Dissertation
der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart
zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs

Paradoxien des Digital Turn in der Architektur 1990–2015

Von den Verlockungen des Organischen: digitales Entwerfen zwischen informellem Denken und biomorphem Resultat

Carin M. Schirmacher

Tag der Promotionsprüfung:
01.12.2017

Rektorin:
Prof. Dr. Barbara Bader

1. Berichterstatter:
Prof. Dr.-Ing. Sokratis Georgiadis
ArchitectureCulture (Architektur- und Designgeschichte)

2. Berichterstatter:
Prof. Dipl.-Ing. MSc Tobias Wallisser
.de Digitales Entwerfen (Innovative Bau- und Raumkonzepte)

Für
SH

Kurzfassung

Vor dem Hintergrund der Einführung des Computers und der damit verbundenen Digitalisierung in der Architektur mit ihrer breiten Anwendung in den 1990er Jahren geht die Arbeit von der Frage aus, warum es im Formbildungsprozess eine Diskrepanz zwischen informellem Denken und biomorphem Resultat gibt. Es werden Paradoxien aufgedeckt, deren Fehlschlüsse zu einer Vielfalt von digitalen Strömungen bei gleichzeitiger Vereinheitlichung der Ausdrucksmittel führten. Im Mittelpunkt steht eine vergleichende und disziplinübergreifende Gegenüberstellung informeller und biomorpher Ansätze. Der informelle Ansatz findet seinen Ursprung im Konzept des Formlosen bei Georges Bataille in den 1920er Jahren und in der informellen Kunst in den 1950er/1960er Jahren. Der biomorphe Ansatz präsentiert sich in dieser Arbeit durch den Nachweis der Verlockungen, aufgrund derer die Architektur die Natur immer wieder als Vorbild nimmt. Es wird aufgezeigt, wo der aktuelle Architekturdiskurs in der Vermischung beider Ansätze feststeckt. Die Konklusion und der Ausblick bilden den Abschluss, in dem die „Unfreiheit“ des Programmierens mit dem Wesen der Unbestimmtheit in einer postdigitalen Ära zusammengedacht wird. Dabei wird eine Antwort auf die Frage gegeben, warum sich das digitale Entwerfen vielfach einer biomorphen Formensprache bedient und wie ein Weg aussehen kann, der aus dieser Sackgasse herausführt.

Abstract

In light of the introduction of computers and the related digitalization in architecture and its broader application in the 1990s, this thesis examines the question of why there is a discrepancy between informal thinking and the biomorphic result in the creation of form. Paradoxes and their fallacies, which led to a variety of digital streams with a simultaneous unification of the means of expression, will be revealed. The focus is set on a comparative and interdisciplinary comparison of informal and biomorphic approaches. The informal approach has its roots firstly in the “formless”, which was first introduced by Georges Bataille in the 1920s, and secondly in the informal art of the 1950s and 1960s. The biomorphic approaches presented in this thesis demonstrate that the temptation to use nature as inspiration in architecture was too high to resist. It shows how the current architectural discourse is stuck between these two approaches. Finally there is a meta-discourse which suggests that the limitations of programming could be combined with the freedom of uncertainty in the post-digital era. This could answer the question as to why digital design often uses biomorphic idioms and may provide a path out of this impasse.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung **4**

II. Das Informelle und das Biomorphe **9**

1. Der Begriff des Informellen 9

1.1. Das Informelle als Konzept des Formlosen bei Georges Bataille 11

1.2. Charakteristika des Informellen 15

1.2.1. Der Werkbegriff 16

1.2.2. Der Schaffensprozess 18

1.2.3. Der Raum 20

1.2.4. Die Zeit 21

1.3. Rezeption des Informellen 22

1.4. Informelle Künstler in Deutschland, Frankreich und Amerika 26

2. Entwicklung abstrakt-informeller Codes in der Architektur 28

2.1. Was ist ein Code? 29

2.2. Transformation des Informationsbegriffs 31

2.2.1. Entsemantisierung der Information in den 1940er Jahren 32

2.2.2. Informationsästhetik in den 1960er Jahren 34

2.3. Wiederentdeckte Sensibilität für das Informelle im Dekonstruktivismus 37

3. Der Begriff des Biomorphen 40

3.1. Die Natur 41

3.2. Das Organische 44

3.3. Die biomorphe Gestalt 48

4. Entwicklung symbolisch-bildhafter Codes in der Architektur 51

4.1. Formfindung aus Metapher und Analogie 52

4.2. Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie 58

4.3. Formfindung als Prozess 65

4.4. Strategien der Postmoderne 67

III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015) **71**

1. Das Informelle in Werken der Kunst und des digitalen Entwerfens 71

1.1. Methode 73

1.2. Vorgehen 74

2. Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015) 76

3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998) 78

3.1. *pulse* – allgemeine Definition 81

3.2. *pulse* und das Informelle – künstlerische Ansätze 83

3.3. *pulse* vs. Körperbildung 86

3.3.1. *repeating* vs. *scaling* und *superposition* 87

3.3.2. *flickering* vs. *folding 1*, *morphing* und *animate form* 90

3.3.3. *stopping* vs. *field conditions* und *cinematic sectioning* 96

3.3.4. *expanding* vs. *non-linearity* 101

3.3.5. *interacting* vs. *hypersurfaces* 105
4. Raumkonfiguration in der 2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003) 108
4.1. *horizontality* – allgemeine Definition 111
4.2. *horizontality* und das Informelle – künstlerische Ansätze 114
4.3. *horizontality* vs. Raumkonfiguration 118
4.3.1. *lowering* vs. *diagramming* 119
4.3.2. *being repeatedly unique* vs. *objectile* und *versioning* 128
5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004) 133
5.1. *entropy* – allgemeine Definition 137
5.2. *entropy* und das Informelle – künstlerische Ansätze 140
5.3. *entropy* vs. technische Optimierung 144
5.3.1. *rising through collapsing* vs. *emerging* 145
5.3.2. *automating* vs. *evolving* und *growing* 152
6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006) 161
6.1. *baroque* – allgemeine Definition 166
6.2. *baroque* und das Informelle – künstlerische Ansätze 172
6.3. *baroque* vs. strukturelle Virtuosität 176
6.3.1. *dynamising* vs. *folding 2* und *parametrising* 177
6.3.2. *ornamenting* vs. *tooling* 186
7. Materialeigenschaft in der 5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010) 193
7.1. *base materialism* – allgemeine Definition 198
7.2. *base materialism* und das Informelle – künstlerische Ansätze 201
7.3. *base materialism* vs. Materialeigenschaft 205
7.3.1. *declassifying* vs. *topology optimization* und *material computation* 206
8. Zusammenfassung 216

IV. Konklusion: Nature sells! **223**
1. Die ewige Wiederkunft der Naturmimetik 223
2. Vers une Métaphysique nouvelle 228
3. The Evolution of Paradoxes: Biological fallacy in architecture 231

V. Ausblick: Der Digital Turn ist tot, es lebe der Digital Turn! **239**
1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012) 239
2. Don‘t search, just find! 254

VI. Literatur **274**

VII. Anhang **304**
1. Tabellenverzeichnis 304
2. Abbildungsverzeichnis 305
3. Eidesstattliche Versicherung 553
4. Danksagung 554

I. Einleitung

Ausgangspunkt dieser Arbeit vor dem Hintergrund der Einführung des Computers und der damit verbundenen Digitalisierung in der Architektur in den 1990er Jahren ist die Frage, warum es im Prozess der Formfindung eine Diskrepanz zwischen informellem Denken und biomorphem Resultat gibt.

In der Architektur befinden wir uns seit etwa 25 Jahren durch die Verwendung des Computers in einer hoch innovativen Phase. Der Entwurf hat nicht mehr die Vorabbildung des fertigen Objekts zum Ziel, sondern wird als offener Prozess der schrittweisen Formgenerierung verstanden. Die Architekten arbeiten seitdem verstärkt mit Skripten, Codes und Algorithmen.[1] Durch diese neuen digitalen Werkzeuge können sie Vorgänge der Formbildung in der Natur imitieren, die die Hinwendung zu biomorphen Ausdrucksweisen begünstigt haben. Ist die Architektur schon immer durch verschiedene Ansätze mit der Imitation biologischer Prozesse befasst gewesen, wie z.B. durch Formfindung aus Metapher und Analogie oder durch Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie, so hat die Architektur noch nie so unmittelbar zu einer Imitation biologischer Prozesse geführt, wie es aktuell durch das Prozesshafte im digitalen Entwerfen passiert. Die Biologie wird instrumentalisiert, nicht als analoge oder strukturelle Referenz, sondern es wird damit begonnen, die zwei Disziplinen – Biologie und Architektur – ohne Abgrenzungen zu behandeln: sie laufen in einer einzigen Performance zusammen.[2] Stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien diese neuen biomorphen Formen beurteilt werden können?[3] Wird der biologische Vorgang der Formbildung wirklich imitiert oder sind die entstehenden Formen lediglich bildliche Repräsentationen des biologischen Prozesses?

Zum einen begegnet man neben dem Ausdruck des Biomorphen, der den aktuellen Trend zu weichen und verschliffenen, nahezu ‚formlosen' am Computer erzeugten Formen kennzeichnet, immer wieder dem Begriff, der ebenfalls für diesen Trend steht: dem Organischen. Biomorphismus und der Begriff des Organischen verweisen auf die Natur. Seit jeher ist die Natur dem Menschen in vielerlei Hinsicht ein Vorbild und ihre Nachahmung inspiriert schon immer zu technischen Höchstleistungen und Innovationen. Aber von welcher Natur ist hier eigentlich die

---

[1] In den letzten Jahren sind neue Berufsbilder mit spezialisierten Anforderungen an die Architekten entstanden. Die Digitalisierung des Bauprozesses führt dazu, dass der Entwurf, inklusive Planung und Fertigung, in den Händen von kollaborierenden Teams liegt, die mit neu entwickelter Technik und Software arbeiten, wie z.B. die *Non-uniform rational B-Splines (NURBS)* zur Modellierung beliebiger Formen; das *Rapid Prototyping* inklusive *Computer-aided design (CAD)* und *Computer-aided manufacturing (CAM)* zur schnellen Herstellung von individuellen Werkstücken, ausgehend von Konstruktionsdaten; das *Building Information Modeling (BIM)* zur optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden.

[2] Kimberli Meyer. *The Gen(H)ome Project*. Ausstellungskatalog *MAK Center*, Los Angeles, 2006/07, S. 8 f. (ü.d.V. sinngemäß)

[3] Vgl. Anthony Vidler. „Digitaler Animismus" in: *ARCH+ Nr. 159/160 Formfindungen*, 2002, S. 115

Rede? Welche Vorstellungen stecken hinter den immer wiederkehrenden Verlockungen, biologische Formen und Metaphern in der Architektur zu verwenden? Das Problem hierbei ist nicht die Hinwendung zur Natur an sich, sondern die exklusive Rolle, die der vermeintlichen ‚Lehrmeisterin' Natur verliehen wird. Da das Vorbild Natur nicht für alle Entwurfsprozesse tauglich ist, ist es ausschlaggebend, wie jeweils argumentiert wird.

Zum anderen sehen viele seit den 1990er Jahren das digitale Entwerfen als Befreiung von den ideologischen Fesseln der Moderne an, da es nicht-standardisierte Individualitäten und Variationen ermöglicht. Es entstehen Formen, die uns nicht mehr an eine kulturelle oder historische Tradition binden, sondern sich davon emanzipieren. Die Evolution des Lebens ist durch neue Ansätze in den Naturwissenschaften wie z.B. das Humangenomprojekt, das sich seit 1990 der vollständigen Sequenzierung des menschlichen Genoms widmet und schließlich 2001 seinen Abschluss findet, an einen Punkt gekommen, wo „etwas" aus nahezu „nichts" erzeugt werden kann.[4] Zum ersten Mal hat die Menschheit die Macht, genetische Konstitutionen biologischer Spezies zu ändern und zu transformieren. Die biologische Forschung fokussiert nicht mehr auf das Beobachten von Vorgängen in der Natur, sondern auf ihre innere Logik: der Genotyp als Erbbild und nicht mehr der Phänotyp als Erscheinungsbild bilden die Grundlage. Der Paradigmenwechsel von einer physikalischen hin zu einer biologischen Weltanschauung springt durch die Digitalisierung auch auf die Architektur über.

Mit der Digitalisierung entwickeln sich allerdings drei Aspekte, die die Hinwendung der Architektur zum Biomorphismus fördern und damit problematisch machen. Erstens steht in Hochschulen und Büros seit Anfang der 1990er Jahre weltweit das Digitale für das Neue und wird als Synonym des Wortes ‚experimentell' gebraucht. Die beiden Wörter werden in einer beinahe verwirrenden Vielzahl von Varianten miteinander in Verbindung gebracht, woraus eine Vielfalt von digitalen Strömungen und Entwurfsansätzen resultiert, die alle unter den Begriff des digitalen Entwerfens fallen. Zweitens wird durch den universellen Einsatz einer bestimmten Software (*Rhinoceros* bzw. *Grasshopper*) die digitale Technologie nicht mehr hinterfragt und die Suche nach weiteren digitalen Möglichkeiten faktisch aufgegeben. Stattdessen werden die Ausdrucksmittel der Architektur vereinheitlicht. Es entsteht eine Art digitalen Stils mit globaler Geltung und Anwendung. In den biomorphen Objekten verschmelzen, wie Vidler bemerkt „Natur und Bauwerk [...] in einer Art endloser digitaler Manipulation des Materials."[5] Drittens wirkt sich das digitale Entwerfen auf die Autorschaft eines Entwurfs aus. Durch die Automatisierung bestimmter Prozesse am Computer sind die Architekten lediglich ein Teil des ganzen Systems. So wie Darwin Gott als universellen Schöpfer der Natur entthront hat, um ihn durch die natürliche

[4] Vgl. Stephen Wolfram. *A New Kind of Science*. Champaign: Wolfram Research, 2002, S. 41 (ü.d.V. sinngemäß)
[5] Vidler, 2002, S. 115

Auslese zu ersetzen, stellt sich im digitalen Entwurfsprozess die Frage, ob der Architekt als universeller Formgeber und Schöpfer durch die auswählenden Kräfte der Algorithmen ebenfalls ersetzt wird?

Zusammenfassend beschreibt die Arbeit die Diskrepanz, die dadurch entsteht, dass einerseits der Anspruch auf informelle Gestaltung erhoben wird, während andererseits Objekte mit dezidiert biomorpher Ausprägung erzeugt werden: man möchte sich von der Rhetorik der Form befreien, praktiziert sie aber dennoch. Es gibt also einen Widerspruch: das tradierte Regelwerk der Architektur, insbesondere ihr Status als Kunst der Repräsentation wird in Frage gestellt (Fortsetzung des dekonstruktivistischen Habitus, eine Art „Post-Dekonstruktivismus“) und dennoch erscheint sie in ihren formalen Ausprägungen letzten Endes, sogar stärker als je zuvor, als Abbild eines Anderen (Fortsetzung der Postmoderne mit anderen Mitteln, eine Art „Post-Postmoderne“). Aus diesem Widerspruch heraus sind in den letzten 25 Jahren seit Beginn des *Digital Turn* Paradoxien entstanden, die zu Fehlschlüssen geführt haben, die das digitale Entwerfen in seinen eigenen Potenzialen limitieren. Der aktuelle Architekturdiskurs steckt folglich in der Vermischung von informellem Denken und biomorphem Resultat fest.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht eine vergleichende und disziplinenübergreifende Gegenüberstellung der informellen und biomorphen Ansätze, die im Kapitel *II. Das Informelle und das Biomorphe* aufgeschlüsselt werden. Zunächst wird allgemein in den Begriff des Informellen als Konzept des Formlosen eingeführt. Der Ursprung findet sich beim französischen Philosophen Georges Bataille (1897–1962), der das Denken als Prozess im operativen Sinne versteht. In den 1950er und 1960er Jahren transformiert sich das Informelle in eine europäische und amerikanische Stilvariante der informellen Kunst, deren Charakteristika, Rezeptionen und Künstler vorgestellt werden.

Im nächsten Schritt wird die Entwicklung informeller Ansätze in der Architektur thematisiert. Daraus geht die Beschreibung der Entwicklung abstrakt-informeller Codes hervor, die sich über die Entsemantisierung und Mathematisierung von Information bis hin zur wiederentdeckten Sensibilität für das Informelle im Dekonstruktivismus erstreckt. Anschließend wird allgemein in den Begriff des Biomorphen eingeführt, dessen unterschiedliche Brechungen aufgeschlüsselt werden: die Natur, die biomorphe Form und das Organische. Daraus geht die Beschreibung der Entwicklung symbolisch-bildhafter Codes in der Architektur hervor. Es werden drei Verlockungen vorgestellt, wie die Natur als Vorbild genommen werden kann: die Formfindung aus Metapher und Analogie, die Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie und die Formfindung als Prozess. Schließlich dienen die Strategien der Postmoderne als Beispiele, den Code programmatisch mit der Funktion des symbolisch-bildhaften Erzählens in Verbindung zu setzen.

Den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet die Untersuchung in Kapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)*. Darin werden Entwicklungen des digitalen Entwerfens in der Architektur mit Entwicklungen in der informellen Kunst in Beziehung gesetzt. Die Methode ähnelt Robert Venturis Methode einer architekturhistorischen Formenanalyse, die er in seinem Buch *Komplexität und Widerspruch in der Architektur* (1966) anwendet. Er vergleicht dabei Beispiele aus unterschiedlichen Epochen wie z.B. Renaissance, Manierismus, Barock, Klassizismus oder Historismus miteinander und führt die Betrachtung am Ende auf die Gegenwartsarchitektur seiner Zeit zurück. Durch seine logischen Schlussfolgerungen für die kommende Architektur gewinnt der Inhalt des Buches größte Bedeutung.

In der vorliegenden Arbeit wird die architekturhistorische Formenanalyse um die Dimensionen kunsthistorischer Parallelen und philosophischer Einflüsse erweitert. Dabei wird das digitale Entwerfen, das seit den 1990er Jahren eine charakteristische Hinwendung zur Biologie erfahren hat, in fünf Phasen eingeteilt. In jeder der fünf Phasen wird das ganze Repertoire rhetorischer Mittel postmoderner Abstammung aktiviert, um Naturkonformität zur Geltung zu bringen, was in gleicher Weise Körperbildung, Raumkonfiguration, technische Optimierung, strukturelle Virtuosität und Materialeigenschaft betrifft. Die Naturnähe bezieht sich in der Argumentation auf das Prozessuale, reduziert sich gelegentlich jedoch in Wahrheit auf eine Nachahmung natürlicher Formen wie z.B. von Wolkenbildung, Turbulenzen, Schwärmen oder anderen „Naturgegebenheiten“, die eigentlich auf konkreten Bildern beruhen.[6]

Dreh- und Angelpunkt der Untersuchung ist der Begriff der Operation, der als digitale und informelle Variante in Erscheinung tritt. Die Operation steht für das Prozesshafte in beiden Bereichen. Unter der Fragestellung ‚Wo und inwieweit findet sich das Informelle mit seinen charakteristischen Kennzeichen in 25 Jahren prozesshafter Formfindung wieder? Bleibt der informelle Impuls konsistent oder wird er begrifflich konterkariert, in biomorphe Irrwege geführt oder sogar neutralisiert?‘ werden die fünf Phasen unter den Aspekten ‚Entwicklungsschwerpunkt‘ und ‚informelle Operation‘ systematisch untersucht:

Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015)			
Phase	**digitales Entwerfen**	**Entwicklungsschwerpunkt**	**informelle Operation**
1.	Blob-Architektur (1990–1998)	Körperbildung	*pulse*
2.	Non-Standard Architektur (1999–2003)	Raumkonfiguration	*horizontality*
3.	Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)	technische Optimierung	*entropy*
4.	Parametrik (seit 2006)	strukturelle Virtuosität	*baroque*
5.	Digitaler Materialismus (seit 2010)	Materialeigenschaft	*base materialism*

[6] Vgl. Joachim Krausse im Gespräch mit Sabine Kraft und Schirin Taraz-Breinholt, *ARCH+ 159/160 Formfindungen von biomorph bis technoform*. ARCH+ Verlag, Aachen, Mai 2002, S. 23

Zusammenfassend steht das Informelle für das Denken als Prozess im operativen Sinne. Es befreit sich von jeglichen Repräsentationen, die durch äußere Zwänge oder auferlegte Beschränkungen entstanden sind. Im Gegensatz dazu repräsentiert das Biomorphe immer eine Beziehung zur biologischen Form, bei der diese nachempfunden wird. In der Zusammenfassung werden diejenigen Strömungen des digitalen Entwerfens benannt, die der Vermischung erlegen sind.

Anschließend werden in den drei Teilen des Kapitels *IV. Konklusion: Nature sells!* die bisherigen Untersuchungen der Arbeit reflektiert und es wird versucht, die Ergebnisse einzuordnen. Dabei wird eine Antwort auf die Frage gegeben, warum sich das digitale Entwerfen einer biomorphen Sprache bedienen musste.

Den Abschluss bildet das Kapitel *V. Ausblick: Der Digital Turn ist tot, es lebe der Digital Turn!*. Darin steht die Frage im Zentrum, wo wir uns nach 25 Jahren *Digital Turn* befinden. Im Zuge dieser Standortbestimmung werden zwei Überlegungen angestellt, die das Potenzial besitzen, den aktuellen Architekturdiskurs aus der Sackgasse zu führen und neu auszurichten. Erstens wird eine *6. Phase* des digitalen Entwerfens vorgeschlagen, die mit den Begriffen *Trial and Error* und *Postdigitale Unbestimmtheit* definiert ist. In dieser Phase wird die ‚Unfreiheit' des Programmierens mit dem Wesen der Unbestimmtheit zusammen gedacht. Denn in einem ‚unfreien' System, in dem alles aus Simulation besteht, kann die Unbestimmtheit eine ‚freie' und die vielleicht noch einzige ‚menschliche' Komponente sein, die das Unvorhergesehene in den Entwurfsprozess einbringt und andere Ausdrucksmittel ermöglicht. Zweitens wird ein zeitgemäßes Computerdenken gefordert, das die gesellschaftlichen Veränderungen, die durch den *Digital Turn* entstanden sind, hinterfragt und in der Konsequenz wieder als Entwurfsfaktor im Formfindungsprozess seine Anwendung findet. In einer kritischen Reflektion steht unter Einbeziehung ethischer Gesichtspunkte nicht mehr das „Wie kann", sondern das „Was sollte" im Fokus.

II. Das Informelle und das Biomorphe

1. Der Begriff des Informellen

Der Begriff des Informellen kann auf zwei unterschiedliche Bedeutungseinheiten bezogen werden: *informel* und *informe*. Das französische Adjektiv *informel* bedeutet unkonventionell, zwanglos oder nicht förmlich.[7] Mit Blick auf die informelle Kunst lauten die überwiegenden Übersetzungen formlos, keine Form, Un-Form bzw. Nicht-Form. Diese semantische Ebene verweist jedoch viel mehr auf das Wort *informe*, das auf lat. *informis* zurückgeht und ungestaltet, formlos und hässlich bedeutet. Der Begriff steht für die Ursprünglichkeit der Materie und das Niedere, das noch ungeformt, grob, unförmig, ungraziös und unschön ist. *Informel* und *informe* sind somit „deutlich voneinander abzugrenzende Lexeme“[8], auch wenn sie sich mit Blick auf die informelle Kunst immer wieder überschneiden.

Der französische Schriftsteller Georges Bataille nimmt sich als einer der Ersten des Wortes *informe* an. In seiner 1929 gegründeten Zeitschrift *Documents: Archéologie, Beaux-Arts, Ethnographie, Doctrines* benennt er *l'informe* als das philosophische Konstrukt des Formlosen. Kunstkritiker verwenden den Begriff *informe* weiterhin im Umfeld von Ausstellungen, in denen die Werke *Otages* (1950) von Jean Fautrier oder *Mirobolus, Macadam & Cie, Hautes Pâtes* (1946) von Jean Dubuffet gezeigt werden.[9] Im November 1951 setzt sich schließlich durch den Künstler Michel Tapié der Begriff *informel* endgültig durch. Im *Studio Facchetti* präsentiert er unter dem aufschlussreichen Titel *Significants de l'informel* eine Ausstellung, in der erneut Werke von Fautrier und Dubuffet zu sehen sind, die neben Wols das Prinzip der Formlosigkeit thematisieren und deren „semantischen Radius“ erweitern. Diese drei Künstler können mit dem Kunsthistoriker Rolf Wedewer als „Pioniere der informellen Kunst“ angesehen werden.[10]

Die Eingrenzung des Phänomens *l'informel* ist schwierig.[11] Für den Beginn der deutschen informellen Kunst steht die Ausstellung *Neuexpressionisten – Quadriga*, die 1952 in der *Zimmergalerie Franck* in Frankfurt am Main von den vier jungen Künstlern Bernard Schultze, Karl Otto Götz, Otto Greis und Heinz Kreutz organisiert wurde. Erstmals präsentieren sie dort ihre formlosen Bilder der Öffentlichkeit. Der Endpunkt der informellen Kunst wird meist im

---

[7] Sprachgeschichtlich handelt es sich bei dem Wort *informel* um eine Ableitung von *formel*, die gegen Mitte des 20. Jahrhunderts entsteht und sich von lat. *formalis* mit der Bedeutung *förmlich* ableitet. Vgl. Mechthild Haas. *Jean Dubuffet. Materialien für eine „andere Kunst“ nach 1945*. (Diss. phil. Hamburg 1996), Berlin 1997, S. 157

[8] Nicola Carola Heuwinkel. *Entgrenzte Malerei. Art informel in Deutschland*. Kehrer Verlag Heidelberg – Berlin, 2010, S. 25; vgl. ebd., S. 24–30

[9] Vgl. Haas, S. 10

[10] Rolf Wedewer. *Die Malerei des Informel. Weltverlust und Ich-Behauptung*. Deutscher Kunstverlag München Berlin, 2007, S. 97

[11] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Christine Baus. *Das Formelle in der informellen Malerei. Eine methodologische Untersuchung zur Malerei des deutschen Informel*. Diss. Philosophische Fakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2008, S. 13 ff. und S. 98

Zusammenhang mit dem Erstarken der Künstlergruppe *ZERO* genannt. Die Mitglieder von *ZERO* selbst begreifen die informelle Kunst als negativen Anreiz für ihr Kunstschaffen und wollen sich von der aus ihrer Sicht stark subjektiven Kunst abgrenzen, die in ihrer Abwendung von der Realität bezeichnend für ihre Entstehung nach dem Zweiten Weltkrieg sei. Ein bestimmtes Jahr des Wechsels von der informellen Kunst zu *ZERO* kann nicht festgesetzt werden. Das Jahr 1962 ist ein Annäherungswert, da es den Höhepunkt der *ZERO*-Bewegung markiert, kurz vor dem ersten Zerwürfnis zwischen Piene und Mack bezüglich der Ausrufung des *Neuen Idealismus* im Jahr 1963.

Grundsätzlich ist es wichtig, zwischen zwei Varianten der informellen Kunst zu unterscheiden: einer europäischen und einer amerikanischen. Zur europäischen Entwicklung (von Paris ausgehend) gehören die Begriffe *Art Informel*, *Tachismus* und *Art Autre*, von denen sich der erste, auch in der kurzen Variante *Informel*, durchgesetzt hat. Als amerikanisches Pendant (von New York ausgehend) gilt der *Abstrakte Expressionismus*, der sich in zwei Hauptströme aufteilt: das *Action Painting* und die *Farbfeldmalerei*. Die Stilrichtung des *Abstraction Lyrique* tritt als Begriff in beiden Kontinenten auf. Heuwinkel stellt fest:

> *„Viele der Bezeichnungen, die nach 1945 für die westliche gegenstandslose Malerei aufkommen, sind nicht von dauerhafter Wirkung und werden durch den Begriff Informel verdrängt. Aufgrund der anfänglichen Pluralität dauert bis heute noch eine Begriffskonfusion und -unsicherheit an. Es handelt sich mehrheitlich um Termini französischen Ursprungs. Hierin zeigt sich die zu dieser Zeit noch große Bedeutung von Paris als wichtigster Kunstmetropole und Ausgangspunkt neuer Kunstströmungen.“*[12]

[12] Heuwinkel, S. 30

1.1. Das Informelle als Konzept des Formlosen bei Georges Bataille

Die von Georges Bataille gegründete Zeitschrift *Documents: Archéologie, Beaux-Arts, Ethnographie, Doctrines* (1929–1931) war ein internationales, interdisziplinäres und intermediales Magazin, in dem Bataille das Informelle als Konzept des Formlosen einführt. Bataille, der in der *Bibliothèque Nationale* gerade die Zeitschriftenabteilung des *Département des Imprimés* übernommen hatte, fungierte als „Generalsekretär" der Redaktion. Die Konzeption der Zeitschrift wurde maßgeblich durch den Schriftsteller, Kunsthistoriker und Kunstkritiker Carl Einstein geprägt.[13] Der Untertitel von *Documents* provoziert, da die ‚Schönen Künste' „gleichsam eingekeilt" zwischen Archäologie und Ethnographie erschienen. Die Archäologie symbolisiert hierbei das Maß der Strenge, der Wissenschaftlichkeit und der Unvoreingenommenheit. Die Ethnographie fungiert vor allem als „Kriegsmaschine" gegen die Schöngeisterei, da sie sich für das Schöne und das Hässliche in gleicher Art und Weise interessiert.[14] Schon die ersten Ausgaben ziehen kritische Stimmen nach sich:

> *„Nach dem zu urteilen, was ich bisher gelesen habe, ist der Titel, den Sie für diese Zeitschrift gewählt haben, höchstens insofern gerechtfertigt, als er uns ‚Dokumente' über Ihre Geistesverfassung liefert."*[15]

Von Anfang an werden die Werke von Picasso, Braque und Masson mit archäologischen und ethnologischen Funden konfrontiert wie z.B. antike Münzen und spätmittelalterliche Handschriften. Zeugnissen der Hochkultur werden immer wieder Dokumente der Populärkultur entgegengesetzt: Gemälde stehen gegenüber von Standbildern aus Hollywood-Filmen; klassische Druckgraphiken und Agentur-Photographien werden nebeneinander gesetzt.[16]

> *„Die irritierendsten, noch nicht klassifizierten Kunstwerke sowie bestimmte, bis jetzt vernachlässigte heteroklite Schöpfungen sollen Gegenstand ebenso strenger und wissenschaftlicher Untersuchungen werden wie in der Archäologie […]. Es sollen hier im allgemeinen die beunruhigendsten Phänomene beleuchtet werden, deren Konsequenzen noch nicht definiert sind. Der bisweilen absurde Charakter der Resultate und Methoden dieser verschiedenen Forschungen wird keineswegs verheimlicht, wie es die Rücksicht auf die Regeln der Wohlausgewogenheit immer gebietet, sondern soll bewußt, sowohl aus Haß auf die Seichtheit als auch aus Humor, unterstrichen werden."*[17]

Eine zentrale Rubrik der *Documents* und zugleich Experimentierfeld der künstlerischen und wissenschaftlichen Avantgarde ist das *Kritische Wörterbuch*. Darin werden bestimmte heterogene Stichwörter (Lemmata) inhaltlich erörtert wie z.B. Architektur, Debakel, Formlos, Jou-Jou, Krustentiere, Metamorphose, Metapher, Raum, Spucke, Staub, Wolkenkratzer und andere. Die

---

[13] Vgl. Rainer Maria Kiesow, Henning Schmidgen (Hg.). *Kritisches Wörterbuch*, Berlin, Merve, 2005, S. 98
[14] Ebd., S. 100 f.
[15] Eine Nachricht des Autors Pierre d' Espezel an Georges Bataille. Vgl. ebd., S. 102
[16] Vgl. ebd., S. 100 f.
[17] Michel Leiris, zitiert ebd., S. 101

Artikel handeln von „Filmen, Musicals und fremden Bräuchen, zeigen Photographien, Gemälde und Zeichnungen, enthalten ethnographische Beobachtungen, philosophische Reflexionen und persönliche Berichte, präsentieren kaum kommentierte Auszüge aus abseitigen Nachschlagewerken oder reproduzieren ganz einfach Zeitungsmeldungen, wenn auch mit neuer Überschrift."[18] Batailles Konzept des Wörterbuches überschreitet nicht nur das eines konventionellen Wörterbuches, wie weiter unten deutlich wird, stellt es sich regelrecht als Gegenprogramm dazu dar.

> *„Ein Wörterbuch wäre erst in dem Moment ein Wörterbuch, wenn es nicht mehr die Bedeutung, sondern die ‚Arbeit' der Wörter wiedergäbe. Das französische Wort ‚besogne' (=Arbeit) meint tatsächlich die ‚Arbeit der Wörter', das, wozu sie dienen, und in diesem Sinn haben sie etwas vom Organon oder von Werkzeugen."*[19]

„Mit Wörtern, so heißt es beispielsweise in der ersten Folge, werden zumeist nicht Gegenstände, sondern ‚verschwommene Meinungen' bezeichnet. Oft handelt es sich um bloße ‚Paraphrasen', die wahlweise als ‚Machtmittel' oder als ‚Verzierung' gebraucht werden. Wörter seien ‚Versteinerungen', die im Leser (oder Hörer) zumeist nur ‚mechanische Reaktionen' hervorrufen. Gegen all dies trat das *Dictionnaire* an."[20] Charakterisieren lässt sich das Programm mit Schlagworten wie Offenheit, Direktheit, Lebendigkeit sowie Gegenständlichkeit. Es sollte dazu dienen, den als negativ wahrgenommenen Akademismus zu sabotieren und sich von den normalen, „zum Idealismus verdammten" Wörterbüchern abzuheben. Bataille konzentriert sich weniger auf die Bedeutungen als auf die „Verrichtung der Wörter", wie die Ausdrücke verwendet werden.[21] Der Begriff „formlos" steht mit seinen 24 Zeilen (im Originaleintrag) programmatisch für das gesamte *Dictionnaire*.

> *„So ist formlos nicht nur ein Adjektiv, das einen Sinn hat, sondern auch ein Ausdruck, der der Deklassierung dient und im Allgemeinen erfordert, daß jedes Ding seine Form hat. Was er bezeichnet, hat keine Rechte in irgendeinem Sinne und läßt sich überall wie eine Spinne oder einen (sic!) Wurm zertreten. Damit die akademischen Menschen zufrieden sind, ist es in der Tat erforderlich, daß das Universum Form annimmt. Die ganze Philosophie hat kein anderes Ziel: Es geht darum, alles in einen Gehrock, in einen mathematischen Reitmantel zu stecken. Dagegen läuft die Annahme, daß dem Universum nichts ähnelt und es nur formlos ist, auf die Aussage hinaus, daß das Universum so etwas wie eine Spinne oder wie Spucke sei."*[22]

Die Verwendung des Begriffs „formlos" kann also zur gleichen Zeit auch das Gegenteil implizieren, nämlich, „dass jedes Ding seine Form hat". Laut Bataille bildet aber die Formlosigkeit keineswegs das Gegenteil, sondern ist die Bedingung jeder Form. Für ihn ist das

---

[18] Kiesow/Schmidgen, S. 103 f.
[19] Susanne Anna (Hg.). *Die Informellen – von Pollock bis Schumacher*. Ostfildern, Hatje Cantz Verlag, 1999, S. 41
[20] Kiesow/Schmidgen, S. 104
[21] Ebd., S. 106
[22] Georges Bataille. „Formlos", zitiert ebd., S. 44 f.

Formlose eine Bewegung, ein Prozess, der zu einer Überschreitung der Form führt. Es gibt für ihn keine substantielle Form, sondern die Form wird als fortwährender Unfall bzw. Zufall gedacht. Batailles Auslegung des Begriffs ‚formlos' kann anhand von drei Begriffsbeispielen verdeutlicht werden: Rauschen, Spucke und Staub.

Rauschen ist etwas, das niemals ist, aber immer wird. Rauschen ist ein Prozess, etwas, das noch unfertig ist und immateriell bleibt. Bei Paul Hegarty können Anlehnungen zu Batailles Begriff des Informellen gefunden werden.

> *„Noise can never fully be – it is a transnational or temporary state."*[23]

> *„These forms of noise are informel, not free of form, not deconstructing it, not in a dialectical relationship to it, not against, but worked through, despite and outside, moving from inside to out with the noise the movement itself – this is the „besogne" of noise – the enforced labour of noise – which neither wants to work, nor be merely noise, but becomes through exclusion – an exclusion it reclaims, and through this, becomes music, which it fails to be."*[24]

In vielen Texten des *Kritischen Wörterbuches* werden Begriffe in einem doppelten Sinn benutzt: es gibt einen erhöhten und einen niederen Gebrauch der Dinge wie z.B. beim Mund, der die bedeutende Funktion des Sprechens inne hat und zum anderen aber auch zum Kotzen oder Spucken benutzt werden kann.

> *„Gerade unterhalb der Augen besetzt der Mund eine herausragende Stellung, denn er ist der Ort der Sprache, die Öffnung für das Atmen, die Höhlung, in der sich der Pakt des Kusses besiegelt, viel eher, so glaubt man, als die ölige Fabrik des Kauens. […] Um dem Mund (der nur eine lauwarme und feuchte Grotte ist, die die Zähne indes mit harten Stalaktiten ausschmücken und in dessen Biegungen sich die Zunge versteckt, ein Wächterdrache von Gott weiß was für Schätzen!) seine ganze mythologische Funktion zurückzuerstatten, bedarf es einerseits der Liebe, andererseits der Spucke, um ihn sofort auf den letzten Rang der organischen Leiter fallen zu lassen, indem ihm die Funktion des Auswerfens übertragen wird, die noch abstoßender ist als seine Rolle als Tür, durch die die Nahrung hineingeschoben wird."*[25]

Für Michel Leiris, den Autor des zweiten Teils des Lemmas „Spucke", ist diese

> *„durch […] ihre unbestimmten Umrisse, die relative Ungenauigkeit ihrer Farbe und ihre Feuchtigkeit […] das genaue Symbol des* Formlosen*, des Nichtnachprüfbaren, des Nichthierarchisierten, ein weicher und klebriger Stein des Anstoßes, der besser als irgendein Kiesel alle Anläufe desjenigen scheitern lässt, der sich vorstellt, daß das menschliche Wesen irgend etwas ist – etwas anderes als ein kahlköpfiges und muskelloses Tier, als die Spucke eines deliranten Demiurgen, der schallend lacht, diese eitle Larve abgesondert zu haben, diese komische Kaulquappe, die sich zum Halbgott aus blasiertem Fleisch aufpumpt."*[26]

---

[23] Paul Hegarty. „Residue – Margin – Other: Noise as Ethics of Excess." in: *Argosfestival 2003* ed. Paul Willemsen, Frie Depraetere, Brüssel, Argo, 2003, *http://www.dotdotdotmusic.com/seminars.html*, Mai 2014

[24] Paul Hegarty. *General Ecology of Sound: Japanese Noise Music as Low Form*, University College Cork, July 2002, *http://www.dotdotdotmusic.com/hegarty7.html*, Mai 2014

[25] Michel Leiris. „Spucke", in: Kiesow/Schmidgen, 2005, S. 42

[26] Ebd., S. 43

Anhand des Lemmas „Staub“ kann das dritte und vielleicht beste Beispiel für Formlosigkeit erläutert werden. Nach Gethmann verweist die Turbulenz des Staubs und damit der Begriff der Form eher auf Operationen der Formierung. Der umherschwirrende Staub bildet Raum und stellt damit eine Art Formbildungsprozess im „großen Leeren“ dar. Dabei verschwimmen die Grenzen zwischen den klaren Konturen. „Eine solche Formierung stellt die Prozesse in den Vordergrund, deren Resultate eine formale Ordnung bilden, so dass sich Form hier als eine temporäre Version dieser Ordnung innerhalb einer Sequenz möglicher Variationen zu denken gibt und sich als zeitbasierter Ausdruck der ihr inkorporierten Kräfte der Turbulenz und des Wirbels manifestiert.“[27] Für Bataille ist das Eindringen des Staubes in Gebäude wie das Eindringen des Anderen oder des Unheimlichen:

> *„Aber unaufhörlich dringen traurige Schichten Staub in die irdischen Behausungen ein und verschmutzen sie in einförmiger Weise: als ob es darum gehen würde, die Dachböden und alten Zimmer auf den bevorstehenden Eintritt von Heimsuchungen, Gespenstern und Larven vorzubereiten, die sich vom wurmstichigen Geruch des alten Staubes ernähren und sich an ihm berauschen.“*[28]

Krauss stellt heraus, dass die Bedeutung des Formbegriffs unterwandert wird, indem das Beispiel Staub als das Formlose jeder Form zugrunde liegt und sie zugleich überschreitet. Staub überschreitet das Denken der Form als ihr radikal Anderes in dem Sinne, dass er permanent und überall vorführt, dass eben doch nicht „jedes Ding seine Form“ haben muss.[29]

---

[27] Daniel Gethmann, Anselm Wagner (Hg.). *Staub: Eine interdisziplinäre Perspektive*. Wien, Lit Verlag, 2013. S. 25

[28] Bataille, zitiert in: Kiesow/Schmidgen, S. 29

[29] Vgl. Gethmann, S. 26

1.2. Charakteristika des Informellen

Was allen Stilrichtungen unter dem Oberbegriff *informel* als gleich attestiert werden kann, ist, wie der deutsche Kunsthistoriker Manfred de la Motte beschreibt, eine Einstellung des Künstlers zur Malerei, jegliche stilistische Einengungen zu vermeiden.

