J. O.** (2000). *A Pattern Approach to Interaction Design*. Proceedings of the DIS 2000, International Conference on Designing Interactive Systems. New York, 369-378.
- Borchers, J. O.** (2001). *A Pattern Approach to Interaction Design*. John Wiley & Sons.
- Cesher, C.** (1994). *Colonizing Virtual Reality: Construction of the Discourse of Virtual Reality, 1984-1992*. In Cultronix magazine, Issue One, 1994. URL: [http://cultronix.eserver.org/01/\[2012/04/23\]](http://cultronix.eserver.org/01/[2012/04/23]).
- Cohen, H.** (1995). *The Further Exploits of AARON, Painter*. In SEHR, volume 4, issue 2: Constructions of the Mind. URL: <http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/cohen.html> [2012/04/23].
- Costello, B., Muller, L., Amitani, S. & Edmonds E.** (2005). *Understanding the Experience of Interactive Art: Iamascope in Beta_space*. In Proceedings of the Second Australasian Conference on Interactive Entertainment. ACM Digital Library.
- Cramer, F.** (2005). *Words Made Flesh: Code, Culture, Imagination*. Rotterdam: Piet Zwart Institute, Willem de Kooning Academy Hogeschool.
- Damianisch, A.** (2009). *Programm zur Entwicklung und Erschließung der Künste (PEEK)*. Programmausschreibung 2009, Wien: FWF - Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.
- Daniels, D.** (2002). *Kunst als Sendung: Von der Telegrafie zum Internet*. München: Beck.
- Daniels D.** (2003). *Vom Ready-Made zum Cyberspace: Kunst/Medien Interferenzen*. Ostfildern: Hatje Cantz.

- Davis, J. (2007). *Joshua Davis: Infinitely Interesting*. In E. Malmberg (2007), Apple Pro Profile Archives. URL: <http://www.apple.com/pro/profiles/joshuadavis> [2012/04/23].
- Döhl, R. (2000). *Vom Computertext zur Netzkunst*. Vom Bleisatz zum Hypertext. Netzliteratur.net. URL: http://www.netzliteratur.net/computertext_netzkunst.htm [2012/04/23].
- Döhl, R. (2001). *Exkurs über Aleatorik*. Netzliteratur.net. URL: <http://stuttgarterschule.netzliteratur.net/aleatori.htm> [2011/06/06].
- Drechsler, W., Werner, G. & Bogner D. (2008). *Genau+anders: Mathematik in der Kunst von Dürer bis Sol LeWitt*. Ausstellungskatalog. Wien: Museum Moderner Kunst, Stiftung Ludwig.
- Eco, U. (1977). *Das offene Kunstwerk*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Eco, U. (1989). *The open work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Eco, U. (1995). *Die Insel des vorherigen Tages*. München: Hanser.
- Eno, B. (1996). *A Year with Swollen Appendices: Brian Eno's Diary*. London: Faber & Faber.
- Eno, B. & Schmidt, P. (1975). *Oblique Strategies: Over one hundred worthwhile dilemmas*. Limitierte Edition, weiterführende Informationen unter: <http://www.rtqe.net/ObliqueStrategies/> [2012/04/23].
- Essl, K. (1996a). *Strukturgeneratoren: Algorithmische Komposition in Echtzeit*. In Beiträge zur Elektronischen Musik. Band 5, Graz: Institut für Elektronische Musik, Universität für Musik und darstellende Kunst.
- Essl, K. (1996b). *Plädoyer für ›Das Offene Kunstwerk‹: Zur Frage: ›Für und wider das ‹*. In Positionen – Beiträge zur neuen Musik, Heft 26: Interpretation. Berlin: Verlag Positionen.
- Fels, S. (2000). *Intimacy and Embodiment: Implications for Art and Technology*. In Proceeding of the ACM Conference on Multimedia. Marina del Sol, CA, 13-16.

- Fleischmann, M. & Strauss, W. (2000). *Murmuring Fields oder ein Raum möbliert mit Daten*. In W. Zacharias (Hrsg.), *Interaktiv: Medienökologie zwischen Sinnenreich und Cyberspace*. München: KoPäd.
- Foerster, H. von (1988). *Abbau und Aufbau*. In F. B. Simon (Hrsg.), *Lebende Systeme*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 19-33.
- Foerster, H. von (1993). *KybernEthik*. Berlin: Merve.
- Franke, H. W. (2001). *Wege zur Computerkunst - ein Rückblick*. In H. Kraussen (Hrsg.), *Murnau Manila Minsk - 50 Jahre Goethe Institut. Festschrift zur Ausstellung 2001*. München: Beck.
- Galanter, P. (2003). *What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory*. In *Proceedings of the 6th Generative Art Conference (GA2003)*. Milan: Generative Design Lab.
- Galanter, P. (2004). *Generative art is as old as art: An interview with Philip Galanter*. artificial.dk, September 2004. URL: <http://www.artificial.dk/articles/galanter.htm> [2012/04/23].
- Galanter, P. (2009). *Thoughts on Computational Creativity*. Dagstuhl Seminar Proceedings 2009, *Computational Creativity: An Interdisciplinary Approach*. URL: <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2009/2193> [2012/04/23].
- Galanter, P. (2010). *The Problem with Evolutionary Art Is ...*. *Proceedings of 8th European event on Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design (EvoMUSART 2010)*. Istanbul: EvoStar.
- Giannetti, C. (2004). *Kybernetische Ästhetik und Kommunikation*. Medien Kunst Netz. URL: http://www.medienkunstnetz.de/themen/aesthetik_des_digitalen/kybernetische_aesthetik/print/ [2012/04/23].
- Gibson, W. (1984). *Neuromancer*. New York, NY: Ace Books.
- Gruber, F. J. (2011). *Introducing a Conceptual Framework for Generative Design Processes*. In *Proceedings of the 14th Generative Art Conference (GA2011)*. Milan: Generative Design Lab.

- Guderian, D. (1991). *Mathematik in der Kunst der letzten dreißig Jahre*. Ebringen: Bannstein-Verlag.
- Guderian, D. (1995). *Zufall*. In J. Linschinger (Hrsg.), *Konkrete Kunst und Aleatorik*. München: Ottenhausen-Verlag.
- Haacke, H. (1965). *Untitled statement*. In H. Smith & R. Dean (1997), *Improvisation, hypermedia and the arts since 1945*. Amsterdam: Harwood Academic, 114-115.
- Haarmann, A. (2007). *Artistic Research – Künstlerische Forschung*. Vortrag am Institut für Kunst im Kontext, Berlin, Mai 2007. URL: <http://www.aha-projekte.de/HaarmannArtisticResearch.pdf> [2012/04/23].
- Heibach, C. (2000). *Literatur im Internet: Theorie und Praxis einer kooperativen Ästhetik*. dissertation.de – Verlag im Internet, URL: http://www.netzaesthetik.de/inhalt/Aufsaeetze/heibach_diss.pdf [2012/01/13].
- Herzfeld, M. & Ludwig, H. (1909). *Leonardo da Vinci: Traktat von der Malerei*. Jena: Diederichs.
- Hunger, F. (1998). *Das offene Kunstwerk und dessen Umherirren in den Konzepten interaktiver Kunst*. URL: <http://www.irmielin.org/wp-content/uploads/2012/01/interaktiv.pdf> [2012/04/23].
- Ihmels, T. & Riedel, J. (2004). *Die Methodik der generativen Kunst*. Medien Kunst Netz, URL: http://www.medienkunstnetz.de/themen/generative_tools/generative_art/ [2012/04/23].
- Jaschko, S. (2004). *Interaktivität als künstlerisches Ausdrucksmittel*. In M. Fleischmann & U. Reinhard (Hrsg.), *Digitale Transformationen. Medienkunst als Schnittstelle von Kunst, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft*. Heidelberg: Whois.
- Klant, M. (2004). *Kunst in Bewegung: Aktion – Kinetik – Neue Medien*. Filmbeiträge zur Kunst der Gegenwart (DVD). Ostfildern: Hatje Kanz.
- Klüttsch, C. (2007). *Computer Grafik: Ästhetische Experimente zwischen zwei Kulturen – Die Anfänge der Computerkunst in den 1960er Jahren*. Wien: Springer.

- Knuth, D. E. (1974). *Computer Programming as an Art*. In Communications of the ACM, Volume 17, Issue 12. New York, NY: ACM.
- Krause, M. & Schaudt, G. F. (1967). *Computer-Lyrik: Poesie aus dem Elektronenrechner*. Düsseldorf: Droste.
- Laurel, B. (1993). *Computers as Theatre*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Levin, G. (2000). *Painterly Interfaces for Audiovisual Performance*. MS Thesis, Cambridge, MA: MIT Media Laboratory.
- Levin, G. (2004). *Interview by Carlo Zanni for CIAC Magazine*. URL: http://www.flong.com/texts/interviews/interview_ciac [2012/04/23].
- Löwgren, J. (2009). *Towards an articulation of interaction aesthetics*. In New Review of Hypermedia and Multimedia, Volume 15, Issue 2, 2009, 129-146.
- Maeda, John (2001). *Design By Numbers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maeda, John (2006). *The Laws of Simplicity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Meadows, M. S. (2002). *Pause & Effect: The Art of Interactive Narrative*. Berkeley, CA: New Riders Press.
- Meyer-Eppler, W. (1955). *Statistische und psychologische Klangprobleme*. In Die Reihe, Heft 1: Elektronische Musik, Informationen über serielle Musik, 1955, Wien.
- Mignonneau, L. & Sommerer, C. (2004). *Von der Poesie des Programmierens zur Forschung als Kunstform*. In M. Fleischmann & U. Reinhard (Hrsg.), *Digitale Transformationen: Medienkunst als Schnittstelle von Kunst, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft*. Heidelberg: Whois.
- Moles, A. (1973). *Computer & Kunst*. Köln: DuMont.