> *„Es ist viel mehr eine Haltung, eine Attitüde, eine Art, sich der Kunst und auch der Welt gegenüber zu verhalten, womöglich eine moralische Kategorie – aber kein Bild-Verfertigungs-Rezept, dessen man sich bedienen könnte oder das sogar zum Weiterreichen taugte, ausschlachtbar und wiederverwertbar. Wenn man's aus dem Französischen übersetzen möchte, kommt man mit ‚anti-formalistisch' sicher am besten hin, denn der Anspruch reicht weiter und tiefer, als es sich durch ‚formlos' oder ‚zwanglos' ausdrücken läßt. Informel richtet sich gerade gegen jeden Formalismus, gegen Zwang, Fertigkeiten, Masche, Rezept, geheuchelte ‚Richtigkeit', vermeintliche Objektivität und letztlich also gegen jeden irgendwie wiedererkennbaren Stil."*[30]

Hierdurch erklärt sich die Breite des Spektrums an individuellen künstlerischen Handschriften in der informellen Kunst, die ganz unterschiedliche Phänomene umfaßt. Dennoch gibt es verbindende Elemente, die im Folgenden hauptsächlich aus Christoph Zuschlags Artikel *Undeutbar – und doch bedeutsam. Überlegungen zur informellen Malerei* (1998) skizziert werden.

[30] Manfred de la Motte. „Materialien zum deutschen Informel" in: *Informel. Götz, Schultze, Hoehme.* Ausst.-Kat. Museum am Ostwall Dortmund, Dortmund 1980, S. 16 (zitiert bei Heuwinkel, S. 25)

1.2.1. Der Werkbegriff

„Mit der informellen Kunst setzt eine Neuformulierung des abstrakten Bildes und der traditionellen Bestimmungen von Malerei ein.“[31] Das Machen des Bildes gewinnt neue Bedeutung, so dass informelle Bilder häufig mit den Begriffen prozessual und prozesshaft beschrieben werden. Damit wird jedoch nicht die Frage beantwortet, ob sie sich im Stadium der Formwerdung oder der Formauflösung befinden.[32] Auch Robert Motherwell thematisiert in einer *Artist's Session*, einer Art Symposium in seinem New Yorker *Studio 35,* das Prozesshafte.

> *„We are involved in* process *and what is a* finished *object is not so certain.“*[33]

In der klassischen Malerei führt der Maler ein Bild aus, dessen Thema und Komposition vor dem eigentlichen Malvorgang bereits festgelegt sind, der durch Skizzen Vor- und Unterzeichnungen vorbereitet wird. Entwürfe und Skizzen entstehen bei einem informellen Kunstwerk in der Regel nicht. Den Vorarbeiten der klassischen Malerei vergleichbare Funktion können allerdings in der informellen Kunst Zeichnungen haben, „die lediglich die Richtungswerte und Bildstruktur grob umreißen. So fertigt Karl Otto Götz sehr kleine Bleistiftskizzen an und setzt die Ergebnisse dann in Gouachen und zuletzt als Leinwandbilder um. In ähnlicher Weise malt Franz Kline, der die grobe Bildgestalt vorab auf Telefonbuchblättern aus Manhattan ausarbeitet.“[34]

Dennoch ist das informelle Bild in aller Regel nicht die Realisierung eines zuvor gefassten Planes oder Kompositionsschemata, sondern im Hinblick auf das bildnerische Endresultat offen. „Das Bild entsteht im kontinuierlichen Dialog des Künstlers mit seinen Gestaltungsmitteln durch einen Prozess von Agieren und Reagieren. Der Malakt bzw. die Eigenwertigkeit der gestalterischen Mittel tritt an die Stelle des traditionellen Bildthemas.“[35]

Der meistverwendete Ausdruck *informel* als *formlose* Kunst bedeutet aber keineswegs, dass sie nicht fähig wäre, aus dem Malprozess, dessen Betonung mehr auf der spontanen Reaktion als auf einem vorher geplanten Endergebnis liegt, Formen oder „Bilder“ zu gewinnen.[36] Das Formlose ist nicht bloß eine einfache Negation der Form. Das Informelle enthält das Formlose und die Form. Eine Beschreibung der Bilder als formlos ist, nach Aussage des Kunsthistorikers Michael Leja,

---

[31] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Heuwinkel, S. 11 ff.

[32] Vgl. Wedewer, S. 15

[33] Dieses Zitat ist laut Heuwinkel, S. 11, der *Artists' Session* im *Studio 35* vom 21. April 1950 entnommen. Das *Studio 35*, benannt nach seiner Adresse (35 East Eighth Street) in New York, ist zu der Zeit als öffentliches Diskussionsforum abstrakter amerikanischer Künstler bekannt. Robert Motherwell/Ad Reinhardt/Bernhard Karpel (Hrsg.). *Modern Artists in America. First series*. New York 1951, S. 12

[34] Heuwinkel, S. 64

[35] Christoph Zuschlag. „Undeutbar – und doch bedeutsam. Überlegungen zur informellen Malerei.“ in: *Brennpunkt Informel. Quellen – Strömungen – Reaktionen*. Christoph Zuschlag/Hans Gercke/Annette Frese (Hrsg.), Wienand Verlag, 1998, S. 39

[36] Vgl. Paul Vogt. *Geschichte der deutschen Malerei im 20. Jahrhundert.* Köln, 1972, S. 449

nicht mehr zulässig. Die Klassifizierung ist durch die Kunstkritik überholt und das Formlose entspricht lediglich einer Tatsache, nämlich dass die Kunstschaffenden mit der Tradition brechen.

> *„Man benötigte, um der Ordnung Genüge zu tun, eine neue, eine ‚andere' Schublade, eine aussagekräftigere Bezeichnung als schlicht ‚un art autre'. Wenn diese Kunst formlos erschien, so aufgrund ihres radikalen Bruchs mit der Tradition, niemals aber, weil sie formlos im absoluten Sinne war. Heute betrachten wir sogar diese formale Andersartigkeit als unangemessene Beschreibung der informellen Kunst."*[37]

Umberto Eco definiert das informelle Bild als offenes Kunstwerk. Es handelt sich um ein hypothetisches Modell, das die veränderte Rezeptionsbeziehung aufzeigt, die in der Mehrdeutigkeit der modernen Kunst und der modernen Poetiken begründet liegt. Eine Vielzahl von *Signifikaten* (Bedeutungen) ist in einem einzigen *Signifikanten* (Bedeutungsträger) enthalten.[38] Durch diese Offenheit wird dem Interpreten eine große Freiheit zugestanden.

> *„Offenes Kunstwerk als Vorschlag eines ‚Feldes' interpretativer Möglichkeiten, als Konfiguration von mit substantieller Indeterminiertheit begabten Reizen, so daß der Perzipierende zu einer Reihe stets veränderlicher ‚Lektüren' veranlaßt wird. […]. In diesem Sinne steht das Informelle der Malerei an der Seite der offenen musikalischen Strukturen der nachwebernschen Musik und jener ‚neuesten' Dichtung, die in den Äußerungen ihrer Vertreter die Bezeichnung informell schon für sich anerkannt hat. Man könnte das Informelle als Schlussglied einer Reihe von Versuchen betrachten, die darauf abzielen, eine gewisse ‚Bewegung' in das Kunstwerk einzuführen."*[39]

---

[37] Michael Leja. „Pollock und die informelle Kunst." in: Susanne Anna (Hrsg.), *Die Informellen von Pollock bis Schumacher*. Ostfildern-Ruit, 1999, S. 51

[38] Umberto Eco. *Das offene Kunstwerk*. Frankfurt am Main, 1973, S. 8

[39] Ebd., S. 154 f.

1.2.2. Der Schaffensprozess

Der Charakter der Offenheit zeigt sich in der informellen Kunst auf mehreren Ebenen. Durch verschiedenartige Farbspuren, Schlieren von Pinselstrichen oder eine pastos und krustig aufgetragene Farbmasse wird der traditionelle Formbegriff aufgebrochen und scheinbar aufgelöst.[40]

Wedewer teilt die informelle Kunst in zwei grundsätzliche Spielarten ein. Er unterscheidet grob zwischen Aktionsmalern (Gestik) und Farb-/Materialmalern (Texturologie/Reliefmalerei). Die gestischen Maler stellen die Bewegung bzw. die Geschwindigkeit in den Mittelpunkt ihrer Malerei. Die Materialmaler beschäftigt die Farbe in ihrer Materialität. Die Farbe wird als konkretes Material aufgefasst und dient nicht als Vehikel, um bestimmte Formen darzustellen. „Sie ist eine ‚lebendige, wuchernde Materie' – eine ‚couleur vivante', wie die Ausstellung informeller Kunst 1957 in Wiesbaden benannt wird."[41] Die Farben nehmen aktiv an der Bildentstehung teil und werden nicht mehr als Darstellungsmittel verwendet. Farbe und Form sind untrennbar miteinander verwoben.[42] „Es handelt sich damit um Farbformen. Eine Beschreibung informeller Bilder ist mehrheitlich nur durch die Charakterisierung der Farbstrukturen möglich. Form ist keine für sich existente Größe mehr, sie geht in der Farbgestalt auf."[43]

> *„Der Eigenwertigkeit von Malakt und Gestaltungsmitteln entspricht das Bestreben, Malweise und Maltechniken experimentell zu erweitern. Für einige Künstler gilt die, von Pollock praktizierte, ‚Flachmalerei', bei der der Bildträger auf dem Boden liegt und die individuellen Gesten des Künstlers auf der Leinwand festgehalten werden können. Experimentiert wird weiterhin mit Farbsubstanzen, mit Malmitteln, durch die die Farben auf den Bildträger aufgebracht werden, sowie mit kunstfremden Materialien. Zum Schaffensprozeß gehören auch Momente der Zerstörung. All dies liegt nicht zuletzt darin begründet, daß viele informelle Künstler an den psychischen Automatismus (ecriture automatique) des Surrealismus anknüpfen. Damit ist der Versuch gemeint, den aus dem Unbewußten strömenden psychischen Regungen möglichst unmittelbar, spontan, ungesteuert und ohne Kontrolle des Bewußtseins Ausdruck zu verleihen."*[44]

Die grundsätzliche Offenheit des Malvorgangs lässt auch die Möglichkeit der Einbindung des Zufalls zu. „Viele der informellen Kunst zuzurechnenden Künstler arbeiten mit zufälligen Strukturen, die entweder forciert oder, falls aufgetreten, integriert werden. Dabei handelt es sich um einen gelenkten Zufall, so wie er schon bei einer Reihe von surrealistischen Malern

---

[40] Die Auflösung von Form bildet für Wedewer den größten gemeinschaftlichen Nenner. Vgl. Rolf Wedewer. „Stichworte zum Informel" in: *1945–1985. Kunst in der Bundesrepublik Deutschland*. Nationalgalerie, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz Berlin, Berlin, 1985, S. 120

[41] Heuwinkel S. 67

[42] Vgl. Gabriele Lueg. *Studien zur Malerei des deutschen Informel*. Diss., Aachen, 1983, S. 29

[43] Vgl. Heuwinkel, S. 67 f.

[44] Zuschlag S. 39

angewendet wird. Sein Einsatz erfolgt mittelbar und bewusst.“[45] Heuwinkel weist in diesem Zusammenhang auf „die Instrumentalisierung“ des Zufalls „bei Plinius in der sogenannten Schwammgeschichte“ hin:

> *„Ein Maler wollte den Schaum malen, der auf dem Maul eines Hundes lag; es glückt nicht; aus Verzweiflung warf er einen Schwamm gegen die Malfläche, und siehe, der gewünschte Effekt war da: Zufall als Werkmittel.“*[46]

Zuschlag zieht den Schluss, „dass Spontaneität und die Einbeziehung des Zufalls im informellen Schaffensprozess eine wichtige Rolle spielen, allerdings immer, so paradox das klingen mag, im fruchtbaren Wechselspiel mit der Kontrolle durch den Künstler.“[47]

[45] Heuwinkel, S. 66
[46] Ebd., S. 86
[47] Zuschlag, S. 40

1.2.3. Der Raum

Die räumliche Wirkung in der informellen Kunst unterscheidet sich stark von den traditionellen Mitteln der Raumillusion wie z.B. in der Malerei vor Paul Cézanne (1839–1906). Cézanne war zwar einer der ersten Maler, der eine neue Maltechnik ausprobierte, indem er die Farbe in Form von rechteckigen Flächen regelmäßig auftrug, jedoch noch ohne das Motiv zu verfremden. Ihn interessiert die Darstellung von Volumen allein durch die Farbe. In der Wiederholung desselben Motivs in Variationen, wie z.B. des Gebirgszuges Sainte-Victoire in seiner Heimat, geht es ihm um den Erkenntnisprozess von flächenhafter und räumlicher Wirkung mittels Farbflächen. In der informellen Malerei gibt es keine Begriffe wie Vorder-, Mittel- oder Hintergrund, noch sind Gegenstände abgebildet oder perspektivische Darstellungen auszumachen, die der traditionellen Definition eines euklidischen Raumes entsprechen. Es handelt sich eher um einen Bild- oder Farbraumkörper.[48] Die Verräumlichung in der informellen Kunst kann in zwei Arten eingeteilt werden. Zum einen gibt es den ‚Raum im Bild' und zum anderen das ‚Bild im Raum'. „Auf der einen Seite formen sich Farbräume aus, die einen implosiven, ins Bildfeld hinein wirkenden Effekt haben. Andere wirken nach außen und beziehen den Umraum und den Betrachter ein."[49] Der ‚Raum im Bild' findet sich bei K.O. Götz, „in dessen Bildern sich die dunklen Farbspuren mit dem hellen Fond verbinden. Eine räumliche Wirkung entsteht, die im Kontrast zu der in Wirklichkeit ganz flachen Oberfläche steht. Hann Trier ruft den Eindruck räumlicher Tiefe durch die Kombination schwarzer Linienstrukturen mit sparsamen farblichen Akzenten hervor." Das ‚Bild im Raum' drückt sich „im tatsächlichen, physikalischen Ausdehnen und Ausgreifen des Bildes in den Raum aus, das mit einem pastosen, materiebetonten, reliefartigen Farbauftrag erreicht wird."[50] Damit steht das ‚Bild im Raum' an der Grenze zur Plastik.

> *„Bernard Schultze gestaltet seine Leinwände unter Zuhilfenahme von Draht und Pappmaché immer reliefartiger aus. Das plastische Vorgehen kulminiert schließlich in den* Migofs *und* Migof-Environments*, die einen gesamten Ausstellungsraum ausfüllen, wie es im Jahre 1964 auf der* documenta III *zu sehen war. Weitere Beispiele sind Hubert Berkes* Nagelobjekte*, die Objektkästen von Karl Fred Dahmen, Emil Schumachers* Tastobjekte *oder Gerhard Hoehmes* Farbpfähle, Farbobjekte *und* Schnurbilder*, die ebenfalls die Grenzen des rechtwinkligen Tafelbildes sprengen."*[51]

[48] Diesen Begriff prägt Otto Greis seit 1945 für sein künstlerisches Schaffen. Vgl. Heuwinkel, S. 73
[49] Heuwinkel, S. 74
[50] Zuschlag, S. 40
[51] Ebd.

1.2.4. Die Zeit

Vor allem für die Aktionsmaler, darunter Peter Brüning, K.O. Götz und K.R.H. Sonderborg, spielt die Zeit, die vierte Dimension, eine entscheidende Rolle. Beim malerischen Vorgehen handelt es sich bei Ihnen um „zeitliche Abläufe".

> *„Sie fangen irgendwann an und hören irgendwann auf. […] Ein Bild anfangen heißt nichts anderes als einen zeitlichen Ablauf starten."*[52]

Insbesondere K.R.H. Sonderborg macht den Ablauf des Bildes in der Zeit zum Thema, indem er es lediglich mit der genauen Uhrzeit und dem Datum, wann das Bild entstanden ist, benennt. „Der Faktor Zeit wird in das traditionelle statische Medium des Tafelbildes eingeführt."[53]

> *„Im Bild spiegeln sich die dynamischen Spuren des Malprozesses wider: Bewegung, Schnelligkeit und Dynamik des Malvorgangs bestimmen die Bildgestalt. Die im Bild konservierte Bewegung kann vom Betrachter nachvollzogen werden und macht auf diese Weise Zeit als eine dem Werk inhärente Qualität anschaulich."*[54]

[52] Hans Platschek. *Neue Figurationen*. München, 1959, S. 88 (zitiert bei Heuwinkel, S. 75)
[53] Heuwinkel, S. 75
[54] Zuschlag, S. 40

1.3. Rezeption des Informellen

Wie schon in der Annäherung an den Begriff des Informellen deutlich wurde, lässt sich die informelle Kunst aufgrund ihrer Bedeutungsvielfalt nur sehr schwer beschreiben und klassifizieren. Es gibt seit den 1950er Jahren einige Rezipienten, die versucht haben, die informelle Kunst einzuordnen. Christine Baus beschreibt in ihrer Dissertation *Das Formelle in der informellen Malerei. Eine methodologische Untersuchung zur Malerei des deutschen Informel* (2008) unterschiedliche Methoden der Interpretation informeller Kunst. Die wichtigsten werden – Baus folgend – kurz wiedergegeben, um die unterschiedlichen Aspekte und die Verschiebungen des Bedeutungshorizontes der informellen Kunst aufzuzeigen.

Grundsätzlich bezieht sich die informelle Malerei, nach dem „Kunstdiktat des Naziregimes", in den 1950er und 1960er Jahren auf die Kunstepochen des 19. und 20. Jahrhunderts wie z.B. „Expressionismus, Fauvismus, Futurismus, Kubismus etc." Diese Bezugnahme wird insbesondere auf der ersten *documenta* (1955) deutlich, auf der die Auseinandersetzung mit der sogenannten ‚entarteten' Kunst im Mittelpunkt steht. Das deutsche Publikum soll über die informelle Kunst aufgeklärt werden, steht ihr dennoch „meist kritisch und verständnislos gegenüber."[55]

Die ersten umfangreichen wissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit der informellen Kunst werden von Rolf Wedewer und Umberto Eco unternommen. Wedewers zentrale Veröffentlichung zum Informel ist das Buch *Bildbegriffe – Anmerkungen zur Theorie der neuen Malerei* (1963). Darin versucht er, eine „korrekte – im Sinne einer methodisch einwandfreien – Begrifflichkeit zu erarbeiten und daraus wiederum eine Analysemethode zu entwickeln, die universell auf alle Stile und Epochen anwendbar ist."[56] Wedewer begegnet der Problematik der Bedeutungsvielfalt in der informellen Kunst und den daraus resultierenden Missverständnissen, indem er zu einer analytischen Betrachtungsweise mit Hilfe formaler Bildkriterien zurückkehrt. Umberto Eco entwickelt in seinem Buch *Opera aperta* (1962)[57] ebenfalls eine Theorie, in der Kunstwerke neu in Kategorien eingeteilt und interpretiert werden können:

> *„[…] das Kunstwerk gilt als eine grundsätzlich mehrdeutige Botschaft, als Mehrheit von* Signifikaten *(Bedeutungen), die in einem einzigen* Signifikanten *(Bedeutungsträger) enthalten sind."*[58]

Für Eco gibt es eine Mehrdeutigkeit aller Kunstwerke, die er als Offenheit bezeichnet, die „auf einem als offen betitelten Bereich der Kunst und auf der als offen bezeichneten Herangehensweise des Betrachters" basiert. Der Künstler kann diese Lesart der Offenheit bewusst als „Gestaltungsprinzip" einsetzen.[59] Deshalb sieht Eco insbesondere in den informellen Bildern

---

[55] Baus, S. 15 f.
[56] Ebd., S. 23
[57] In Deutschland erscheint das Buch 1977 unter dem Titel *Das offene Kunstwerk*.
[58] Eco, 1977, S. 8 (und vgl. Kapitel *II.1.2.1. Der Werkbegriff*, S. 16 f.)
[59] Baus, S. 29

„eine geeignete Projektionsfläche seiner Theorie“, da der Betrachter nicht passiv, sondern aktiv „seine Wahrnehmung des Bildes“ bestimmen müsse, denn „erst durch seine Wahl der Relationen und Perspektiven vollende der Betrachter das Werk“. Dadurch erhalte der Betrachter eine neue Stellung: „eine vom Künstler intendierte Aufwertung“.[60]

In den 1970er und 1980er Jahren ist die informelle Kunst „nicht mehr Repräsentant des Zeitgeistes“. „Ihre offizielle ‚Laufzeit‘ [endet] in den meisten Veröffentlichungen mit dem Jahr 1962“ mit dem „Erstarken der ZERO-Künstler“ und der Hinwendung zum „Figürlichen [...] wie die Pop-Art und die unterschiedlichen Realismus-Strömungen, von Foto- oder Hyperrealismus über figurativen bis zum symbolischen Realismus“.[61] Dennoch lebt die informelle Sensibilität in der Kunst vor allen im Post-Minimalismus[62] weiter.

Auch bleibt die informelle Kunst an sich Thema in Einzel- und Gruppenausstellungen und ihre wissenschaftliche Auseinandersetzung und Bearbeitung beginnt. Als einer der ersten erkennt Manfred de la Motte die Notwendigkeit der Bewahrung der informellen Zeugnisse und veröffentlicht „eine Art Quellensammlung zum deutschen Informel“: *Dokumente zum deutschen Informel* (1976). Er stellt dort „verschiedenste Texte zum Thema [...], seien es Zeitungsartikel, Interviews mit Künstlern oder Katalogtexte, aber auch vielfältige Fotografien aus den informellen Künstlerkreisen“[63] zusammen.

Gabriele Lueg ist mit ihrer Dissertation *Studien zur Malerei des deutschen Informel* (1983) „die Erste, die den Versuch unternimmt, das ‚Phänomen Informel‘ wissenschaftlich zu untersuchen“. Sie möchte keine neue „Analysemethode oder einen neuen methodischen Ansatz“ erarbeiten, „sondern eine Charakterisierung des Informel, speziell des deutschen Informel“, erreichen. Lueg geht in ihren „Analysen der Bildfaktoren“ immer gleich vor. „Zunächst erarbeitet sie Thesen auf theoretischer Basis, um diese dann im Anschluss durch Bildbeispiele und Künstlerzitate zu belegen und zu verdeutlichen.“[64] Sie stellt fest, „dass informelle Kunstwerke nichts abbilden wollten, sondern ihre Intention rein in der ‚Repräsentanz ästhetischer Ausdrucksqualität‘ läge“.[65]

---

[60] Ebd., S. 32

[61] Ebd., S. 38

[62] Die Fortführung des informellen Impulses in der Kunst und sein Einfluss auf die digitale Architektur wird im Kapitel *III.3.3.3. stopping vs. field conditions und cinematic sectioning* (S. 96) anhand von Robert Pincus-Wittens Veröffentlichung *Postminimalism* (1977) und Stan Allens *field conditions* aufgezeigt. hier S. 98

[63] Baus, S. 39. Sie verweist hier auf drei weitere Publikationen: „So rückt das 1974 veröffentlichte Buch *Europäische Avantgarde nach 1945* von Enrico Crispolti den Malprozess in das Zentrum der informellen Malerei. Das Malen als Prozess sei Ursprung und Sinn dieser Kunst. [...] Auch Anton Ehrenzweig äußert sich im gleichen Jahr ähnlich, indem er den Nachvollzug des Kunstwerks durch den Betrachter fordert. Allerdings bezieht er [in seinem Buch *Ordnung im Chaos, das Unbewusste in der Kunst*] den Aspekt Zufall als Ausdrucksmittel der Künstlerpersönlichkeit mit ein. Auch Matthias Bleyl, der in seiner Veröffentlichung [*Essentielle Malerei in Deutschland*] aus dem Jahre 1988 die informelle Malerei unter seinen weitgefassten Begriff der *Essentiellen Malerei* fasst, betont zunächst die Farbe als Funktionsträger der informellen Malerei.“

[64] Ebd., S. 42

[65] Ebd., S. 44

„Luegs Art, an informelle Malerei in einer Verknüpfung von Betrachtung des Entstehungskontextes, Maltechnik und Äußerungen des Künstlers heranzugehen, ist zum Leitbild für die direkte Auseinandersetzung mit informeller Kunst geworden […].“[66]

In den 1990er Jahren „steigt die Zahl der Einzelausstellungen auf einen bisherigen Höchststand“. In dieser Zeit entstehen zahlreiche Veröffentlichungen und wissenschaftliche Arbeiten sowie umfangreiche Werkverzeichnisse. „Herausragend ist eine Reihe zum Thema Informel, die 1999 vom Ostwall Museum in Dortmund initiiert und herausgegeben wurde und bis heute vier Bände umfasst, in denen monografische Abhandlungen neben Interviews mit Informel-Künstlern und historischen Betrachtungen neben Betrachtungen des gesamten Phänomens Informel stehen.“[67]

Das 1991 herausgegebene Werkverzeichnis des Künstlers Winfred Gaul enthält den kurzen Aufsatz *Befreite Malerei* von Stephan Schmidt-Wulffen. Darin geht „Schmidt-Wulffen auf die Besonderheiten des Malers Winfred Gaul ein und stellt diese in den Gesamtzusammenhang der Informel-Bewegung.“ Der lediglich drei Seiten umfassende Aufsatz eröffnet einen neuen Blickwinkel auf die informelle Malerei, da laut Schmidt-Wulffen „die im Bild festgehaltenen Zeichen als Spuren zu sehen [sind], als Relikte einer Aktion, die keinen dezidierten Sinn beschreiben.“ In der ‚Spur‘ fallen „Zeichen- und Bedeutungsebenen“ zusammen, in ihr „vereinen sich Material und Sinn, Objekt und Subjekt.“ Das Zeichen im Bild kann nicht mehr direkt in einen „durch normative Festlegung verbundenen Sinngehalt“ übersetzt werden. Somit sind der Künstler und der Betrachter in ihrer Interaktion an „keine festgelegte Regelung“ gebunden.[68]

Einen weiteren neuen Ansatz in der Rezeption der informellen Kunst führt Roswitha Heinze mit ihrer Dissertation *Lesarten des Informel. Die strukturale Methode der „objektiven Hermeneutik“ als Interpretationsverfahren informeller Bilder* (1992) ein. „Darin stellt sie die sozialwissenschaftliche Methode der objektiven Hermeneutik nach Ulrich Oevermann vor und formt sie zu einer kunstwissenschaftlichen Methode um. Als praktische Anwendung zieht Heinze Bilder des Künstlers Emil Schumacher heran.[69] Die informelle Malerei kann für sie „als Protokoll einer gesellschaftlichen Interaktion verstanden werden“.[70]

---

[66] Ebd., S. 46

[67] Ebd., S. 47

[68] Ebd., S. 48 f.

[69] Heinze sammelt als erstes „Lesarten, die das Bild bei der Gruppe hervorruft“. Als zweites versucht sie „die bewussten und unbewussten subjektiven Intentionen“ zu finden. Als drittes werden „die objektiven Motive des Künstlers herausgefiltert [...] wie z.B. Komposition, Farbe etc.“ Als viertes benennt die „Betrachtergruppe [...], zu welchen Gedanken oder Handlungen sie das Bild provoziere“. Als fünftes „führe man die gesammelten Informationen zusammen und arbeite die Besonderheiten heraus“. Als sechstes „solle das analysierte Werk in den Kontext des Künstleroeuvres gestellt werden“. Als letztes „könne das Werk mit der Kunstgeschichte oder mit kunsthistorischen Aspekten ins Verhältnis gesetzt werden“. Vgl. ebd., S. 52 f.

[70] Ebd., S. 55

> *Dabei [in der objektiven Hermeneutik] geht es nicht um die Analyse eines subjektiven Sinns, sondern um die Ausfilterung einer objektiven Sinnstruktur aus einem Text. Als Text werden nicht nur literarische Werke verstanden, sondern auch ‚jede Art von Handlung, die sprachlich fassbar ist', neben allen Formen der Interaktionen und Ereignisse, auch Musik und Bilder."*[71]

Im Jahr 2002 erweitert Christoph Zuschlag mit zwei Publikationen die Rezeption des Informellen. War bis dato „die Forschung immer von der Gegenstandslosigkeit informeller Kunst ausgegangen", so arbeitet er in den beiden Veröffentlichungen *Gestus als Symbol. Zur Symbolfähigkeit der informellen Malerei* (2002)[72] und *Wie symbolfähig ist die Malerei des Informel?* (2002)[73] heraus, „dass auch in der informellen Kunst alle in der Kunstgeschichte bekannten Symbolarten, wie Zeichen-, Ding-, Pflanzen- und Tiersymbole sowie Farb- und Materialsymbolik, vertreten sind." Dabei ist entscheidend, dass eine inhaltliche Bestimmbarkeit des Symbols nicht eindeutig möglich ist, „vielmehr sei seine Bedeutung vom Kontext abhängig."[74] Zuschlag veranschaulicht seine These an unterschiedlichen informellen Bildern und stellt eine „allein dem Informel eigene Symbolqualität [heraus], die der Geste."

> *„Die Geste, die der Künstler beim Malen vollzieht, werde im Bild festgehalten und kann so vom Betrachter nachvollzogen werden. Das Bild selbst werde zum Symbol für den Malvorgang. Malerei als Vorgang, als Prozess gestalterischen Tuns wird sinnlich wahrnehmbar: Malerei verweist auf sich selbst, Malerei symbolisiert sich selbst."*[75]

„Mit der Suche nach einer Symbolik in der informellen Malerei richtet Christoph Zuschlag einen neuen Blick auf das Informel."[76]

Christine Baus, deren Beschreibung der Rezeption des Informellen in diesem Kapitel gefolgt wurde, nimmt in ihrer Dissertation einige seiner Thesen auf und denkt diese weiter, wie z.B., dass „der Werktitel in der informellen Kunst noch weitgehend unbeachtet geblieben [ist]".[77]

---

[71] Ebd., S. 49 f.

[72] Christoph Zuschlag. „Gestus als Symbol. Zur Symbolfähigkeit der informellen Malerei." in: Heinz Althöfer (Hg.) *Informel, Begegnung und Wandel*. Dortmund, Schriftenreihe des Museums am Ostwall, Band II, 2002a, S. 74–83

[73] Christoph Zuschlag. „Wie symbolfähig ist die Malerei des Informel?" in: Christa Lichtenstern (Hg.) *Symbole in der Kunst*. St. Ingbert, 2002b, S. 253

[74] Baus, S. 57 f.

[75] Ebd., S. 60

[76] Ebd., S. 65

[77] Ebd., S. 60

1.4. Informelle Künstler in Deutschland, Frankreich und Amerika

Neben den unterschiedlichen Phasen der Rezeption der informellen Kunst werden immer wieder gern Künstlerpersönlichkeiten herangezogen, um das *Informel* zu charakterisieren. Die folgende Tabelle teilt die Künstler in eine europäische und eine amerikanische Strömung ein. Die europäische Strömung, die sich als informelle Kunst in Paris, Frankfurt und Düsseldorf durchgesetzt hat, wird durch Deutschland und Frankreich repräsentiert. Die amerikanische Strömung, die sich als Abstrakter Expressionismus in New York durchgesetzt hat, teilt sich in zwei Stile ein: das Action Painting und die Farbfeldmalerei. Die ausgewählten Bilder in der folgenden Tabelle werden in dieser Arbeit herangezogen.

Europa: Informel/informelle Kunst			
Deutschland			
Nr.	**Künstler**	**Bildtitel**	**Datierung**
1	Karl Fred Dahmen (1917–1981)	▪ Chiemgau-Legende	▪ 1971
2	Albert Fürst (1920–2014)	▪ Öl auf Sackleinen ▪ Nani	▪ 1954 ▪ 1958
3	Winfred Gaul (1928–2003)	▪ o.T. (2–11–57–1) ▪ Eifersüchtiges Violett	▪ 1957 ▪ 1959
		▪ Ohne Titel	▪ 1961
		▪ London traffic box ▪ Doppel-Zebra ▪ La route à Gizeh II	▪ 1965 ▪ 1966 ▪ 1967
4	Gerhard Hoehme (1920–1989)	▪ Floraison dynamique ▪ Abhörer	▪ 1959 ▪ 1974/1975
5	Karl Otto Götz (1914–2017)	▪ 12.3.53 ▪ Fleurinde ▪ Fodat ▪ Ohne Titel	▪ 1953 ▪ 1957 ▪ 1957 ▪ 1965
6	Otto Greis (1913–2001)	▪ Ohne Titel	▪ 1953
7	Bernard Schultze (1915–2005)	▪ Rosen-Geschwüre ▪ An den Ufern ▪ Red Face Migof ▪ Verdorrt und von den Wäldern verschlungen	▪ 1955 ▪ 1956 ▪ 1965–71 ▪ 1970–76
8	Heinz Kreutz (1923–2016)	▪ An Sappho ▪ Rot Schwarz	▪ 1959 ▪ 1961
		▪ Abstrakte Komposition	▪ 1966
		▪ Schwarz, grau, weiß, grün und rot in 36 Quadraten ▪ Ohne Titel (16 Quadrate)	▪ 1968 ▪ 1969
9	Hans Hartung (1904–1989)	▪ R 9 ▪ R 18	▪ 1953 ▪ 1953
10	Carl Buchheister (1890–1964)	▪ Komposition P 19/51 ▪ Komposition Juviem	▪ 1951 ▪ 1959

11	Emil Schumacher (1912–1999)	■ Ohne Titel (Tastobjekt) ■ Hammerbild: Paracelsus ■ Bleibild: Bleibild B 9 ■ Aluminiumbild: Alumet	■ 1957 ■ 1967 ■ 1969/70 ■ 1995
12	K.R.H. Sonderborg (1923–2008)	■ 2. VIII. 55. 19.47–21.39h ■ 20.3.57, 16.27–18.02h	■ 1955 ■ 1957
13	Hann Trier (1915–1999)	■ Aranjuez I ■ Amor ■ Für Tiepolo ■ Deckengemälde Berlin	■ 1959 ■ 1965 ■ 1971 ■ 1972
14	Fred Thieler (1916–1999)	■ Ohne Titel ■ Mutabor ■ Hommage à Tiepolo	■ 1958 ■ 1962 ■ 1965
15	Wols (1913–1951)	■ It's all over the city	■ 1947
	Frankreich		
Nr.	**Künstler**	**Bildtitel**	**Datierung**
16	Jean Dubuffet (1901–1985)	■ La Metafisyx ■ Olympia ■ The Cow With The Subtile Nose ■ The Exemplary Life of the Soil (Texturology LXIII) ■ Phenomena series: Cosmografie ■ Soul of the Underground ■ Hourloupe	■ 1950 ■ 1950 ■ 1954 ■ 1958 ■ 1958–62 ■ 1959 ■ 1962
17	Jean Fautrier (1898–1964)	■ Les Otages	■ 1950
18	Antoni Tàpies (1923–2012)	■ Grey and Black Cross No. XXVI ■ Pintura ■ Great Painting (Gran pintura)	■ 1955 ■ 1955 ■ 1958
	Amerika: Abstrakter Expressionismus		
	Generell		
Nr.	**Künstler**	**Bildtitel**	**Datierung**
19	Mark Tobey (1890–1976)	■ Canticle	■ 1954
	Action Painting		
Nr.	**Künstler**	**Bildtitel**	**Datierung**
20	Jackson Pollock (1912–1956)	■ Kathedrale ■ Full Fathom Five ■ Number 1 ■ Autumn Rhythm Number 30 ■ Convergence	■ 1947 ■ 1947 ■ 1949 ■ 1950 ■ 1952
21	Sam Francis (1923–1994)	■ Ohne Titel	■ 1962
	Farbfeldmalerei		
Nr.	**Künstler**	**Bildtitel**	**Datierung**
22	Barnett Newman (1905–1970)	■ Onement I ■ Who's Afraid of Red, Yellow and Blue I ■ Who's Afraid of Red, Yellow and Blue II ■ Who's Afraid of Red, Yellow and Blue III ■ Who's Afraid of Red, Yellow and Blue IV	■ 1948 ■ 1966 ■ 1967 ■ 1966/67 ■ 1969/70
23	Mark Rothko (1903–1970)	■ White Center (Yellow, Pink and Lavender on Rose) ■ Orange, Red, Yellow	■ 1950 ■ 1961

2. Entwicklung abstrakt-informeller Codes in der Architektur

Wie im vorangegangenen Kapitel verdeutlicht wurde, operiert das Informelle bzw. das Formlose als eine subversive Strategie, um Zugehörigkeiten, Hierarchien und Repräsentationen in Frage zu stellen. Es geht eben nicht um die Bedeutung, sondern um die „Verrichtung“ von etwas; das Informelle bzw. das Formlose ist ein fortwährender Prozess, der der Form nicht dialektisch gegenübersteht, sondern diese überschreitet und damit verändert. In Entsprechung zum Begriff des Informellen haben sich auch in der Architektur subversive Strategien entwickelt, die als abstrakt-informelle Codes gelesen werden können. Diese Entwicklung steht in eindeutigem Zusammenhang mit der Veränderung des Informationsbegriffs.

2.1. Was ist ein Code?

Im weitesten Sinne wird durch einen Code eine Vorschrift bezeichnet, die aus Regeln und Normen besteht, die bestimmte Gruppen definiert haben und sich gemeinschaftlich daran halten. Es ist eine Art Sprache, die auf dem Austausch von Informationen beruht: der Sender verschlüsselt und erzeugt Informationen mit einem bestimmten Code und der Empfänger entschlüsselt sie mit demselben Code und ist in der Lage, diese dann zu lesen. Wie beim Morsecode, bei dem kurze und lange Tonsignale inklusive Pausen für Buchstaben oder Ziffern stehen, sind jedem Zeichen weitere Zeichen zugeordnet, um die Information zu übermitteln und zu empfangen.

In der Informatik sind Codes zentrale Elemente der elektronischen Datenübermittlung und finden Anwendung z.B. in Buchstabencodes, Nummerncodes, Zahlencodes, Geheimwörtern, Zugangscodes, Passwörtern, PIN-Nummern, Strichcodes, Programmcodes oder Quellcodes. Diese Informationsdaten bestehen aus einer langen Reihe von Nullen und Einsen, sogenannten Bits, die durch ihre Kombination eindeutige Ziffern und Buchstaben definieren. So steht z.B. die Zahlenfolge ‚11000001' für den Buchstaben ‚A'.

Die ersten Computer sind zu Beginn reine Rechenmaschinen. John von Neumann und Hermann Goldstine führen 1947 erstmals den Begriff Coding ein und definieren diesen als die Zerlegung einer Aufgabe in Teilschritte und die Übersetzung dieser Teilschritte in eine Abfolge maschinentauglicher Befehle. Um das Konzept der Abfolge der Befehle zu vereinfachen, schlagen sie eine graphische Methode vor.

> *„Coding begins with the drawing of the flow diagrams. This is the dynamic or macroscopic stage of coding. […] It has been our invariable experience, that once the problem has been understood and prepared […], the drawing of the flow diagram presents little difficulty."*[78]

Einer der ersten elektronischen Computer ist das hallengroße Ungetüm *ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)* (1946), das aus etwa 18.000 Vakuumröhren besteht. Für die Bedienung müssen hunderte von Steckverbindungen gesetzt werden, deren Verschaltungen durch die Instrukteure „vorher auf Papier in Form einfacher Befehle" notiert werden. Gramelsberger stellt heraus, dass Maschinenkommunikation und Programmieren bis in die 1950er Jahre in erster Linie bedeutet, Maschinen auf diese Art und Weise aufwändig per Hand (mit Bleistift und Papier) zu konstruieren.[79] Ein wesentlicher Fortschritt in den 50er Jahren bestand einerseits in der „Automatisierung des Codierens mit der Hilfe von Compilern", einem Programm, das die

---

[78] Hermann H. Goldstine, John von Neumann. „Planning and Coding Problems for an Electronic Computing Instrument", Part II, Vol. 1, 1947 in: John von Neumann. *Collected Works*, Vol. 5, Oxford u.a. 1963, S. 85 (zitiert bei Gabriele Gramelsberger. „Story Telling with Code" in: *Code. Zwischen Operation und Narration*, Hrsg. Andrea Gleiniger und Georg Vrachliotis, Birkhäuser GmbH, Basel, 2010, S. 30 f.)