- Mörth, I., Hochmayr, C. & Kwastek, K. (2008).** *rezeption interaktiver kunst: eine analyse der produktionsvorstellungen und rezeptionsrealität von interaktiver kunst im kontext der ars electronica 2007*. Endbericht des Forschungspraktikums aus Kultur- & Mediensoziologie 2007/2008, Johannes Kepler Universität Linz. URL: www.kuwi.jku.at/interaktive_kunst.pdf [2012/04/23].
- Nake, F. (1968).** *Künstliche Kunst – Zur Produktion von Computergrafiken*. In H. Ronge (Hrsg.), *Kunst und Kybernetik. Ein Bericht über drei Kunsterziehtagungen Recklinghausen 1965, 1966, 1967*. Köln: DuMont, 128–138.
- Nake, F. (1974).** *Ästhetik als Informationsvermittlung*. Wien: Springer.
- Nake, F. (1995).** *Einmaliges und Beliebigen: Künstliche Kunst im Strom der Zeit*. Aufsatz anlässlich der Berliner Sommer-Uni '95. URL: <http://radicalart.info/AlgorithmicArt/Nake95.html> [2012/04/23].
- Nees, G., & Bense, M. (1965).** *computer-grafik*. Stuttgart: Walther.
- Noll, M. A. & Julesz, B. (1965).** *Computer-Generated Pictures*. Ausstellungskatalog, New York, 6.-24. April 1965. New York: Howard Wise Gallery.
- Norman, D. (2002).** *The Design of Everyday Things*. 2. Auflage, New York: Basic Books.
- Paul, C. (2003).** *Kunst als öffentliche kulturelle Produktion (Software)*. Ars Electronica Katalog-Archiv. URL: http://90.146.8.18/de/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?iProjectID=12501 [2012/04/23].
- Pearson, M. (2011).** *Generative Art: A Practical Guide using Processing*. Shelter Island, NY: Manning.
- Ranzenbacher, H. (2003).** *Principles of Indeterminism*. Ars Electronica Katalog-Archiv. URL: http://90.146.8.18/de/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?iProjectID=12528 [2012/04/23].
- Reas, C. & Fry, B. (2007).** *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Reck, H. U.** (1999). *Kunst durch Medien*. In C. Pias (Hrsg.), [me'dien] - Dreizehn Vortraege zur Medienkultur. Weimar: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften, 109-133.
- Reichardt, J.** (1968). *Cybernetic Serendipity: The Computer and the Art*. Ausstellungskatalog, Studio International Special Issue. London: Institute of Contemporary Arts.
- Richter, H.** (1964). *Dada - Kunst und Antikunst: Der Beitrag Dadas zur Kunst des 20. Jahrhunderts*. Köln: DuMont.
- Santozki, U.** (2006). *Die Bedeutung antiker Theorien für die Genese und Systematik von Kants Philosophie: eine Analyse der drei Kriterien*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Schenker, C.** (2004). *Künstlerische Forschung*. In querdurch, Band 0: kunst + wissenschaft, Hamburg: Textem Verlag.
- Schlichting, J.** (1993). *Physik - zwischen Zufall und Notwendigkeit*. In Praxis der Naturwissenschaften - Physik 42/1, 35. URL: http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/zufall_notwendigkeit.pdf [2012/04/23].
- Schmidt, K. D.** (2009). *Maß und Wahrscheinlichkeit*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schmidt-Wulffen, S.** (2007). *Künstlerische Forschung in Europa*. In die bildene. zeitung der akademie, Nr. 02, Juni 2007. Wien: Akademie der Bildenden Künste.
- Schulze, H.** (2000). *Das Aleatorische Spiel*. München: Fink.
- Schwitters, K.** (1981). *Das literarische Werk*. Band 5: Manifeste und kritische Prosa. Köln: DuMont.
- Shannon, C. E.** (1948). *A mathematical theory of communication*. Bell System Technical Journal 27, 379-423.
- Shiffman, D.** (2008). *Learning Processing: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation, and Interaction*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann.
- Simon, F. B.** (2008). *Einführung in Systemtheorie und Konstruktivismus*. 3. Auflage. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme.

- Soddu, C.** (2002). *Generative Art, Visionary Variations*. Visual Art Centre, Hong Kong. URL: http://www.soddu.it/pdf/soddu_HK-catalogue.pdf [2012/04/23].
- Spangl, J.** (2008). *The Catalyst Kit - Encouraging collaboration and design thinking in interactive systems development*. Dissertation. Wien: Institut für Gestaltung und Wirkungsforschung, Technische Universität Wien.
- Sterling, B.** (2008). *Designing Processes Rather Than Art*. Workshop Booklet. URL: http://www.fabrica.it/workshops/pdfs/sterling_booklet_web.pdf [2012/04/23].
- Stocker, G. & Schöpf, C.** (2003). *Code – The Language of Our Time*. Ostfildern: Hatje Cantz.
- Swift, J.** (1960). *Gulliver's Travels*. New York: Washington Square Press.
- Tidwell, J.** (2005). *Designing Interfaces*. Cambridge, MA: O'Reilly Media.
- Tomaszewski, Z.** (2005). *Foundations of Interactive Narrative*. ICS 699, Department of Information and Computer Science, University of Hawai'i. URL: <http://www2.hawaii.edu/~ztomasze/ics699/intnarr.html> [2012/04/23].
- Trettien, W. A.** (2009). *Ars combinatoria*. URL: <http://www.whitneyanne.trettien.com/arscombinatoria> [2011/08/18].
- Trogemann, G. & Viehoff, J.** (2005). *Code@Art: Eine elementare Einführung in die Programmierung als künstlerische Praktik*. Wien: Springer.
- Tzara, T.** (1924). *Dada Manifesto*. URL: <http://dadamanifesto.blogspot.com/> [2012/04/23].
- Verostko, R.** (2011). *The Algorists*. URL: <http://www.verostko.com/algorist.html> [2012/04/23].
- Völz, H.** (1990). *Computer und Kunst*. Reihe akzent 87, 2. Auflage. Leipzig, Jena-Berlin: Urania-Verlag
- Ward, A.** (2005). *Definitions: What is generative art?*. Generative.net, URL: <http://www.generative.net/read/definitions> [2012/04/23].

- Warnke, M.** (2004). *kulturinformatik: Entlang des Zeitpfeils zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz*. In M. Warnke (Hrsg.), *Der Zeitpfeil im Digitalen - Synthese, Mimesis, Emergenz*. Stuttgart: Alcatel SEL Stiftung.
- Warnke, M.** (2006). *Kunst aus der Maschine*. In J. Sieck & M. A. Herzog (Hrsg.), *Kultur und Informatik*. Frankfurt/Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien, 19-33.
- Watz, M.** (2006). *fragments on generative art*. *vagueterrain.net*, Juni 2006. URL: <http://66.49.250.143/content/archives/journal03/watz01.html> [2012/04/23].
- Weaver, W.** (1949). *Recent Contributions to The Mathematical Theory of Communication*. URL: <http://ada.evergreen.edu/~arunc/texts/cybernetics/weaver.pdf> [2012/04/23].
- Weiße, C. H.** (1829). *Aristoteles: Physik*. Leipzig.
- Windelband, W.** (1870). *Die Lehren vom Zufall*. Berlin: F. Henschel.
- Wolfram, Stephan** (2002). *A New Kind of Science*. Champaign, IL: Wolfram Media.

7-2. Abbildungen

A 1. Arbeitsstruktur	21
A 2. Manfred Mohr, Bild 26/1168 7 pour Faraday, 1968 (COMPART DADA)	30
A 3. A. Michael Noll, Vertikal-horizontal Nr.3, 1964 (COMPART DADA)	30
A 4. Georg Nees, Schotter, n/a (COMPART DADA)	31
A 5. Frieder Nake, 13/9/65 Nr. 2 (›Klee‹), 1965 (COMPART DADA)	31
A 6. Max Bense. Kommunikationsschema (KLÜTSCH 2007)	33
A 7. Anatomische Studie für die Zeichenfunktion von Aaron (COHEN 1996)	36
A 8. Harold Cohen, Aaron with Decorative Panel, 1992 (COHEN 1995)	36
A 9. Modell der geradlinigen Kausalität (SIMON 2008)	39
A 10. Triviale Maschine (FOERSTER 1988)	39
A 11. Modell der zirkulären Kausalität (SIMON 2008)	40
A 12. Nicht-Triviale Maschine (FOERSTER 1988)	41
A 13. Hexagramme des I Ging (WIKIMEDIA COMMONS)	51
A 14. Proportionen eines Monocordio (WIKIMEDIA COMMONS)	51
A 15. Goldene Schnitt im Pentagramm (WIKIMEDIA COMMONS)	52
A 16. Blattabstand im Goldenen Winkel (WIKIMEDIA COMMONS)	52
A 17. Figuren der Ars Magna (CRAMER 2007)	53
A 18. Georg Philipp Harsdörffer, Denckring (CRAMER 2007)	54
A 19. Tabellen in Mozarts KV 294d (VÖLZ 1990)	54
A 20. Justinus Kerner, Klecksografie (Selbstbildnis), 1857 (Deutsches Literaturarchiv Marbach)	60
A 21. Victor Hugo, Le Rocher de l'Ermitage dans un paysage imaginaire, 1855 (Bibliothèque nationale de France)	60
A 22. Jackson Pollack, Male and Female, 1942 (Philadelphia Museum of Art)	60
A 23. Niki de Saint Phalle, Shooting Picture, 1961 (Collection Niki Charitable Art Foundation)	60
A 24. Max Ernst, Cocktail Drinker, 1945 (Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen)	60
A 25. Max Bill, konstruktion um das thema 3:4:5, 1980 (Kunsthhaus Zürich)	61
A 26. Carl Andre, Chain well, 1964 (National Gallery of Australia)	61
A 27. Donald Judd, Artist's Against Torture, 1993 (Judd Foundation)	61