[79] Ebd., S. 29 f.

gewünschten Operationen automatisch in Maschinencodes übersetzen kann, andererseits „in der Einführung einer mathematischen Sprechweise mit den Maschinen“. Mit dem Schritt vom Programmiercode zum Maschinencode – in Form höherer Programmiersprachen – wird „der Weg von der Hardware hin zur Software beschritten“.[80] Sind algorithmische Grundstrukturen verstanden, lassen sich Einsichten in die Prinzipien, Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung und des mechanistischen Weltbildes gewinnen.[81]

Als Computer leistungsfähiger werden, zeigt sich sehr schnell, dass sie mehr können. „Vor allem die Datenverarbeitung von Informationen, Texten und Bildern gewinnt seit den 1970er Jahren zunehmend an Bedeutung. Dabei verschiebt sich der Fokus vom Entwurf von Programmen hin zur Organisation von Daten.“[82] Heute erleichtern vorgefertigte Computerprogramme den Umgang mit den Rechnern und machen sie massentauglich. Der User bewegt sich nicht mehr auf der Ebene des Codes, sondern auf der Oberfläche der Programme, um bereits vorcodierte Anwendungen auszuführen. Programmieren bedeutet heute, dass sich die Logik der Computer weltweit durchgesetzt und eine Normierung der Organisation von Arbeitsvorgängen, Kommunikationsbedingungen und Denkweisen mit sich gebracht hat.[83] Im digitalen Entwerfen wird durch die Parametrik[84] der Computer wieder gemäß seiner ursprünglichen Natur eingesetzt: nicht als „digitales Zeichenbrett“, sondern als „mathematische Maschine“.[85] Diese Rückbesinnung auf den Computer erlaubt neue Freiheitsgrade in der Generierung der Form: Formen evolvieren nicht geometrisch, sondern durch algebraische und arithmetische Operationen in einem „Wirkprozess“.[86]

---

[80] Ebd., S. 33

[81] Georg Trogemann, Jochen Viehoff. *CodeArt – Eine elementare Einführung in die Programmierung als künstlerische Praktik*, Wien, New York, 2005, S. 9

[82] Gramelsberger, 2010, S. 33 f.

[83] Ebd., S. 34

[84] Vgl. Kapitel *III.6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006)*, S. 161

[85] Gramelsberger, 2010, S. 36

[86] Ebd., S. 38

2.2. Transformation des Informationsbegriffs

Der Code begründet, wie ausgeführt, also die Grundlage für die Verarbeitung von Daten, die Informationen vermitteln. Enthält die Information in der Kommunikationstheorie immer eine Bedeutung, die es zu entschlüsseln gilt, so hat sich diese seit den Anfängen der Informatik in den 1940er Jahren von der Information abgekoppelt; und die Information selbst hat sich in eine reine Strukturinformation ohne Bedeutung transformiert. Die Information wurde entsemantisiert. In den 1960er Jahren entsteht, hauptsächlich durch Arbeiten des Philosophen Max Bense (1910–1990), die Informationsästhetik. In dieser Ästhetik ist der Prozess der Wahrnehmung ‚informatisiert' und dadurch messbar bzw. kalkulierbar gemacht.[87] Durch daraus gewonnene Erkenntnisse und ihre rückwirkende Anwendung entsteht eine neue Kunstart, die Computerkunst. Hierbei beruht die Kunstproduktion auf der Benutzung des Computers und das Programmieren wird zu einer Art „modernen Form des ästhetischen Handwerks erklärt".[88]

[87] Das Problem ist allerdings stets, nach welchen Kriterien sich das ‚ästhetische Urteil' in der Informationsästhetik bildet. Wenn z.B. Bach, Beethoven und Webern untersucht werden, so sind Gegenstand dieser Untersuchung Werke, die bereits als musikalisch wertvoll gelten, also Werke, für welche ein ästhetisches (vor-mathematisches) Urteil bereits ausgesprochen worden ist. Daraus kann zwar ein (mathematisch artikulierter) Kanon formuliert werden, der aber (wie jeder Kanon) stets wiederholt, aber nicht fortentwickelt werden kann.

[88] Vrachliotis, 2010, S. 83

2.2.1. Entsemantisierung der Information in den 1940er Jahren

Der amerikanische Mathematiker und Elektrotechniker Claude Shannon (1916–2001) begründet mit seinen Forschungen in den *Bell Laboratories* der amerikanischen Telefongesellschaft *AT&T* die Informationstheorie. Seit Anfang der 1940er Jahre untersuchte er „Probleme bei der Übertragung von Nachrichten in Form elektrischer Signale. Es gilt zu präzisieren, was dazu erforderlich ist, eine bestimmte Botschaft über eine bestimmte Verbindung, zum Beispiel eine Telefon- oder Telegrafenleitung, zu übertragen."[89]

In seinen Überlegungen geht er aus von der fundamentalen Informationseinheit *binary digit*, kurz *Bit*, die erstmals in einem internen Memo der *Bell Laboratories*, verfasst von John W. Tukey am 9. Januar 1947, festgehalten wurde.[90] Der Begriff *Bit* beschreibt den Unterschied zwischen zwei Zuständen: entweder/oder, ja/nein, an/aus und 0/1. Benutzt man die Binärzeichen, so hat man nur zwei Möglichkeiten, sich auszudrücken. Der Makrozustand ‚Binärzeichen' entspricht nur zwei Mikrozuständen, die gleich wahrscheinlich sind. Basierend darauf publiziert Shannon seine bahnbrechende Arbeit *Mathematical Theory of Communication* (1948)[91] und begründet damit die sogenannte „Informationstheorie", den Vorläufer der Informatik.

> *„Das Bemerkenswerte an Shannons Theorie ist, dass sie Information ausschließlich als eine statistische Größe auffasst. Unter Information wird im Kontext der Theorie prinzipiell immer nur das Maß an Informationsgehalt verstanden, welches ein Zeichen, beziehungsweise eine Zeichenfolge, aufweist. Der Informationsgehalt eines Zeichens korreliert dabei logarithmisch mit der statistischen Wahrscheinlichkeit seines Auftretens. Je häufiger ein Zeichen vorkommt, desto geringer ist sein Informationsgehalt und umgekehrt."*[92]

Durch die statistische Qualifizierung vollzieht sich durch Shannon die ‚Entsemantisierung' des Informationsbegriffs. Die semantische Dimension, also die Bedeutung eines Zeichens, spielt für Shannon explizit keine Rolle. Als kurzes Beispiel für eine statistische Betrachtung steht die Zeichenfolge *ES IST HEISS*, bei der die inhaltliche Ebene irrelevant ist und es nur darauf ankommt, dass der Buchstabe ‚s' häufiger als die anderen Elemente der Zeichenfolge vorkommt. Diese Tatsache wird für die Informationsübertragung genutzt, um Übertragungszeit zu sparen, was sich bei längeren Texten effizienter auswirkt. Die Information besteht lediglich aus Struktur, die zu übermitteln ist.[93]

---

[89] Tor Nørretranders. *Spüre die Welt. Die Wissenschaft des Bewusstseins*. Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 1994, S. 67

[90] zitiert nach George B. Dyson. *Darwin im Reich der Maschinen*. SpringerWienNewYork, 2001, S. 69 f.

[91] Claude E. Shannon. „A Mathematical Theory of Communication." in: *Bell System Technical Journal 27*, Juli und Oktober 1948, S. 379–423 und S. 623–656

[92] Karim Bschir. „Vorläufig oder grundlegend? – Die Code-Metapher in der Molekularbiologie" in: *Code. Zwischen Operation und Narration*, Hrsg. Andrea Gleiniger und Georg Vrachliotis, Birkhäuser, Basel, 2010, S. 15

[93] Vgl. *www.de.wikipedia.org/wiki/Information*

„Eine Vorahnung von Shannons ‚Informationstheorie' gibt der US-amerikanische Ingenieur und Analogrechner-Pionier Vannevar Bush (1890–1974), als er 1936 von der Anzahl der ‚bits of information' spricht, die auf einer Lochkarte gespeichert werden können. Wenn damals von Bits *die Rede war, dachte man kaum an eine elektrische oder elektronische Form. Meistens meinte man Stückchen (Bits) Papier (oder Stückchen fehlenden Papiers, dargestellt durch den Häcksel, der tonnenweise auf die Müllhalden gekarrt wurde). Noch immer werden viele Karten von einer Maschine zur anderen getragen, und jedes Problem ist ein Einzelfall."*[94]

Dennoch sieht Bush schon in den 1930er Jahren den unausweichlichen Übergang zu ausschließlich digitalen Maschinen voraus:

„There is not the slightest doubt that numerical machines are destined to be further developed and exceedingly useful. Their influence on the users of arithmetic has been powerful. […] They are none the less interesting and important, and ultimately their influence may be as great or greater."[95]

„We are in an age of complex instruments. Out of it will come devices that will revolutionize the use of mathematics, and will profoundly influence some branches of mathematics itself. This process is now beginning, and it is probable that the next decade will see important advances."[96]

[94] George B. Dyson. *Darwin im Reich der Maschinen. Die Evolution der globalen Intelligenz*. Originalausgabe: Addison-Wesley Publishing Company, 1997, deutsche Ausgabe: SpringerWienNewYork, 2001, S. 70

[95] Vannevar Bush. „Instrumental Analysis" in: *Bulletin of the American Mathematical Society 42*. 1936, S. 654 f.

[96] Ebd., S. 666

2.2.2. Informationsästhetik in den 1960er Jahren

Der Eintritt des Computers in die Kunst und der Informationstheorie in die Ästhetik beginnt mit künstlerischen Arbeiten am Computer im Bereich der Musik. Der US-amerikanische Komponist, Musiktheoretiker und Chemiker Lejaren A. Hiller (1924–1994) ist der erste, der in Zusammenarbeit mit Leonard M. Isaacson eine computergestützte Komposition erstellt. Die *ILLIAC Suite String Quartet No. 4* (1957) besteht aus vier Sätzen, die aus vier algorithmischen Experimenten entstanden sind, in denen z.B. die Melodie sowie Rhythmus, Dynamik und Spielanweisungen festgelegt und Zufälligkeiten durch *generative Grammatiken* oder *Markow-Ketten* eingeführt wurden.[97]

Auch seit Mitte der 1950er Jahre macht der deutsche Physiker Wilhelm Fucks (1902–1990) mit mathematischen Stilanalysen von Musikstücken und literarischen Werken auf sich aufmerksam. In seinem Buch *Nach allen Regeln der Kunst* (1968) erstellt er überraschende Stilanalysen in der Musik, indem er statistisch vorgeht und Tonfolgen und -höhen in Musikstücken zählt. Fucks zeigt, dass eine rein quantitativ vorgehende „Ästhetik" zu objektiven Resultaten führen kann, die nicht trivial sind.[98]

> *„Neben der bloßen Häufigkeit von Tonhöhen ist selbstverständlich sehr wichtig, wie die Töne in der Folge angeordnet sind, d.h. welcher Ton welchem Ton wie häufig folgt. Das zeigt unser Schema der Übergangshäufigkeiten, kurz Übergangsmatrix genannt. Wieder ist je ein Violinpart gewählt. Die vierte Matrix ganz rechts stellt die Übergangshäufigkeit dar für eine völlig regellose Folge, die aus dem gleichen Tonmaterial gebildet ist wie Weberns Werk. Die Übergangshäufigkeiten bei Bach und Beethoven sind sichtlich weit von denen einer regellosen Tonfolge entfernt – zum Unterschied von der Übergangsmatrix bei Webern. Die unterschiedliche Verknüpfung drückt sich im Korrelationskoeffizienten aus, der bei Bach 67%, bei Beethoven 76%, bei Webern 6% und bei der Zufallsmatrix 3% ausmacht. – Die Kreisflächen in der Darstellung sind um so größer je häufiger ein Tonübergang ist."*[99]

Neben den musikalischen Arbeiten gibt es ebenfalls literarische Experimente, bei denen die Information mit Hilfe des Computers ästhetisiert wird. So generiert Claude Shannon schon 1948 Zufallsliteratur aus *Markow-Ketten*, wodurch einfache Texte surrealistisch transformiert werden. Zufallsoperationen nutzt auch der New Yorker Fluxus Dichter Jackson Mac Low (1922–2004), um seine *5 biblical poems* (1958) zu erzeugen. Der deutsche Informatiker und Pionier auf dem Gebiet der digitalen Poesie, Theo Lutz (1932–2010), veröffentlicht in der Ausgabe der *Zeitschrift für Tendenz und Experiment* den Artikel *Stochastische Texte* (1959). Auf Anregung des Philosophen Max Bense programmiert Lutz auf dem Großrechner *Zuse Z22* an der *TH Stuttgart*

---

[97] Lejaren A. Hiller. Leonard M. Isaacson. *Experimental Music: Composition With an Electronic Computer.* McGraw-Hill, New York, 1959, S. 5 f.

[98] Christoph Klütsch. *Computer Grafik. Ästhetische Experimente zwischen zwei Kulturen. Die Anfänge der Computerkunst in den 1960er Jahren.* Springer-Verlag, Wien, 2007, S. 58 f.

[99] Wilhelm Fucks. *Nach allen Regeln der Kunst.* Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1968, S. 24 f.

mit Hilfe syntaktischer Regeln einen stochastischen Text aus einem Wortvorrat, der Franz Kafkas *Das Schloss* (1926) entnommen ist.[100] Ziel der generativen Ästhetik ist es, den Computer so zu programmieren, dass er „ästhetische Objekte" ohne weiteres Zutun des Menschen hervorbringt und der ästhetische Wert von Kunstwerken formal genau bestimmt werden kann. Die Informationsästhetik[101] der 1960er Jahre dient also als eine analytische Ästhetik, die beschreibt, was der Programmierer umsetzen muss, um den Computer „ästhetische Objekte" generieren zu lassen, und versucht, das Kommunikationsmodell kybernetisch zu fassen.[102]

Die erste Architekturkonferenz zum Thema Computer findet am 5. Dezember 1964 in Amerika (Boston) statt. Unter den Sprechern war Walter Gropius (1883–1969), der die zentrale und sehr weitsichtige Frage stellt, ob es durch die Einführung des Computers erforderlich sei, eine neue Berufsgruppe von Architekturassistenten auszubilden, da „man das Bedienen von Computern nicht als Aufgabe eines entwerfenden Architekten verstand."[103] Einige Jahre später gründet der amerikanische Architekt Nicholas Negroponte (*1943) die *Architecture Machine*[104] *Group*, die später das *MIT Media Lab* wird. Vrachliotis liest diese amerikanische Strömung der Computerforschung als eine Werkzeuggeschichte ohne philosophisches Fundament, da die Forscher eher nach Werkzeugen für die Architekturproduktion der Zukunft suchen als nach einer philosophischen Theorie.[105] So fällt in diese Zeit die Nutzung des *Sketchpad* (1961–1963), das Ivan Sutherland (*1938) als computergrafisches Programm entwickelt hat und als Vorläufer des rechnerunterstützten Konstruierens (CAD) fungiert.[106] Die europäische Strömung der Computerforschung der Nachkriegszeit ist laut Vrachliotis eher durch ein „zu viel" an Theorie, Philosophie und Semiotik gekennzeichnet. Computergrafiken werden nicht gezeichnet, sondern programmiert. Kybernetik, Kunst und Philosophie fließen zusammen und eine experimentelle Kultur des Programmierens entsteht. Aus dieser Symbiose bildet sich ein neuer Künstlertypus heraus, dem drei zentrale Vertreter zugeordnet werden können: der Philosoph Max Bense (1910–1990) und die beiden Mathematiker Frieder Nake (*1938) und Georg Nees (1926–2016).[107]

[100] Einzelne Beispiele für literarische Experimente sind dieser Übersicht entnommen: „Algorithmische Literatur" in: *Die algorithmische Revolution. Zur Geschichte der interaktiven Kunst.* Ausstellung im *ZKM*, Karlsruhe, 2004. Vgl. *http://www01.zkm.de/algorithmische-revolution/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=26*, abgerufen am 07.12.2015

[101] Vgl. Manfred Kiemle. *Ästhetische Probleme der Architektur unter dem Aspekt der Informationsästhetik*. Quickborn, 1967

[102] Klütsch, 2007, S. 17

[103] Georg Vrachliotis. „Gropius' Frage oder über das Offenlegen und Verdecken von Code in Architektur und Kunst." in: Gleiniger/Vrachliotis. 2010. S. 75 f.

[104] Nicholas Negroponte entwickelte in Zusammenarbeit mit Gordon Pask am *MIT* „[...] die ‚Architecture Machine' [...] – ein computergeneriertes System [...] machte aus groben Skizzen Pläne, wies auf mögliche Probleme hin, schlug Erweiterungen vor usw." Andrew Pickering. „Ontologisches Theater. Gordon Pask, Kybernetik und die Künste." in: Helmar Schramm/Ludger Schwarte/Jan Lazardzig (Hrsg.). *Spektakuläre Experimente: Praktiken der Evidenzproduktion im 17. Jahrhundert. Bd. 3*. Walter de Gruyter, Berlin, 2006, S. 472

[105] Vrachliotis, 2010, S. 78 f.

[106] Vgl. ebd., S. 81

[107] Ebd., S. 83

Max Bense versucht als Philosoph, Mathematiker und Physiker eine Brücke zwischen natur- und geisteswissenschaftlichen Fächern zu schlagen. Seine zentralen Themen sind die Verbindungen zwischen Ästhetik und Rationalität, zwischen Kunst und Mathematik bzw. zwischen physikalischer und ästhetischer Welt.[108]

> *„Es ‚scheint' […] im wesentlichen nur zwei wirkliche unterscheidbare Weltprozesse zu geben, den physikalischen und den ästhetischen, die in einem dialektischen Verhältnis zueinander stehen."*[109]

Er bezieht sich hauptsächlich auf semiotische Konzepte von Charles Sanders Peirce (1839–1914) und das Konzept des Sprachspiels von Ludwig Wittgenstein (1889–1951). Bense beabsichtigt mit Hilfe von technischen Möglichkeiten des Computers das Denken zu erweitern und dadurch traditionelle Anschauungen über literarische Texte zu relativieren. Zusammen mit Künstlern, Schriftstellern und Literaturwissenschaftlern wie z.B. Helmut Heißenbüttel, Reinhard Döhl, Günter Neusel, Ludwig Harig, Franz Mon und Ernst Jandl formt Max Bense Ende der 1950er Jahre *Die Stuttgarter Gruppe*, die sich um die Förderung experimenteller Literatur und Kunst bemüht. Mit den beiden Mathematikern Frieder Nake und Georg Nees wird „das Programmieren zu einer modernen Form des ästhetischen Handwerks erklärt".[110] Seit 1965 stellen sie ihre Grafiken aus und präsentieren gleichzeitig den Programmcode, der zu der jeweiligen Grafik geführt hat, wie z.B. *Schotter* (1968). Neben dieser Grafik, die eine bestimmte Anzahl von Quadraten zeigt, deren Lage sich von Reihe zu Reihe um eine zufällige Drehung eines jeden Quadrats verändert, steht der Programmcode in 20 operativen Schritten geschrieben. Hierbei wird nicht nur das Ergebnis, auch der strukturelle Ursprung wird freigelegt. Vrachliotis fasst zusammen, dass „das konsequente Offenlegen der Zusammengehörigkeit von Kunstwerk und Methodik, von Computergrafik und Programmcode zu einer Grundbedingung dessen geworden war, was in Kunst und Architektur zu einem neuen künstlerischen Glauben an die Mathematik der Maschine führen sollte."[111]

> *„Die Architektur galt als der letzte künstlerische Bereich, dessen innere Funktionsweise es durch die Informationsästhetik zu entmystifizieren galt."*[112]

---

[108] Klütsch, 2007, S. 61 f.

[109] Max Bense. *Aesthetica. Einführung in die neue Ästhetik*. Agis Verlag, Baden-Baden, 1965, S. 124

[110] Vrachliotis, 2010, S. 83

[111] Ebd., S. 87

[112] Manfred Kiemle, zitiert bei Georg Vrachliotis. „Die Automatisierung der Kritik. Architekturkritik und medientechnische Verfahren", in: *ARCH+ Nr. 200*, Oktober 2010, S. 83

2.3. Wiederentdeckte Sensibilität für das Informelle im Dekonstruktivismus

Der Dekonstruktivismus als architektonischer Stil ist immer mit der philosophisch-literarischen Praxis der Dekonstruktion von Jacques Derrida (1930–2004) verbunden. „‚Dekonstruktion' – in Abwandlung von Heideggers ‚Destruktion' – [...] [nennt] Jacques Derrida seine Arbeit der literaturkritischen Durchleuchtung philosophischer Texte. Der Terminus entstammt [seiner Sprachtheorie] der *Grammatologie* [1967], wo er das analytische Enthüllen von Satzkonstruktionen oder von poetischen Regeln meint."[113] Bedeutungen, Repräsentationen, Vorbilder, Hierarchien sind „ontologische Gerüste", die mit seinem Verfahren „abgeräumt" werden sollen.[114] Dabei „postuliert [die Dekonstruktion] stets ein Dogma, welches dann von ihr umgestoßen wird, eine Norm, die sie bricht, eine Voraussetzung und Ideologie, die sie unterminiert. [...] [Sie] ist dann am erfolgreichsten, wenn sie mit Konstruktions- und Ornamentnormen konfrontiert ist, denen es zu widerstehen gilt."[115]

Giambattista Piranesi erschafft Mitte des 18. Jahrhunderts „unabsichtlich" die ersten dekonstruktivistischen Zeichnungen, die als „skurrile frühe Vorformen autonomer Architektur" gelesen werden können. In seiner „Kerker-Reihe" *Carceri* (1745–1750) werden vertraute bauliche Elemente abgebaut und „in veränderter, ungewisser Bedeutung" wieder aufgebaut.[116] Das ist auch das Ziel des Dekonstruktivismus in der Architektur seit Mitte der 1980er Jahre.[117] Denn beim Dekonstruktivismus geht es nicht, wie der Begriff zu Unrecht vermuten lässt, um das De-Konstruieren von Architektur, sondern um das Deutlichmachen der atektonischen Momente von Architektur, indem Strukturen offengelegt, aufgebrochen und in ihrer Instabilität sichtbar gemacht werden.[118]

> *„Ein dekonstruktiver Architekt ist deshalb nicht jemand, der Gebäude demontiert, sondern jemand, der den Gebäuden inhärente Probleme lokalisiert. Der dekonstruktive Architekt behandelt die reinen Formen der architektonischen Tradition wie ein Psychiater seine Patienten – er stellt die Symptome einer verdrängten Unreinheit fest. Diese Unreinheit wird durch eine Kombination von sanfter Schmeichelei und gewalttätiger Folter an die Oberfläche geholt: Die Form wird verhört."*[119]

---

[113] Otto Kapfinger. „Utopie und Abbild." in: *ARCH+ Nr. 96–97 de-construction*. ARCH+ Verlag, Aachen, 1988, S. 49

[114] Zusammengestellt aus: Jürgen Habermas. „Der philosophische Diskurs der Moderne." Frankfurt a. M., 1965 in: *ARCH+ Nr. 96–97*, S. 56

[115] Charles Jencks. „Die Architektur der Dekonstruktion." in: ebd., S. 25

[116] Jürgen Pahl. *Architekturtheorie des 20. Jahrhunderts: Zeit-Räume*. Prestel Verlag, München, 1999, S. 186

[117] In der Architektur bezeichnet Charles Jencks die neue Formensprache Mitte der 1980er Jahre als „neuer Expressionismus", der „frei von konventionellen Codes ist und die Postmoderne ablöst." Charles Jencks. *Architektur heute*. Stuttgart, 1988, S. 222–224

[118] Vgl. Ernst Seidl. „Zerstörungsphänomene in der Baukunst: Atektonik statt Dekonstruktion." in: Bettina Paust. Johannes Bilstein. Peter M. Lynen. Hans Peter Thurn (Hg.). *Aufbauen – Zerstören. Phänomene und Prozesse der Kunst. Moyländer Diskurse zu Kunst und Wissenschaft Bd. 1*. Kunstakademie Düsseldorf, Zentrum für Internationales Kunstmanagement CIAM (Köln) und Joseph Beuys Archiv der Stiftung Museum Schloss Moyland (Bedburg-Hau), Athena-Verlag, Oberhausen, 2007, S. 57–68, hier S. 68

[119] Philip Johnson. Mark Wigley. *Dekonstruktivistische Architektur*. Hatje, Stuttgart, 1988, S. 11

Ende der 1980er Jahre kuratieren Mark Wigley, Philip Johnson und Heiko Herden die Ausstellung *Deconstructivist Architecture* (1988) im *Museum of Modern Art* in New York, durch die der Begriff Dekonstruktivismus offiziell eingeführt wird. Sieben Architekten nehmen an der Ausstellung teil: Frank Gehry, Zaha Hadid, Daniel Libeskind, Coop Himmelb(l)au, Peter Eisenman, Rem Koolhaas und Bernard Tschumi. Als Folge der Ausstellung entspinnt sich ein lebhafter Diskurs über die Beziehung zwischen „Dekonstruktion und Architektur", an dem viele namhafte Vertreter aus Architektur und Philosophie teilnehmen. So wie sich viele Architekturtheoretiker der dekonstruktivistischen Theorie zugewandt haben, geschieht das Gleiche auf Seiten der Dekonstruktivisten, die sich der Architektur zuwenden. Zahlreiche Austauschprozesse finden statt z.B. auf Konferenzen, in Ausstellungen, durch Zeitschriftenartikel, Besprechungen, Architekturprojekte und Architekturkritik.[120] Der Dialog zwischen Jacques Derrida und Peter Eisenman steht paradigmatisch für diesen Austauschprozess.[121] Eine Zeit lang arbeiten sie an verschiedenen Projekten zusammen, gehen allerdings in einem großen Streit auseinander, der in Form eines aufschlussreichen Briefwechsels dokumentiert ist.[122]

Ein Projekt, das zentral für den Dekonstruktivismus mit all seinen architektonischen, theoretischen und philosophischen Aspekten steht, ist der *Wettbewerb um die Neugestaltung des Parc de la Villette* (1982–1983) in Paris. Zwei Architekten kommen dabei in die Endauswahl: Rem Koolhaas und Bernard Tschumi. Zentrales Element in beiden Entwürfen ist die rein schematische Überplanung des 35 ha großen Geländes eines ehemaligen Schlachthofs. Tschumis Entwurf mit der Überlagerung von drei Systemen – Punkte, Linien und Oberflächen – bekommt am Ende den Zuschlag. Die Zeichnungen erinnern mehr an ein Gemälde von Kandinsky, Klee oder Malewitsch als an ein Freiraumkonzept. Ganz in Derridas Sinne gleicht Tschumis Konzept für den Park einem autonomen, ganz auf sich selbst bezogenen „Text".[123] Zwischen 1984 und 1987 wird sein Entwurf realisiert. Seine Konzeption basiert auf drei Raumebenen:

1) *Punkte:* 26 feuerrote Bauwerke sogenannte *folies* („Verrücktheiten") verteilen sich als geordnetes Raster auf dem Parkgelände. Der Begriff *folies* „soll gleichzeitig die englische ‚folly' [ein ungewöhnlicher Zierbau] der Gärten des achtzehnten Jahrhunderts sowie den französischen Begriff für ‚Narrheit' (wie er von Michel Foucault in der *Histoire de la folie* [1961] erläutert wird) verkörpern."[124] Grundsätzlich sind sie funktionslos, provokativ

[120] Vgl. Mark Wigley. *Architektur und Dekonstruktion: Derridas Phantom*. Birkhäuser, Basel, 1993, S. 14

[121] Zur Theorie Derridas im Zusammenhang mit Eisenmans Entwurfsansatz vgl. Kapitel *III.3.3.1. repeating vs. scaling und superposition*, S. 87

[122] Vgl. Peter Eisenman. Ullrich Schwarz/Martina Kögl (Hg.). *Aura und Exzeß. Zur Überwindung der Metaphysik in der Architektur.* Passagen Verlag, Wien, 1995

[123] Vgl. Christoph Gunßer. „Parc de la Villette in Paris." in: *db deutsche bauzeitung. Nr. 3.* 2012, *http://www.db-bauzeitung.de/db-themen/db-archiv/parc-de-la-villette-in-paris/*, abgerufen am 21.12.2016

[124] Jencks, 1988, S. 36

unnütz und existieren ohne historische Beziehungen in einer Art dekonstruktivistischen Vakuums. Einige von ihnen beherbergen dennoch Funktionen wie z.B. ein Bad, ein Kino, Restaurants, einen Fitnessclub und Musik- und Wissenschaftszentren. „Tschumi spricht immer von ‚Dekonstruktion/Rekonstruktion', besonders anlässlich der [*folies*] und der Erzeugung ihres Würfels (formale Kombinatorik und transformationelle Relationen)."[125]

2) *Linien:* Die *folies* „werden durch einen drei Kilometer langen, willkürlich gewundenen Laufsteg [bzw. Weg] verbunden, den Tschumi die ‚Filmpromenade' nennt, weil er sich aus einer Bildmontage in Form eines entrollten Filmstreifens zusammensetzt."[126]
3) *Flächen:* Zehn Themengärten, sogenannte *prairies* (Wiesen), verteilen sich über das Areal.

Die Überlagerung der drei verschiedenen Systeme in unterschiedlichen Winkeln zueinander „begünstigt Zufall und Fügung, Unvereinbarkeiten und Brüche."[127] Der Park verkörpert eine Art „Anti-Tourismus". Die Besucher betreten keinen traditionellen Park wie z.B. den *Central Park* (1859–1873) in New York City, der als üblicher Landschaftspark geplant und angelegt wurde. In Tschumis Park gibt es weder konventionelle architektonische Beziehungen noch historische Bezüge, auf die die Besucher zurückgreifen könnten. Sie erleben den Park zwischen Objekten und Ereignissen, was laut Tschumi zu einer lebendigeren und authentischeren Auseinandersetzung mit der Umgebung führen kann.[128] Schon in seinem Buch *The Manhattan Transcripts* (1981) schlägt Tschumi eine andere Lesart von Architektur vor. In einer Reihe von quadratischen Tafeln werden Handlungen, Pläne und Schnitte durch Fotografien inszeniert; Raum, Bewegung und Ereignisse sind getrennt, aber stehen durch die Transkription (dt. ‚Übertragung') in einer neuen Beziehung zueinander.

Derrida setzt sich in seinem Text *Am Nullpunkt der Verrücktheit – Jetzt die Architektur* (1988)[129] mit Tschumis Entwurf zum *Parc de la Villette* auseinander und fasst die *wiederentdeckte Sensibilität für das Informelle im Dekonstruktivismus* treffend zusammen:

> *„In der Konfrontation mit Tschumi wird ein mittlerweile vertrautes, auch in der architektonischen Phantasie bekanntes Begehren nach offenen, flüchtigen, unbestimmten, changierenden und so nichts vornweg kanalisierenden Ordnungen verhandelt, ein Begehren nach Formlosigkeit […]."*[130]

Zu Beginn der Ära des digitalen Entwerfens werden damit zum ersten Mal Formen geschaffen, die komplett bedeutungslos sind und ohne historische Referenzen auskommen können.

---

[125] Jacques Derrida, leicht gekürzt entnommen aus: Wolfgang Welsch (Hrsg.). *Wege aus der Moderne – Schlüsseltexte der Postmoderne-Diskussion*. VCH, Weinheim, 1988 in: *ARCH+ Nr. 96–97*, 1988, S. 58
[126] Ebd.
[127] Ebd., S. 37
[128] Vgl. Bernard Tschumi. *Architecture and Disjunction*. MIT Press, 1994, S. 191–206 (ü.d.V. sinngemäß)
[129] *ARCH+ Nr. 96–97*, 1988, S. 54–62
[130] Florian Rötzer. „Jargon des Anderen." in: *ARCH+ 96–97*, 1988, S. 63

3. Der Begriff des Biomorphen

Der Begriff des Biomorphen, der meist zur Bezeichnung des aktuellen Trends zu weichen und verschliffenen, am Computer generierten Formen verwendet wird, wird oft im selben Atemzug mit einem anderen Begriff genannt, dem des Organischen. Beide Begriffe verweisen auf die Natur oder sind in Diskursen über sie enthalten. Die Natur, das Organische und die biomorphe Gestalt sind drei Begriffe, die durch verschiedene Sinngebungen im Laufe der Jahrhunderte unscharf geworden und in ihrer Bedeutung durch Vielfalt gekennzeichnet sind, sei es in ihrer Eigendefinition, sei es in ihrer Abgrenzung zu den jeweiligen anderen Begriffen.

Der Begriff des Organischen in der Architektur hat seit den letzten zwanzig Jahren wieder an Popularität gewonnen. Grund dafür sind die wachsenden Umweltprobleme, die daraus resultierende Zunahme an ‚grünem' und nachhaltigem Design und der Glaube daran, dass eine größere Harmonie zwischen Architektur und Natur entsteht, wenn von natürlichen Formen und Systemen gelernt wird. Nicht zuletzt führt das Aufkommen des digitalen Entwerfens in den 1990er Jahren mit seinen fließenden und weichen Formen dazu, dem Begriff des Organischen in der Architektur eine neue Facette hinzuzufügen, die des Biomorphen.

In der Kritik erscheinen die beiden Begriffe ‚organisch' und ‚biomorph' sehr oft als austauschbar, weswegen es wichtig ist zu wissen, worüber jeweils gesprochen wird bzw. welche Zuordnung auch dieser Arbeit zu Grunde liegt, die beide Begriffe in ihrem Untertitel enthält. Man kann, wenn man sich mit dem Biomorphen befasst, auf den Begriff des Organischen nicht verzichten. Vielmehr gilt, dass der Organikbegriff in der Architektur mit seiner Dehnbarkeit, Schwammigkeit und Ungenauigkeit im strengen Sinn gar kein Begriff ist, sondern für alles steht, was in der Architektur nicht nach den geometrischen Grundfiguren entworfen ist. Deshalb ist das Organische ein Wort mit approximativen Charakter. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen dieser Arbeit steht daher das Biomorphe als Begriff im Zentrum, da es um die Ausprägung von Gestalt in der Nachahmung biologischer Formen geht.

3.1. Die Natur

Der Begriff Natur hat sich durch kulturelle Einflüsse und über Zeiten hinweg stets gewandelt. In der Regel bezeichnet der Begriff Natur etwas, das nicht vom Menschen geschaffen wurde. Etymologische Ursprünge sind im Lateinischen mit dem Begriff natura (‚entstehen, geboren werden') und im Griechischen mit dem Begriff φύσις (‚Natur') und φυσικά (‚Physik, Naturforschung' z.B. bei Aristoteles) zu finden. Als eine Art ‚Kollektivsingular', hinter dem sich eine Mannigfaltigkeit verbirgt, ist der Begriff Natur mit seinen verschiedenen Auslegungen widersprechend und instabil und dadurch schwer zu fassen. Grundsätzlich können vier unterschiedliche Haltungen zum Naturverständnis ausgemacht werden. Erstens hat der Mensch im ‚magisch-mythischen' Naturverhältnis einen vorwissenschaftlichen und vorphilosophischen Zugang zu seiner Umgebung. Bei dieser Art magischen Denkens, wie es auch bei Naturvölkern oder als Vorstufe rationalen Denkens vorkommt, werden Naturgegebenheiten mit der Realität der Menschen verknüpft.[131] Der Mensch bildet mit der Natur eine Einheit. Zweitens ist das Seiende als Ganzes auch zentrales Thema in den ersten Philosophien über den Weltursprung der Antike (Vorsokratiker, Platon und Aristoteles), in der die Begriffe Kosmos, Natur, Welt und Mensch in ihrer Einheit eine ‚biomorph-ganzheitliche' Natursicht ausdrücken.[132] Die Philosophie der Griechen unterscheidet sich von derjenigen der Naturvölker darin, dass die Natur ob als schaffende Natur (‚natura naturans' bei Aristoteles) oder als geschaffene Natur (‚natura naturata' bei Platon) als planvoll, vernünftig, zielgerichtet und zweckmäßig erscheint. Drittens wird die Trennung von Mensch und Natur, bei der die Natur als Gegenstand und ‚Gegenbegriff' oder als ‚dritte Sache' steht, schon bei Aristoteles formuliert.

> *„Das von Natur aus Seiende hat das Prinzip seiner Bewegung in sich, nämlich das Prinzip seiner Entstehung, Regeneration und Reproduktion, während das technisch Seiende dafür auf den Menschen angewiesen ist."*[133]

Auch bei Platons ‚Zwei-Welten-Theorie' bzw. der ‚Ideenlehre' klingt, durch die Trennung von Natur und Geist, schon die Aufspaltung des Seienden in eine Natur (‚physis') und eine Nicht-Natur (‚techne') an.[134] Im 17. Jahrhundert unterscheidet René Descartes (1596–1650) in seinem Dualismus zwischen Leib (‚res extensa', das Körperliche) und Seele (‚res cogitans', das Gedankliche) und begründet damit die Sonderstellung des Menschen in der Natur und sein

---

[131] Vgl. Karen Gloy. *Das Verständnis der Natur, Band 1: Die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens*. C.H.Beck, München, 1995, S. 39

[132] Zur allgemeinen Einführung vgl. Luciano De Crescenzo. *Geschichte der griechischen Philosophie – Die Vorsokratiker*. und Luciano De Crescenzo. *Geschichte der griechischen Philosophie II: Von Sokrates bis Plotin*. Diogenes Verlag, Zürich, 1985

[133] Vgl. Gernot Böhme. „Natur" in: Christoph Wulf (Hrsg.). *Vom Menschen – Handbuch Historische Anthropologie*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1997, S. 92–116, hier S. 92 f.

[134] Vgl. Christian Schäfer. „Idee/Form/Gestalt/Wesen." in: Christian Schäfer (Hrsg.). *Platon-Lexikon*. Darmstadt, 2007, S. 157–165

gespaltenes Verhältnis zu ihr, das bis heute anhält. Viertens ist das Prinzip der Evolution, dem alles Lebendige gehorcht, eine der größten Entdeckungen der Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert.[135] Die Natur wird seit Lamarck bzw. Darwin wieder als ‚offenes, umgreifendes Gesamtsystem' gesehen.[136] Die Trennung von Natur (‚physis') und Nicht-Natur (‚techne') wird gerade vor dem Hintergrund der heutigen Bio-, Gen- und Informationstechnologien wieder obsolet, wenn das „Gemachte" das „Wachsende" herstellt und die Grenzen verschwimmen.[137]

Im europäischen Geistesleben des ausgehenden 18. und des beginnenden 19. Jahrhunderts bekommt die Natur als ‚Lehrmeisterin' plötzlich einen großen Stellenwert. Den Architekten ist es gelegen, ihre fundamentalen Qualitäten übernehmen zu wollen. Zum einen geht in der Architektur mit der vielfältigen Benutzung des Begriffs Natur schon immer die Hoffnung einher, hochkomplexe Prozesse erklärbar und kontrollierbar zu machen. Zum anderen gilt die Natur als der Hort des Lebendigen. Geiger, Hennecke und Kempf sehen die eigentliche Problematik darin, dass „in organischen Form-, Entwurfs-, Konstruktions- und Gesellschaftskonzepten höhere Naturzusammenhänge entwickelt werden, die sich in ihrer Legitimation jeglicher Kritik entziehen." Sie fordern auf, diese Unangreifbarkeit kritisch zu hinterfragen.[138]

> *„Trotz der Heterogenität der verschiedenen Strömungen lassen sich jedoch auch Parallelen und Gemeinsamkeiten feststellen. Der stark rhetorisch geprägte Umgang mit dem Prinzip des Lebens dient z.B. stets dazu, das ‚Natürliche' gegenüber dem ‚Unnatürlichen', ‚Künstlichen', ‚Menschengemachten' oder allzu ‚Rationalen' als höherwertig abzugrenzen. Es wird also ein gewisser Mehrwert der Natur angenommen, der jedoch in der Regel nicht präzisiert, sondern als diffuse Prämisse mitgeführt wird."*[139]

Einige Verwendungen des Begriffs Natur sind im Folgenden kurz zusammengefasst und spiegeln seine unterschiedlichen Aspekte wider:

1) *Die Einheit:* Heterogene Elemente, aus denen sich der Entwurf zusammensetzt, können dadurch in Zusammenklang gebracht werden, dass sie Teile einer übergeordneten Einheit bilden.
2) *Die Legitimierung:* Die Architektur, die immer lokal, spezifisch und vergänglich und als Artefakt Produkt subjektiver Akte ist, sucht ihre Begründung in und schöpft ihre Autorität aus ihrer Entsprechung zu einer hyper-subjektiven, über-individuellen, sie selbst transzendierenden, höheren Instanz. Die Rolle dieser Instanz übernimmt die Natur.