APPENDIX | Bibliografie

- A 28. Sol LeWitt, Wall Drawing #1081: Planes of Color, 2003
(Kunstsammlungen Chemnitz) 61
- A 29. Hanne Darboven, Ein Jahrhundert, 1971 (Westfälischer Kunst
Verein Münster) 61
- A 30. Mandelbrot-Menge, Startbild (WIKIMEDIA COMMONS) 62
- A 31. Mandelbrot-Menge, Ausschnitt (WIKIMEDIA COMMONS) 63
- A 32. 300 Durchläufe von sieben zellulären Regeln (WOLFRAM 2002).
63
- A 33. Algorithmische Komplexität und effektive Komplexität (GALANTER
2010) 73
- A 34. Komplexität generativer Kunstsysteme (GALANTER 2009) 74
- A 35. Drachenkurve und Lorenz-Attraktor (WIKIMEDIA COMMONS) 74
- A 36. Ästhetische Komplexität in der Kunst (GALANTER 2009) 75
- A 37. Klassische Form generativer Entwurfsprozesse (BOHNACKER et
al. 2009) 79
- A 38. Nam June Paik, Participation TV, 1963-1966 (MEDIENKUNSTNETZ)
82
- A 39. Bruce Nauman, Live-Taped Video Corridor, 1970
(MEDIENKUNSTNETZ) 82
- A 40. Dan Graham, Time Delay Room, 1974 (MEDIENKUNSTNETZ) 82
- A 41. Peter Weibel, Beobachtung der Beobachtung: Unbestimmtheit,
1973 (MEDIENKUNSTNETZ) 82
- A 42. Deskriptive und performative Ebene computerbasierter Werke
(TROGEMANN & VIEHOFF 2005) 89
- A 43. Sidney Fels, Iamascope, 1997-2000 (FELS 2000) 90
- A 44. Golan Levin & Zach Lieberman, Messa di Voce, 2003 (FLONG.
COM) 93
- A 45. Golan Levin & Zach Lieberman, The Manual Input Sessions,
2004 (FLONG.COM) 93
- A 46. Brian Eno & Peter Chilvers, Bloom, 2008 (LÖWGREN 2009) 94
- A 47. Durrell Bishop, Ambient Orb, 1994 (LÖWGREN 2009) 94
- A 48. Flussdiagramm für ein Use-Case Szenario (MEADOWS 2002) 95
- A 49. Moderne Version des Freytag Graphen (TOMASZEWSKI 2005) 96
- A 50. Laurels Flying Wedge Modell interaktiver Narration (TOMASZEWSKI
2005) 96
- A 51. Nodal Plot (TOMASZEWESKI 2004) 97
- A 52. Modulated Plot (Meadows in TOMASZEWESKI 2004) 98
- A 53. Open Plot (Meadows in TOMASZEWESKI 2004) 98
- A 54. Modell der sieben Aktionsstufen (NORMAN 2002) 99

A 55. Mustersprache für interaktive Ausstellungen (BORCHERS 2000)	101
A 56. Beispielkarte aus dem Catalyst Kit (SPANGL 2008)	103
A 57. Kartenset der 5. Edition der Oblique Strategies (ENO & SCHMIDT 1995)	104
A 58. GDM Infinity (GRUBER 2011)	111
A 59. GDM Hourglass (GRUBER 2011)	112
A 60. GDM Time-based vergangenheitsabhängig (GRUBER 2011)	113
A 61. GDM Time-based vergangenheitsunabhängig (GRUBER 2011)	113
A 62. Strøem @ Design Cinema Conference Istanbul	119
A 63. Strøem @ Design Cinema Conference Istanbul	120
A 64. Strøem @ Design Cinema Conference Istanbul	121
A 65. Strøem – Screen 1	122
A 66. Strøem – Technisches Setup	123
A 67. Strøem – Screen 2	124
A 68. Strøem – Programmmodule	125
A 69. Strøem – Screen 3	126
A 70. Strøem – Beispiel Moduskonfiguration	127
A 71. Strøem – Beispiel Modusrendering	127
A 72. Strøem – Screen 4	128
A 73. Strøem – Screen 5	130
A 74. Stroem – Screen 6	132
A 75. Stroem – Screen 7	134
A 76. Stroem – Screen 8	136
A 77. Stroem – Screen 9	138
A 78. Stroem – Screen 10	140
A 79. Strøem – Handlungsstruktur	141
A 80. Strøem – Spannungsverlauf	141
A 81. Square Dance @ Ars Electronica Festival 2009	145
A 82. Square Dance @ Ars Electronica Festival 2009	146
A 83. Square Dance @ Ars Electronica Festival 2009	147
A 84. Square Dance – Screen 1	148
A 85. Square Dance – Technisches Setup	149
A 86. Square Dance – Screen 2	150
A 87. Square Dance – Programmmodule	151
A 88. Square Dance – Screen 3	152
A 89. Square Dance – Lemur Control	153
A 90. Square Dance – Steuerleiste	153
A 91. Square Dance – Screen 4	154

APPENDIX | Bibliografie

A 92.	Square Dance – Audioanalyse	155
A 93.	Square Dance – Screen 5	156
A 94.	Square Dance – Screenshot ARS Facade Simulator	157
A 95.	Square Dance – Screen 6	158
A 96.	Square Dance – Screen 7	160
A 97.	Square Dance – Transformation der Bitmap	161
A 98.	Square Dance – Screen 8	162
A 99.	Square Dance – Screen 9	164
A 100.	Square Dance – Screen 10	166
A 101.	Square Dance – Lemur Control Audio	167
A 102.	Square Dance – Screen 11	168
A 103.	Square Dance – Handlungsstruktur	169
A 104.	Square Dance – Screen 12	170
A 105.	Square Dance – Spannungsverlauf	171
A 106.	Infection – Technisches Setup	173
A 107.	Infection @ sound:frame Festival 2010	175
A 108.	Infection @ sound:frame Festival 2010	176
A 109.	Infection @ sound:frame Festival 2010	177
A 110.	Infection – Screen 1	178
A 111.	Infection – Programmmodule	179
A 112.	Infection – Screen 2	180
A 113.	Infection – Pendel Videotracking	181
A 114.	Infection – Screen 3	182
A 116.	Infection – Beispiel Moodkonfiguration	183
A 115.	Infection – Ambisonic Sound Mapping	183
A 117.	Infection – Screen 4	184
A 118.	Infection – Screen 5	186
A 119.	Infection – Beispiel Attraktorkonfiguration	187
A 120.	Infection – Screen 6	188
A 121.	Infection – Screen 7	190
A 122.	Infection – Screen 8	192
A 123.	Infection – Pendel	193
A 124.	Infection – Screen 9	194
A 125.	Infection – Handlungsstruktur	195
A 126.	Infection – Screen 10	196
A 127.	Infection – Spannungsverlauf	197
A 128.	La Linear – Technisches Setup	199
A 129.	La Linear @ Migrare Fest, Schlossmuseum Linz	201
A 130.	La Linear – Screen 1	203
A 131.	La Linear – Screen 2	204

A 132.	La Linear – Programmmodule	205
A 133.	La Linear – Screen 3	206
A 134.	La Linear – Bildgenerierung	207
A 135.	La Linear – Screen 4	208
A 136.	La Linear – Zeicheneffekt Scribble	209
A 137.	La Linear – Screen 5	210
A 138.	La Linear – Ausschnitt GUI	211
A 139.	La Linear – Screen 6	212
A 140.	La Linear – Screen 7	214
A 141.	La Linear – Screen 8	216
A 142.	La Linear – Screen 9	218
A 143.	La Linear – Screen 10	220
A 144.	La Linear – Handlungsstruktur	221
A 145.	La Linear – Spannungsverlauf	221
A 146.	Aufbau einer GDM Karte	225
A 148.	GDM Anwendung – Lineares Wasserfallmodell	226
A 147.	GDM Anwendung – Baumstruktur nach Aspekten	226
A 149.	GDM Anwendung – Zirkuläres Kreismodell	227
A 150.	GDM Intention	228
A 151.	GDM Repertoire	230
A 152.	GDM Selection	232
A 153.	GDM Organization	234
A 154.	GDM Communication	236
A 155.	GDM Function	238
A 156.	GDM System	240
A 157.	GDM Interaction	242
A 158.	GDM Openness	244
A 159.	GDM Dramaturgy	246