---

[135] Georg Picht. *Der Begriff der Natur und seine Geschichte*. Klett-Cotta, Stuttgart, 1989, S. 156

[136] Ernst Oldemeyer. „Entwurf einer Typologie des menschlichen Verhältnisses zur Natur." in: Götz Großklaus/Ernst Oldemeyer (Hrsg.). *Natur als Gegenwelt. Beiträge zur Kulturgeschichte der Natur.* Von Loeper, Karlsruhe, 1983, S. 21 ff.

[137] Vgl. Hans Immler. *Vom Wert der Natur: Zur ökologischen Reform von Wirtschaft und Gesellschaft. Natur in der ökonomischen Theorie (Teil 3)*. Springer-Verlag, Wien, 2013, S. 29

[138] Geiger/Hennecke/Kempf, 2004, S. 11

[139] Ebd., S. 10

3) *Die Effizienz:* Wirtschaftlichkeit und Optimierung der Formen, Strukturen und Prozesse ist in der Natur ein essentieller Faktor fürs Überleben. Der rationale Umgang mit knappen Ressourcen wie Material und Energie hat zum Ziel, mit einem geringen Aufwand einen möglichst großen Ertrag zu erreichen.
4) *Die Schönheit:* Neben der Notwendigkeit der Effizienz und Strenge erlaubt sich die Natur auch Überfluss entstehen zu lassen, der sich in kunstvollen Formen und Strukturen zeigt. Diese ästhetische Betrachtungsweise wird auf Grundlage von subjektiven Vorstellungen und Empfindungen beurteilt.
5) *Das Gute:* Es gibt allgemeingültige Ordnungsprinzipien, die sich als gut bewährt haben. Der Natur werden somit durch die normative Betrachtungsweise Werte zugewiesen.
6) *Das Wahre:* Die Natur kann aus Sicht der Naturwissenschaft anhand abstrakter, nachvollziehbarer Gesetze und Prinzipien erfasst werden. Die Vorgänge sind wiederholbar, die Ergebnisse dadurch wertfrei und objektiv unantastbar.
7) *Die Innovation:* Als kreative Ressource hat die Natur ein hohes Innovationspotenzial, das in dem Forschungszweig der Bionik alternative Lösungswege entdecken und übertragen lässt.
8) *Der Automatismus:* Die Natur besitzt die Fähigkeit, Chaos und Ordnung, Statik und Dynamik, Stagnation und Wachstum den Umweltbedingungen und Umgebungen automatisch anzupassen und vorhandene Elemente in Einklang zu bringen.

Mit dem letzten Punkt wird ein grundsätzliches Paradox des Naturbezugs deutlich. Es gibt ein Spannungsfeld zwischen den beiden Polen Chaos und Ordnung. Zum einen wird die Natur gerne als Beispiel für Gesetzmäßigkeit, Zweck und Optimierung gesehen. Zum anderen ist die Natur jedoch eigentlich ein Beispiel für Zufälligkeit, Unbestimmtheit und Anpassung, die kein Ziel verfolgt. Generell legen viele Positionen, die der Natur eine Vorbildfunktion beimessen, sich ein Naturbild zugrunde, das (zumindest heute) unhaltbar ist. Sie gehen immer noch von einer Natur als Werk eines einzigen Schöpfers aus, der alles in Weisheit, Güte und Harmonie erschuf usw. Es ist zwar jedem überlassen, woran er glaubt, aber zur Begründung einer Vorbildfunktion der Natur reichen diese Bestimmungsfaktoren wohl eher nicht aus.

3.2. Das Organische

In der Naturgeschichte, der Biologie und der romantischen Philosophie werden „um 1800 intensive Diskussionen über ‚Das Organische' geführt".[140] Dabei steht der Begriff des Organischen zunächst für „die Idee der Lebendigkeit", für den „Wunsch nach einer Einheit von Teilen" und für die „innere Logik der Form".[141] Für den Chemiker Justus Liebig (1803–1873), der Mitte des 19. Jahrhunderts die Unterscheidung zwischen organischer und anorganischer Chemie einführt, symbolisiert das Organische das Lebendige. Er findet heraus, dass organische Kräfte stets „krumme Linien und gewölbte Flächen" und anorganische Kräfte nur „gerade Linien und ebene Flächen" erzeugen. Folglich dazu steht für ihn das Organische für lebendig wirkende und natürliche Formen – im Gegensatz dazu das Anorganische für leblos wirkende und künstliche Formen. An diesen Vergleich heften sich „schließlich auch die Konnotationen des Natürlichen, des Femininen und des Dekorativen [...], denen wiederum alles Gerade als intellektuelles, maskulines oder rationales Element gegenüber gestellt wurde".[142] Die Erstverwendung des Begriffs des Organischen, bzw. des organischen Ganzen, erfolgt schon 1809 durch den Archäologen Aloys Hirt (1759–1839), der diesen auf die Architektur überträgt:

> *„Man kann jedes architektonische Werk als ein organisches Ganze [sic] betrachten, das aus Haupt-, Unter- und Nebentheilen besteht, welche zu einander ein bestimmtes Größenmaß haben. […] Will man z.B. bey dem menschlichen Körper die Verhältnisse der Theile und Glieder unter einander und zum Ganzen bestimmen; so nimmt man irgend einen Theil dieses Körpers selbst zum Maßstab, als den Ellbogen, den Fuß, die Spanne, die Querhand, die Fingerbreite, die Kopf- oder Gesichtslänge. Auf eine ähnliche Weise verfährt man bey den Bauwerken, in dem man irgend einen Theil an dem auszuführenden Gebäude zum Maßstab machet, nach welchem dann alle übrigen bestimmt werden. Gewöhnlich nimmt man hierzu den unteren Durchmesser der Säule, oder die Hälfte desselben."*[143]

Hirt stellt dabei „das Verhältnis von Teilen zu Ganzen nach sichtbaren, messbaren Einheiten und Modulen" nach Vorbild des menschlichen Körpers in den Vordergrund.[144] Die vergleichende Anatomie, eine vom französischen Naturforscher Georges Cuvier (1769–1832) entwickelte Forschungsdisziplin, geht methodisch ähnlich vor, indem es mit ihr möglich wurde, die ganze Gestalt eines Lebewesens aus seinen Teilstücken heraus zu rekonstruieren. „Dabei verwiesen die Formen dieser Teilstücke auf deren Funktionen, die wiederum nur mit anderen bestimmten Funktionsweisen und also Teilstücken kompatibel waren. Diese Fertigkeit wurde von Architekten

---

[140] Ute Poerschke. *Funktionen und Formen: Architekturtheorie der Moderne*. transcript Verlag, Bielefeld, 2014, S. 90; vgl. Caroline van Eck. *Organicism in nineteenth-century architecture*. Architectura & Natura, Amsterdam, 1994; vgl. Georg Germann. *Neugotik. Geschichte ihrer Architekturtheorie*. Deutsche Verlags-Anstalt, München, 1974

[141] Ebd., S. 92

[142] Waenerberg, S. 31 f.

[143] Aloys Hirt, zitiert aus Georg Germann bei Ute Poerschke. *Funktionen und Formen: Architekturtheorie der Moderne*. transcript Verlag, Bielefeld, 2014, S. 90 f.

[144] Vgl. ebd., S. 91 (Das Verhältnis der Teile zum Ganzen ist in Bezug auf die strukturelle Perfektion der Architektur bei Viollet-le-Duc zu finden. Vgl. Kapitel *II.4.4.2. Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie*, S. 58)

mit Bewunderung betrachtet, wünschte man sich doch selbst aus einzelnen Baufragmenten historische Gebäude rekonstruieren zu können."[145] Trotz des Hinweises auf die Funktion hält diese erst gegen Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts als Entwurfsstrategie Einzug in die Architektur. Der amerikanische Architekt Louis Sullivan (1856–1924) unternimmt als einer der ersten, „den Versuch, eine konkrete Entwurfsstrategie aus dem Begriff ‚organisch' zu entwickeln".[146] Zum einen formuliert er 1896 die These *Form Follows Function*, die bis heute elementarer Bestandteil funktionalistischer Architekturtheorie ist:

> *„Es ist das Gesetz aller organischen und anorganischen, aller physischen und metaphysischen, aller menschlichen und übermenschlichen Dinge, aller echten Manifestationen des Kopfes, des Herzens und der Seele, dass das Leben in seinem Ausdruck erkennbar ist, dass die Form immer der Funktion folgt."*[147]

Zum anderen veröffentlicht er zwischen 1901 und 1902 mehrere Artikel, in denen er untersucht, wie der Begriff ‚organisch' einzuordnen ist. In dem Artikel *Growth And Decay* schreibt er:

> *„In seeking a clear, definite and full comprehension of the word, organic, we should at the beginning keep in mind the correlated words, organ, organize, organization, organism, and, what is still more important, what those words signify. All of these words imply the existence of a vital force and of a structure or mechanism whereby that force is made operative and manifest."*[148]

In der klassischen Moderne ist die organische Architektur stilistisch heterogen und keiner bestimmten Ästhetik verpflichtet. Es entwickeln sich neben strengen und geometrischen auch plastische und biomorphe Formen, zwei Aspekte, die eigentlich der gleichen Idee des Organischen entspringen. Adolf Behne (1885–1948) beschreibt in seinem Buch *Der moderne Zweckbau* (1926) die beiden Stile des ‚Neuen Bauens': der Funktionalismus und der Rationalismus. Er stellt die beiden Richtungen als zwei Wege der modernen Architektur dar (mit dem Wunsch nach ihrer Synthese im Blick). Als Beispiel für einen Funktionalisten steht Hans Scharoun (1893–1972) und für einen Rationalisten Le Corbusier (1887–1965). Hier stehen sich Kurve und Gerade, Natur und Gesellschaft gegenüber. Während Le Corbusier logisch zur Gerade und zum rechten Winkel kommt, kommt Scharoun ebenfalls „ganz logisch zur beweglichen, möglichst flüssigen Kurve, die jeder Funktion nachgibt" und den Beton als modellierfähige, plastische Masse auffasst und versucht, buchstäblich naturhaft ein Gebäude zu entwickeln.[149] Weitere Architekten des organischen Bauens in Europa sind Rudolph Steiner (1861–1925) mit seinem anthroposophischen Ansatz; Hugo Häring (1882–1958) als wichtiger Vertreter des ‚Neuen

[145] Ebd., S. 93

[146] Vgl. Gunnar Klack. *Gebaute Landschaften: Fehling + Gogel und die organische Architektur: Landschaft und Bewegung als Natur-Narrative*. transcript Verlag, Bielefeld, 2015, S. 40

[147] Louis H. Sullivan. *The tall office building artistically considered*. Lippincott's Magazine, März 1896, zitiert nach ebd.

[148] Louis Sullivan, zitiert bei Klack, 2015, S. 40

[149] Vgl. Adolf Behne. *Der moderne Zweckbau*. Verlag Ullstein, Frankfurt/M, 1964, S. 60

Bauens'; Eero Saarinen (1910–1961) aus symbolisch nachahmender Sicht; Frei Otto (1925–2015) mit der schöpferischen Umsetzung von Naturformen; Bruno Zevi (1918–2000) als ‚Chefideologe des Organischen', dessen politischer Ansatz eine liberale, soziale und antifaschistische Architektur vorsah.[150] Auch in Amerika gibt es eine Traditionslinie des Organischen wie z.B. Frank Lloyd Wright (1867–1959), der, in Anlehnung an die Theorien des Bildhauers Horatio Greenough (1805–1852), das organische Gebäude in Harmonie mit der Landschaft unter Berücksichtigung ihrer Funktion entstehen sieht.

Es wird deutlich, dass die organische Architektur Anfang des 20. Jahrhunderts eine aus der Funktion heraus entwickelte Form beschreibt sowie eine auf physiologische, psychologische und soziale Bedürfnisse ausgerichtete Architektur anstrebt. Annette Voigt legt zu Beginn ihres Artikels *Die Natur des Organischen – ‚Leben' als kulturelle Idee der Moderne* (2005)[151] drei Aspekte dar, die die Entwicklung des Organischen zusammenfassen:

1) *Die Formensprache:* die organische Form wird als das Natürliche, das Dynamische oder das Runde der mechanischen Form als das Erstarrte, das Eckige oder der Geraden gegenübergestellt.
2) *Das Material:* mit organischem Material ist das Gestalten mit Holz, Lehm oder Pflanzen gemeint; das Gestalten mit Beton, Metall oder Glas ist dem ‚unorganischem' Material zugeordnet.
3) *Die Organisation:* die organische Organisation bezieht sich auf „eine Ganzheitlichkeit wie die des Organismus, d.h. eine zweckmäßige Eingebundenheit der Teile in eine übergeordnete Ganzheit oder auch das Prinzip einer Selbstorganisation."[152] Die Natur ahmt nicht die äußere Form der Hüllen und Oberflächen nach, sondern wird aufgrund ihrer inneren Organisationsprinzipien als Vorbild genommen.[153]

Voigt stellt weiter heraus, dass das Organische zwar in vielen Begriffsverwendungen jeweils auf etwas anderes bezogen ist, jedoch immer etwas Natürliches suggeriert. Diese Beobachtung führt zu einem Paradox, da sich „der Begriff des Organischen auf Gestaltung und Konstruktion bezieht, also auf etwas, das gerade nicht als natürlich, sondern als dessen Gegensatz gilt."[154] In diesen Zusammenhang können die Bemühungen um ökologisches Bauen eingeordnet werden. Der Ökologiebegriff „bezeichnet eigentlich das Verhalten von Lebewesen untereinander zum Teil zur gegenseitigen Förderung des Lebens, zum Teil auch als Abwehr gegen Feinde."[155]

[150] Diese Aufzählung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern benennt einige wichtige Vertreter.
[151] Geiger/Hennecke/Kempf, 2004, S. 37–49
[152] Ebd., S. 37
[153] Vgl. ebd., S. 13
[154] Ebd., S. 37
[155] Rudolf Finsterwalder. *Form Follows Nature. Eine Geschichte der Natur als Modell für Formfindung in Ingenieurbau, Architektur und Kunst.* Wien, Springer-Verlag/Wien, 2011, S. 94

„Unter Ökologie (von griechisch oikos*: ‚Haus, Haushalt', und* logos*: ‚Lehre', ‚Lehre vom Haushalt') versteht man also ursprünglich ein Teilgebiet der Biologie, welches sich mit den Wechselbeziehungen der Organismen untereinander und mit ihrer abiotischen Umwelt beschäftigt. Im 20. Jahrhundert wurde der Begriff mehr und mehr politisch aufgeladen und bezeichnet heute vor allem die Themen Umweltschutz und nachhaltiges Handeln."*[156]

In der Kunst wird der Begriff des Organischen meistens als eine Analogie zum Organischen in der Biologie verstanden. Annika Waenerberg definiert drei Hauptphasen der organischen Analogie in der Kunst: von der Antike bis zur ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts stellte der Körper die wichtigste Referenz des Organischen dar; seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bezieht sich die Analogie auf das Prinzip des Lebens; seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf das der Evolution.[157]

Die Literatur über das Organische in der Natur und Kunst kann, laut Caroline van Eck, grob in drei Kategorien eingeteilt werden. Die erste Kategorie umfasst allgemeine Studien des Organischen in Philosophie, Kunst und Wissenschaft sowie speziell in der theoretischen Biologie, z.B. Lancelot Law Whyte *Aspects of Form* (1951), Stephen C. Pepper *World Hypotheses* (1942), George S. Rousseau *Organic Form: Life of an Idea* (1972) oder Frederick Burwick *Approaches to Organic Form* (1987). Die zweite Kategorie ist die größte Gruppe und beinhaltet Schriften über das Organische in den Künsten, der Ästhetik und der Kunstkritik, z.B. Gian Giordano Orsini *Organic Unity in Ancient and Later Poetics* (1975), James Benziger *Organic Unity: Leibniz to Coleridge* (1951) oder Meier Abrams *The Mirror and the Lamp* (1953). Die dritte Kategorie besteht aus Studien des Organischen in der Architektur, z.B. Geoffrey Scott *The Architecture of Humanism* (1914), Peter Collins *Changing Ideals in Modern Architecture* (1965), Bruno Zevi *Towards an Organic Architecture* (1951) und Philip Steadman *The Evolution of Design* (1979/2008).[158] Die dritte Kategorie fließt zum großen Teil in die Untersuchungen dieser Arbeit mit ein.

---

[156] Ebd., S. 26

[157] Annika Waenerberg. „Das Organische in Kunst und Gestaltung" in: Geiger/Hennecke/Kempf, 2005, S. 23; Evolutionäre Theorien von Lamarck oder Darwin haben ebenfalls Einfluss auf die Theorien des Organischen in der Architektur und insbesondere in der klassischen Moderne: die Theorie der Anpassungsfähigkeit von Organismen und das „Selektions- und Fortschrittsprogramm" wird hierbei auf das gesellschaftliche Milieu übertragen. Ebd., S. 15; über den Einfluss evolutionärer Theorien auf das digitale Entwerfen vgl. Kapitel *III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133

[158] Vgl. van Eck, 1994, S. 33 (ü.d.V.)

3.3. Die biomorphe Gestalt

Grundsätzlich ist der Biomorphismus kein Kunststil, sondern eine Gestaltungsideologie. Die biomorphe Gestalt ist in der Kunst seit den 1920er Jahren als *Biomorphe Abstraktion* fassbar, eine „abstrakte Tendenz, die nicht von geometrischen Formen ausgeht, sondern ihr Formrepertoire aus der organischen Welt ableitet."[159] Künstler, bei denen eine biomorphe Formensprache zu finden ist, sind z.B. Wassily Kandinsky (1866–1944), Hans Arp (1886–1966), Max Ernst (1891–1976), Joan Miró (1893–1983), Henry Moore (1898-1986), Yves Tanguy (1900–1955), Barbara Hepworth (1903-1975), Salvador Dalí (1904–1989) und Fritz Winter (1905–1976). Ihr gemeinsames Interesse an der biomorphen Gestalt liegt in einer vitalistischen Denkweise begründet: „an der Verkörperung von Leben und Belebtheit, am Wirkzusammenhang von Materialität und Unsichtbarem, am Wandelbaren der Dinge oder an wissenschaftlich-technischen Simulationen von Leben."[160]

Henry Moore verknüpft „das Biomorphe unmittelbar mit den gewaltigen Kräften der Natur [...], die er einerseits als Inspirationsquelle seines Schaffens begreift und die andererseits in den Werken erfahrbare Gestalt finden. In diesem Sinne visualisieren die organisch geformten, in biomorph anmutenden Figurationen wuchernden, nach 1950 entstehenden *Liegenden* die nach außen vordringenden, strukturellen Vitalkräfte"[161], wie z.B. bei *Reclining Figure: Festival* (1951). Die vitalistische Denkweise ist bei Hans Arp „mit ovaloiden Formen" aufzufinden, die für ihn „Sinnbilder der ewigen Verwandlung und des Werdens der Körper" sind, wie z.B. bei *Ptolemäus II* (1958).[162] „Zugleich [bilden die ‚bewegten Ovale'] eine kongeniale visuelle Entsprechung zu seiner Auffassung, dass Kunst eine Schöpfung parallel zur Natur sei." Der vitalistische Moment der Lebenskraft und der künstlerische Moment der Schöpferkraft kommen für ihn in der biomorphen Gestalt zusammen, da sie „sich an den ständigen Entstehungs- und Wandlungsprozessen der Natur orientiert."[163]

„Wir wollen nicht abbilden, wir wollen bilden. Wir wollen bilden, wie die Pflanze ihre Frucht bildet."[164]

---

[159] ‚Biomorphe Abstraktion', *http://www.enzyklo.de/Begriff/Biomorphe%20Abstraktion*, abgerufen am 19.12.2016

[160] Die folgenden Ausführungen beziehen sich im Wesentlichen auf: Sabine Bartelsheim. *Biomorphismus heute? Verkörperungen von Belebtheit in der zeitgenössischen Skulptur.* kunsttexte.de – E-Journal für Kunst- und Bildgeschichte, Nr. 1, 2015, *http://edoc.hu-berlin.de/kunsttexte/2015-1/bartelsheim-sabine--2/PDF/bartelsheim.pdf*, abgerufen am 18.12.2016

[161] *http://www.kettererkunst.de/lexikon/biomorphe-abstraktion-nach-1945.php*, abgerufen am 19.12.2016

[162] Die Ausstellung *Hans Arp. Der Nabel der Avantgarde* (2015) im Georg Kolbe Museum in Berlin ist die erste Retrospektive Hans Arps. Er war als „Mitbegründer des Dadaismus, als Wegbereiter des Surrealismus und als radikale Künstlerfigur [...] maßgeblich an der Entwicklung der modernen abstrakten Kunst beteiligt." *http://www.georg-kolbe-museum.de/2015/06/hans-arp-der-nabel-der-avantgarde-3/*, abgerufen am 19.12.2016

[163] Vgl. Oliver Kornhoff (Hrsg.). *Biomorph! Hans Arp im Dialog mit aktuellen Künstlerpositionen.* Ausstellungskatalog *Arp Museum Bahnhof Rolandseck*, Snoeck, Köln, 2012. *http://arpmuseum.org/ausstellungen/wechselausstellungen/rueckblick/biomorph.html*, abgerufen am 19.12.2016

[164] Hans Arp, zitiert bei Bartelsheim, 2015, S. 3

Der britische Anthropologe und Ethnologe Alfred Cort Haddon (1855–1940) bezieht als Erster den Begriff ‚biomorph' auf kulturelle Artefakte. In seiner Veröffentlichung *Evolution in art* (1895) „fasst er unter dem Terminus ‚biomorph' prähistorische Bildwerke zusammen, die Bezüge zu Naturobjekten erkennen lassen und im Einzelfall (bis heute) als anthropomorph, zoomorph oder phyllomorph beschrieben werden."[165]

In den 1930er Jahren dient das Biomorphe dazu, „eine Polarität und zugleich eine Umbruchsituation in der Kunst der Moderne zu beschreiben." Der englische Schriftsteller Geoffrey Grigson (1905–1985) beschreibt in seinem Essay *Comment on England* (1935) wie sich „die biomorphe Abstraktion positiv von der geometrischen abhebt." Der amerikanische Kunsthistoriker und Gründungsdirektor des *Museum of Modern Art*, Alfred Hamilton Barr Jr. (1902–1981), verwendet „den Begriff ein Jahr später im Katalog zur Ausstellung *Cubism and Abstract Art* (1936)." Für ihn fungiert der Begriff als Gegenstück und klare Abgrenzung zu rein geometrischen Formen. Das Cover des Ausstellungskataloges spiegelt sein kunsthistorisches Weltbild wider, worin sich „die vielfältigen Tendenzen der Abstraktion in zwei polare Ströme geteilt [haben]: die geometrische und die nicht-geometrische Abstraktion." Barr Jr. prägt außerdem ein treffsicheres „Bild für diesen Dualismus, das noch lange nachwirkt: Er bringt ihn auf den Gegensatz von ‚Quadrat' und ‚Amöbe'."[166] Die Amöbe besitzt keine feste Körperform und ist in ihrer Gestalt wandlungsfähig. In der Gleichsetzung der biomorphen Gestalt mit der Gestalt der Amöbe beinhaltet das Biomorphe zu jener Zeit einen Moment des Prozesshaften und einen metamorphotischen Charakter. Damit kann auch „die Frage nach dem Verhältnis des Biomorphen zum Amorphen oder [im Hinblick auf Bataille zum Konzept des] Formlosen" gestellt werden. Das „Unförmig-Unbestimmte [erscheint] als ‚formlose' Wendung der modernen Kunst, bei der das Liquide, das Amorphe, das Ephemere" in den Mittelpunkt treten.[167]

Im Laufe der Begriffsgeschichte des Biomorphen verfestigt sich allerdings die Definition, dass bei künstlichen, organisch anmutenden Gebilden und Abbildungen lebende Wesen oder biologische Produkte nachempfunden werden. Der Aspekt der Mimesis (Nachahmung) als Abbild rückt mehr in den Vordergrund und greift immer wieder zu biomorphen Formen, die ein bestimmtes Verhältnis der Kultur zur lebendigen Natur widerspiegeln.[168] Dabei kann der Terminus

---

[165] Bartelsheim, 2015, S. 1

[166] Ebd., S. 2

[167] Der Kunsthistoriker Dietmar Rübel, zitiert ebd., S. 8

[168] Seit jeher ist die Natur dem Menschen in vielerlei Hinsicht ein Vorbild. Der altgriechische Begriff *Mimesis* (Nachahmung) erhielt auf dem Gebiet der Künste seine erste umfassende theoretische Formulierung durch Aristoteles. Im Gegensatz zu seinem Lehrer Platon, der sich gegen jede Form der Nachahmung wandte, beschreibt Aristoteles in seiner *Poetik* die Wichtigkeit des Mimetischen, indem er behauptet, dass der Mensch nicht das Geringste lernen könnte, wenn er nicht die Fähigkeit der Nachahmung an sich besäße. Paradigmatisch für den Begriff der *Mimesis* in den Künsten steht für Aristoteles das Theater. Das Theater (etwa die Tragödie) ahmt aber nicht die Natur nach, sondern menschliche Handlungen. Vgl. Aristoteles. *Die Poetik*. Manfred Fuhrmann (Hrsg. und gr./dt. Übersetzung). Reclam, Stuttgart, 1982 und Gero von Wilpert. *Sachwörterbuch der Literatur*, Sonderausgabe der 8., verbesserten und erweiterten Ausgabe 2001, Stuttgart, Kröner 2013, S. 518

lebendige Natur auf Verschiedenes wie z.B. extrahuman Vegetabiles und Animalisches, Humanes oder auf das Wechselverhältnis der beiden verweisen. Die Kunstwissenschaftlerin Sabine Bartelsheim stellt fest, dass „bereits die allgemeinen Umschreibungen für den Begriff ‚biomorph' [...] unterschiedliche Akzente" setzen.[169] Im Duden findet sich zwar eine Definition, die auf die Formgebung eingeht und noch an Prozesshaftes erinnert: „von den Kräften des natürlichen Lebens geformt, geprägt."[170] Aber die griechischen Wurzeln des Begriffs ‚biomorph' (gr. bíos = ‚Leben' und morphé = ‚Gestalt', ‚Form') weisen eher auf eine Formverwandtschaft hin: „etwas, das einer biologischen Gestalt ähnelt."[171] Die Nutzung der Natur zur Erfüllung praktischer Zwecke kann mit dem Biomorphismus nur unter der Bedingung in Verbindung gebracht werden, dass die Methoden der Herstellung sich nach natürlichen Vorbildern richten, indem Prozesse und Formen, die in der Natur vorkommen, nachgeahmt werden, wobei sich das Biomorphe aber streng genommen auf die Form und nicht auf die Funktion der Dinge bezieht. „Bei der biomorphen [Gestalt] geht es demnach um den Zusammenhang und die Auseinandersetzung des Menschen mit seinen Auffassungen über sein Verhältnis zur Natur da draußen (Natur, Umwelt), zur eigenen Natur (Physis, Psyche) und zur Methode, wie die Umwelt für seine Zwecke genutzt wird (Technik, Gestaltung)."[172]

In der Architektur ist die biomorphe Gestalt seit den 1990er Jahren hauptsächlich „an die Entwicklung neuer digitaler Entwurfstechniken gekoppelt"[173] und drückt sich in fließenden und weichen Formen aus. Das Bild der amorphen Amöbe kann hier durchaus wiedergefunden werden. Konträr zu Hans Arps berühmten Diktum – nichts abbilden zu wollen – ist das Biomorphe aber genau dort angekommen: im Abbild, in der Nachahmung und in der Repräsentation.

---

[169] Bartelsheim, 2015, S. 1

[170] Duden, Begriff „biomorph", *http://www.duden.de/rechtschreibung/biomorph*, abgerufen am 18.12.2016

[171] Bartelsheim, 2015, S. 1

[172] Bernd Löbach. *Biomorphismus. Eine Revolution in der Architektur. Geschichte und Theorie einer naturorientierten Gestaltungsweise*. Band 1 – Geschichte, Designbuch Verlag, Cremlingen, 2010, S. P und S. 2

[173] Bartelsheim, 2015, S. 1

4. Entwicklung symbolisch-bildhafter Codes in der Architektur

Symbolische und bildhafte Codes haben eine sehr lange Tradition. In der Architektur sind sie in unterschiedlicher Weise je nach Ableitung zu finden und stetigem Wandel unterzogen, der gelegentlich auch zu ihrem Verschwinden führt. Besonders technische Entwicklungen haben immer wieder und insbesondere im 20. Jahrhundert zur Weiterführung vorhandener und zur Entwicklung immer neuer Codes geführt. Diese werden oftmals „Ausdruck für ein neues und weiterentwickeltes Welt- und Selbstverständnis einer jeweiligen Epoche."[174] So kann der direkte Naturbezug im *Jugendstil* bzw. im *Art Nouveau* (1890-1910) auch als eine Art Code gelesen werden. Die naturähnlichen Ornamente und biomorph geschwungenen Linien werden als Stilmittel eingesetzt und dienen als Antwort auf die sich durchsetzende Industrialisierung: in Anlehnung an die englische *Arts and Crafts*-Bewegung wird auf die handwerkliche Tradition aufmerksam gemacht, um diese zu bewahren. Die *Expressionistische Architektur* (ca. 1918–ca. 1930) fällt gleichzeitig mit ihren elliptisch ‚kurvlinearen', weichen und fließenden Formen, wie z.B. der *Einsteinturm* (1921) von Erich Mendelsohn in Potsdam-Babelsberg, und mit ihren eckigen und gezackten Formen, wie z.B. das *Chilehaus* (1922–1924) von Fritz Höger in Hamburg, auf. Bei beiden Ausprägungen ist in ihrer auffälligen Plastizität ein Hang zum Gesamtkunstwerk festzumachen, der oftmals in utopischen, aber ungebauten Architekturfantasien mündet.

Die organische Form, wie immer diese auch aufgefasst wird, übt bei Architekten zweifellos und unverkennbar eine enorme Faszination aus, so dass man von veritabler Verlockung sprechen kann. Es gibt verschiedene Varianten, in denen diese in Erscheinung tritt. Stets geht es aber um den Einsatz symbolisch-bildhafter Codes in der Architektur, die auf Organisches verweisen. Man kann drei Modi festhalten, nach denen aus der Verlockung Architektur entsteht oder die Faszination des Organischen architektonisch umgesetzt wird: die Formfindung aus Metapher und Analogie, die Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie und die Formfindung als Prozess. Letzteres, die Formfindung als Prozess, ist in ihren Grundzügen skizziert, da diese im Mittelpunkt der Gesamtuntersuchung dieser Arbeit steht und im dritten Kapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)* ausführlich behandelt wird.

Das Kapitel *II.4.4. Strategien der Postmoderne* dient als Exkurs und fügt Beispiele hinzu, wie der Code programmatisch eingesetzt wird, indem er mit der Funktion des Erzählens in Verbindung gebracht wird. Die Gegenstände der Nachahmung werden hier in der Regel nicht in der Natur gesucht, sondern aus dem Fundus der Architektur selbst geschöpft.

---

[174] Vgl. Claus Dreyer. „Architektonische Codes aus semiotischer Sicht." in: Gleiniger/Vrachliotis, 2010, S. 74

4.1. Formfindung aus Metapher und Analogie

Die Metapher (gr. *metaphora* = Übertragung) ist die dichterischste der rhetorischen Figuren, da sie ein bildlicher Ausdruck für einen Gegenstand, eine Eigenschaft oder ein Geschehen ist. Erste Ansätze zu einer Theorie der Metapher finden sich bei Aristoteles. In seiner *Poetik* und *Rhetorik* verwendet er den Ausdruck Metapher in der ursprünglichen Bedeutung von ‚Übertragung'.

> *„Eine Metapher ist die Übertragung eines Wortes (das somit in uneigentlicher Bedeutung verwendet wird), und zwar entweder von der Gattung auf die Art, oder von der Art auf die Gattung, oder von einer Art auf eine andere oder nach den Regeln der Analogie."*[175]

Es gibt vier Tropen, die als Unterkategorien zur Metapher zählen: die Analogie (die Beziehung der Ähnlichkeit), die Metonymie (die Beziehung der Nachbarschaft), die Synekdoche (die Beziehung zwischen Besonderem und Allgemeinen) oder die Ironie (die Gegensätzlichkeit). Insbesondere der erste Tropus, die Analogie, gilt als Hauptmerkmal der Metapher. Durch sie können abstrakte Begriffe verlebendigt und veranschaulicht werden, indem ein Wort oder eine Wortgruppe aus dem eigentlichen Bedeutungszusammenhang auf einen anderen ursprünglich fremden Vorstellungsbereich übertragen wird.[176] Diese Verbindung zweier ganz unterschiedlicher Systeme verhilft dazu, Bezeichnungen für beide gültig und verständlich zu machen. Die Architektur an sich ist keine diskursive Praxis. Insofern als sie sich als künstlerische Praxis versteht, kann sie sich beliebig rhetorischer Mittel bedienen wie z.B. dem Ornament. Anders ist es im architekturtheoretischen Diskurs, in dem mit rhetorischen Mitteln sparsam umgegangen und die Sachlichkeit der Aussage im Vordergrund stehen sollte. Grundsätzlich besteht die Formfindung aus Metapher und Analogie in der Architektur in der assoziativ bildhaften Ähnlichkeit eines Bauwerks mit Gegenständen der Natur. Wenn es um die Natur als Metaphernspenderin geht, so kommen direkte figürliche Zitate bis zu abstrahierende, organisch anmutende Formen zur Anwendung. Hierbei werden biomorphe (pflanzliche, anthropomorphe und zoomorphe) Bilder auf die Entwürfe übertragen. Besitzen Bilder eine bessere Möglichkeit, das Denken über den architektonischen Raum zu strukturieren? Handelt es sich um eine ‚pädagogische' Absicht, bei der die Natur und das Organische als Hilfsmittel dienen, um schwer zugängliche Dinge bildhaft zu erläutern?

Eine erste Variante des Naturbezugs ist der Anthropomorphismus, in der die Ähnlichkeit zwischen Architektur und Menschengestalt erfolgt. Vitruv (1. Jh. v. Chr.) stellt den Menschen als Maß aller Dinge in den Mittelpunkt und begründet die Parallele zwischen menschlichem und architektonischem Körper am Vorbild des wohlgeformten Menschen (lat. „homo bene

[175] Poetik 21, 1457b7 ff. (Übers. v. M. Fuhrmann. *Aristoteles: Poetik*. Griechisch/Deutsch. Reclam, Stuttgart, 2. bibliogr. erg. Ausgabe, 2001)
[176] Wilpert, S. 513

figuratus“).[177] Die Übernahme der Proportionen des menschlichen Körpers und das Verhältnis des menschlichen Körpers zu den geometrischen Grundfiguren des Kreises und des Quadrats, die gleichsam der Architektur zugrunde liegen, legt Vitruv in seiner Abhandlung *Zehn Bücher über Architektur* (33 bis 22 v. Chr.) dar.[178]

> *„Wenn also die Natur den menschlichen Körper so zusammengesetzt hat, dass seine Glieder in den Proportionen seiner Gesamtgestalt entsprechen, scheinen die Alten mit gutem Recht bestimmt zu haben, dass auch bei der Ausführung von Bauwerken diese ein genaues symmetrisches Maßverhältnis der einzelnen Glieder zur Gesamterscheinung haben.“*[179]

Das kreative Potenzial der Metapher wird deutlich: indem sie an vertraute Gestaltmuster und Erfahrungen anknüpft und mit uneigentlicher Bedeutung eingesetzt wird, beinhaltet sie den Moment, in dem sie abweichen, überreden, täuschen und überzeugen kann. Der Rückgriff auf vertraute Gestaltmuster scheint immer dann unverzichtbar zu sein, wenn neue Begriffe schwer vermittelbar sind wie z.B. bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle. In diesem Zusammenhang benennt Hellige Begriffe aus der Informatik, die durch vertraute Gestaltmuster, d.h. metaphorische Übertragungen aus anderen Technikbereichen oder Wissenschaften, hervorgegangen sind wie z.B. Baum, Stapel, Schleife, Bug oder Virus. Metaphern sind hierbei „nicht nur als kognitive Medien kreativen Kombinierens zu betrachten“, sondern sind auch „un- oder halbbewusste Momente des Vorverständnisses, bei denen es eine Vorfixierung auf bekannte Muster und Sichtweisen“ gibt, was unter Umständen allerdings auch von vornherein eine Einengung bedeuten kann.[180] Gebraucht werden Metaphern auch, wenn für eine gemeinte Sache kein eigenes Wort existiert wie z.B. ‚Hand–Schuh‘ oder ‚Fluss–Bett‘; wenn eine bezeichnete Sache als anstößig gilt oder negativ bewertet wird und mit einem unverfänglicheren Ausdruck umschrieben werden soll wie z.B. ‚von uns gehen‘ für ‚sterben‘; wenn ein abstrakter Begriff durch einen anschaulicheren Sachverhalt versinnbildlicht werden soll wie z.B. ‚der Zahn der Zeit‘.[181]

Speziell dem letzten Punkt, dem Veranschaulichen und der Vermittlung eines abstrakten Sachverhalts, kommt in der Architektur eine besondere Bedeutung zu, wie geschehen beim *Chinesischen Nationalstadion der Olympischen Sommerspiele* (2008) in Peking von dem Schweizer Architekturbüro *Herzog & de Meuron*. Als Teil des Olympiaparks fanden dort die Leichtathletik-Wettkämpfe, das Finale des Fußballturniers und die Eröffnungs- und

---

[177] Der sogenannte „vitruvianische Mensch“ mit idealisierten Proportionen erlangte besonders durch Leonardo da Vincis Zeichnung aus dem Jahr 1490 Berühmtheit. Vgl. Finsterwalder, S. 14

[178] Vitruvs Abhandlung stellt die Architektur seiner Zeit dar und gilt als das einzig erhaltene antike Werk über Architektur.

[179] Vitruv, zitiert bei Ekkehard Drach. *Architektur und Geometrie: Zur Historizität formaler Ordnungssysteme*. transcript Verlag, Bielefeld, 2014, S. 23

[180] Vgl. Hans Dieter Hellige. „Zur Genese des informatischen Programmbegriffs: Begriffbildung, metaphorische Prozesse, Leitbilder und professionelle Kulturen“ in: *Algorithmik – Kunst – Semiotik*, K.-H. Rödiger (Ed.), Heidelberg: SYNCHRON Wissenschaftsverlag der Autoren, 2003, S. 3

[181] Wilpert, S. 513

Schlusszeremonien statt. Der Entwurf des Stadions entstammt einer Arbeitsgemeinschaft des Büros *Herzog & de Meuron* mit dem chinesischen Künstler Ai Weiwei und dem chinesischen Architekten Li Xinggang von der *China Architecture Design & Research Group* (CADG). Das Stadion ist 70 Meter hoch und für 91.000 Zuschauer konzipiert. Es besteht aus einer inneren Zuschauertribüne, die mit einer ausdrucksstarken Stahlkonstruktion umgeben ist, die aus Tausenden von vorgefertigten Einzelteilen aus Stahl besteht. Aufgrund der nestähnlichen Form bekam das Stadion den Spitznamen ‚Vogelnest' (engl. ‚Bird's Nest'). Es können vielfältige Assoziationen aus diesem Namen gezogen werden. Es wird erzählt, dass die Arbeitsgemeinschaft zu Beginn des Entwurfs chinesische Keramik untersucht hat und in diesem Zusammenhang das Stadion wie ein öffentliches, poröses Gefäß fungieren sollte. Jacques Herzog soll auch die Hoffnung geäußert haben, dass das Bauwerk für Peking genauso ein Wahrzeichen werde, wie es der Eiffelturm für Paris ist.[182] Im Gegensatz zu den positiven Assoziationen gab es auch die Perspektive des Künstlers Ai Weiwei, der am Ende die Mitarbeit am Stadion bereut hat und den Olympischen Spielen fern blieb.[183] Das ‚Vogelnest' sollte für Freiheit, Mut, Stärke und ein offenes China stehen. Weiwei sah sich als Marionette der chinesischen Regierung, die die Spiele und die Architekturmonumente seiner Meinung nach lediglich zur Demonstration der eigenen Stärke und für ihre Propaganda benutzt hat. Wie Donald Davidson in seinem Essay *Was Metaphern bedeuten* (1978) erläutert, geht es bei den Metaphern nicht nur darum, überhaupt „etwas" zu erfahren, sondern darum, etwas „als etwas" zu sehen. So kann „ein Gebäude als Vogelnest und nicht nur als Stahlbetongerüst" gesehen werden.[184]

Santiago Calatrava (*1951) fertigt zu seinen Entwürfen Skizzen an, in denen die Inspiration und die Entwicklung der Entwurfsidee nachvollzogen werden kann. Die natürlichen Formen werden in der Regel gemäß ihrer Funktion im strukturellen Gefüge, in dem sie stehen, ausgewählt und solange manipuliert, bis sie für ähnlichen Funktionen im zu entwerfenden Bauwerk tauglich gemacht sind. Dieses Prinzip wird jedoch nicht immer eingehalten. Natürliche Formen werden manchmal einfach zitiert, ohne in einem strukturellen, konstruktiven oder statischen Zusammenhang mit dem Bauwerk zu stehen, so mutieren „tanzende Menschen zu ineinandergreifenden Tragnetzen", „Augenlider zum Dach eines Observatoriums" und „ein Vogelschnabel zu einer Dachschale".[185] Der Architekturtheoretiker und -kritiker Alexander Tzonis begründet Calatravas Herangehensweise damit, dass bei der Auseinandersetzung mit unbekannten Dingen uns bekannte Dinge möglicherweise dabei helfen, uns etwas Ungewohntes

---

[182] Vgl. Die Welt. *Architektenträume*. 7. November 2007, abgerufen am 14.01.2015 unter: http://www.welt.de/welt_print/article1337868/Architektentraeume.html

[183] Ai Weiwei. „Why I'll stay away from the opening ceremony of the Olympics." in: *The Guardian*. 07.08.2008, abgerufen am 14.01.2015 unter: http://www.theguardian.com/commentisfree/2008/aug/07/olympics2008.china

[184] Eichberger. S. 10

[185] Alexander Tzonis. Liane Lefaivre. „Santiago Calatravas kreativer Prozeß." in: *ARCH+ 159/160,* Mai 2002, S. 97

vertraut zu machen. Werden wir mit einem unbekannten Objekt konfrontiert, wie zum Beispiel mit der eigenwilligen Formensprache des Planetariums *L'Hemisfèric* (1998), so können wir dessen potentielle Eigenschaften womöglich erkennen, indem wir diese aus etwas ähnlichem, das wir bereits kennen, erschließen. So ist das Planetarium, in dem hauptsächlich wissenschaftliche und technologische Themen ausgestellt werden, als ein überdimensionales Auge mit beweglichem Lid konzipiert. Dieses Bild steht für das Auge der Weisheit, welches die visuellen Erfahrungen der Besucher beim Betrachten der Vorführungen symbolisieren soll – und an Trivialität nicht zu überbieten ist. Analogien können dem Erkennen sozusagen auf die Sprünge helfen oder verleihen den noch nicht entstandenen Objekten eine Form, indem sie die Formen bereits existierender Objekte „rekrutieren".[186] Calatrava verschleiert nichts und legt seinen Entwurfsprozess offen dar.