7-3. Tabellen

T 1. Aleatorische Spiele und Werktypen	66
T 2. Hauptmerkmale von Werk und Prozess	76
T 3. Strøem – Repertoire der Elemente	129
T 4. Strøem – Interaktionsstufen	137
T 5. Strøem – Strukturanalyse	141
T 6. Square Dance – Bildeffekte	153
T 7. Square Dance – Byte Codierung ARS Facade Simulator	157
T 8. Square Dance – Repertoire der Elemente	159
T 9. Square Dance – Selektion der Rechtecke	161
T 10. Square Dance – Interaktionsstufen	165
T 11. Square Dance – Strukturanalyse	171
T 12. Infection – Repertoire der Elemente	185
T 13. Infection – Attraktoreffekte	187
T 14. Infection – Interaktionsstufen	191
T 15. Infection – Strukturanalyse	197
T 16. La Linear – Farbmischeffekte	209
T 17. La Linear – Repertoire der Elemente	213
T 18. La Linear – Organisationsvariablen	215
T 19. La Linear – Interaktionsstufen	219
T 20. La Linear – Strukturanalyse	221

7-4. Glossar

Autokorrelation – Die Autokorrelation ist ein Begriff aus der Signalverarbeitung und beschreibt die Korrelation einer Funktion oder eines Signals mit sich selbst. Mit Hilfe der Autokorrelation ist es möglich, Zusammenhänge zwischen den beobachteten Ergebnissen zu verschiedenen Beobachtungszeitpunkten einer Messreihe festzustellen.

35

Batchmodus – Der Batchmodus, auch Stapelverarbeitung oder Batchbetrieb genannt, bezeichnet die sequentielle Verarbeitung einer festgelegten Menge von Aufgaben und Daten. Im Gegensatz zur interaktiven Dialogverarbeitung kann nach dem Start eines Batchprogramms kein Einfluss mehr auf Ausführung und Ergebnis genommen werden.

31

Compiler – Ein Compiler ist ein Computerprogramm, das ein geschriebenes Programm in ein semantisch äquivalentes Programm einer anderen Programmiersprache (meist Assemblersprache, Bytecode oder Maschinensprache) umwandelt. Der Übersetzungsprozess wird als Kompilierung bezeichnet.

19

Emergenz – bezeichnet die spontane Herausbildung von neuen Eigenschaften oder Strukturen eines Systems infolge des Zusammenspiels seiner Elemente. Dabei lassen sich die emergenten Eigenschaften des Systems nicht offensichtlich auf die Eigenschaften der Einzelelemente zurückführen.

38

Expertensystem – Ein Expertensystem (XPS) ist ein Computerprogramm, das Menschen bei der Lösung von komplexeren Problemen wie ein Experte unterstützen kann, indem es Handlungsempfehlungen aus einer Wissensbasis ableitet.

35

Fast Fourier Transformation (FFT) – Eine FFT wird in der Audioanalyse zur Berechnung und Darstellung von Spektrogrammen verwendet, welche die Amplituden der jeweiligen Frequenzanteile zeigen.

127

Fraktale Struktur – Fraktale Strukturen bezeichnen natürliche oder künstliche Gebilde, die keine ganzzahlige sondern eine gebrochene Dimensionalität besitzen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein Objekt aus mehreren verkleinerten Kopien seiner selbst besteht.

43

Kontingenz – bezeichnet das gemeinsame Auftreten zweier Ereignisse und einen Status der Ungewissheit und Offenheit über die möglichen Weiterentwicklungen. 38

Kybernetik – Die Kybernetik beschäftigt sich mit rekursiven Vorgänge in signalverarbeitenden Systemen, lebenden Organismen und sozialen Organisationen. Sie untersucht den Zusammenhang zwischen Signal und Bewegungssteuerung. Ihre zentralen Kategorien sind System, Information und Steuerung. 34

Mimesis – Mimesis bezeichnet einerseits das Vermögen, mittels einer körperlichen Geste eine Wirkung zu erzielen, andererseits das Prinzip der Nachahmung in den Künsten. 37

Random Number Generator – Im Deutschen als Zufallszahlengenerator, oder Zufallsgenerator bezeichnet, erzeugt eine Folge von zufälligen Zahlenwerten. Der Bereich hängt dabei jeweils vom speziellen Generierungsprinzip ab. Meist reicht jedoch die Menge der reellen Zahlen im Intervall $[0,1]$ aus, um sich alle Wahrscheinlichkeitsverteilungen erzeugen zu lassen. 47

Retroherence – Bezeichnet die Tendenz von verschiedenen Ereignisgruppen logisch verbunden zu sein, nachdem sie passiert sind. Ursprünglich unabhängige Ereignisse werden im Nachhinein nicht mehr getrennt wahrgenommen. 77

Serielle Musik – Auch als Serialismus oder Serialität bezeichnet, ist eine Strömung der Neuen Musik des 20. Jahrhunderts. Die Kompositionstechnik basiert auf dem Versuch, möglichst alle Eigenschaften der Musik auf Zahlenreihen aufzubauen und eine ›Musique Pure‹ hervorzubringen, die frei von Redundanz, Unbestimmtheit und Beliebigkeit ist. 55