Eine weitere bildliche Übertragung stellen die 18 ‚Baumstützen' des *Terminal 1* (1991) und des *Terminal 3* (2004) des Stuttgarter Flughafens von *gmp Architekten von Gerkan, Marg und Partner* dar. Die ‚Baumstützen' sind im Stuttgarter Flughafenmagazin *Flugblatt*, als „fein verästelte Stahlbaumriesen, die die Last des abgetreppten Pultdaches tragen"[187], interpretiert. Des Weiteren bemüht sich der Autor um eine Übertragung der Zeltdachkonstruktion von Frei Otto, was völliger Unfug ist, weil das konstruktive Prinzip der ‚Baumstützen' ein fundamental anderes ist. Von Gerkan hingegen behauptet, dass seine Inspirationsquelle der „dominierende Wald in Baden-Württemberg"[188] war, er setzt also die Architektur in direkte Analogie zu einem natürlichen Vorbild. Wenn der Wald tatsächlich das Vorbild war, handelt es sich beim Flughafen um eine eher kümmerliche Nachahmung oder Analogie desselben. Denn was hier völlig fehlt, sind die atmosphärischen Qualitäten des Waldes, die durch Dichte, differenziertes Licht und Farbigkeit entstehen. Gerkan sieht, mit anderen Worten, letztlich den Baum und nicht den Wald. Außerdem ist die Waldanalogie für die spezifische Bauaufgabe mehr als zynisch. Denn Flughäfen sind Anlagen, die aus der Natur ein tabula rasa machen, sie platt walzen. Wälder sind davon in besonderem Maße betroffen. Ein weiteres gutes Argument gegen die ‚Baum-Metapher' ist das Pultdach: denn welcher Baum trägt schon ein solches? „Die Verzweigung des Baums in der Natur erfüllt aber eine völlig andere Funktion – nämlich möglichst viele Blätter an die Oberfläche zu bringen, um möglichst viel Sonnenlicht einzufangen. Das ist etwas gänzlich anderes als eine Platte zu tragen."[189] Dementsprechend muss die Statik dann mittels der aussteifenden Fassade erreicht werden. Nicht einmal die bloße Reduktion auf ein System der Lastabtragung ist

---

[186] Vgl. Alexander Tzonis. „Huts, ships and bottle racks: Design by analogy for architects and/or machines" in: N. Cross, K. Dorst. N. Roozenburg (Hrsg.) *Research in Design Thinking*. Delft, Delft Univ. Press, 1992, S. 139–164

[187] Flughafen Stuttgart. *Flugblatt. Das Stuttgarter Flughafenmagazin*. Stuttgart, 02/2004, S. 4

[188] Ebd., S. 9

[189] Jörg Schlaich im Gespräch mit Sabine Kraft. „Die Einheit von Form und Konstruktion. Formentwicklung im Leichtbau" in: *ARCH+ 159/160,* Mai 2002, S. 27

technisch korrekt und die Innovation beschränkt sich lediglich auf eine Stütze, die das Aussehen eines Baumes hat.

Der Entwurf der *Morecambe Sea Front* (1991) im Nordwesten Englands von *Birds Portchmouth Russum Architects* steht ebenfalls paradigmatisch für eine ‚fehlerhafte', bildlich-direkte Übertragung von Inspirationen aus der Natur. Die vier Wellenbrechergebäude dienen dazu, die Stadt Morecambe, die ursprünglich aus vier Dörfern zusammengelegt wurde, zu spiegeln. Ihre äußere Erscheinung ist durch eine garnelenähnliche Struktur und Konstruktion geprägt, die die berühmte Garnelenindustrie vor Ort symbolisiert.[190] Beispiele für eine ähnliche bildlich-direkte Herangehensweise sind ferner das interaktive Museum über den menschlichen Körper *CORPUS* (2008) in Leiden, das die Form eines 35 Meter hohen sitzenden Menschen hat; oder das *Meitan Tee Museum* (China), das eine ca. 74 Meter hohe Teekanne darstellt und auf die dortige Region mit ihrer bekannten Teeproduktion verweist. Bei diesen Arten von Zeichen, spricht man von ‚ikonischen' Zeichen, in Absetzung von ‚symbolischen' und ‚indexikalischen', bei denen „ein Abbild-Verhältnis, eine Ähnlichkeit festzustellen ist".[191] Die Suggestivkraft, die von Metaphern ausgeht, kann auch im Nachhinein entstehen, wenn ein Gebäude ‚wie etwas' aussieht und sich diese Namen im Volksmund etablieren. In Berlin gibt es einige Spitznamen für Gebäude, sog. ‚Berolinismen', die sich im Nachhinein eingebürgert haben: ‚Telespargel' für den *Fernsehturm* (1965–1969); ‚Schwangere Auster' für das *Haus der Kulturen der Welt* (1956–1957); ‚Goldelse' für die *Siegessäule* (1864–1873); ‚Erichs Lampenladen' oder ‚Ballast der Republik' für den *Palast der Republik* (1973–1976); ‚Waschmaschine' für das *Bundeskanzleramt* (1997–2001).

Ist die Metapher ursprünglich in der Rhetorik verortet und aus den Diskursen der Logik und der Erkenntnistheorie ausgeschlossen, so stellt sich im Hinblick auf das kreative Potenzial der Metapher doch die Frage, was für eine mögliche Erkenntnisleistung von Metaphern ausgehen kann. Eichberger sieht in der Metapher zum einen eine ornamentale Abweichung, die ersetzbar ist und zum anderen hat sie eine besondere Bedeutung, die nicht auf einen „wörtlichen" Sprachgebrauch reduziert werden kann. Zum einen zeigt sie lediglich „das kreative Vermögen des Geistes" auf und zum anderen offenbart sie „ein in den Tiefenschichten unserer Begriffsgeschichte wurzelndes Wissen, aus dem sich weit ausgreifende Potenziale speisen."[192] Eichberger bezieht sich auf Hans Blumenberg, der diese beiden konträren Perspektiven auf die mögliche Erkenntnisleistung von Metaphern in seinem Buch *Paradigmen zu einer Metaphorologie* (1960) thematisiert. Darin unterscheidet er zwischen „Rest- und Grundbeständen". Erstere haben

---

[190] Vgl. *http://www.birdsportchmouthrussum.com/bpr/pr-morecambe.html*, abgerufen am 15.01.2015

[191] Piroska Kocsány. *Grundkurs Linguistik: ein Arbeitsbuch für Anfänger*. utb GmbH, Stuttgart, 2010, S. 42; Die Theorie von den drei Arten der Zeichen, ‚ikonische', ‚symbolische' und ‚indexikalische', stammt vom US-Semiotiker Charles S. Peirce (1839–1914).

[192] Tassilo Eichberger. *Architektur und Metapher. Zur Bedeutung metaphorischen Sprechens in Architektur und Architekturvermittlung*. München, 2010, S. 4

die Aufgabe, das „Uneigentliche“ zu entlarven und bloßzustellen und letztere können als sprachliche Hilfsmittel dort eingesetzt werden, wo das Vokabular noch nicht reif genug ist, um alle Erkenntnisse rational zu formulieren.

> *„Zunächst können Metaphern* Restbestände *sein, Rudimente auf dem Wege vom* Mythos zum Logos*; als solche indizieren sie die cartesische Vorläufigkeit der jeweiligen geschichtlichen Situation der Philosophie, die sich an der regulativen Idealität des puren Logos zu messen hat. Die Metaphorologie wäre hier kritische Reflexion, die das Uneigentliche der übertragenen Aussage aufzudecken und zum Anstoß zu machen hat. […] Dann aber können Metaphern […] auch* Grundbestände *der philosophischen Sprache sein, ‚Übertragungen‘, die sich nicht ins Eigentliche, in die Logizität zurückholen lassen. Wenn sich zeigen lässt, dass es solche Übertragungen gibt, die man ‚absolute Metaphern‘ nennen müsste, dann wäre die Feststellung und Analyse ihrer begrifflich nicht ablösbaren Aussagefunktion ein essentielles Stück der Begriffsgeschichte.“*[193]

Bschir wirft analog zu Blumenbergs philosophischem Ansatz sechs Fragen auf, die den Nutzen von Metaphern in der Naturwissenschaft hinterfragen:

1) „Hat der Gebrauch von Metaphern in den Naturwissenschaften eine bloß heuristische Funktion am Beginn eines neuen wissenschaftlichen Paradigmas?
2) Verschwinden Metaphern im Fortlauf einer theoretischen Entwicklung mehr und mehr aus dem Vokabular einer Theorie?
3) Sind alle Metaphern einer reifen Theorie prinzipiell durch eindeutiges, technisches Vokabular ersetzbar?
4) Ist eine reife Theorie eine, die ohne Metaphern auskommt?
5) Spielen Metaphern in der Wissenschaft eine grundlegende und nicht ersetzbare Rolle?
6) Könnte es sein, dass die Eliminierung einer Metapher immer einen substanziellen Verlust im Gehalt einer Theorie zur Folge hat, dass eine Theorie nach einer Übersetzung aller ihrer Metaphern nicht mehr dieselbe Theorie wäre?“[194]

Generell gibt es bestimmte Metaphern, die nicht durch spezifische Begriffe zu ersetzen und nicht in eine eindeutige Sprache zurückzuführen sind. Das ist kein Makel, sondern eine Qualität, da die geleistete Übertragung von Bedeutung einen selbständigen Modus der Eigentlichkeit generiert, die auch in den Naturwissenschaften „eine überaus inspirierende und innovative Wirkung entfalten“[195] kann.

> *„Die Metaphorologie sucht an die Substruktur des Denkens heranzukommen, an den Untergrund, die Nährlösung der systematischen Kristallisationen, aber sie will auch faßbar machen, mit welchem ‚Mut‘ sich der Geist in seinen Bildern selbst voraus ist und wie sich im Mut zur Vermutung seine Geschichte entwirft.“*[196]

---

[193] Hans Blumenberg. *Paradigmen zu einer Metaphorologie*. Frankfurt am Main, 1998, S. 10
[194] Bschir, 2010, S. 26
[195] Ebd., S. 27
[196] Blumenberg, 1998, S. 13

4.2. Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie

Im 18. Jahrhundert erkennen die Romantiker wie z.B. August Wilhelm Schlegel (1767–1845), Friedrich Schlegel (1772–1829), Friedrich Wilhelm von Schelling (1775–1854) und Samuel Taylor Coleridge (1772–1843) der Natur Schönheit zu und verbinden die Erfahrung von Schönheit mit Naturerfahrung.

> *„Sie übertrugen die Eigenschaften der organischen Natur erstmals auf das künstlerische Schaffen und verglichen die imaginativen Fähigkeiten des Künstlers mit den schöpferischen Kräften der Natur. Überzeugt, dass in der Natur ein vitales, struktur- und formgebendes Prinzip existiere, das den Dingen Form und Gestalt verleiht, forderten sie vom Künstler, dass er sich in seinem Schaffen an den schöpferischen Kräften und den Prozessen der Natur orientieren müsse."*[197]

Die Natur wird in der Romantik nicht mehr als ein passives Produkt angesehen, sondern als etwas selbst Produzierendes. Die Kunst sollte eine ‚zweite Natur' werden.

> *„Der Künstler sollte seine Schöpfungen organisch entwickeln, wie die Natur es tut. Bei der Natur heißt organisch aus ‚Einem Principe', nach dem Gesetz der Causalität, gliederartig, lebendig."*[198]

Die Idee der ‚zweiten Natur' ist allerdings keine Idee der Romantik, sondern geht auf den Manierismus zurück. Der Unterschied besteht darin, dass in der Romantik die ‚zweite Natur' an die ‚erste' gebunden ist, während die ‚zweite Natur' des Manierismus eine eminent artifizielle ist und sich daher deutlich von der ‚ersten' absetzt, obwohl sie diese ergänzt, vervollständigt und sogar perfektioniert. Mit dem irisch-britischen Staatsphilosophen Edmund Burke (1729–1797) gesellt sich die Idee des Naturerhabenen dazu, die ebenso wie die Idee des Naturschönen ihre Weiterung in Kunst und Architektur hat. Burke stellt in seiner Abhandlung *Philosophische Untersuchungen über den Ursprung unserer Ideen vom Erhabenen und Schönen* (1756) das Erhabene über das Schöne. Das Schöne ist zwar wohlgeformt und ästhetisch ansprechend, das Erhabene jedoch hat die Kraft, uns zu bezwingen und zu zerstören. Im England der Jahrhundertwende (18.–19. Jahrhundert) kommt mit den Schriftstellern William Gilpin (1724–1804), Richard Payne Knight (1750–1824) und Uvedale Price (1747–1829) eine dritte Idee hinzu: das Pittoreske (das Malerische). Gilpin beschreibt in seinem Essay *Observations on the River Wye, and several parts of South Wales, etc. relative chiefly to picturesque beauty; made in the summer of the year 1770* (1782) den damals aufkommenden Trend, das Land zu bereisen, um ausschließlich die Schönheit der Landschaft zu bewundern. Ein beliebtes Motiv sind Ruinen, die aus vorgefertigten Trümmern klassischer sowie gotischer Bauwerke entstehen. Viele Gärten werden aufgrund Gilpins Empfehlungen dementsprechend umgestaltet.[199] Zwölf Jahre später

---

[197] Isabel Wünsche. „Organische Modelle in der Kunst der klassischen Moderne" in: Geiger/Hennecke/Kempf, S. 99

[198] Ludewig Steckling, zitiert ebd., S. 25

[199] Als Wegbereiter des Englischen Landschaftsgartens seien hier die englischen Landschaftsarchitekten William Kent (1685–1748) und Capability Brown (1716–1783) erwähnt.

liefert Price schließlich die Definition des Pittoresken. In seinem Buch *Essay on the Picturesque, As Compared with the Sublime and The Beautiful* (1794) sieht er das Pittoreske als eine (dritte) Qualität, die zwischen dem Erhabenen und dem Schönen angesiedelt ist.

Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832) begründet im Rahmen seiner botanischen Studien, die sich mit Gestalt und Aufbau von Menschen, Tieren und Pflanzen beschäftigen, ein neues Teilgebiet der Biologie: die Morphologie.[200] Während seiner Italienreise von 1787 beobachtet Goethe, wie sich Pflanzen unter verschiedenen Bedingungen entwickeln. Er entdeckt mit der Anschauung der Form, wie sich innere Gesetzmäßigkeiten entfalten.[201] Die Vermutung, dass der Form und dem Bau aller (Blüten-)Pflanzen ein gemeinsamer Plan zugrunde liegt, führt Goethe zunächst zur Vorstellung von der *Urpflanze*.

> *„Woran würde ich sonst erkennen, daß dieses oder jenes Gebilde eine Pflanze sei, wenn sie nicht alle nach einem Muster gebildet wären."*[202]

Nach seiner Rückkehr aus Italien belächelt er seine Annahme, dass er diesen pflanzlichen Grundbauplan zeitweilig sogar als existent und daher als auffindbar glaubte.

> *„In den Tagebüchern meiner Italienischen Reise, an welchen jetzt gedruckt wird, werden Sie, nicht ohne Lächeln, bemerken, auf welchen seltsamen Wegen ich der vegetativen Umwandlung nachgegangen bin; ich suchte damals die Urpflanze, bewußtlos, daß ich die Idee, den Begriff suchte wonach wir sie uns ausbilden könnten."*[203]

An die Stelle des ursprünglichen Glaubens an eine solche *Urpflanze* setzt Goethe das Prinzip einer *Metamorphose der Pflanzen*.

> *„Morphologie ruht auf der Überzeugung, daß alles was sei, sich auch andeuten und zeigen müsse. […] Die Gestalt ist ein Bewegliches, ein Werdendes, ein Vergehendes. Gestaltenlehre ist Verwandlungslehre. Die Lehre der Metamorphose ist der Schlüssel zu allen Zeichen der Natur."*[204]

Die Morphologie schließt die „Entwicklungsgeschichte" der Pflanze mit ein, die „als ein dynamisches Wesen betrachtet" wird und aus gleichen Untereinheiten wie „Stengelabschnitt mit Knoten, Blatt und Achselknospe" aufgebaut ist. „Im Laufe der Entwicklung, der ‚Metamorphose',

---

[200] Vgl. Dorothea Kuhn. *Goethe Die Schriften zur Naturwissenschaft. Aufsätze, Fragmente, Studien zur Morphologie*. Bd. 10, Hermann Böhlaus Nachfolger, Weimar, 1964

[201] Dieses Vorgehen steht im Gegensatz zur allgemein praktizierten Methode des schwedischen Naturforschers Carl von Linné (1707–1778), der eine umfassende Pflanzenbeschreibung nach bestimmten Kriterien und Kategorien vornimmt und damit die Grundlage der modernen biologischen Taxonomie schuf. Vgl. Wolfgang J. Koschnik. „Taxonomie" in: *Standardwörterbuch für die Sozialwissenschaften*. Bd. 2, München/London/New York/Paris, 1993

[202] Goethe, zitiert bei Bernd Witte/Theo Buck/Hans-Dietrich Dahnke/Regine Otto/Peter Schmidt (Hrsg.). *Goethe-Handbuch*. Band 4/2, J. B. Metzler, Stuttgart/Weimar, 1998, S. 1078

[203] Goethe, zitiert bei Hans-Joachim Becker (Hrsg.). *Goethes Biologie: die wissenschaftlichen und die autobiographischen Texte*. Königshausen & Neumann, Würzburg, 1999, S. 62

[204] Goethe, zitiert bei Elmar Treptow. *Die erhabene Natur: Entwurf einer ökologischen Ästhetik*. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2001, S. 26

entstehen sie nacheinander; und die Summe der Besonderheiten aller Abschnitte macht das charakteristische Bild einer Pflanzenart aus".[205]

Für die Baumeister des 19. Jahrhunderts ist es besonders das Strukturelle in der Natur, das sie inspiriert und als Vorbild dient. Im Vordergrund stehen die strukturellen Fragen, die sich auf Kräfteeinwirkungen, Stabilität und die Tragfunktion der Anatomie beschränken. Die strukturelle Logik der Natur steht auch bei Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (1814–1879) im Vordergrund. Er konzentriert sich auf die technische Sichtweise, die durch mathematische und physikalische Konzeptionen geprägt ist. Jeder Schritt im Bauprozess basiert auf dem Zweck dahinter, der auch die Wahl des Materials bestimmt, das wiederum die Konstruktion regelt. Die Einheit des Bauplans in der Architektur ist für ihn durch Struktur definiert.

> *„Just as when seeing the leaf of a plant, one deduces from it the whole plant; from the bone of an animal, the whole animal; so from seeing a cross-section one deduces the architectural members; and from the members, the whole monument."*[206]

Die Natur folgt ihren Gesetzmäßigkeiten in all ihren Schöpfungen. Der Kreis gilt schon seit jeher als „Symbol der Vollkommenheit" und das Dreieck als strukturelle Grundlage kann in diesen eingeschrieben werden und bewahrt, ohne verformt zu werden, seine Stabilität.[207] In Viollet-le-Ducs Entwurf für eine *Konzerthalle* (1863–72) besteht das Tragwerk aus Stäben, die gleichseitige Dreiecke bilden. Eine Skizze von A. Bartholomew zeigt den Querschnitt durch eine gotische Kathedrale, in den ein menschliches Skelett eingefügt ist. Die anatomische Struktur des Menschen ist hier der gotischen Gewölbekonstruktion gegenübergestellt. Viollet-le-Ducs letzte große Publikation *Entretiens sur l'architecture* (1863–72) war ein Versuch darauf aufmerksam zu machen, dass die Prinzipien, die es in der gotischen Architektur gibt, als Ausgangspunkt eines neuen Stils dienen könnten.[208] Das Vokabular besteht bei Viollet-le-Duc nicht mehr aus metaphysischen, philosophischen und religiösen Begriffen und Konzepten, sondern aus einer weltlichen, wissenschaftlichen und technischen Sprache der Geometrie und Physik, die sich auf das funktionale Verhalten der kleinsten Teile der Materie bezieht.[209] Die philosophische und religiöse Theorie der Zweckgebundenheit wird ersetzt durch die weltliche und wissenschaftliche Theorie der Funktionalität.

Die Rückbesinnung auf die Gotik im 19. Jahrhundert ist gleichzeitig eine Rückbesinnung auf die Natur und deren Schönheit, die sie verkörpern soll. Allerdings gibt es nicht nur eine Gotik,

---

[205] Becker, 1999, S. 62

[206] Viollet-le-Duc, zitiert und ins Englische übertragen von Michael Shamiyeh in: *Organizing for Change/profession: Integrating Architectural Thinking in Other Fields*. Springer Science & Business Media, 2007, S. 117

[207] Vgl. Klaus Mainzer. „1.21. Geometrie" in: S*ymmetrien der Natur: ein Handbuch zur Natur- und Wissenschaftsphilosophie*. Walter de Gruyter, Berlin, 1988, S. 26–40

[208] Vgl. Philip Steadman. *The Evolution of Designs. Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts*. Routledge, New York, 1979/2008, S. 40

[209] van Eck, 1994, S. 240 (Ü.d.V.)

sondern viele – das Gotikverständnis variiert. Bei den Romantikern wie z.B. Schlegel ist die Gotik die Nachbildung der Fülle der Natur, für den Rationalisten Viollet-le-Duc hingegen Ausdruck struktureller Logik. Aus dem Blickwinkel der strukturellen Logik heraus, ist das Interesse an der Gotik auch ein Interesse an der Verschlankung der Strukturkomoponenten mit Hilfe von Eisen als Baustoff. Eisenkonstruktion und Natur ist ein eigenes Thema, zu dem es ausführliche Diskurse gibt. Herauszustellen ist der Aspekt, dass die Architektur, nachdem man in England im Ingenieurswesen schon in den 1770er Jahren Brücken aus Eisen baut[210], erst knapp 80 Jahre später auf das neue Material reagiert. Eisen wird dabei nicht mehr nur als Hilfsmittel wie z.B. als Anker eingesetzt. In Auseinandersetzung mit der Biologie und den Materialwissenschaften, der Metallurige, entwickeln sich Erkenntnisse über die Strukturprinzipien, die auf Gebäude angewandt werden. Das erste Mal zeigt sich diese neue Anwendung auf der ersten *Großen Weltausstellung* (1851) im Londoner *Hyde Park*. Das zentrale Ausstellungsgebäude, der *Crystal Palace* (1851), entwirft Joseph Paxton (1803–1865) in Anlehnung an die Architektur von Gewächshäusern. Das Glasdach des *Crystal Palace* vermittelt den Eindruck als schwebte es frei. Die Konstruktion besteht vollständig aus stabförmigen Metallelementen und der Raumabschluss erfolgt ausschließlich mit Glas, also ohne tragende Wände. Durch die vorfabrizierten Module ist der Bau innerhalb von 17 Wochen realisiert. Als Vorbild für die Dachkonstruktion nimmt Paxton die Struktur der Unterseite der Wasserlilie *Victoria Regia*. Auf den ersten Blick ist die Nachahmung nicht zu entdecken, da die eine Struktur rechtwinklig und die andere kreisförmig ist. Aus statischer Sicht sind die Elemente jedoch vergleichbar.[211]

Zentralen Einfluss auf die Entwicklung des Leichtbaus hatte im Jahr 1870 eine Kooperation von drei Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Fachgebieten: ein Anatom (Georg Hermann von Meyer[212]), ein Mathematiker und Statiker (Karl Culmann) und ein Physiologe (Julius Wolff).[213] Sie befassen sich mit der inneren Architektur des Knochens aus verschiedenen Blickwinkeln. Anatomisch gesehen stellt sich der Knochen traditionell als etwas Festes und vor allem als etwas Totes dar; der Physiologe stellt sich die Frage: Wie wächst eigentlich ein Knochen? Weder Gewebestruktur noch Zellwachstum waren damals bekannt, so dass man z.B. versuchte, Knochenwachstum durch Anlagerung von Partikeln zu erklären. Zur Erforschung der inneren Struktur zersägt von Meyer einen Oberschenkelknochen, so dass der Längsschnitt das

---

[210] Vgl. Kapitel *III.7.3.1. declassifying vs. topology optimization und material computation,* S. 206

[211] Paxton lässt die Dachkonstruktion, die er 1850 erstmals in einem Spezialgewächshaus erbauen ließ, als *Ridge-and-Furrow*-Dach patentieren. Hierbei überspannen lange Träger aus Walzstahl den Innenraum, auf denen gläserne Satteldächer parallel angeordnet sind. Durch die dazwischen liegenden Furchen verlaufen Rinnen, die sogenannten *Paxton-Rinnen*, die zum Ablaufen des Wassers dienen. Vgl. Patrick Beaver. *The Crystal Palace: 1851–1936. A Portrait of Victorian Enterprise*. Hugh Evelyn, London, 1977; vgl. Ernst Werner. *Der Kristallpalast zu London 1851*. Werner, Düsseldorf, 1970

[212] Georg Hermann von Meyer. *Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes*. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1873.

[213] Die Arbeit folgt hier Krausse, 2002, S. 21

schwammartige Gewebe verdeutlicht. Der Statiker Culmann sieht darin ein Bild der Kräfteverteilung. Zur Erläuterung entwirft er ein technisches Artefakt, einen Kranausleger, und zeigt darin die Übereinstimmung mit der Struktur des Knochens. Dies Experiment hat den Charakter eines Beweises und führt mit der graphischen Statik zur ersten Methode, mit der man ein Tragwerk überhaupt zuverlässig berechnen kann und in der Folge allgemein angewandt wird.

Am Anfang des 20. Jahrhunderts wird der Ingenieur Georges Robert Le Ricolais (1894–1977) durch seinen Artikel *Les Tôles Composées et leurs applications aux constructions métalliques légère*s (1935) in Frankreich landesweit bekannt. Darin will er die Bauindustrie mit dem Prinzip leichter, tragender Außenhautkonstruktionen bekannt machen, wie man sie vom Rumpf und den Tragflächen von Flugzeugen kennt. Charakteristisch für seine Artikel ist, dass diese stets mit der Beobachtung eines „Wunderwerks der Natur" beginnen wie z.B. eines Strahlentierchens oder mineralischer Kristalle. Er identifiziert daraus „ein signifikantes geometrisches Muster, das Resultat eines spezifischen mechanischen Wirkens ist. Aus dieser Korrelation zwischen einem mechanischen Prinzip und einem geometrischen Muster leitet er ein allgemeines mechanisches Prinzip ab und schlägt alternative Strukturanordnungen und ihre praktische Anwendung vor." Der Artikel beginnt mit der Beobachtung einer Kammmuschelschale, die sich durch spiraliges Kurvenmuster und sinusförmige Wellenstruktur als knick- und bruchfest erweist. „Le Ricolais verweist auf Ähnlichkeiten zwischen der Kannelierung von Pfeilern und eindirektionalem Wellblech und schlägt eine zwei-direktional gewellte Röhre (*Tubulaire*) und Bodenplatte (*Isoflex*) vor. Eine Serie vergleichender Biegetests offenbart einen Zusammenhang zwischen Stärke, Trägheit, Plattendicke und der Direktionalität der Wellenstruktur."[214]

Im Zusammenhang mit der Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie in der Architektur sei auch der britische Mathematiker und Biologe D'Arcy Wentworth Thompson (1860–1948) erwähnt, der häufig als der erste „Biomathematiker" genannt wird. Er betrachtet Form an sich als etwas Dynamisches. Die bekannten Illustrationen aus seinem Buch *On Growth and Form* (1917) zeigen sogenannte Kräftediagramme mit einer symbolisierten Dynamik. Es werden zum einen die Ähnlichkeit von biologischen und mechanischen Strukturen verdeutlicht und zum anderen Formen verwandter Organismen über mathematische Transformationen zueinander in Beziehung gesetzt.[215]

> *„Die Form eines beliebigen Stücks Materie, ob lebend oder tot, und die Formveränderungen, welche in seinen Bewegungen und in seinem Wachstum zutage treten, können in allen Fällen gleichermaßen als das Resultat bestimmter Krafteinwirkungen beschrieben werden. Die Form eines Objekts ist, kurz gesagt, ein ‚Kräftediagramm', in dem Sinne jedenfalls, dass wir aus ihr jene Kräfte einschätzen oder ableiten können, welche auf sie einwirken oder auf sie eingewirkt haben."*[216]

---

[214] Peter McCleary. „Robert Le Ricolais' Suche nach der ‚unzerstörbaren Idee'" in: *ARCH+ 159/160,* Mai 2002, S. 64 f.
[215] Ann Richards. „Ein Kräftediagramm. Form als Formation in Natur und Design." in: ebd., S. 69

Thompsons These widerspricht in bestimmten Aspekten Darwins Theorie der Genetik und der Präformationslehre, deren Anhänger, seiner Meinung nach, die Bedeutung der Evolution überschätzen, indem sie glauben, dass der gesamte Organismus im Spermium bzw. im Ei vorgebildet sei und sich nur noch entfalten und wachsen müsse.[217] Für Thompson sind die Kräfte, die Energie und das Prozesshafte, im Gegensatz zum einfach Materiellen, das Entscheidende.

> *„Morphologie ist nicht bloß die Untersuchung von materiellen Dingen und ihrer Form, sondern hat zugleich auch einen dynamischen Aspekt, unter welchem wir uns mit der Interpretation der als Kraft verstandenen Wirkung von Energie befassen […] der überwiegende Teil der Fachliteratur scheint sich zu sehr mit den jeweiligen materiellen Elementen als den Ursachen von Entwicklung, Variation oder Vererbung zu beschäftigen. Die Materie als solche bringt jedoch nichts hervor, sie verändert nichts, sie tut nichts; […] wir müssen uns von vornherein und mit allem Nachdruck vergegenwärtigen, dass das Spermatozoon, der Zellkern, die Chromosomen oder das Keimplasma niemals als Materie allein agieren können, sondern nur als Energieherde oder Kraftzentren."*[218]

Aus dieser Betonung der Bedeutung von Energie bei der Erzeugung von Form entsteht die Vorstellung von Emergenz und Selbstorganisation biologischer Systeme, was schon und immer wieder Generationen von Biologen, Architekten, Künstlern und Mathematikern inspiriert. So zeichnen sich viele Entwürfe Santiago Calatravas nicht nur durch eine bildhafte Formensprache aus, wie im vorigen Kapitel beschrieben wurde, sondern auch durch eine ingenieurstechnische, wie z.B. in den beweglichen Elementen des *Swissbau Pavillon* (1989) oder der *Shadow Machine* (1992) und in den Dachkomponenten des *Kuwait Pavillon* (1991–1992). Diese ingenieurstechnische Formensprache kann in Verbindung zu „Thompsons Morphologiekonzept" gesetzt werden, wie Ryszard Sliwka in seinem Artikel *Geometrie der Schöpfung. Architektur und die Neubewertung der Natur* (2002) beschreibt:

> *„Ein Schlüsselbezug in Calatravas Werk ist ein Hundeskelett – ein Bild, das ihn mit Thompsons Morphologiekonzept verbindet als der Reaktion von Materie auf die dynamische Verteilung von Kräften, die in natürlichen Organismen und Strukturen wirksam sind. Das typische Kennzeichen von Calatravas Werk ist der Gebrauch nicht-orthogonaler, extrem differenzierter Teile, die so angeordnet sind, dass sie die Kräfte auf kürzestem Weg zum Boden führen."*[219]

Thompsons Organismen als auch Calatravas Formensprache reagieren beide auf die „dynamische Belastung", jedoch in konträrer Art und Weise. Während sich Thompsons „Organismen verdicken [...] verjüngen sich Calatravas Querschnitte" wie z.B. bei dem Entwurf für

---

[216] D'Arcy Wentworth Thompson. *On Growth and Form. (1917).* Cambridge University Press, 1942, S. 16, zitiert nach Richards S. 69

[217] Der Embryo ist im Spermium bereits präformiert und bildet sich durch Ausstülpung. Vom niederländischen Wissenschaftler Nicolas Hartsoeker stammt eine bekannte Homunculus-Darstellung des Spermiums (1694). (lat. Homunculus = „Menschlein")

[218] Thompson, S. 19, zitiert bei Richards S. 72

[219] Ryszard Sliwka. „Geometrie der Schöpfung. Architektur und die Neubewertung der Natur" in: *ARCH+ 159/160,* Mai 2002, S. 91

den Umbau der Kathedrale *St. John the Divine* (1992) in New York. Dennoch eint sie „eine morphologische Lesart von Struktur“ mitsamt ihrer Dynamik.[220]

Des Weiteren entwickelt sich im 20. Jahrhundert ein eigenes Forschungsfeld, das sich mit dem Übertragen von Phänomenen der Natur auf die Technik beschäftigt: die Bionik. Bei dieser Strategie der Naturnachahmung kann „Zeit gespart werden“ und es muss nicht auf die Evolution „gewartet werden“. Evolutionäre Prozesse haben über die Jahrtausende optimierte Strukturen und Prozesse hervorgebracht und der Mensch, insbesondere der Ingenieur, muss diese nur aufgreifen, kann von ihnen lernen und sie auf die Technik übertragen. Die technologischen Entwicklungen werden dabei von den evolutionären Prozessen bildlich gesprochen „Huckepack“ getragen.[221] Das Ziel der Bionik ist, ein im Vergleich mit der Natur stets eigenes technisches Objekt oder Verfahren zu entwickeln wie z.B. der von Kletten inspirierte Klettverschluss oder der *Lotos-Effekt*, eine selbstreinigende, wasserabweisende, mikro-nanostrukturierte Oberfläche, die nach dem Vorbild der Lotosblätter entwickelt wurde. Die Naturinspiration ist bei dieser Strategie immer zweckgerichtet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Studium des Strukturellen in der Natur im Speziellen zwei Modelle liefert: Depots von Formen und Charakteren (Morphologie) und Strukturgesetze (Anatomie). Beide Modelle sind ‚verständlich‘ und gelten in unterschiedlichen Gesellschaften.[222]

---

[220] Vgl. ebd., S. 91 f.

[221] Vgl. Hans-Dieter Mutschler. *Naturphilosophie*. Kohlhammer, Stuttgart, 2002, S.120 ff.

[222] Vgl. Jormakka, 2008, S. 9 f.

4.3. Formfindung als Prozess

Bilder und Strukturen aus der Natur haben schon immer beträchtlichen Einfluss auf die Architektur ausgeübt.

> *„Gaudi mag Formen geschaffen haben, welche nach Dalis Ansicht essbar aussahen oder hysterischen Prozessen nacheiferten; Le Corbusier mag die Codes für den Modulor aus seinem Maß des menschlichen Körpers entwickelt haben; Mies mag nach einer organischen Form für die moderne Technik gesucht haben, welche derjenigen entsprach, die Raoul Francé bei Knochen und Pflanzen entdeckt hatte, aber sein eigentliches Metier war die Handhabung von Doppel-T-Trägern; Wright mag nach einer formalen ‚Organizität' gesucht haben, die Parallelen mit ‚Wachstum und Form' in der Natur aufwies. All diese Bezüge waren jedoch eingebettet in die Codes der Architektur an sich. Was gemorpht wurde, war ‚Architektur', nicht Natur […]."*[223]

Seit den 1990er Jahren wird die Biologie nicht mehr nur als bildliche oder strukturelle Referenz instrumentalisiert, sondern es wird begonnen, die zwei Disziplinen – Biologie und Architektur – in einer einzigen Performance zusammenlaufen zu lassen. Die Grenzen verschwimmen immer mehr. Das Prozesshafte in der Architektur setzt sich zudem mit Begriffen durch, wie z.B. Genese, Code, Emergenz, Genotyp, Phänotyp, Epigenese, Vererbung, Muster, Komplexität, Simulation, Wachstum, Reproduktion, Interaktion, Mutation oder Adaption, die mit den Begriffen des tradierten klassischen Kanons, wie z.B. Säulenordnung, Proportion oder Typus, aber auch mit Begriffen moderner Architekturtheorie, wie z.B. Raum, Struktur oder Standard, wenig gemein haben. All diese Begriffe erscheinen, ob historischer oder moderner Herkunft, im prozesshaften Zusammenhang eher unzeitgemäß, sie haben jedenfalls an Einfluss verloren.[224] Im Mittelpunkt des Entwurfs steht der eigentliche Prozess der Morphogenese (griech. „Entstehung der Form") und die Natur dient dabei wieder einmal als Inspirationsquelle. In den letzten 25 Jahren kommen weitere Begriffe prozessualen Charakters hinzu, die das prozessuale Element der Architektur erfassen sollen, und die sich im architektonischen Vokabular durchsetzen, wie z.B. Computation, Algorithmen, Parametrisches Entwerfen, Evolutionäre Prozesse, Selbstorganisation oder Schwarmtechnologie. Die Architektur hat noch nie so unmittelbar nach einer Imitation biologischer Prozesse getrachtet, wie es seit den 1990er Jahren der Fall ist. Die beiden Wörter ‚digital' und ‚experimentell' gehen eine problematische Verbindung ein und werden dabei oft in einem Atemzug genannt; in der Vorstellung der Akteure an den Hochschulen und den Büros ist das Digitale fast immer von der Aura des Experimentellen umhüllt, wie z.B. beim Institut *Digitales und Experimentelles Entwerfen* (Prof. Dr. Norbert Palz, *Universität der Künste Berlin*) oder beim Büro *Jenny Sabin Studio – Experimental Architecture & Design*.

---

[223] Anthony Vidler. „Digitaler Animismus" in: *ARCH+ 159/160,* Mai 2002, S. 114

[224] Vgl. Kimberli Meyer. *The Gen(H)ome Project*. Ausstellungskatalog MAK Center for Art and Architecture, Los Angeles at the Schindler House, 29.10.2006–18.02.2007, S. 8 f. (ü.d.V.)

Die Architekten Peter Eisenman und sein Schüler Greg Lynn sind wichtige Wegbereiter des digitalen Entwerfens. Angeregt durch neue Ansätze in den Naturwissenschaften, wie z.B. die Entdeckung *dissipativer Strukturen* durch die Wissenschaftler Prigogine und Stengers, entwirft Eisenman schon in den 1980er Jahren eine Architektur, die sich selbstorganisierend entfaltet, was er eine „Architektur des Ereignisses und des Exzesses" nennt.[225] Prigogine und Stengers fordern in ihrem Buch *Dialog mit der Natur* (1980) dazu auf, ein neues Verhältnis von Natur und Mensch zu denken. Sie diskutieren Wandlungen des wissenschaftlichen Zugangs zur Natur von der Antike bis heute, revidieren Vorstellungen über den Begriff der Ordnung und legen evolutionäre Prozesse in der Physik frei.[226] Sie beweisen, dass neue Strukturtypen dann spontan entstehen können, wenn sie fern vom thermodynamischen Gleichgewicht sind und sich unter diesen Bedingungen Unordnung in Ordnung verwandelt. Hier verorten sie die Selbstorganisation, die zu inhomogenen Strukturen führt.

> *„Mit einer etwas anthropomorphen Ausdrucksweise könnte man sagen, dass die Materie unter gleichgewichtsfernen Bedingungen beginnt, Unterschiede in der Außenwelt (wie etwas schwache Gravitations- oder elektrische Felder) wahrzunehmen, die sie unter Gleichgewichtsbedingungen nicht spüren konnte. Im Gleichgewicht ist die Materie sozusagen ‚blind'.*[227]

Die *dissipativen Strukturen* beschreiben also das Spezifische und das Einmalige, das in Gleichgewichtsnähe nicht auftreten könnte. Dieser *Dialog mit der Natur* beendet nach Prigogine somit den Dualismus zwischen Physik und Kultur. Auch der Dualismus zwischen Biologie und Architektur ‚beginnt' zu enden, wenn Eisenman mit Entwurfsverfahren arbeitet, die prozesshafte, unvorhergesehene Entwicklungen und zufällige Formen ermöglichen. Exemplarisch dafür stehen seine Studien *House of Cards* (1987), die Hausentwürfe als axonometrische Prozessdiagramme zeigen. Von der Idealform des Würfels ausgehend, unterzieht er diese Form einem Transformationsprozess. In einer zeitlichen Abfolge von Verdichtung, Schichtung und Überlagerung geometrischer Elemente, wo Linie, Ebene und Körper in Bewegung gesetzt werden, entstehen Objekte, die sich scheinbar „selbst entwerfen".[228] Eisenman problematisiert den Begriff der Autorschaft, die Carpo in seinem Buch *The Alphabet and the Algorithm* (2011)[229] thematisiert: er entwirft kein Objekt, sondern stößt einen Transformationsprozess an. Die Formfindung durch selbstgenerierende Mechanismen ist zwar durch festgelegte Regeln definiert, die Form an sich wird aber ohne festgelegtes Ziel hervorgebracht und ist frei von traditionellen Konditionen und jeglicher Repräsentation.

---

[225] Vgl. Peter Eisenman. *Aura und Exzess. Zur Überwindung der Metaphysik der Architektur*, übersetzt und herausgegeben von Ullrich Schwarz, Wien, 1995

[226] Vgl. Ilya Prigogine. Isabelle Stengers. *Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens*, R. Pieper, München, 1980

[227] Ebd., S. 23

[228] Peter Eisenman. *Barfuß auf weiß glühenden Mauern.* Hrsg. v. Peter Noever, Ostfildern-Ruit, 2004, S. 91

[229] Vgl. Kapitel *III.5.3.2. automating vs. evolving und growing,* S. 152

4.4. Strategien der Postmoderne

Seit Mitte der 1970er Jahre kommt es zu einem umfassenden Wandel im Erscheinungsbild der Architektur, der als eine praktische Recherche zur Semiotik der gebauten Form bezeichnet werden kann.[230]

> *„Die Rolle und die Potentiale der klassischen und aktuellen Codes der Architektur wurden durch das universelle Phänomen der Postmoderne, das alle Bereiche der westlichen Kultur erfasste, neu definiert."*[231]

Charles Jencks, der als erster um eine umfassende Theorie der Postmoderne in der Architektur bemüht ist, spricht von fünf möglichen Strategien, nach denen nun das architektonische Projekt ausgerichtet werden kann.

Erstens, die Wiederverwendung historischer Formen und Typen: Ein Bauwerk, das als das erste Monument der Postmoderne bezeichnet werden könnte, da es in seiner historischen Anspielung sehr direkt ist und einen Dialog mit der Vergangenheit führt, ist der Entwurf von Venturi und Rauch für den *Franklin Court* (1972–76) in Philadelphia, der eine Hommage an Benjamin Franklin zur Zweihundertjahrfeier der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung ist. Ein offener Rahmen aus rostfreiem Stahl zeichnet die Silhouette des alten, nicht mehr existenten Landsitzes nach. Darunter liegen die Reste der alten Bebauung, die man durch verschiedene bunkerähnliche Schlitze erspähen kann. Ein neokolonialer Garten ist übersät mit verschiedenen moralisch aufrüstenden Slogans Franklins. Venturi und Rauch entwarfen hier kein Gebäude, sondern eher einen Garten, der eine überzeugende, wenn auch subtile Verbindung von alt und neu produziert.[232] Ein weiteres Beispiel für die direkte Bezugnahme auf historische Bauformen ist die *Piazza d'Italia* (1977–78) in New Orleans von Charles Moore, die auf Initiative der dort lebenden italienisch-stämmigen Bevölkerung geplant wurde. Im Hintergrund des kreisförmigen Platzes steht ein modernes Hochhaus, dessen hell/dunkel gestreifte Fassade sich in einer abgestuften Folge von Ringen auf dem Platz wiederfindet. Der Platz vereint heterogene Elemente: grafische Linien und klassizistische Formen, dramatisierende Zugänge wie z.B. ein Triumphbogen und eine Pergola (ein raumbildender Säulengang), dekorative Elemente wie z.B. ein Brunnen, der Italien in Form des Stiefels darstellt, wasserspeiende Figuren und Neonketten.[233] Das Ensemble ist auf heftige Kritik gestoßen. Einer der Kritiker spricht von einem „hingepinkelten Barockverschnitt übelster Sorte, der obendrein die Obszönität besäße, mit Kulissenschiebereien, [die in unmittelbarer Nachbarschaft lebenden], zu verhöhnen."[234]

---

[230] Vgl. Heinrich Klotz. *Moderne und Postmoderne. Architektur der Gegenwart 1960–1980*, Braunschweig, 1984

[231] Dreyer, S. 61 ff.

[232] Charles Jencks. „Postmoderne Architektur" in: Charles Jencks. *Die Sprache der postmodernen Architektur. Entstehung und Entwicklung einer alternativen Tradition*, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, [1978] 1988, S. 88 f.

[233] Jencks, S. 146

[234] Helmut Gebhard. Willibald Sauerländer (Hg.). *Feindbild Geschichte. Positionen der Architektur und Kunst im 20. Jahrhundert*, Wallstein Verlag, 2007, S. 199

Zweitens, die ironische Verfremdung oder Inszenierung: Die Codes verweisen auf sich selbst und lassen, unabhängig ob wahr oder falsch, die Repräsentationsfunktion der Architektur in den Hintergrund treten. Beispiel dieser Strategie ist das *Thematic House* (1979–84) in London von Charles Jencks und Terry Farrell. Das Gebäude, ein Umbau eines Stadthauses aus den 1840er Jahren, nimmt Themen der Jahreszeiten, der Zeit und des Kosmos auf, wodurch typologische Momente metaphorisch überhöht werden. So symbolisiert der ‚Sommerraum' den Sommer. Zum Zubehör gehören Sonnentisch und -stühle sowie spezielle Radiatoren und Lichtkörper, in denen Symbole des Sommers eingearbeitet sind. Ein weiteres Beispiel ist der Entwurf des *Best Kaufhaus* (1977) von James Wines und *S.I.T.E.* in Sacramento, Kalifornien. Die Architekten wollen mit ihrem Entwurf die Abstraktheit einer „Anti-Architektur" demonstrieren, die sich schält, abbröckelt, aufbricht und auseinandergleitet. Jeden Morgen um neun Uhr löst sich die eine Gebäudeecke, ein 45 Tonnen schwerer und 15 m hoher Keil, vom restlichen Gebäudekörper ab. Durch den Spalt, der sich dadurch bildet, können die Kunden das Kaufhaus betreten. Wines hat in seiner Architektur mehrmals mit ironischen Bildern gearbeitet, die veranschaulichen sollen, dass wir in einer ungeordneten, fragmentarischen, unvollkommenen, aber zugleich komischen Welt leben.[235]

Drittens, fragmentarische formale Ansätze: Das Backstein-Eckgebäude von Mario Botta *Ransila 1* (1981–85) in Lugano ist ein schlichter Kubus. Die beiden dreieckigen Löcher an den Seiten, der als mächtiger Pfeiler erscheinenden Gebäudeecke, bilden sich mit großer Sorgfalt und Präzision und nach einer deutlich erkennbaren Geometrie aus. Botta erzielt viele manieristische Kontraste, einschließlich einer allgegenwärtigen, fragmentarischen „Größe-Kleinheit", die hier durch Verwendung einer kleinen Quadrat-Figur auch in großem Maßstab erreicht wird.[236] Ein anderes Beispiel ist Oswald Mathias Ungers Entwurf für das *Deutsche Architekturmuseum* (1979–84) in Frankfurt am Main, der ein historisches Gebäude, eine Gründerzeitvilla, durch eine neue Funktion wiederbelebt. In die entkernte Hülle des Altbaus stellt Ungers ein fragmentarisch stilisiertes Haus, das sich auf vier Stützen in den darüberliegenden Geschossen des Museums mehr und mehr zu einem wirklichen Haus entwickelt. Im obersten Geschoss ist das Haus mit Giebeldach, Fenster- und Türöffnungen in seiner Urform erfahrbar.

Viertens, Einbeziehung und Vermischung regionaler, kontextueller und situativer Elemente: Hans Hollein spielt mit seinem Entwurf für ein *Österreichisches Reisebüro* (1976–78) in Wien auf exotische Vorbilder an. Die möglichen Tourismusziele sind durch eine Art räumlicher Collage dargestellt, die sich aus der Folge von stereotypischen Einrichtungsgegenständen zusammensetzt, wie z.B. antike Säulen aus Chrom für Griechenland und Italien, ein Tropenhelm aus Bronze für

---

[235] Jencks, S. 139

[236] Ebd., S. 175

Indien, palmenförmige Säulen in Bronze für Reisen in die Wüste oder Vögel für Reisen mit dem Flugzeug. Hollein spricht direkt eine Massenkultur an, aber verwendet ihre Klischees mit Humor und Bedacht.[237]

Fünftens, Fiktionalisierung und Poetisierung: Das *Verwaltungszentrum* (1980–82) in Portland, Oregon von Michael Graves gilt als erstes großmaßstäbliches Monument der Postmoderne und versucht ein Kontinuum zwischen Vergangenheit und Gegenwart zu schaffen. Es besteht aus einem symmetrischen Block, der vier grauweiße, rechteckige Fassaden hat. Klassische Elemente werden durch z.B. überdimensionale Pfeiler und Pilaster sowie Girlanden und Medaillons neu interpretiert. Das Gebäude zitiert, auf einer zweistöckigen Basis stehend, die drei Teile einer griechischen Säule mit Basis, Schaft und Kapitell. Zusätzlich nimmt Graves Symboliken durch die Farbgebung für die Fassadenelemente auf, um das Gebäude visuell an seine Umgebung zu binden wie z.B. Grün für Erde oder Blau für Himmel. Ornament und Symbolismus sind für die Architektur hier wesentlich geworden und bewirken die Rückkehr der Architektur zu einer freien Form des Klassizismus. Das Gebäude, das heute einfach als *The Portland* bekannt ist, wird von der örtlichen Kammer des *American Institute of Architects* angefochten. Dieser Angriff wird von modernen Architekten geführt, die dem Entwurf alle möglichen Bezeichnungen geben wie z.B. „Truthahn", „Musikbox" oder „überdimensionales Weihnachtspäckchen, das besser in Las Vegas aufgehoben wäre". Der Protest führt 1980 zu einem weiteren Wettbewerb, der wiederum von Graves mit einer etwas schlichteren Version gewonnen wird, zum Teil auch deswegen, weil sein Entwurf der billigste ist. Die 1982 ausgeführte Form des Entwurfs ist deutlich nüchterner, da die „Tempel" auf dem Dach fehlen und auch die „Girlanden" karger ausfallen. Als gesellschaftsprogrammatisches Zeichen fügt Graves seinem Gebäude eine Skulptur[238] bei, die als *Portlandia* bekannt ist: Eine Frau, die die bürgerlichen Hoffnungen, Tugenden und den Handel der Stadtbewohner im 19. Jahrhundert verkörpert. Graves transformiert diese Idee der klassizistischen Jungfrau in die Haltung eines dynamischen Sportlers, der über dem Publikumseingang fliegt. Auch hier wehren sich die modernen Architekten und fordern die Entfernung der Figur aus dem Entwurf, was aber nicht gelingt, da die Bewohner ihre Beibehaltung durchsetzen können.[239]

Bei allen vorgestellten fünf postmodernen Strategien wird versucht, architektonische Codes neu zu definieren und diese mit Bildern, Zitaten, Nachahmungen, Inszenierungen, Trivialisierungen oder Poetisierungen zu realisieren. Dabei entstehen mehrdeutige Zeichen, die

[237] Ebd., S. 143

[238] „Die Skulptur wurde von dem Künstler Raymond Kaskey gestaltet. Sie orientiert sich am Siegel der Stadt und zeigt eine auf dem Sockel kauernde im antiken Stil gekleidete Frau. In ihrer linken Hand hält sie einen Dreizack empor, während sie den rechten Arm nach unten vorne ausstreckt, als würde sie die Besucher willkommen heißen. Anbei befindet sich eine Tafel mit einem der *Portlandia* gewidmetes Gedicht des in Portland lebenden Dichters Ronald Talney." *http://de.wikipedia.org/wiki/Portlandia_(Statue)*, abgerufen am 29.09.2014

[239] Jencks, S. 7

durchaus auch widersprüchlich sein können, aber den Dialog zwischen Alt und Neu fördern und Aktualität herstellen. In diesem Zusammenhang kann auch auf die Frage nach dem Umgang mit dem traditionell angewandten Ornament hingewiesen werden, die die postmodernen Architekten in zunehmenden Maße beschäftigt.[240] Jencks urteilt, dass das Ornament mit einiger Sicherheit bald wieder gedeihen und von seiner Verbindung mit dem „Verbrechen" und anderen schuldbeladenen Assoziationen befreit wird, um wieder seine traditionellen Rollen zu erfüllen.

> *„Als die Moderne das Ornament aus der Diät der Architektur entfernte, ging erheblich mehr als der schlechte Geschmack verloren, und es ist eine der Annehmlichkeiten der Postmoderne, dass sie diese Delikatesse Stück für Stück wieder zurückgibt."*[241]

Auch im digitalen Entwerfen gewinnt das Ornament durch das Interesse an der Oberfläche wieder an Aktualität und kehrt zurück.[242] Gab es in den 1970er Jahren keine technologische Alternative zur mechanischen Massenfertigung und Standardisierung, so werden laut Carpo die kulturellen Bedürfnisse und Erwartungen der Postmoderne durch die aufkommende Digitalität zu Beginn der 1990er Jahre technisch beantwortet. Denn die digitalen Verfahren stellen das technologische Angebot dar, das die damals nicht realisierbaren postmodernen Wünsche nach Variabilität und Differenzierung jetzt erfüllen kann.[243]

---

[240] Etliche Ausstellungen, Tagungen und Veröffentlichungen, zahllose Entwürfe und ausgeführte Bauwerke werden zur Thematik Ornament abgehalten. Vgl. Stephen Kieran. *VIA III On Ornament*, Penn., 1977; ein Symposium an der Architectural Association in London im Dezember 1978 über „The Question of Ornament" (unveröffentlicht); Boyd Auger. „A Return to Ornament" in: *The Architectural Review*, 1976; eine Ausstellung im Cooper-Hewitt-Museum, organisiert von Richard Oliver, 1978; Ernst H. Gombrich, *Ordnungen*, Stuttgart, 1979

[241] Jencks, S. 142

[242] Vgl. Kapitel *III.6.3.2. ornamenting vs. tooling,* S. 186

[243] Mario Carpo. „Digitale Phänomenologien. Von postmoderner Unbestimmtheit zu Big Data und Kalkulation." in: *GAM. 10. Intuition & the Machine.* Graz Architektur Magazin, AMBRA | V, Wien , 2014, S. 103

III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)

1. Das Informelle in Werken der Kunst und des digitalen Entwerfens

In dem vorangegangenen Kapitel *II. Das Informelle und das Biomorphe* wird zum einen in den Begriff des Informellen anhand der Charakteristika, der Rezeption in den drei Phasen und der wichtigsten Vertreter dieser Kunstrichtung eingeführt. Der Ursprung des Informellen als Konzept des Formlosen wird bei dem französischen Philosophen Georges Bataille erläutert. Daraus geht eine Beschreibung der Entwicklung abstrakt-informeller Codes hervor, die sich über die Entsemantisierung und Mathematisierung von Information bis hin zur wiederentdeckten Sensibilität für das Informelle im Dekonstruktivismus erstreckt.

Zum anderen wird in den Begriff des Biomorphen anhand der Bedeutungsvielfalt des Naturbegriffs und der Beziehung der Natur zur Architektur eingeführt. Daraus geht eine Beschreibung der Entwicklung symbolisch-bildhafter Codes hervor, die drei Möglichkeiten vorstellt, wie die Natur in der Architektur als Vorbild genommen werden kann. Schließlich dienen die Strategien der Postmoderne als angewandte Beispiele für programmatische Codes. Diese beiden Ansätze verdeutlichen, worum es in den einzelnen Bereichen geht. Dadurch, dass das Informelle die Entsemantisierung der Form einleitet, führt es auch zur Befreiung von allen Zwängen und Einschränkungen der Repräsentation.

> *„[…] art was liberated from the constraints of representation […]“*[244]

> *„[…] Liberating our thinking from the semantic, the servitude to thematics […]“*[245]

Im Gegensatz dazu repräsentiert das Biomorphe immer eine Beziehung zur biologischen Form. Die Natur dient dem Architekten als Vorbild, bestimmte Themen wiederholen sich und sind an Bedeutungen gebunden.

> *„[…] Laß ab von Eitelkeit, sag ich, laß ab. Lerne von grüner Welt erkennen, wo dein wahres Maß an Erfindungsgabe oder rechtem Können. […]“*[246]

In diesem Kapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)* werden die beiden Ansätze auf die Formfindung im Prozesshaften des digitalen Entwerfens übertragen. Es soll nachgewiesen werden, wie die Vermischung der beiden Ansätze das Architekturdenken und die Architektur in gravierende Widersprüche führt. Einerseits werden tradierte Regelwerke in Frage gestellt und es wird der Verzicht auf jegliche Verwendung von Sprachmitteln erprobt. Die Herangehensweise an den Entwurf könnte als eine Art Fortsetzung des dekonstruktivistischen Habitus gedeutet werden: eine Art ‚Post-Dekonstruktivismus'. Andererseits wird auf die Biomorphie zurückgegriffen, womit

---

[244] Yve-Alain Bois. „The Use Value of „Formless““ in: Rosalind E. Krauss. Yve-Alain Bois. *Formless*. New York, Zone Books, 1997, S. 25

[245] Rosalind E. Krauss. „The Destiny of the Informe“ in: ebd., S. 252

[246] Ezra Pound. *Pisaner Cantos LXXIV–LXXXIV*. (übertragen von Eva Hesse), Zürich, 1985, S. 195 f.

der Ansatz der Entsemantisierung zunichte gemacht und die Architektur in die semantische Falle zurückgeworfen wird. Der formale Nachahmungsmodus könnte auch als ein Rückgriff auf postmoderne Gepflogenheiten gedeutet werden: eine Art ‚Post-Postmoderne'.

So kommt es, dass obwohl das prozessuale Moment als einziger Naturbezug deklariert wird, letzten Endes mit naturähnlichen Formen operiert wird. Nachgeahmt werden mithin sowohl Prozesse aber auch – und dies durchaus im konventionellen Sinn – Formen der Natur. Antoine Picon nimmt Viollet-le-Duc als Beispiel und spricht von der Verlockung, die Formen der Natur nur zu imitieren anstatt ihre Prinzipien nachzuahmen.

> *„Despite his intellectual rigour, Viollet-le-Duc himself sometimes yields to the temptation of imitating the forms of nature rather than emulating the principles governing them."*[247]

[247] Antoine Picon. „Digital Design between organic and computational temptations." in: Pablo Lorenzo-Eiroa. Aaron Sprecher. (Ed.) *Architecture in Formation. On the Nature of Information in Digital Architecture*. London, 2013, S. 94

1.1. Methode

Methodisch wird im Folgenden eine vergleichende Gegenüberstellung von Werken der Kunst und des digitalen Entwerfens vorgenommen, bei der das Informelle als Operation in Erscheinung tritt. Die Operation steht für das Prozesshafte in beiden Bereichen und ist der gemeinsame Nenner bzw. die Plattform, auf der sie miteinander verglichen werden können. Grundlage für die Untersuchung sind folgende drei Quellen.

1) *Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015)*: Zu Beginn der Arbeit wurde ausführlich in alle relevanten Aspekte der informellen Kunst, wie Charakteristika, Rezeptionen und Künstler, eingeführt. Im digitalen Entwerfen lassen sich seit Anfang der 1990er Jahre ähnliche Entwicklungen feststellen, die mit der informellen Kunst in Beziehung gesetzt und in fünf Phasen eingeteilt werden können. In jeder der fünf Phasen werden wie in der informellen Kunstproduktion prozessuale Entwurfstechniken angewandt, doch dabei natürliche Formen nachgeahmt, derweil tradierten Formsystemen eine Absage erteilt wird. Viel intensiver als in der informellen Kunst werden philosophische Ideen rezipiert und erhalten Einzug ins architektonische Denken.
2) *Georges Batailles Text ‚Formlos' bzw. die darauf aufbauende Ausstellung ‚L'informe: mode d'emploi' (deutsch: ‚Das Formlose: eine Gebrauchsanweisung', Centre Pompidou, Paris, 1996):* Die Kuratoren der Ausstellung, Rosalind E. Krauss und Yve-Alain Bois, legen dem Konzept ihrer Schau den kurzen und dennoch gehaltreichen Artikel *Formlos* aus Batailles Wörterbuch zu Grunde. Sie versuchen, die gestalterische Frage nach der Formlosigkeit zu beantworten oder zumindest zu thematisieren. Batailles Text wird in den die Ausstellung begleitenden Katalog aufgenommen, der seither als eine der Hauptreferenzen für Batailles Theorien gilt. Die beiden Herausgeber gliedern ihre Publikation nach dem Vorbild von Batailles Wörterbuch nach alphabetisch geordneten Lemmata.
3) *Charakteristische Merkmale verschiedener Künstler des Informellen:* Die wichtigsten Vertreter der informellen Kunst wurden im Kapitel *II.1.4. Informelle Künstler in Deutschland, Frankreich und Amerika* tabellarisch vorgestellt. Die jeweiligen informellen Künstler dienen im Weiteren dazu die Charakteristika des Informellen in den definierten Operationen der fünf Phasen exemplarisch aufzuzeigen und diese zu untermauern.

1.2. Vorgehen

Krauss und Bois konzentrieren sich in ihrer Konzeption der Ausstellung und des Katalogs auf die Ausprägungen des Formlosen. Das formlose Kunstwerk als ‚Objekt' zu definieren würde seinem Charakter nicht gerecht werden, sondern es im Gegenteil im Sinne einer Form stabilisieren. Die beiden Kuratoren vermeiden überhaupt eine Definition der Vokabel ‚formlos', sondern erklären stattdessen als ihre Absicht:

> *„[…] to put the formless to work, not only to map certain trajectories, or slippages, but in some small way to ‚perform' them. […] the formless has only an operational existence: it is a performative, like obscene words, the violence of which derives less from semantics than from the very act of their delivery. The formless is an operation."*[248]

Für das Prozesshafte des Formlosen wird der Begriff der Operation eingeführt. Das Prozesshafte des Formlosen überlappt sich begrifflich mit dem Operativen, wobei letzteres sich im Performativen materialisiert. Und wieder einmal wird klargestellt, dass der Verweis auf Bedeutungen ausgeklammert bleibt und stattdessen der Nachdruck allein auf dem Akt des Entstehens selbst liegt. Um die Theorie Batailles weiter aufzuschlüsseln, teilen Krauss und Bois den Katalog in vier thematische Rubriken ein: *base materialism*, *horizontality*, *pulse* und *entropy*. Die vier thematischen Rubriken bringen vier operationale Herangehensweisen mit sich:

1) *base materialism* aktiviert das Material ohne Zuhilfenahme von z.B. Seitenbegriffen, Form oder Bedeutung (= *base*), indem es die aus seinen Eigenschaften resultierenden Potenziale pur zur Entfaltung bringt
2) *horizontality* bezieht sich auf das Prinzip der räumlichen Organisation
3) *pulse* koppelt Raum und Zeit von der Form ab
4) *entropy* zeigt Möglichkeiten struktureller Ordnung von Systemen auf.

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine weitere thematische Rubrik eingeführt, die nicht explizit in der Ausstellung oder im Ausstellungskatalog behandelt wird, aber dennoch von Wichtigkeit ist:

5) *baroque* legt das Verhältnis zum Barock dar, bei dessen Studium die informellen Künstler von der Suggestionskraft der Materie und den visualisierten Bewegungsqualitäten fasziniert sind und darauf zurückgreifen.

In den fünf Rubriken lassen sich Parallelen zwischen der informellen Kunst und den fünf Phasen des digitalen Entwerfens finden. Jede der fünf Phasen des digitalen Entwerfens hat aber darüber hinaus eine charakteristische Hinwendung zu jeweils einem Teilaspekt der Biologie erfahren. Dies betrifft gleichsam Körperbildung, Raumkonfiguration, technische Optimierung,

[248] Bois/Krauss, 1997, S. 18

strukturelle Virtuosität und Materialeigenschaft. Den in diesem Kapitel vorgenommenen Gegenüberstellungen werden jeweils Operationen des Informellen mit ebensolchen Operationen des digitalen Entwerfens thematisch zugeordnet und miteinander verglichen. Somit entstehen folgende fünf Begriffspaare:

1) *pulse* vs. Körperbildung
2) *horizontality* vs. Raumkonfiguration
3) *entropy* vs. technische Optimierung
4) *baroque* vs. strukturelle Virtuosität
5) *base materialism* vs. Materialeigenschaft.[249]

Zusammenfassend gliedert sich das Vorgehen im Hauptkapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)* in drei Schritten. Als erster Schritt wird in den folgenden fünf Kapiteln eine allgemeine Definition der jeweiligen informellen Operation anhand von Beispielen aus dem Ausstellungskatalog von Bois und Krauss gegeben. Als zweiter Schritt werden die jeweiligen Charakteristika des Informellen durch Vorgehensweisen und Bilder informeller Künstler, die zu Beginn der Arbeit ausgewählt und tabellarisch aufgelistet wurden, konkret festgehalten und erläutert. Als dritter Schritt ergibt sich aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen die jeweilige Feingliederung, durch die es schließlich möglich ist, die Operationen des Informellen mit den Operationen des digitalen Entwerfens vergleichen zu können. Da die Operationen der Begriffspaare auf eine gemeinsame Basis gestellt wurden, wird durch diese Struktur ein einheitliches Vorgehen gewährleistet. In den Gegenüberstellungen wird deutlich, ob und wie das Biomorphe in welchen Ausprägungen auftaucht. Die Zusammenfassung am Ende des Hauptkapitels enthält, erstens, eine Übersicht der verschiedenen Varianten des digitalen Entwerfens; es wird dabei unterschieden zwischen solchen die einem informellen und solchen die einem biomimetischen Prinzip folgen. Zweitens werden die Ansätze des digitalen Entwerfens beschrieben, die sich eines ikonischen bzw. symbolischen Zeichenrepertoires bedienen, um auf einer bildlichen Ebene Naturnähe zu demonstrieren. Die Vermischung von biomorphen und informellen Momenten wird schließlich als Defizit der aktuellen Architekturproduktion und des aktuellen Architekturdiskurses erkannt.

---

[249] Die englischen Begriffe und Fachtermini werden in beiden Bereichen beibehalten, da eine Übersetzung die Bedeutung teilweise unzureichend oder sogar verfälschend wiedergeben würde. Zusätzlich sind manche englischen Fachtermini innerhalb der Disziplin längst etabliert, so dass eine Übersetzung überflüssig ist. Innerhalb der oben aufgeführten fünf Begriffspaare werden die Operationen im weiteren Verlauf der Kapitel noch feiner aufgeschlüsselt. Wo es möglich und sinnvoll ist, werden die Operationen wie z.B. *morphing* oder *flickering* in der substantivisch benutzten Verbform, dem Gerundium, gebraucht. Das Verb als Wortart benennt eine Tätigkeit, ein Geschehen oder einen Vorgang und entspricht damit am besten der Beschreibung des Prozesshaften und der Operation. Grundsätzlich ist die Gegenüberstellung der Operationen in allen folgenden Abschnitten der Untersuchung mit ‚vs.' (= versus) im Sinne von ‚im Vergleich zu' gekennzeichnet.

2. Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015)

Im Folgenden werden die fünf Phasen mit ihren charakteristischen digitalen Operationen und den wichtigsten Vertretern aus Architektur und Philosophie tabellarisch kurz vorgestellt.

1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)		
digitale Operation	Architekt	Philosoph
■ *scaling* ■ *superposition*	■ Peter Eisenman (*1932)	■ Jacques Derrida (1930–2004)
■ *folding 1*	■ Peter Eisenman (*1932) ■ Greg Lynn (*1964)	■ René Thom (1923–2002) ■ Gilles Deleuze (1925–1995) ■ Ilya Prigogine (1917–2003) ■ Isabelle Stengers (*1949)
■ *morphing*	■ Greg Lynn (*1964) ■ *UNStudio* □ Ben van Berkel (*1957) □ Caroline Bos (*1959)	–
■ *animate form*	■ Greg Lynn (*1964)	–
■ *field conditions*	■ Stan Allen (n. a.)	–
■ *cinematic sectioning*	■ Enric Miralles (1955–2000)	–
■ *non-linearity*	■ Charles Jencks (*1939)	■ Jean-François Lyotard (1924–1998)
■ *hypersurfaces*	■ Lars Spuybroek (*1959) ■ Kas Oosterhuis (*1951)	■ Brian Massumi (*1956)
2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)		
digitale Operation	Architekt	Philosoph
■ *diagramming*	■ *UNStudio* □ Ben van Berkel (*1957) □ Caroline Bos (*1959) ■ *OMA* □ Rem Koolhaas (*1944) ■ *MVRDV*	■ Charles Sanders Peirce (1839–1914) ■ Gilles Deleuze (1925–1995) ■ Felix Guattari (1930–1992) ■ Michel Foucault (1926–1984)
■ *objectile*	■ Bernard Cache (*1958) ■ Greg Lynn (*1964)	■ Gilles Deleuze (1925–1995)
■ *versioning*	■ *SHoP Architects*	–
3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)		
digitale Operation	Architekt	Philosoph
■ *emerging* □ *Emergence* □ *Morphogenetic Design* □ *Performativeness*	■ *Emergent Design Group* □ Achim Menges (*1975) □ Michael Weinstock (*1948) □ Michael Hensel (*1965)	■ D'Arcy Wentworth Thompson (1860–1948)
■ *evolving* ■ *growing*	■ Forschungsgruppe *KAISERSROT* ■ *Emergent Design Group*	■ Charles Darwin (1809–1882)

4. Phase: Parametrik (seit 2006)		
digitale Operation	**Architekt**	**Philosoph**
■ *folding 2*	■ Zaha Hadid (1950–2016) ■ Patrick Schumacher (*1961) ■ Ali Rahim (n. a.)	■ Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) ■ Gilles Deleuze (1925–1995)
■ *parametrising*		■ Niklas Luhmann (1927–1998)
■ *tooling* □ *Algorithmische Geometrien* □ *Regelbasierte Systeme* □ *Systeme der Selbstorganisation*	■ Benjamin Aranda (*1973) ■ Chris Lasch (*1972) ■ Neil Leach (n. a.)	■ Sanford Kwinter (n. a.)
5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)		
digitale Operation	**Architekt**	**Philosoph**
■ *topology optimization*	■ *ARUP* ■ *NOWlab@BigRep*	■ Manuel DeLanda (*1952)
■ *material computation*	■ Neri Oxman (*1976) ■ Achim Menges (*1975) ■ *Jenny Sabin Studio* ■ *AVATAR* □ Neil Spiller (n. a.) □ Rachel Armstrong (n. a.)	

3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)

Wir befinden uns in einer Phase, in der sich der Einsatz des Computers in Architektur und Design verändert.[250] Seit den 1990er Jahren gibt es das *Computer Aided Design* (CAD), das seinen Ursprung in der ‚Computerisierung' vormals analoger Arbeitsweisen findet: die von Hand ausgeführten Zeichen- und Berechnungstechniken werden digitalisiert. Es gibt „drei Architekten des Übergangs vom analogen zum digitalen Entwurf", die „auf unterschiedliche Weise [...] in ihren Projekten handwerkliche und technische, künstlerische und wissenschaftliche Entwurfsmethoden" entwickeln: Frank O. Gehry, Peter Eisenman und Greg Lynn.[251]

Frank O. Gehry ist einer der ersten, der digitale Werkzeuge für die Umsetzung seiner Entwürfe einsetzt. So realisiert er das *Guggenheim-Museum Bilbao* (1991–1997) mit Hilfe des Computerprogramms *CATIA*, „einem im Automobil-, Flugzeug- und Werkzeugmaschinenbau geläufigen CAD-Programm".[252] Grundsätzlich aber hält „Gehry an der manuellen Formbildung fest und [besteht] darauf, dass analoge Zeichnungen und [physische] Modelle für die konzeptionelle Entwurfsarbeit schneller und intuitiver wären als der Computer".[253] Diese Einstellung prägt die Art und Weise wie er den Computer im Entwurfsprozess einsetzt: der Computer dient ihm hierbei lediglich als Hilfsmittel, um „die [komplex erdachten und meist] in sich gedrehten Raumkörper baulich umzusetzen".[254] Das *Guggenheim-Museum Bilbao* erinnert mit seinen kurvenreichen Formen an ein gestrandetes Schiff und die Entwurfsidee entstammt demnach sicherlich dieser Metapher. So kann das Gebäude, wie der Kunsthistoriker Irving Lavin schreibt, „als eine Hommage an den einst florierenden Seehandel und Schiffsbau der Stadt" gelesen werden.[255] Peter Eisenman verzichtet auf solche „Formanalogien". „Künstlerische Vorbilder" werden verworfen, da ihn konzeptionelle, philosophische und „wissenschaftliche Modelle" interessieren.[256] Er fördert ein „experimentelles Entwerfen" und initiiert damit „Anfang der neunziger Jahre an den amerikanischen Universitäten eine neue Theoriedebatte".[257] Ein Schlüsseltext, der den Übergang von der analogen zur digitalen Arbeitsweise schildert, ist der Aufsatz von Greg Lynn *Das erneuerte Neue der Symmetrie* (1994/1995).[258] Darin erläutert der Autor, am Beispiel seines eigenen Beitrages für den Wettbewerb des Opernhauses an der Cardiff

---

[250] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Carolin Höfler. *Form und Zeit. Computerbasiertes Entwerfen in der Architektur.* Dissertation an der Philosophischen Fakultät III der Humboldt-Universität zu Berlin, 2009, *http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/hoefler-carolin-2009-09-28/PDF/hoefler.pdf*, abgerufen am 05.11.2016

[251] Ebd., S. 7

[252] Ebd., S. 19

[253] Ebd., S. 17

[254] Ebd., S. 23

[255] Irving Lavin, referiert ebd., S. 83

[256] Vgl. Kapitel *III.3.3.1. repeating vs. scaling und superposition,* S. 87

[257] Ebd., S. 88

[258] Greg Lynn in: *Architektur in Bewegung – Entwerfen am Computer. ARCH+ Nr. 128*, 1995, S. 48–54

Bay, die Bedeutung des prozessualen Moments im Entwerfen des architektonischen Körpers. Neue Entwurfssoftwares beeinflussen die Körperbildung, wie z.B. *Maya*, eine Modellierungs- und Animationssoftware aus der Filmindustrie. Durch diese ist es möglich, die Formen direkt als digitale Objekte im simulierten 3D-Raum grafisch darzustellen. V.a. die Erzeugung von Kurvenformen, die mit analogen Mitteln mit beträchtlichen Schwierigkeiten verknüpft war, wird, nun selbst für Nichtspezialisten, außerordentlich erleichtert. In dem Maße wie das *Computational Design* an Boden gewinnt, erweitern sich die Möglichkeiten der Formmanipulation mit einer bis dahin nicht gekannten Schnelligkeit und Effektivität. Der Prozess der Formgenerierung gewinnt an Bedeutung.[259] Greg Lynn ist auch derjenige, der den Begriff ‚Blob-Architektur' ins Leben ruft. Aus seinen digitalen Form-Experimenten mit *Metaballs*[260] leitet er diese Bezeichnung ab, ein Akronym für *Binary Large Objects* (BLOBs), womit große binäre Objekte wie z.B. Bild- oder Audiodateien gemeint sind. Die Bezeichnung erinnert aber auch an einen cineastischen Gegenpart, *The Blob* (1958). Dieser absorbiert alles, was sich in seiner Umgebung aufhält.

> *„It crawls…it creeps…it eats you alive! […] The Terror has no shape!"*[261]

Der filmische Blob hat keine eindeutige Gestalt, er ist nur noch unbestimmte Form und es ist vielleicht kein Zufall, dass dieser Film gerade im Jahr 1958 in der Hochphase der informellen Kunst entsteht. Der architektonische Blob ist eine Form ohne Bedeutung, die auf dem Weg zum *Computational Design* entsteht. Bald experimentieren damit immer mehr Architekten und kreieren ungewöhnlich geschwungene Körper. Zum einen wird dem Blob besonders in ästhetischer Hinsicht eine verheißungsvolle Zukunft attestiert:

> *„Although blob architecture lacks the elegance, rigor and beauty that comes from modules, proportions and symmetry, in due time, the blob architects will discover a new form of beauty and elegance in the voluptuous, rhythmic and undulating forms of the differential calculus."*[262]

Zum anderen gibt es kritische Stimmen, die den Blob negativ bewerten. Blob-Bauten sind durch ihre Form schwer in bestehende städtische Umgebungen zu integrieren und fungieren als Solitäre allein als Aufmerksamkeitsmagnete. Sie haben keinen Bezug zu tatsächlich verfügbaren Materialien und Produktionsverfahren und können durch ihr spektakuläres Aussehen weder die geweckten Erwartungen noch architekturtheoretische Prämissen erfüllen. Es entstehen

---

[259] Vgl. Tobias Wallisser. „Vom Blob zur algorithmisch generierten Form", in: *ARCH+ Nr. 189*, 2008, S. 120–123

[260] Unter Metaball wird verstanden die Erzeugung einer dehnbaren Oberfläche in Form einer Kugel oder einer größeren Anzahl ineinander gehender Kugeln als Ergebnis eines Algorithmus. Vgl. James F. Blinn. *A Generalization of Algebraic Surface Drawing*. ACM Transactions on Graphics, 1982, S. 235–256

[261] Dies sind Ausdrücke aus dem Trailer des US-amerikanischen Science-Fiction-Films *The Blob* (zu deutsch „Blob – Schrecken ohne Namen").

[262] Greg Lynn, zitiert bei William Safire. *The New York Times: On Language. Defenestration*. December 1, 2002, *http://www.nytimes.com/2002/12/01/magazine/the-way-we-live-now-12-01-02-on-language-defenestration.html*, abgerufen am 11.02.2015

Neologismen wie ‚blobitecture', ‚blobism' oder ‚blobismus', die für organisches, amöbenhaftes Aussehen der Gebäudeformen stehen und den Blob mit einem eher abwertenden Urteil belegen:

> *„Those planar types who prefer traditional forms like cubes and spheres – and who look askance at the seeming shapelessness of what developed into a new style – seized on the predigital meaning of blob: a bubble or a globule of liquid resembling a teardrop, with an extended meaning of a gooseberry or duck's egg, which cricket players treat as a zero – hence, an error or bonehead play."*[263]

Den maßgeblichsten Einfluss auf die Entwicklung des digitalen Entwerfens nimmt die Falte ein, die der Operation *folding* entspricht. Krausse sieht Falten als bewegliche Grenzflächen, die ein Inneres vom Äußeren trennen, aber auch ein Inneres im Äußeren und ein Äußeres im Inneren schaffen. Abstrakt gesehen, entscheidet die Art der Krümmung – konkav oder konvex – über innen und außen. In diesem nicht fixierten Zustand liefert die Falte das Modell für Verwandlung. Die Falte in der Architektur „weist auf die Möglichkeit von Körperbildung durch Raumbildung hin und auf die Veränderung von (gekrümmten) Oberflächen durch Bewegung."[264] Es gibt zwei philosophische Einflüsse, die die Entwicklung der Falte in der Architektur prägen. Zum einen ist es die *Katastrophentheorie*, die zuerst in der Biologie entwickelt, im Falle René Thoms dann zu einer mathematischen Theorie Ende der 1960er Jahre ausgebaut wurde. Zum anderen hat eine besondere Spielart von Katastrophe für die Architektur (formale) Relevanz: *Die Falte. Leibniz und der Barock* (1988) von Gilles Deleuze. Greg Lynn gibt der aufkommenden neuen architektonischen Bewegung mit dem *Architectural Design*-Sonderheft *Folding in Architecture* (1993) ein erstes Profil, das weltweit starkes Interesse weckt. Er setzt in seinem Artikel *Architectural Curvilinearity: The Folded, the Pliant, and the Supple* Deleuze und Thom zueinander in Beziehung und beschreibt die „Logik der Kurvilinearität [als] ein aktives Sich-Einlassen auf äußere Ereignisse in der Faltung, Biegung und Kurvung der Form."[265]

---

[263] Mit ‚bonehead play' ist ein sehr dummer und gehirnloser Spielzug im Sport gemeint. Ebd.