Syllogismus – Die Syllogismen bilden den Kern der antiken und traditionellen Logik bis ins 19. Jahrhundert. Jeweils zwei Voraussetzungen (Obersatz und Untersatz) führen zu einer logischen Schlussfolgerung die gültig oder ungültig und wahr oder falsch sein kann. 52

Synästhesie – bezeichnet die Kopplung mehrerer physisch getrennter Bereiche der Wahrnehmung. Im Zusammenhang mit der Medienkunst ist vor allem die Vereinigung mehrerer Kunstformen wie Musik, Malerei, Architektur, Tanz oder Literatur zu einem medialen Gesamtkunstwerk gemeint. 55

Synthese – Als Synthese bezeichnet man die Vereinigung von zwei oder mehr Elementen zu einer neuen Einheit. Oftmals wird mit der Synthese auch das Produkt selbst, also das Resultat einer synthetischen Tätigkeit bezeichnet.

36

7-5. CV Autor

Dipl.-Ing. (FH) Florian Josef Gruber

Radetzkystrasse 24/4-5, 1030 Wien

m: florian.gruber@ambientartlab.at

t: +43 650 2045390

w: <http://www.ambientartlab.com>

Staatsbürgerschaft: Österreich

Geboren am: 20.05.1980 in Linz

Beschäftigungen

- | | |
|-------------|--|
| seit 2008 | Leitung des ambientartlab
Labor für digitale Kunst und interaktive Medien |
| seit 2007 | Selbstständiger Mediendesigner
Projekte u.a. für Allianz, ARD, das Erste, SWR, Springer Verlag, Mobilkom Austria und ORF |
| 2010 - 2011 | DMC 01 Wien
Agentur für digitale Medien und Kommunikation |
| 2009 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Fakultätsschwerpunkt Visuelle Kulturgeschichte
Historisch-Kulturwissenschaftlichen Fakultät,
Universität Wien |
| 2007 - 2008 | Universitätslektor
Institut für Kunst und Gestaltung, TU Wien |
| 2006 | Research Assistant
Keycentre of Design, Computing and Cognition,
University of Sydney, Australia

Teaching Assistant
Keycentre of Design, Computing and Cognition,
University of Sydney, Australia |
| 2005 | Studienassistent Visual Culture Lab
Institut für Kunst und Gestaltung, TU Wien |

2003 - 2004 Design Development Group (DDG) Wien
Agentur für neue Medien

Ausbildung

2006 - 2012 Technische Universität Wien
Doktorat der technischen Wissenschaften

1999 - 2003 Technikum Wien
Studiengang Elektronische Informationsdienste
Spezialisierung: Multimedia & Software Engineering
Abschluss Diplom-Ingenieur (FH) mit Auszeichnung

1990 - 1998 Bundesrealgymnasium Rohrbach (OÖ)
Abschluss AHS Matura

1986 - 1990 Volksschule Öpping (OÖ)

Stipendien und Auszeichnungen

2007 Forschungsstipendium
TU Wien

2006 Förderungsstipendium
TU Wien

2005 Leistungsstipendium
TU Wien

2003 T-Mobile Award (beste Diplomarbeit)
Technikum Wien, Jhg. 2003

Ausstellungen (Auswahl)

2011 Improtage
Audiovisuelle Improvisationen
Jazzatelier Ulrichsberg

2010 Integrationsball
Visuelle Live Illustration, Migrare Tanzperformance
Designcenter Linz

APPENDIX | CV Autor

- 2010 Sound:frame Festival
Interaktive audiovisuelle Installation
Künstlerhaus, Passage Galerie, Wien
- 2009 Ars Electronica Festival
Audiovisuelle Performance, AEC Fassade
AEC Linz
- 2009 Sound:frame Festival
Interaktive audiovisuelle Installation
Künstlerhaus, Spanischer Saal, Wien
- 2008 Wir haben alle ein Motiv
Interaktive audiovisuelle Installation
Gruppenausstellung kuratiert von Hubert Lobnig
Loamgrui, Unterstinkenbrunn, NÖ
- 2004 Ars Electronica Festival
Interaktive audiovisuelle Installation, AEC Fassade
AEC Linz

Publikationen

- 2011 14th Int. Generative Art Conference
Paper Publikation
Rom, Italien
- 2010 13th Int. Generative Art Conference
Conference Exhibition
Mailand, Italien
- 2009 5th Int. Syposium on Computational Aesthetics
Conference Exhibition
Victoria, British Columbia, Canada
- 2008 3rd Int. Design Cinema Conference
Conference Exhibition
Istanbul, Türkei

Florian J. Gruber

If Code == Imagination

Theorie, Modelle und Entwurfsmuster generativer Designprozesse

Dissertation, Technische Universität Wien

© 2012