[264] Joachim Krausse im Gespräch mit Nikolaus Kuhnert und Angelika Schnell in: *ARCH+ Nr. 131 InFormation. Faltung in der Architektur*. ARCH+ Verlag, Aachen, April 1996, S. 12

[265] Lynn in: ebd., S. 62–65, hier S. 63

3.1. *pulse* – allgemeine Definition

Der englische Begriff *pulse* geht auf das lateinische Substantiv *pulsus* (Stoß, Schlag, Stampfen) und das lateinische Verbum *pellere* (schlagen, klopfen) zurück. In der Medizin steht der Puls für die mechanischen Auswirkungen der Herzaktionen durch das Gefäßsystem des Körpers, die als Pulsschlag gefühlt werden können. Als Operation des Formlosen untergräbt und destabilisiert *pulse* die Bedeutung der Form mit Hilfe von sich wiederholenden Bewegungen. An vier Filmbeispielen kann man erkennen, wie das in Aktion getretene Formlose die Körperbildung untergräbt: zum einen durch Bewegung wie bei *Anémic Cinéma* (1925)[266] von Marcel Duchamp und *Lip Sync* (1969)[267] von Bruce Nauman; zum anderen durch Instabilitäten wie bei *The Flicker* (1965)[268] von Tony Conrad und *Box (ahhareturnabout)*[269] (1977) von James Coleman.

Anémic Cinéma ist eine Art Anti-Film, der zwischen Film und Malerei schwankt. Marcel Duchamp zeigt dort sich drehende, animierte Zeichnungen, sogenannte *Rotoreliefs*, die sich mit ebenfalls sich drehenden französischen Wortspielsätzen abwechseln. Die *Rotoreliefs* sind spiralförmige Formen, die auf flachen Pappscheiben gezeichnet sind. Werden diese auf einem Plattenspieler in Bewegung gesetzt, erscheinen die Zeichnungen räumlich und dreidimensional. Der Betrachter wird in die Zeichnung mit hineingezogen, ihre Flachheit ist aufgelöst und die ständige Wiederholung der spiralförmigen Rotation verhindert eine eindeutige Körperbildung.

> *„And it is here that Duchamp invents the pulse as one of the operations of the* formless *[…].“*[270]

Der Film *Lip Sync* besteht aus Sequenzen mit pulsierendem Rhythmus, der die Form des Films destabilisiert. Es ist lediglich die untere Hälfte von Bruce Naumans Gesicht zu sehen, die zudem auf den Kopf gestellt erscheint. Immer wieder sieht man, wie sich das Wort ‚lip sync' an den Lippen formt. Jedoch sind Bild und Ton verschoben, so dass das Gesehene nicht mit dem Gehörten übereinstimmt, eine Lippensynchronisation also vermieden wird. Die Bewegungen des auf den Kopf gestellten Mundes und der Ton fließen in einen unregelmäßigen Takt zusammen und auseinander: ein instabiler Moment geht in einen weiteren instabilen Moment über – endlos und variantenreich.

Der Film *The Flicker* setzt die Operation *pulse* in einen psychologischen und physiologischen Zusammenhang. Tony Conrad beschäftigt sich während seines Mathematikstudiums auch mit experimenteller Psychologie und der möglichen Behandlung von Patienten durch Flickereffekte. Der Film besteht hauptsächlich aus schwarzen Frames, die in unterschiedlich langen Intervallen durch weiße Bilder unterbrochen werden. Die dadurch erzeugten stroboskopartigen Lichteffekte

[266] *https://www.guggenheim.org/blogs/findings/marcel-duchamps-rotoreliefs*, abgerufen am 29.09.2016
[267] *http://www.moma.org/collection/works/107669?locale=en*, abgerufen am 29.09.2016
[268] *http://www.thewire.co.uk/in-writing/essays/tony-conrad-1940-2016-breaking-the-frame*, abgerufen am 29.09.2016
[269] *http://www.walkerart.org/collections/artworks/box-ahhareturnabout*, abgerufen am 29.09.2016
[270] Bois/Krauss, 1997, S. 135

können durch die extrem schnelle Abfolge der Lichtblitze nicht adäquat verarbeitet werden. Es entstehen eigene Effekte auf der Retina des Betrachters, die eine Bandbreite von Farben und Mustern aufzeigen. Unterlegt ist der Film mit elektronisch erzeugtem, rhythmischem Ton, der die Geräusche eines Filmprojektors imitiert. Das Radikale liegt im schnellen Wechsel der Frames und der herausfordernden Filmlänge von 30 Minuten. Zu Beginn wird eine Warnung eingeblendet, die auf die Möglichkeit von körperlichen oder psychischen Reaktionen aufmerksam macht.

> *„WARNING. The producer, distributor, and exhibitors waive all liability for physical or mental injury possibly caused by the motion picture ‚The Flicker'. Since this film may induce epileptic seizures or produce mild symptoms of shock treatment in certain persons, you are cautioned to remain in the theatre only at your own risk. A physician should be in attendance."*[271]

Der grob eingesetzte Stroboskopeffekt, im filmischen Kontext auch Wagenradeffekt genannt, ermöglicht es, schnell ablaufende Prozesse verlangsamt oder als erstarrtes Bild sichtbar zu machen, wodurch die Nachbildwirkung[272] verhindert wird. Der pulsierende Moment dient dazu, die Zeit anzuhalten. Durch dieses Anhalten ist es möglich, die Illusion des Bewegtbildes hinter sich zu lassen und die grundlegende Einheit des Films zu sehen: den einzelnen Frame. In den entstehenden Zwischenräumen kann eine Interaktion mit dem Betrachter zustande kommen, die auf der Ebene des Nervensystems stattfindet. Das Nervengewebe kann die Eindrücke einzeln festhalten und einzeln freigeben.

Der Film *Box (ahhareturnabout)* spielt mit genau diesen Mitteln, um einen Freiraum für körperliche Wahrnehmung zu schaffen. James Coleman zeigt unendlich sich wiederholende Ausschnitte der Originalaufnahme des legendären Boxkampfes zwischen Jack Dempsey und Gene Tunney von 1927. Begleitend zu hören ist ein Hintergrundkommentator, der sich ebenfalls in wiederholenden Ausrufen äußert wie z.B. ‚go on, go on', ‚again, again' oder ‚break it, break it'. Nicht nur der Rhythmus der Boxschläge, sondern auch die aufblitzenden Filmsequenzen hallen im Betrachter wider. Die Gewalttätigkeit des Boxsports an sich tritt in den Hintergrund. In den Vordergrund schiebt sich die Gewalttätigkeit der Wiederholung des Taktes. Das stroboskopartige Aufblitzen einzelner Kampfszenen in ihrer rhythmischen Wiederholung destabilisiert und untergräbt die Form.

> *„[…] its importance within the context of the* formless *is its vector, which is to say its reaching upward toward the sublimated condition of form in order to undo that order, and to desublimate that vision through the shock effect of the beat."*[273]

---

[271] *https://www.youtube.com/watch?v=ZJbqnztjkbs*, abgerufen am 12.02.2015

[272] Der normale Film entsteht durch eine Aneinanderreihung von Frames pro Sekunde, die durch die Nachbildwirkung ein bewegtes Bild entstehen lassen. Die Nachbildwirkung beschreibt das mangelhafte zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges, bei dem der gesetzte Lichtreiz auf der Netzhaut für kurze Zeit nach seinem Ende nachwirkt. Im Gehirn können so einzelne Bilder zu einer durchgehenden Bewegung verschmelzen. Damit wird die physiologische Grundlage des bewegten Bildes geschaffen.

[273] Bois/Krauss, 1997, S. 165

3.2. *pulse* und das Informelle – künstlerische Ansätze

Der Operation *pulse* können drei Charakteristika des Informellen[274] zugeordnet und mit künstlerischen Arbeiten belegt werden.

Erstens, *pulse* wirkt räumlich im Sinne von: ‚Raum im Bild'; der Betrachter wird ins Bildfeld hineingezogen. Marcel Duchamps Technik in *Anémic Cinéma*, die darin besteht, dass die rotierenden, animierten Zeichnungen *(Rotoreliefs)* Tiefe bringen und den Betrachter darin hineinziehen, findet ihre Parallelen in Arbeiten informeller Künstler, wie z.B. bei:

1) K.O. Götz[275] kommt auf seine Maltechnik durch Zufall, als er für seinen Sohn Kleister mit Farbe anrührt. Mit unterschiedlich großen Pinseln trägt er auf die mit Kleister versehenen Leinwände Farbe auf. Anschließend schleudert er diese teilweise mit einem Gummirakel blitzschnell wieder weg. Durch die schwarzen, sich überlagernden Farbspuren, die mit dem hellen Grund kontrastieren, entstehen räumliche Gebilde wie z.B. in *Ohne Titel* (1965).
2) Hann Trier[276] lebt mehrere Jahre in Südamerika, wo er seit den fünfziger Jahren seinen Malstil entwickelt. Seine Bilder zeichnen sich durch ein differenziertes Linienspiel und einen netzartigen Bildaufbau vor bewegten Farbhintergründen aus. So erkennt man im Bild *Aranjuez I* (1959), wie die dunklen Linien sich auf dem gelblichen Hintergrund wabenartig in der Mitte konzentrieren und Tiefe schaffen.
3) Hans Hartungs[277] Stil erinnert oftmals an chinesische Tuschemalerei und zeichnet sich ebenfalls durch ein dunkles Linienspiel vor hellen Hintergründen aus. Die grafischen schwarzen Linien verdichten sich unterschiedlich stark. Durch die variantenreiche Aneinanderreihung der Linien kommt die Tiefe ins Bild, wie z.B. bei *R9* (1953) und bei *R18* (1953).

Zweitens, zeitliche Abläufe werden im Bild anschaulich gemacht. In den beiden Filmen *The Flicker* und *Box (ahhareturnabout)* erscheinen durch den Stroboskopeffekt die schnell ablaufenden Bilder als erstarrte Bilder. Die Aktionsmaler konservieren ebenfalls die Bewegung und Gestik im Bild, die der Betrachter nachvollziehen kann, und die dann als Symbol für den Malvorgang stehen, wie z.B. bei:

---

[274] Vgl. Kapitel *II.1.2. Charakteristika des Informellen*, S. 15

[275] Vgl. Ina Ströher. *K.O. Götz: Werkverzeichnis in 2 Bänden.* Wienand, Köln, 2014. K.O. Götz, der seit 1949 Mitglied der Künstlergruppe *CoBrA* in Paris ist, schließt sich 1952 mit Bernard Schultze, Otto Greis und Heinz Kreutz zur Künstlergruppe *Quadriga* zusammen, die in der *Zimmergalerie Franck* in Frankfurt zur Keimzelle der deutschen informellen Kunst wird.

[276] Vgl. Sabine Fehlemann (Hrsg.). *Hann Trier: Monographie und Werkverzeichnis*. Wienand, Köln, 1990

[277] Vgl. Jörn Merkert (Hrsg.). *Hans Hartung: Gesten, Flecken, Lineaturen. Arbeiten auf Papier von 1922 bis 1985 und sechs letzte Bilder.* Ausstellungskatalog, FAB-Verlag, Berlin, 1999

1) Gerhard Hoehmes[278] Malstil ist von Beginn an raumgreifend. In seinem Bild *Floraison dynamique* (1959) scheint es so, als ob die floralen Strukturen dem Betrachter explosiv entgegenkommen. Das Bild wirkt wie ein angehaltener Frame, der einen Zeitpunkt in der Bewegung des sich entfaltenden Motivs zeigt.
2) K.O. Götz[279] friert in seinen Bildern die Dynamik seines Schaffensprozesses ein. Das Bild *Fleurinde* (1957) zeugt von der Wucht, mit der der Künstler Farbe mit dem Gummirakel weggeschleudert hat. Farblich in bräunlich, schwarz und rot gehalten, beschreiben geschwungene Wischspuren und schwarze Tropfnasen diese Dynamik.
3) K.R.H. Sonderborg[280] bewahrt sich, trotz seiner Zuordnung zur informellen Kunst, einen eigenen Stil, der schwer in eine kunsthistorische Kategorie einzuordnen ist. Bekannt wird Sonderborg als ‚Maler ohne Atelier', da er sich vor dem Malen eines Bildes gern in Hotelzimmern stundenlang auf seinen Malprozess vorbereitet. Er will durch diese Vorbereitung einen exakten Bewegungsablauf garantieren, der sich während des Malprozesses mit großer Energie und Geschwindigkeit entlädt. Die Bildtitel setzen sich jeweils aus der Angabe des Datums und der Uhrzeit der Entstehung zusammen, wie z.B. *2. VIII. 55. 19.47–21.39h* (1955), enthalten also keinerlei Hinweise auf Thema oder Sujet.

Drittens, *pulse* wirkt räumlich im Sinne von: ‚Bild im Raum'; das Bild wird in die dritte Dimension erweitert. Das Werk tritt dem Betrachter als plastischer Gegenstand entgegen. Genauso wie Körperlichkeit bei den beiden genannten Filmen, *The Flicker* und *Box (ahhareturnabout),* eine tonangebende Rolle spielt, arbeiten informelle Künstler mit Körper- und Raumwirkungen, indem sie die Zweidimensionalität der Bildoberfläche in Frage stellen, wie z.B. bei:

1) Bernard Schultzes[281] Bilder sind detailreich und mit akribisch gemalten Elementen gefüllt, die die unterschiedlichsten Assoziationen beim Betrachter wecken. Bekannt wird er seit den 1960er Jahren durch die *Migofs* und *Migof-Environments*, Bilder, die auf der *documenta III* (1964) zu sehen waren, wie z.B. *Red Face Migof* (1965–1971). Das sind Bilder, die unter Zuhilfenahme von Draht und Pappmaché in den Raum greifen.

---

[278] Vgl. Susanne Rennert (Hrsg.). *Gerhard Hoehme – die Unruhe wächst, restlessness grows: Werke 1955–1989.* Ausstellungskatalog, DuMont, Köln, 2009. Gerhard Hoehme kommt durch den deutschen Galeristen Jean-Pierre Wilhelm mit den wichtigsten Vertretern der informellen Kunst in Paris wie z.B. Jean Fautrier und Jean Dubuffet in Kontakt. 1957 gründen Wilhelm und Hoehme gemeinsam mit Manfred de la Motte die *Galerie 22* in Düsseldorf, die ein Zentrum für informelle Künstler, Musiker und Schriftsteller wird. Gleichzeitig ist er Mitglied der *Gruppe 53*.

[279] Vgl. Ströher, 2014

[280] Vgl. Gert Krogmann (Hrsg.). *K.R.H. Sonderborg: 1923–2008. Sammlung Gert Krogmann.* Wachholtz Verlag, Neumünster, 2012

[281] Vgl. Stephan Diederich/Barbara Herrmann/Christa Lichtenstern (Hrsg.). *Bernard Schultze – Verzeichnis der Werke.* Handbücher in 3 Bänden, Hirmer Verlag, München, 2015

2) Gerhard Hoehme[282] erforscht seit Mitte der 1960er Jahre in seinen Bildern vermehrt räumliche Strukturen. Dabei integriert er Holz, Gaze und Nylonschnüre und vermischt diese mit dem Farbmaterial. Das Ergebnis ist ein reliefartiges Bild, das sich in eine Art Skulptur transformiert, wie z.B. *Abhörer* (1974/1975) aus der Reihe der sogenannten *Damastbilder*, die als „offenere Bilder" seit 1970 entstehen.
3) Karl Fred Dahmen[283] montiert in seine Bilder Fundstücke, wie z.B. in *Chiemgau-Legende* (1971). Das Bild besteht aus einem grünen Objektkasten, in den verschiedene gefundene Materialien und Gegenstände eingefügt sind. Das Kunstwerk soll dadurch an das Leben über reale Dinge rückgebunden werden und sprengt durch diese Elemente die Grenzen des zweidimensionalen Tafelbildes.

[282] Vgl. Rennert, 2009

[283] Vgl. Ute Ritschel/Elisabeth Kuhlmann/Hans-Joachim Sander (Hrsg.). *Karl Fred Dahmen: Retrospektive (1950–1980)*. Ausstellungskatalog, Galerie Sander, Darmstadt, 1993. Karl Fred Dahmen besucht 1951 erstmals Paris und gründet, inspiriert durch die *École de Paris*, 1952 die *Neue Aachener Gruppe*. Seit 1959 schließt er sich ebenfalls der *Gruppe 53* an.

3.3. *pulse* vs. Körperbildung

Aufgrund des Ausstellungskatalogs von Bois und Krauss wurden Aspekte des Informellen mit der Technik des *pulse* in Zusammenhang gebracht und ihr Vorhandensein an Werken informeller Künstler nachgewiesen. Dies soll als Basis für Vergleiche mit Techniken der Körperbildung im digitalen Entwerfen dienen.

Um das erste Begriffspaar ‚*pulse* vs. Körperbildung' differenziert vergleichen zu können, werden die im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeiteten drei Aspekte der Operation *pulse* zusammengefasst und mit prägnanten Begriffen charakterisiert.

1) Linien und Schwünge verdichten sich wiederholend in unterschiedlichen Größen. Sie bilden auf verschiedenen Ebenen Tiefe und Räumlichkeit im Bild: *repeating*.
2) Die Bewegungen werden im zeitlichen Ablauf gestoppt, so dass der Betrachter diese nachvollziehen kann: *flickering* und *stopping*.
3) Das Bild entwickelt sich in den dreidimensionalen Raum, indem Objekte das Farbmaterial erweitern und mit dem Betrachter in Interaktion treten: *expanding* und *interacting*.

1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)			
pulse		Körperbildung	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *repeating*	▪ K.O. Götz ▪ Hann Trier ▪ Hans Hartung	▪ *scaling* ▪ *superposition*	▪ Peter Eisenman
▪ *flickering*	▪ Gerhard Hoehme ▪ K.O. Götz ▪ K.R.H. Sonderborg	▪ *folding 1* ▪ *morphing* ▪ *animate form*	▪ Peter Eisenman ▪ *UNStudio* ▫ Ben van Berkel ▫ Caroline Bos ▪ Greg Lynn
▪ *stopping*		▪ *field conditions* ▪ *cinematic-sectioning*	▪ Stan Allen ▪ Enric Miralles
▪ *expanding*	▪ Bernard Schultze ▪ Gerhard Hoehme ▪ Karl Fred Dahmen	▪ *non-linearity*	▪ Charles Jencks
▪ *interacting*		▪ *hypersurfaces*	▪ Lars Spuybroek ▪ Kas Oosterhuis

3.3.1. *repeating* vs. *scaling* und *superposition*

Der US-amerikanische Architekt Peter Eisenman[284] entwickelt in den 1980er und 1990er Jahren in der Auseinandersetzung mit dem französischen Philosophen Jacques Derrida die beiden Operationen: *scaling* und *superposition.*[285] Allgemein besteht in der strukturalistischen Linguistik und der Semiotik ein Zeichen immer aus zwei Komponenten: einem Signifikat (die ideelle oder referentielle Bedeutung; das ‚Bezeichnete') und einem Signifikanten (dem materiellen Träger der Bedeutung als Laut- oder Schriftbild; das ‚Bezeichnende'). Derrida[286] kritisiert in seiner *Grammatologie* (1967) eben diese Festlegung, dass sich jedes Signifikat „schon immer in der Position des Signifikanten" befindet und entwickelt einen neuen Wissenschaftsbegriff: die Wissenschaft von der Schrift. Derrida fasst den Gegenstand dieser Wissenschaft ‚Schrift' auf eine besondere, nichtidentische Weise: Schrift wird als Spiel verstanden, als „Abwesenheit des transzendentalen Signifikats". Schrift ist dabei an keinen hinter ihr liegenden Sinn gebunden, sondern, in aller Unbestimmtheit, „dem seminalen Abenteuer der Spur [fr. ‚trace' und als Begriff ‚nicht weiter ableitbar']" ausgeliefert. Beispielsweise dekonstruieren Anführungszeichen im Schriftbild – „ " (frz. ‚guillemets', ‚« »') – die Idee der Repräsentation. Die Praxis des ‚In-Anführungszeichen-Setzens' distanziert und transformiert Begriffe und ihre Bedeutung. Es wird zum einen auf den ‚allgemeinen' Gebrauch des Wortes verwiesen, das in seiner Wiederholung bekannt ist. Zum anderen wird es durch die Anführungszeichen dieser Bedeutung enthoben, in einen neuen Kontext gesetzt und in seiner Bedeutung transformiert. Im Sinne Derridas sind Anführungszeichen „Sinnverschiebungszeichen, Sinn*aufschiebungs*zeichen [und] Zeichen der *Differenz"*.[287] Die Idee des stabil referierenden Namens und die Idee der Substanz zerbricht. Im Deutschen gibt es einen weiteren Ausdruck für Anführungszeichen, den es im Französischen nicht gibt: das Wort ‚Gänsefüßchen'. Totzke erinnern diese Zeichen, ästhetisch gesehen, an Spuren der Füße von Gänsen. Im Derridaschen Sinne ist dies eine treffende Metapher:

> *„denn (Gänse-)Füße hinterlassen bekanntlich Spuren, und Spur ist bei Derrida ja gerade der ‚Name' für das antirepräsentationale Erfahrungsmoment der Schrift. Man könnte sagen: Gänsefüßchen hinterlassen auf der Schreibfläche die ‚Urspur' der Dekonstruktion: „ " „ " „ " „ ".*"[288]

---

[284] Eisenman gehört neben Michael Graves, Charles Gwathmey, John Hejduk und Richard Meier zur Architektengruppe *New York Five*. Sie orientierten sich am Stil von Le Corbusier oder *De Stijl*, um diesen in ihren Bauten wiederzubeleben und damit die Architektur der 1960er Jahre zu kritisieren. Von der Presse wurden sie, in Anspielung auf die weißen Fassaden ihrer Bauten, auch *The Whites* genannt. Vgl. *Five Architects: Eisenman, Graves, Gwathmey, Hejduk, Meier* (1972 und 1975) und vgl. Paul Goldberger. „A Little Book That Led Five Men to Fame" in: *The New York Times*. Online Version, 1996, *http://www.nytimes.com/1996/02/11/books/architecture-view-a-little-book-that-led-five-men-to-fame.html*, abgerufen am 23.01.2015

[285] Jormakka, 2008, S. 66

[286] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Gert Ueding (Hrsg.). „Dekonstruktion." in: *Historisches Wörterbuch der Rhetorik*. Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1994, Bd. 2. Bie–Eul, S. 514 f.

[287] Rainer Totzke. „Logik, Metaphysik und Gänsefüßchen" in: *http://www.rainer.totzke.de/pdf/publikationen/derrida_gaensefuesschen.pdf*, S. 13, abgerufen am 09.09.2016

[288] Ebd., S. 15

Nach Derrida ist also keine Bedeutung jemals fest oder ein für allemal festgeschrieben. Kein System kann jemals geschlossen oder rein sein.[289] Peter Eisenman greift Derridas Theorie auf und überträgt sie auf seine Entwurfsmethoden, in denen er nicht nur formale Fragen, sondern auch nicht-architektonische Informationen berücksichtigt. Beim *scaling* geht es darum, den Maßstab zu verändern, um Strukturen zu demontieren und deren Grenzen konzeptuell auszudehnen. Dabei wiederholt sich das Objekt in mehreren verkleinerten Kopien seiner selbst. Wie in der fraktalen Geometrie, in der es um die Selbstähnlichkeit der Figuren in unterschiedlichen Maßstäben geht, kann kein Maßstab als der Ursprüngliche mehr bestimmt werden. Hier sieht Eisenman die Übereinstimmung mit Derridas These, nach der Bedeutung keine originäre Quelle haben kann und in Spuren zusammenfällt. Aufbauend auf dieser Erkenntnis lagert Eisenman Zeichnungen unterschiedlichen Maßstabs wiederholend übereinander und begründet die zweite Operation: *superposition*. Eisenman setzt die digitalen Werkzeuge hierbei für geometrische Transformationen ein, wie z.B. Translation (Verschiebung), Reflexion (Spiegelung), Rotation (Drehung) und eben Skalierung (die Größe verändernd).

Bei seinem Entwurf für das *Biozentrum der Universität Frankfurt am Main* (1987) überlagert er die Symbole der vier DNA-Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin in unterschiedlichen Maßstäben, um die Form zu generieren. Aus dem daraus resultierenden komplexen Liniennetz wählt er Figuren aus, die Fragmente der verschiedenen ursprünglichen Zeichnungen kombinieren, ohne dass dabei neue Linien hinzufügt werden müssen.[290] Dass Eisenman für das Biozentrum ausgerechnet die vier DNA-Basen als Grundformen wählt, widerlegt durch die platte Symbolik eigentlich den erwünschten Bruch zwischen Signifikant und Signifikat. Der Bruch erfolgt dennoch, indem die Figuren übereinandergestellt und fragmentiert werden.

Ein weiteres Gebäude, in dem Eisenman die Operationen *scaling* und *superposition* zusammen einsetzt, ist das *Wexner Center for the Arts* (1983–1989) der *Ohio State University* der Stadt Columbus. Durch den Einsatz der Operationen überwindet Eisenman die traditionellen Vorstellungen von Kontextualismus.

> *„Das Center reagiert nicht auf seine Nachbarn, wie die Campus-Gebäude, sondern vielmehr auf räumlich oder zeitlich weit entfernte physische Gegebenheiten – etwa so wie Moscheen, die nach Mekka ausgerichtet sind. So werden der Standort und die Hauptachsen des Gebäudes von dem mehrere Straßenblocks entfernten Football-Stadion bestimmt und es gibt sogar einen Bezug zu einem Ort, der 130 Kilometer westlich von Columbus liegt. Des Weiteren imitiert Eisenman ältere Gebäude, die zeitlich entrückt sind: beispielsweise empfinden die postmodernen Türmchen die Formen des* Old Armory *nach, einer Turnhalle, die nach 1958 abgerissen worden war.“*[291]

---

[289] Jormakka, 2008, S. 66

[290] Ebd., S. 67

[291] Kari Jormakka. *Methoden der Formfindung.* Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 2008, S. 68

Genauso wie das Informelle sich von jeglichen repräsentativen Zwängen befreit, beschreibt Peter Eisenman die digitale Revolution als vielleicht die erste sich selbst definierende Revolution, die ohne einen Bezug und sogar außerhalb der Geschichtsphilosophie stattfindet. Eisenman sieht schon in den 1990er Jahren den Computer als Möglichkeit, Bilder und Formen zu schaffen, die „abgelöst sind von der Geschichte der Architektur und der Geschichte des konzeptionalisierenden Einzelnen."[292] In seinem bahnbrechenden Essay *The End of the Classical, The End of the Beginning, The End of The End* (1984) demontiert er die „drei Fiktionen" von Architektur: Darstellung, Vernunft und Geschichte (im englischen Original: ‚representation, reason and history') und entmystifiziert sie.[293]

Die Gemeinsamkeiten der Operationen *repeating* in der Beziehung zu *scaling* und *superposition* werden in den Erläuterungen deutlich. Bei allen dreien entstehen Tiefe und Räumlichkeit in der sich wiederholenden Verdichtung von Linien und Schwüngen in den unterschiedlichen Maßstäben. Auch das Thema der Spur ist in der informellen Kunst wie auch im digitalen Entwerfen vertreten. Die Zeichen- und Bedeutungsebenen fallen in der Spur zusammen. Die Bedeutung befreit sich von einer originären Quelle, wodurch sich Material und Sinn, Objekt und Subjekt vereinen und ein nicht-repräsentationales Erfahrungsmoment bilden.

[292] Peter Eisenman. „Im Interview mit Selim Koder" in: *Intelligente Ambiente*. Festival Katalog, Bd. 1, Ars Electronica, Linz, 1994, *http://90.146.8.18/de/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?iProjectID=8672*, abgerufen am 05.09.2016

[293] Vgl. Peter Eisenman. in: *Perspecta 21: The Yale Architectural Journal*. MIT Press, 1984

3.3.2. *flickering* vs. *folding 1*, *morphing* und *animate form*

Greg Lynns *Architectural Design*-Sonderheft *Folding in Architecture* (1993) ist einer neu entstehenden architektonischen Bewegung gewidmet, der Faltung. Damit ist nicht die ‚Falte' an sich gemeint, sondern es wird damit der Vorgang des Faltens beschrieben. Die entsprechende digitale Operation ist: das *folding 1*. In seinem Beitrag *Architectural Curvilinearity: The Folded, the Plant and the Supple* (dt. *Das Gefaltete, das Biegsame und das Geschmeidige*)[294] bringt Lynn eine Vielzahl von Quellen zusammen wie z.B. Arbeiten von Gilles Deleuze und René Thom sowie Theorien des Kochens und der Geologie, um eine Alternative zu der bestehenden Architekturtheorie und -praxis vorzustellen. Am Anfang des Artikels stellt Lynn die Kontinuität von Postmoderne und Dekonstruktion heraus – „beginnend mit Robert Venturis *Komplexität und Widerspruch in der Architektur* [1966] und Colin Rowes und Fred Koetters *Collage City* [1978], fortgesetzt durch Mark Wigleys und Philip Johnsons *Dekonstruktivistische Architektur* [1988] [...]". Das, was beide Richtungen verbindet, sieht er in dem Bestreben, „Systeme heterogener, fragmentarischer und konfligierender Formen zu schaffen".[295] Im weiteren Verlauf des Artikels bietet Lynn eine geschmeidige (‚smooth') Architektur an (visuell und mathematisch), die durch diskrete Elemente von außerarchitektonischen Kräften geformt wird. Unterschiedliche Zutaten können sich in einer geschmeidigen Mischung durch einen kompetenten Chefkoch entfalten. Diese neue Architektur, die Lynn avisiert, nennt er flexible Architektur (das Biegsame). Anstatt Widersprüche zu betonen oder sie alle zusammen zu eliminieren, ist er um Verbindungen auch zwischen heterogenen Elementen innerhalb des Entwurfs bemüht. Zusätzlich zu Lynns Essay werden weitere Texte von Gilles Deleuze, Jeffrey Kipnis und John Rajchman aufgenommen sowie repräsentative Projekte von Architekten wie Peter Eisenman, Frank Gehry und Philip Johnson vorgestellt. Beim Entwerfen vertrauen die Architekten auf Topologie, digitale Software und Technologie und die entstehenden Ergebnisse neigen dazu, kurvenförmig zu sein. Die Liste der bedeutenden Mitwirkenden verleiht der Publikation Gewicht und die Beiträge der Architekten lassen darauf schließen, dass die Idee der Faltung sich schon längst im architektonischen Denken etabliert hat. Dieses *AD*-Sonderheft hatte eine enorme Wirkung auf die Architektenschaft gehabt und wie keine andere Publikation zur Codifizierung einer Architektur des Geschmeidigen und Glatten beigetragen. Die Bedeutung von Lynns spezieller Ausgabe wird durch die im Jahr 2004 herausgegebene Neuauflage[296] unterstrichen. Die leitende Redakteurin Helen Castle spricht sogar von einem „historischen Dokument". Die Neuauflage bietet zusätzlich eine neue Einleitung von Greg Lynn und einen analysierenden Rückblick von Mario Carpo.

---

[294] Vgl. Lynn. in: *ARCH+ Nr. 131,* April 1996, S. 62–65

[295] Ebd., S. 62

[296] Greg Lynn. *Folding in Architecture.* AD Revised Edition, Wiley-Academy, 2004

Ein Architekt, der sich recht früh die Idee der Faltung aneignet, ist Peter Eisenman. Er lehnt sich dabei philosophisch nicht mehr Jacques Derrida an, sondern Gilles Deleuze. René Thoms Theorien dienen ihm dabei ebenfalls als Referenz.

> *„Anders als der Raum der klassischen Sehordnung, überwindet der Gedanke des gefalteten Raums die Wahrnehmungsfixierung zugunsten einer zeitlichen Modulation."*[297]

Ein Beispiel für einen gefalteten Raum ist Eisenmans Entwurf des *Rebstockparks* (1990–94) in Frankfurt a. M, ein Projekt, das auf einem ungewöhnlichen städtebaulichen Ansatz beruht. Zum einen basiert die Idee auf Leibniz' Aussage, auf die sich Gilles Deleuzes in seinem Buch *Die Falte: Leibniz und der Barock* (1988) bezieht:

> *„[...] das kleinste [...] Element ist die Falte, nicht der Punkt."*[298]

Zum anderen basiert sie auf der mathematischen *Katastrophentheorie* nach dem französischen Mathematiker René Thom. „Grundsätzlich beschreibt die *Katastrophentheorie* mögliche Instabilitäten. In einem *komplexen* System entsteht eine *Singularität*, eine grundlegende Diskontinuität, eine ‚Bruchstelle'. Das System verliert seine Stabilität und springt von einem stabilen Zustand in einen anderen."[299] Diese qualitative Änderung vollzieht sich an einem Instabilitätspunkt, der in der grafischen Darstellung einer Parabel *Bifurkation*[300] genannt wird. Thoms Leistung ist die genaue diagrammatische Beschreibung von sieben komplexer werdenden Katastrophentypen: Faltung, Kuspe, Schwalbenschwanz, Schmetterling, Elliptischer Nabel, Hyperbolischer Nabel und Parabolischer Nabel. Die *Katastrophentheorie*

> *„interessiert sich für die Wirkungen der Kräfte, die von außen auf ein dynamisches System einwirken und die dieses System in der Folge neutralisieren, absorbieren oder auflösen muss. Wenn der daraus resultierende Punkt sich dann über die Fläche (Phasenraum) bewegt, wird er, so die Theorie, irgendwann in (nicht-lineare) Regionen gelangen, in denen sein Verhalten regellos wird und ein allmählicher, kontinuierlicher Input zu plötzlichen, diskontinuierlichen Ergebnissen führt. An dieser Stelle vollzieht sich im System ein Umsturz - eine Katastrophe; die Folge ist ein völlig neuer Zustand oder eine neue Form."*[301]

Peter Eisenman setzt seinen Entwurf für den *Rebstockpark* in bewussten Gegensatz zu klassischen städtebaulichen Strukturen. Mit der Falte will Peter Eisenman das Verhältnis von Figur und Grund neu definieren. Denn die Falte ist weder Figur noch Grund, enthält aber Aspekte von beidem.[302] Für ihn ist die Falte ein Mittelding zwischen Figur und Grund und stellt

---

[297] Eisenman, 1995, S. 211

[298] Leibniz, referiert bei Gilles Deleuze. *Die Falte, Leibniz und der Barock*, Frankfurt am Main, 1996, S. 16

[299] Peter Eisenhardt. Dan Kurth. Horst Stiehl. *Wie Neues entsteht. Die Wissenschaft des Komplexen und Fraktalen.* Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1995, S. 166. Auch die folgenden Ausführungen orientieren sich an diesem Kapitel (S. 166–184).

[300] lat. *furca* (zwei-zinkige Gabel); Verzweigung des Systemverlaufs, ebd.

[301] Sanford Kwinter. „Landschaften des Wandels. Boccionis „Stati d'animo" als allgemeine Modelltheorie." in: *ARCH+ 119/120 Die Architektur des Ereignisses.* ARCH+ Verlag: Aachen, 1993, S. 97–107, hier S. 104

[302] Eisenman, 1995, S. 200

tatsächlich ein Drittes dar. Gebäudestrukturen und Freiräume wie Gelände, Topografie, Gebäude, Straßen, Wege, Bepflanzung und Beleuchtung werden einem Gestaltungsprinzip unterworfen: der fortlaufende, fließende Raum in der Komplexität der modernen Wirklichkeit.[303] Die Gestaltung des Geländes umfasst die Neuordnung des gesamten Geländes und die Strukturierung eines Teilbereichs als Baugebiet. Um diesen beiden Aufgaben mit unterschiedlicher Maßstäblichkeit gerecht zu werden, werden zwei voneinander abhängige Netze geschaffen, die sich überlagern und im Entwurfsgelände auffalten. „Das ‚kleine Netz' wird über die Grenzen des Baugebietes gespannt. Das ‚große Netz' entsteht unter Verdopplung der Amplitude aus der Geometrie des ‚kleinen Netzes' und der Fläche des gesamten Geländes (Plangebiet). Vereinfacht dargestellt, erfolgt die Herleitung des ‚kleinen Netzes' in fünf Schritten."[304]

1) *Anordnung der zwei Raster:* Zunächst wird die Grundstücksgrenze des Baugebietes mit einem an der bestehenden Bebauung ausgerichteten Rechteck tangential umschrieben.
2) *Raster des „kleinen Netzes":* In Anlehnung an die Zahl 7 aus der Thom'schen Katastrophentheorie wird dieses Rechteck durch 7 horizontale und 7 vertikale Linien in ein aus 6 x 6 Segmenten bestehendes Raster unterteilt.
3) *Projektion des Rasters auf den Baugebietsumriss:* Die Schnittpunkte des Ausgangsrasters werden auf den Umriss des Baugebietes projiziert. Dadurch entsteht ein verzerrtes Raster als Abbild, wobei jeder Schnittpunkt des Ursprungsrasters seinen Abbildungspunkt im verzerrten Raster hat.
4) *Verbindung der Punkte mit den Bildpunkten:* Im nächsten Schritt werden die beiden Raster in Beziehung gesetzt, indem jeder Punkt durch eine Linie mit seinem Abbild und dieser Bildpunkt wiederum mit dem benachbarten Punkt verbunden wird. Durch diese Verbindungslinien zwischen beiden Rastern entsteht das „Kleine Netz" als neue Einheit.
5) *Durchgehendes, dreidimensionales Netz als Endergebnis:* Zur besseren Lesbarkeit werden die Felder noch einmal unterteilt. Diese Trapezverformung wird auf die Grundrissebene rückprojiziert. Auf diese Weise werden die Gebäudegrenzen definiert und im Bebauungsplan festgeschrieben. Zugleich bestimmen die Netzlinien den Verlauf der Erschließungsstraßen und Wege.

Eine weitere Entwurfstechnik erfreut sich, mithilfe preiswerter Softwareprogramme, insbesondere der Animationssoftware *Maya*, großer Beliebtheit: das *morphing*. Dabei werden zwei (oder mehr) Bilder ausgewählt, die anschließend schrittweise ineinander transformiert

---

[303] Vgl. Peter Eisenman. „Folding in Time. The Singularity of Rebstock." in: *Folding in Architecture*, Great Britain, John Wiley, London, 2004 (revised edition), S. 39–41

[304] *http://www.rebstockpark-ffm.de/rebstockpark_eisenman.htm*, abgerufen am 09.09.2016. Die folgende Darstellung folgt der dort gegebenen Beschreibung.

werden.[305] „Der Entwurf verkörperte einen Zustand in der Mitte des Transformationsvorganges, einen Punkt, an dem die Eigenschaften der ursprünglichen Bilder nicht mehr zu erkennen waren."[306] Das Architekturbüro *UNStudio* steht Anfang der 1990er Jahre für einen ähnlichen Entwurfsansatz. Ben van Berkel und Caroline Bos verweisen in ihrer dreiteiligen Veröffentlichung *Move* (1999) auf das ‚gemorphte' Bild des Künstlers Daniel Lee *Manimal*, in dem die Bilder eines Löwen, einer Schlange und eines menschlichen Gesichts verschmolzen werden.

> *„The Manimal is a computer-generated image of the hybridization of a lion, a snake and a human. The Manimal does not divulge any concrete information about its complex parentage. All traces of the previous identities have been seamlessly absorbed within the portrait; they exist simultaneously and integrally within once, cohesive organisation."*[307]

Das *morphing* als eine Technik anzusehen, ist für *UNStudio* interessanter als der Effekt und das Bild, das daraus erzeugt wird. Sie ist radikaler als alle anderen bildhaften Herangehensweisen davor. Es gibt drei Hauptaspekte, die die Technik architektonisch relevant machen.

1) *Die Beziehung zur Autorenschaft:* Das *Manimal* wurde von einem Künstler geschaffen, aber unsichtbar mitgewirkt haben die Software-Programmierer von *Photoshop*, ohne die das Bild nicht erschaffen werden konnte. Die Frage der Urheberschaft wird komplexer.
2) *Die Beziehung zur Zeit:* Das gemorphte Bild ist nur ein Frame aus einer endlos laufenden Sequenz. Wann ist es fertig? Wann sollte man den Vorgang anhalten?
3) *Die Beziehung der Teile zum Ganzen:* Die Einheit des Bildes ist trotz seiner diversen Inhalte gegeben.

Die Technik ist aber nicht nur als solche interessant, sondern gerade deswegen, weil sie unzusammenhängende Elemente, ungeachtet ihrer Herkunft oder Geschichte, verschmelzen lässt und Hybridisierung ermöglicht.

> *„An intense fusion of construction, materials, circulation and programme spaces creates uncertainty as to the exact properties of the components from which these structures are assembled; they are hybrids which don't know their history."*[308]

Das Zusammenführen von Gleichheit und Unterschiedlichkeit in einer einheitlichen architektonischen Struktur kann schon auf Friedrich Kiesler (1890–1965) zurückgeführt werden, der für Ben van Berkel als zweite bedeutsame Figur für die Hybridisierung von Architektur steht. Kiesler entwickelt in seinem Entwurf *Endless House* (1959) die Idee eines Einfamilienhauses, in

---

[305] Durch Michael Jacksons Musikvideo zu „Black or White" wurde das *Morphing* sehr bekannt. Hier werden in einer laufenden Bewegung die Gesichter von Menschen unterschiedlicher Herkunft, Hautfarbe und Aussehens umgeformt.
[306] Jormakka, 2008, S. 69
[307] Ben van Berkel. Caroline Bos. „Techniques" in: *Move*. Architectura & Natura, 1999, S. 80
[308] Ebd., S. 79

dem der Mensch und die Umwelt als ganzheitliches System in komplexer Wechselbeziehung stehen. Das organische, blasenförmige Aussehen vermeidet Standards wie gleiche Raumhöhen und Lichteinfälle. Alle Lebensbereiche sind in einem zusammenhängenden Gebäude vereint und das Haus wird zu einer Art lebenden Organismus.

> *„The two icons of hybridization, Kiesler and the Manimal, demonstrate the proliferating forces of disauthentication and non-determination within a unified organisation. The architecture of hybridization, the fluent merging of constituent parts into an endlessly variable whole, amounts to the organisation of continuous difference, resulting in structures that are scale-less, subject to evolution, expansion, inversion and other contortions and manipulations. Free to assume different identities, architecture becomes endless."*[309]

Zentrales Element der von Lynn verwendeten Animationssysteme ist der interaktive, auf vorprogrammierten Regeln basierende Entwurf.[310] Einwirkende Kräfte, die die Gestalt erzeugen und aktivieren, gehören zu den innovativen Neuerungen der digitalen Technologie. *Morphing* und *Blend Shape* sind die Animationswerkzeuge des Programms, die Lynn zur Fortführung seines Ansatzes nutzt. Er experimentiert mit stufenlosen Überblendungen und Verformungen von Objekten und mit dynamischen Effekten wie z.B. Gravitation, Turbulenzen oder Wind, die auf geometrische Objekte bzw. Partikelströme angewandt werden können. „Lynn definiert seinen Begriff der *Animate Form* so, dass es innerhalb des Raums der Kraftfelder keine fixen Urformen gibt, sondern dynamische Oberflächen und Figuren, die auf Krafteinfluss mit Verformung reagieren."[311] Die architektonische Gestalt erhält er, indem er den Entwurfsprozess an beliebigen Zeiten und Stellen anhält und die Form in ihrem aktuellen Zustand einfrieren lässt. Es gibt hierbei unendliche Möglichkeiten potentieller Formen, die nicht beliebig sind, da sie das Ergebnis eines methodisch genau strukturierten und nachvollziehbaren Formgenerierungsprozesses sind.

> *„Animation is a term that differs from, but is often confused with, motion. While motion implies movement and action, animation implies the evolution of a form and its shaping forces; it suggests animalism, animism, growth, actuation, vitality and virtuality. In its manifold implications, animation touches on many of architecture's most deeply embedded assumptions about its structure. What makes animation so problematic for architects is that they have maintained an ethics of statics in their discipline. More than even its traditional role of providing shelter, architects are expected to provide culture with stasis. Because of its dedication to permanence, architecture is one of the last modes of thought based on the inert."*[312]

Der Wettbewerbsbeitrag Greg Lynns zum *Port Authority Gateway* (1995) in New York ist eines der ersten Projekte, in denen eine Animationssoftware eingesetzt wurde, um die Form zu

---

[309] Ebd., S. 84

[310] Vgl. Florian Böhm. „Zum Stand der Kunst des industriellen Bauens" in: *Houses on Demand. ARCH+ Nr. 158*, Dezember 2001, S. 79

[311] Lynn. *Animate Form*. New York, 1998, S. 9, übersetzt von Carolin Höfler. „Modelle in Wirklichkeit. Computation und Simulation in der Architektur." in: *Forum Interdisziplinäre Begriffsgeschichte*. Ernst Müller, Zentrum für Literatur- und Kulturforschung Berlin (ZfL), 2016, S. 58

[312] Lynn in: *http://www.archilab.org/public/1999/artistes/greg01en.htm*, abgerufen am 28.02.2015

generieren. Zeitliche Vorgänge von Partikelströmen, die als Kugelgebilde auf der Ninth Avenue entlangfließen, stehen für Verkehrs- und Fußgängerströme. Mit der Software *Wavefront* ist es möglich, Schnelligkeit und Richtungswechsel als einwirkende Kräfte abzubilden. Durch die Überlagerung der verschiedenen Bewegungspositionen der einzelnen Kugeln entsteht die Form.

Die Operation *folding 1* enthält drei Merkmale informellen Charakters, die dem *flickering* entsprechen: Einwirkung äußerer Kräfte, Instabilitäten und Vieldeutigkeiten der Lesart. Durch die Wirkung äußerer Kräfte werden Instabilitäten in ein System gebracht, wodurch sich ein Umsturz vollzieht, aus dem ein neuer Zustand hervorgeht. Eine Katastrophe kann als Faltung abgebildet werden. Allerdings geht es hier um den mathematischen Prozess und nicht um die visuelle Repräsentation der Falte. Cecil Balmond, Designer und Tragwerksplaner bei dem britischen Ingenieursbüro *Ove Arup*, spricht von der Komplexität des Realen. Die Mannigfaltigkeit der Wirklichkeit und die Verflechtungen in dieser fordern die Suche nach Charakteristiken der „Saat des Komplexen", um zu einer komplexen, kohärenten Architektur zu finden. In der Komplexität entstehen Vieldeutigkeiten in der Lesart eines Gebäudes. Für Balmond fungiert das Informelle als befreiende Kraft, die einem Gebäude verborgene Energien verleiht.

> *„Informell ist ein Dach, das zu Wand und Boden wird, ein Boden, der gleichzeitig Außenhaut ist, so dass Begrenzung nicht Grenze bedeutet."*[313]

Das *morphing* als Operation zeigt als Ergebnis ein mögliches Bild einer endlos ablaufenden Sequenz an. Dadurch steht der zeitliche Ablauf im Vordergrund, der die Relevanz des Raumes unwichtig werden lässt bzw. diese untergräbt. Das Entscheidende bei dieser Operation ist der Prozess der Verschmelzung von mindestens zwei Bildern. Durch diesen Transformationsvorgang sind die ursprünglichen Bilder bzw. Formen nicht mehr zu erkennen, erinnern durch ihre weichen und geschwungenen Formen jedoch an biomorphe Vorbilder.[314] Diese Beschreibung der digitalen Operation *morphing* steht konträr zur trennenden Funktion der informellen Operation *flickering*, in der gerade die verschmelzende ‚Nachbildwirkung' im Transformationsvorgang verhindert werden soll.

Die *animate form* geht noch einen Schritt weiter als das *morphing*. Externe Kräfte wirken auf geometrische Objekte oder Partikelströme ein. Überblendungen und Verformungen der Ströme werden an beliebigen Stellen angehalten und bilden eine stark biomorph erscheinende Form. Die gestaltgebende Geste ist nicht mehr subjektiv, sondern durch die vorgegebenen Parameter des Computerprogramms objektiviert. Lediglich das Drücken der Stopptaste lässt noch einen Funken des *flickering* erahnen.

---

[313] Cecil Balmond. „New Structure und das Informelle." in: *ARCH+ 139/140: 30 Jahre ARCH+*. 1997/98, S. 129 (Übersetzung aus dem Englischen von Wolfgang Himmelberg, unter Mitarbeit von Christian Brensing)

[314] Die digital transformierten Bilder lassen sich, im Unterschied zur Collagetechnik, bei der die einzelnen Komponenten des Bildes stets sichtbar bleiben, nicht mehr in ihre Einzelbestandteile zurückführen, da die Informationen auf eine andere Art und Weise „abgemischt" werden.

3.3.3. *stopping* vs. *field conditions* und *cinematic sectioning*

Stan Allen führt die Idee der *field conditions* erstmals 1995 im Rahmen eines Entwurfsstudios an der *Columbia University* ein. Der kanadische Architekturtheoretiker Sanford Kwinter beschreibt schon 1986 „das Feld" (engl. ‚the field') mit seinen Eigenschaften und Erscheinungsformen.

> *„This notion of ‚the field' expresses the complete immanence of forces and events while supplanting the old concept of space identified with the Cartesian substratum and ether theory […] The field describes a space of propagation, of effects. It contains no matter or material points, rather functions, vectors and speeds. It describes local relations of difference within fields of celerity, transmission or careering points, in a word, what Minkowski called the world."*[315]

Es geht dabei um das Feld, das dem Konzept des kartesianischen Raumes gegenübergestellt wird. Wichtige, das Feld definierende Punkte sind:

1) Die Immanenz der Kräfte und Ereignisse (das Feld kennt kein Außen).
2) Das Feld definiert einen Raum der Ausbreitung und der Wirkungen.
3) Es ist nicht durch Materie oder materielle Punkte definiert, sondern durch Funktionen, Vektoren und Geschwindigkeiten.

Peter Eisenman fordert in seinem Text *Post-Functionalism* (1973)[316] eine neue architektonische Praxis, die den Schwerpunkt auf den Gestaltungsprozess und das daraus resultierende Objekt legt.[317] Darin verkündet er, dass die Architektur, ebenso wie zuvor schon die Musik und die Kunst, sich von der anthropozentrischen Geisteshaltung, wie sie in der Renaissance eingeführt wurde, losreißen solle. Für Eisenman ist Funktionalismus eine weitere Form des Humanismus, die es abzulösen gilt.[318]

> *„This new theoretical base changes the humanist balance of form/function to a dialectical relationship within the evolution of form itself."*[319]

Stan Allens Text *Field Conditions,* der in seinem Buch *Points and Lines: Diagrams and Projects for the City* (1999) veröffentlicht wurde, kann als eine Ergänzung und Erweiterung von

---

[315] Kwinter, zitiert bei Stan Allen. *Points + Lines: Diagrams and Projects for the City.* Princeton Architectural Press, 1999 in: A. Krista Sykes (Hrsg.) *Constructing a new agenda. Architectural Theory 1993–2009.* Princeton Architectural Press, New York, 2010, S. 118

[316] Der Text wurde im Architekturmagazin *Oppositions* veröffentlicht, das von 1973–1984 vom *Institute for Architecture and Urban Studies* (Manhattan, New York) herausgegeben wurde. 26 Ausgaben trugen mit vielen Artikeln von namhaften Architekten wie z.B. Alan Colquhoun, Peter Eisenman, Kenneth Frampton, Rem Koolhaas, Léon Krier, Rafael Moneo, Aldo Rossi, Colin Rowe, Denise Scott Brown, Manfredo Tafuri, Bernard Tschumi und Anthony Vidler zu Debatten über Architekturtheorie bei.

[317] Die Ausführungen folgen Sykes, 2010, S. 116 f. (ü.d.V. sinngemäß)

[318] In der Renaissance galt der Mensch als Maß aller Dinge. Der Humanismus als geistige Erneuerung befreite das Individuum aus kirchlicher und ständischer mittelalterlicher Ordnung. Das ideale Menschentum sollte durch die Nachahmung klassischer Vorbilder verwirklicht werden und jeden Menschen befähigen, seine wahre Bestimmung zu erkennen. Ebd.

[319] Eisenman „Post-Functionalism" in: *Oppositions 6.* 1976, S. 239

Eisenmans Forderung gesehen werden. Hauptsächlich entfernt sich der Ansatz der *field conditions* von Albertis Renaissance-Anschauung der *Concinnitas* als Suche nach dem einheitlichen Ganzen. Für Alberti ist die Schönheit:

> *„[…] eine Art Übereinstimmung* (consensus) *und Einklang* (conspiratio) *der zugehörigen Teile in Bezug auf eine bestimmte Anzahl* (numerus)*, Beziehung* (finitio) *und Anordnung* (collocatio)*, so wie es die Harmonie* (concinnitas)*, das vollkommene und ursprüngliche Naturgesetz, verlangt.“*[320]

Für Allen stellt sich das Problem der „Teile zum Ganzen“ anders dar. Angesichts der Komplexität und der Heterogenität der heutigen Gesellschaft kann „das urbane Raumgefüge nie in seiner Gesamtheit wahrgenommen werden [...], [da es sich] aus einer Vielzahl von Fragmenten unterschiedlicher Herkunft zusammensetzt, in dem diverse Kräfte aufeinander einwirken.“[321]

> *„It is a logic of aggregation that we are interested in here, and the effect of that logic. Seriality. It's about generating an analog to heterogeneity rather than wholeness.“*[322]

Als Ausgangspunkte des Entwurfs dienen deshalb keine allumfassenden geometrischen Schemata, die ihm übergestülpt werden, sondern konkrete und spezielle lokale Gegebenheiten. Hierbei laufen die umgebenden Kräfte in der Architektur zusammen bzw. bilden diese. Allen „geht es dabei nicht um die Objekte, sondern um das, was sich zwischen den Objekten entwickelt.“[323]

> *„Interval, repetition, and seriality are key concepts. Form matters, but not so much the forms of things as the forms* between *things.“*[324]

Es wird weder ein „einheitliches Formsystem“ gesucht noch „Entwicklungen auf ihre Kontinuitäten hin“ untersucht, sondern es „wird den im urbanen Gefüge entstehenden Brüchen und Kollisionen nachgegangen.“[325] *Field conditions* bezieht dabei digitale Technologien, Nutzerverhalten, Informations- und Kommunikationssysteme mit ein und ihre Wirkrichtung ist ein *Bottom-up-Ansatz* (dt. ‚von unten nach oben‘):

> *„So the early attraction of the* field condition *was that: instead of breaking down a whole, you start with small elements and through repetition bring about a different sense of the whole. […] The* field condition *is […] the built environment conceived as a series of parts. It begins in a single element or elements that cluster or aggregate to become many.“*[326]

---

[320] Günther Fischer. *Leon Battista Alberti: Sein Leben und seine Architekturtheorie*. WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt, 2012, S. 180

[321] Petra Kempf. *(K)ein Ort Nirgends: der Transitraum im urbanen Netzwerk*. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2010, S. 84 f.

[322] Preston Scott Cohen, zitiert in einem Interview mit Stan Allen, im *Live Blog* von Lian Chikako Chang, *http://archinect.com/lian/live-blog-stan-allen-and-preston-scott-cohen*, abgerufen am 26.01.2017

[323] Kempf, 2010, S. 84

[324] Sykes, 2010, S. 119

[325] Kempf, 2010, S. 85

[326] Chang, 2011

Schon 1984 diskutiert Stan Allen mit Greg Lynn, Jesse Reiser and Sanford Kwinter über mögliche neue Entwurfsansätze, die das Problem der „Teile zum Ganzen" betreffen. Während Lynn und Kwinter sich biologischen Aspekten zuwenden, interessiert sich Allen für Konzepte aus der Musik und der Kunst:

> *„[…] we were talking with Greg Lynn, Jesse Reiser and Sanford Kwinter, rethinking the part-to-whole problem. […] Greg and Sanford at that time were looking at biology; I was looking at music and minimalist art. When you look at [Iannis] Xenakis […] he makes an analogy to being in a demonstration in a crowd in Athens, and how you get lost, absorbed into a larger whole. […] Greg and Sanford wanted to make a new kind of organic whole; I was still comfortable with the notion that you'd always read the tension between part and whole."*[327]

Der Hauptbezugspunkt Allens bei den *field conditions* ist der *Postminimalismus* (engl. ‚postminimalism'). Der amerikanische Kunsthistoriker Robert Pincus-Witten (*1935) prägt den Begriff in seinem Buch *Postminimalism* (1977). In den darin enthaltenen Essays, die zwischen 1966 und 1976 entstanden sind, bespricht er die Rolle und die Entwicklung führender Künstler, wie z.B. Eva Hesse (1936–1970), Alan Saret (*1944), Barry Le Va (*1941), Lynda Benglis (*1941), Richard Serra (*1939) und andere. Pincus-Witten prägt den Begriff, der „keine Stilrichtung im eigentlichen Sinne [ist], sondern vielmehr ein von kunsttheoretischer Seite geprägter Terminus, der künstlerische Positionen in sich vereint. [...] Zu den gemeinsamen Merkmalen dieser künstlerischen Positionen gehörte, dass sie sich zwar in gewisser Weise mit dem Erbe der *Minimal Art* auseinandersetzten, sich gleichzeitig aber davon abwendeten und sich verstärkt dem Prozess des schöpferischen Handelns zuwandten, sodass demzufolge das aus dem Schaffensakt hervorgegangene Kunstobjekt seine Wirkmacht einbüßte. Vor diesem Hintergrund ist eine direkte Verbindungslinie zur *Process Art* [dt. ‚Prozesskunst'] zu ziehen."[328] Zur *Process Art* kann der Künstler Barry Le Va gezählt werden. Ein Aspekt seiner Arbeit ist, dass er die Idee der Skulptur als begrenzte Einheit auflöst. Mitte der 1960er Jahren kreiert er Werke, in denen zufällige Prozesse und veränderliche Ausschüttungen zentrale Bedeutung haben. So arbeitet er beispielsweise mit auf den Boden geblasenen Mehlspuren, die im Prozess eine Folge von Ereignissen abbilden.[329] „Ein weiterer Aspekt ist der ephemere Charakter der *Process Art*, an deren Ende bisweilen kein Kunstobjekt übrig bleibt." So befragt in seinem Frühwerk „Richard Serra [...] verflüssigtes Blei nach seinen Eigenschaften, indem er es an eine Galeriewand schleuderte"[330], wie z.B. *Splashing* (1968). In solchen Geschehensabläufen und inspiriert von wissenschaftlichen Theorien über Herden, Schwärme und Menschenmengen sieht Allen Ähnlichkeiten mit generativen Prozessen, die sich durch immanente Regeln selbst ordnen. Eine

---

[327] Stan Allen, zitiert ebd.

[328] Vgl. *http://www.kettererkunst.de/lexikon/postminimalismus.php*, abgerufen am 17.12.2016

[329] Vgl. Jane Livingston. „Barry Le Va: Distributional Sculpture" in: *Artforum*. November 1968

[330] Vgl. *http://www.kettererkunst.de/lexikon/process-art.php*, abgerufen am 17.12.2016

so entstehende Architektur könnte zwischen städtebaulichem Kontext und Abstraktion, Planung und Gewährenlassen, Ordnung und Unbestimmtheit vermitteln. *Field Conditions* ist ein eminent wichtiger Text für den gesamten *Digital Turn* und von der Wirkung her vergleichbar mit Lynns *Folding in Architecture* (1993).

Eine besondere Variante des Naturbezugs digitaler Architektur ist das *Landform Building*. Dass Architektur und Landschaft in der Architekturgeschichte seit der Antike in einem intensiven Wechselverhältnis stehen, bedarf nicht des Beweises. In der Welt des digitalen Entwerfens bekommt dieses Wechselverhältnis eine besondere Ausprägung. Dabei steht nicht etwa, wie man vermuten könnte, die harmonische Einfügung der Architektur in die Landschaft im Mittelpunkt. Vielmehr geht es um die Verbindung der Eigenheiten der jeweiligen Topographie mit den Flüssen und Strömen von Menschen und Waren innerhalb und im Umfeld des Gebäudes. Daher verweist „Land" in der Wortzusammensetzung *Landform* nicht auf die Landschaft, sondern einerseits auf die Verbindung von Gebäude und Umgebung, die durchaus eine städtische sein kann, andererseits auf die topologische Struktur des Gebäudes selbst.[331] Ein Projekt, das wegweisend für diesen neuen Ansatz steht, ist der preisgekrönte Wettbewerbsbeitrag von *Foreign Office Architects (FOA)* für das *Yokohama Port Terminal* (1995).[332] *FOA* vereint den Fluss von Waren und Menschen mit der Ästhetik einer fließenden, endlosen Oberfläche. Das Gebäude generiert einen neuen öffentlichen Raum, inklusive Passagierabfertigung und Gemeinbedarfseinrichtungen, der einer städtebaulichen Infrastruktur gleicht. Das Gebäude ist eine lange, flach horizontal gefaltete Stahlplatte, die sich wellenförmig am Wasser entlang bewegt. Die mehrschichtige Topografie vereint Vielfalt und Einheit, Trennung und Kontinuität. Die Architekten Farshid Moussavi und Alejandro Zaera-Polo streben eine nahtlose Form an.

> *„[…] [the form is] continuous but not uniform […]."*[333]

Ähnlich wie in der Kunst des Origamis, bei der komplexe Muster und Formen aus einem Stück Papier gefaltet werden, werden beim *Yokohama Port Terminal* die verschiedenen Funktionen in eine endlose Oberfläche gefaltet, die aus Kreisläufen samt ihrer Rückkopplungsschleifen besteht. Um die Bauform des *landform building* handhaben zu können, bedarf es einer neuen Operation, die alle vorherigen Operationen wie *scaling, superposition, folding, morphing* und *animate form* weiterentwickelt: *cinematic sectioning*. Enric Miralles entwickelt dieses Notationssystem im Zusammenhang mit seinem Entwurf für das *Eurythmics Centre* (1993–94) in Alicante, Spanien. In regelmäßigen Abständen verlaufen viele Querschnitte

---

[331] Vgl. Stan Allen/Marc McQuade/Princeton University School of Architecture (Hrsg.). *Landform Building: Architecture's New Terrain*. Lars Müller Publishers, Zürich, 2011

[332] Vgl. Albert Ferré. Anna Tetas. Jaime Salazar. Manuel Gausa. Ramón Prat. Tomoko Sakamoto (Hrsg.). *Verb Processing (Architecture Boogazine)*. ACTAR, Barcelona, 2001, S. 1–75

[333] zitiert bei Charles Jencks. „Landform Architecture: Emergent in the Nineties." in: Mario Carpo (Hrsg.) *The Digital Turn in Architecture 1992–2012*. John Wiley & Sons, New York, 2013, S. 96

(A–G und H–P) durch die Gebäudemasse, die, übereinander gestellt, die sich bewegende Topografie nachvollziehbar machen. Die Gesamtformation wird in kleine Stücke geschnitten und „stoppt“ an markanten Stellen, um wie aneinandergereihte Standbilder den Inhalt besser mitteilen zu können. Auch *FOA* wendet beim *Yokohama Port Terminal* das *cinematic sectioning* an, um die Entwicklung der Faltungen der Stahlplatte mit ihrer selbstaussteifenden Struktur darzustellen.

Das Hauptmerkmal der Operation *stopping* zeigt sich in *field conditions* und im *cinematic sectioning* und spiegelt den Umgang mit dem Verhältnis der Teile zum Ganzen wider. Der Begriff *field conditions* verabschiedet sich vom Idealbild und den klassischen Ansichten der *Concinnitas*, um komplexere Eigenschaften in das Ganze bzw. in das Feld mit einzubeziehen. Er zielt auf die Überwindung des Gegensatzes zwischen Objekt und Feld ab (zugunsten des Feldes) oder, wenn man will, des widersprüchlichen Verhältnisses zwischen Figur und Grund. Architektur erscheint dann als Anomalie, wie z.B. als Verdichtung, Faltung, Erhebung oder Einkerbung des kontinuierlichen Feldes. Die im *cinematic sectioning* klar gesetzten Schnitte stoppen die Bewegung der Form. Dabei werden die Teile eigenwertig nebeneinander stehen gelassen und offenbaren dadurch den Inhalt und den Verlauf der Form in Standbildern.

3.3.4. *expanding* vs. *non-linearity*

Non-linearity ist einer von mehreren Begriffen, die der Architekt Charles Jencks als Signaturen der Architektur Anfang der 1990er Jahre verwendet (*Post-Konstruktivismus*). Jencks zielt auf eine Rückgewinnung der Repräsentationsfunktion der Architektur und damit auch ihrer ikonographischen Funktionen ab. Architektur wird darstellend – Darstellung von Welt – und das erreicht sie angeblich, indem sie das neue Weltbild der Naturwissenschaft auf architektonische Bilder überträgt. Oft artet das allerdings in eine „Architektonisierung" naturwissenschaftlicher Diagramme aus, die eher trivial erscheint. *Non-linearity* als Operation verweist auf mathematische *Nichtlineare Systeme* (NL-Systeme), die in der Systemtheorie als komplexe Systeme gelten, da ihr Ausgangssignal nicht immer proportional zum Eingangssignal ist.[334] Jencks überträgt diesen Gedanken auf die Architektur und veröffentlicht 1997 das Buch *The Architecture of the Jumping Universe. A Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture*. Ein Jahr später erscheinen Auszüge des Buches in deutscher Übersetzung in der *ARCH+*-Ausgabe Nr. 141 mit dem Titel *Die Architektur des springenden Universums. Eine Polemik: Wie die Komplexitätstheorie Architektur und Kultur verändert*. Jencks formuliert darin eine Diagnose gegenwärtiger kultureller Befindlichkeit, dass der Gesellschaft eine Richtung fehlt und sie im Begriff ist, sich in Fragmente aufzulösen:

> *„Im Himmel wohnt kein Gott, der Prinz hat seine Frau verloren, und um die Welt steht es nicht zum besten. Seit über fünfzig Jahren ertönt die Klage, die Gesellschaft sei ohne Orientierung. Aber die Schwierigkeiten und Desorientierungen begannen schon früher; Kopernikus vertrieb den Menschen aus dem Zentrum aller Dinge, Darwin verlieh ihm einen Affen-Stammbaum, Freud formte seine liebende Seele zu einer impulsgetriebenen Psyche um, und Nietzsche natürlich feierte Gottes Tod, weil dadurch Freiheit und Macht des zukünftigen Menschen – des Übermenschen – gefördert wurden."*[335]

Vor diesem Hintergrund sieht Jencks eine neue Weltsicht heraufdämmern: „eine Metaerzählung vom Universum und seiner Schöpfung." Diese Ansicht fußt auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen des 20. Jahrhunderts, die bewiesen haben, dass das Universum springt, dass „die Natur plötzliche Phasen des Übergangs, ähnlich den Quantensprüngen", durchläuft.[336] Die Aufgabe von Künstlern und Architekten ist es, neue Sprachen zu suchen oder bestehende Sprachen weiterzuentwickeln, wenn sie die neue Welt mit ihrer Dynamik darstellen wollen.[337] Als Beispiel führt er Daniel Libeskinds nicht realisierten

---

[334] „Die *logistische Gleichung*, 1837 vom französischen Mathematiker Pierre François Verhulst eingeführt, ist ein Beispiel dafür, wie komplexes chaotisches Verhalten aus einfachen nichtlinearen Gleichungen entstehen kann. Infolge einer richtungsweisenden Arbeit des theoretischen Biologen Robert May aus dem Jahre 1976 findet sie weite Verbreitung." Das *Bifurkationsdiagramm*, bekannt als *Feigenbaum-Diagramm*, veranschaulicht die zugehörige Dynamik. *http://de.wikipedia.org/wiki/Logistische_Gleichung*, abgerufen am 03.03.2015

[335] Charles Jencks. *Die Architektur des springenden Universums.* (Übersetzung von Meinhard Büning), ARCH+ Nr. 141, ARCH+ Verlag, Aachen, 1998, S. 24

[336] Ebd.

[337] Ebd., S. 26

Entwurf *The Spiral* (1997) für die Erweiterung des *Victoria & Albert Museums* in London an. Sechs gekippte Trapezoide durchdringen einander spiralförmig und bilden ein neues, solides Tragwerk. Die Platten der Außenverkleidung in V- und L-Form sind von verschiedener Größenordnung und Farbe, die spiegelbildlich in Sprüngen und Drehungen über die Oberfläche tanzen – sogenannte selbstähnliche *Fractiles.*[338] Jencks stellt sich mit dieser neuen Herangehensweise an die Architektur einigen Grundfragen.

> *„Warum ist dieses neue Paradigma von Bedeutung? Ist die nichtlineare Architektur irgendwie überlegen, steht sie der Natur und unserem Verständnis des Kosmos näher als die alte Moderne? Ist sie sinnlicher, funktionaler, lebensfreundlicher, steht sie den ästhetischen Codes näher, die in die Wahrnehmung eingebaut sind? Ist sie an die Stelle der Tradition getreten, aus der sie hervorging (neoexpressionistische und dekonstruktivistische Architektur)? Kann sie eine subtilere städtische Ordnung hervorbringen als die funktionale Planung der Moderne, wird ihr feinkörniges städtisches Gewebe, ihre fraktale Ordnung, ökonomischem Wachstum und städtischem Zusammenhalt dienlicher sein? Und schließlich: werden wir in ihren Formen die Grundwahrheiten erkennen, wie sie in den Komplexitätswissenschaften offengelegt werden? Wird sie die Wahrheiten eines springenden Universums einfangen?“*[339]

Jencks unternimmt den vielleicht weitestgehenden Versuch, Architektur wieder als Naturnachahmung zu begründen. Eine Nachahmung, die sich entlang verschiedener Ebenen entfaltet.

> *„Neben dem Fraktal entwickelt sich auch eine andere Formensprache, eine Ästhetik der Wellen, Falten und Schwingungen. […] Es ist keine Überraschung, diese springenden Formen in einer Architektur, die als nichtlineare Architektur bezeichnet werden könnte, auftreten zu sehen (entsprechend der nichtlinearen Dynamik, einer allgemeinen Bezeichnung für die Komplexitätswissenschaften). Es bildet sich eine neue gemeinsame Sprache heraus, eine Ästhetik der Wellenbewegung, überraschender, aufblühender Kristalle, gebrochener Flächen und spiralförmigen Wachstums, der Wellenformen, Windungen und Falten – eine Sprache, die einem springenden Kosmos in seiner Entfaltung besser gerecht wird als die starren Architekturen der Vergangenheit.“*[340]

Non-linearity als Operation taucht bei Jencks in mehreren Facetten auf: Selbstähnlichkeit (Fraktale) und seltsame Attraktoren, Wellen und Windungen sowie plötzliche Emergenz und Phasenübergänge. Selbstähnlichkeit ist positiv, während Gleichheit und Monotonie wie in der Moderne langweilig sind. Bruce Goffs *Price Haus* (1956–76) besteht vom größten bis zum kleinsten Detail aus selbstähnlichen Dreiecken, Sechsecken und Trihexa. Winkel von 60 Grad, ihr Vielfaches und Bruchteile davon treten in allen Formen und Materialien auf. Bei dem *Bavinger Haus* (1950) und dem *Garvey Haus* (1952) verwendet er einen seltsamen Attraktor, um ein Bewegungskraftfeld um und auf einer Rampe zu organisieren.[341] Bei Wellen und Windungen fasziniert Jencks am meisten die *Solitonwelle*, die 1834 zum ersten Mal von dem schottischen

[338] Ebd., S. 29
[339] Ebd., S. 30
[340] Ebd., S. 27
[341] Ebd., S. 46 f.

Ingenieur John Scott Russell bei einem Ritt entlang eines Kanals entdeckt wurde.[342] Diese Einzelwelle bewahrt ihre Identität, statt sich aufzulösen, wie es normale Wellen tun, weil die kleineren Wellen, aus denen sie besteht, zurückprallen und die Gesamtform und -frequenz verstärken. Diese Rückkopplung steht im Gleichgewicht zwischen Ordnung und Chaos.[343] Plötzliche Sprünge, wie der Phasenwechsel von Eis zu Wasser zu Dampf, existieren in der Natur in allen Größenordnungen und sind mit Selbstorganisation verbunden. Der Physiker Ilya Prigogine hat diese springenden Systeme als *dissipative Strukturen* bezeichnet.[344] Kann der Architekt die Emergenz vorherbestimmen? Kann der Architekt positive wie auch negative Überraschungen, die sich aus solchen Sprüngen ergeben, nutzen? Jencks leitet die Antwort auf diese Fragen mit einem Zitat des französischen Chemikers und Mikrobiologen Louis Pasteur ein:

> *„Wenn das Glück den vorbereiteten Geist begünstigt, dann begünstigt die Emergenz jene, die sich unerwarteten Entdeckungen öffnen können. Große Architektur nutzt den Zufall.“*[345]

Der Gedanke von Komplexität in der Architektur wird schon durch Jane Jacobs in ihrem Buch *Tod und Leben großer amerikanischer Städte* (1961) thematisiert. Jacobs wendet sich „gegen die modernistische Vorstellung, eine Stadt ließe sich funktional säuberlich aufteilen.“ Die Stadt sei vielmehr „ein Problem organisierter Komplexität, [...] ein lebendiger Organismus mit komplexen Querverbindungen und holistischem Verhalten [...] Wie ein Bienenstock oder ein Ameisenstaat ist sie ein Superorganismus mit nichtlinearen, *emergenten* Eigenschaften.“[346] Auch Robert Venturi übernimmt Lehren aus den neuen Komplexitätswissenschaften, kennt die Kybernetik und zieht in seinem Buch *Komplexität und Widerspruch in der Architektur* (1966) Arbeiten manieristischer Architekten heran. „Für ihn stellt die Komplexität einen psychologischen und sozialen Fortschritt gegenüber der Einfachheit dar, [...] um sich mit widersprüchlichen Problemen wie dem Konflikt zwischen dem Problem des Innen und des Außen eines Gebäudes auseinanderzusetzen.“[347] Für Jencks geht es in seiner Theorie des springenden Universums allerdings um die „Komplexität als Emergenz“. Existierende Elemente werden nicht nur in ihrer Komplexität gegenübergestellt, sondern tauchen in überraschenden neuen Ganzheiten auf.[348] Mit diesem Ansatz kann Jencks als Vorläufer von Emergenz in der Architektur gesehen werden.[349] Die Komplexität Venturis ist allerdings eine andere als die von Jencks. Venturi ist Architekt und spricht durchweg von architektonischer Komplexität (und ihrem

[342] Ebd., S. 50
[343] Ebd., S. 51
[344] Vgl. Kapitel *II.4.4.3. Formfindung als Prozess*, S. 65
[345] Ebd., S. 58
[346] Ebd., S. 36
[347] Ebd.
[348] Ebd., S. 38
[349] Vgl. Kapitel *III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133 und vgl. Kapitel *III.5.3.1. rising through collapsing vs. emerging,* S. 145

Widerspruch), um deren historischen Nachweis er bemüht ist. Jencks' Komplexität hängt am natürlichen Vorbild, ist nicht primär architektonisch und noch weniger historisch, sondern überhistorisch und überindividuell.

Die Operation *expanding* erweitert die Bildsprache des informellen Bildes mit Objekten in die räumliche Dimension. *Non-linearity* entwickelt sich in plötzlichen Phasen des Überganges und kann aus einem einfachen Ursprung heraus sehr komplex werden. Aus dieser Dynamik entfaltet sich eine neue Sprache, die um die Dimension des Chaos in der Ordnung erweitert wird.

3.3.5. *interacting* vs. *hypersurfaces*

Anhand des *Water Pavilion* Gebäudes (1994–97) in Neeltje Jans (Niederlande), bestehend aus zwei Teilen, können beispielhaft die zentralen Themen der *1. Phase* des digitalen Entwerfens aufgezeigt werden. Beim ersten Teil des Gebäudes, dem *FreshH2OeXPO (Fresh Water Pavilion),* von *NOX* (Lars Spuybroek) gebaut, handelt es sich um ein Ensemble bestehend aus scheinbar unregelmäßig aufeinander gehäuften oder aneinandergereihten vierzehn ellipsoid gekrümmten, fischförmigen Edelstahlschalen, das in eine Länge von etwa 65 m gezogen wird. Beim zweiten Teil des Gebäudes, dem *Salt Water Pavilion*, von *Kas Oosterhuis/ONL* entworfen, bildet sich der kompakte Baukörper aus gekrümmten Flächen, die sich in scharfe Kanten verschneiden. Die kurvig-kantige Form mit dunkler Fassade ist etwa 42 m lang ist.

Die Architektursprache des Gebäudes ist durch eine fließende Geometrie bestimmt, bei der Boden, Wand und Decke zu einem geschmeidigen Ganzen verschmelzen. Der *Fresh Water Pavilion* ist das erste Gebäude, das einen interaktiven Innenraum hat, in dem der Einsatz von digitalen Multi-Media Technologien für zusätzliche Form- und Raumeffekte sorgt, wie z.B. elektrischen Sensoren, mit denen die Besucher die Licht- und Klangverhältnisse aktiv verändern können.

> *„The interactive is not only in the geometry: the action moves through the material – not a form with a certain speed or on the move, but action in the form.“*[350]

In den Entwurfserläuterungen bezieht sich Lars Spuybroek auf Marco Novaks Theorie der *Liquid Architecture*. In dieser Theorie beschäftigt sich Novak mit der Verschmelzung von tektonischer Virtuosität und Media-Technologie in der Architektur. Er hält den *Cyberspace* für das ideale Medium, in dem Architektur und Mensch einerseits, digitale Technologien und intelligente Maschinen andererseits zusammenkommen. Das Wort *liquid* ist dabei metaphorisch und nicht wörtlich zu verstehen; es verweist darauf, dass kategoriale Grenzen überschritten werden und alles, was bisher in der Architektur als fest und stabil galt, ‚verflüssigt' wird.[351]

Der *Cyberspace* ist wie ein virtuelles Labor, in dem entmaterialisierte Architektur durch Algorithmen entsteht. Architektur bekommt einen neuen Zweck und wird Träger von Informationen.

> *„That today we are witnessing a striking dislocation of these terms calls attention not only to the disappearance of functionalist theories but perhaps also to the normative function of architecture itself.“*[352]

---

[350] Lars Spuybroek. „Motor Geometry (1998)" in: Carpo, 2013, S. 113

[351] Ebd., S. 111 (ü.d.V. sinngemäß)

[352] Bernard Tschumi. *Architecture and Disjunction*. MIT Press, 1996, S. 209

Der *Fresh Water Pavilion* versucht *hardware* (mechanische und elektronische Ausrüstung eines Computerystems), *software* (Computerprogramme) und *wetware* (menschliches Gehirn) zu verbinden. Die entsprechende Operation kann als *hypersurfaces* bezeichnet werden. Der Begriff taucht im Zusammenhang mit Architektur erstmals in der Zeitschrift *Architectural Design* in der Ausgabe Nr. 133 *Hypersurface Architecture* (1998) auf und soll dazu dienen Andersheit, *Otherness*, ins Werk zu setzen.

> *„[…] the term hyper surface is introduced, to describe and render productive an Otherness that resists classical definitions but that is simultaneously produced by the tenets of traditional culture. As a verb, hypersurface considers ways in which the realm of representation (read images) and the realm of instrumentality (read forms) are respectively becoming deconstructed and deterritorialised into new image-forms of intensity. […] this research suggests that there are self-generating and auto-emergent forces deeply insinuated within cultural historicity that are being unleashed by the machinations of contemporary praxis, and which already present a formidable challenge to the authority of the designer."*[353]

Der Kontrast zwischen den beiden Gebäudeteilen des *Water Pavilions* könnte größer nicht sein. Was sie verbindet, ist der neue Ansatz der Ausführungsplanung, bei der Entwerfen und Konstruieren als Information in einer Software zusammen kommen. Kas Oosterhuis entwickelt ein Konzept des parametrischen Entwerfens. Man könnte darin auch einen Vorläufer des *Building Information Modeling (BIM)* sehen.

> *„To construct a design like the Salt Water Pavilion we had to develop a method that would maintain both absolute control and absolute flexibility during the construction period. We developed the concept of parametric design."*[354]

Bei beiden Operationen, *interacting* und *hypersurfaces*, wird der Betrachter interaktiv in den Raum mit einbezogen, der sich zusätzlich um eine virtuelle Dimension erweitert. *Hypersurfaces* weisen informelle Merkmale auf, der Ansatz an sich wird aber fehlgeleitet, wenn auf Marco Novaks *Liquid Architecture* referenziert wird. Zwar bestätigt Novak einerseits indirekt eine informelle Sensibilität, wenn durch die Verschmelzung von tektonischer Virtuosität, Medien und Technologie kategoriale Grenzen überschritten und neu definiert werden. Andererseits fällt es bei der mehrfach gekrümmten Oberflächengeometrie, die sich eindeutigen ‚euklidischen' Zuschreibungen zu widersetzen scheint, allerdings schwer, daran zu glauben, dass der Naturbezug völlig ausbleibt und das Biomorphe nicht repräsentiert, sei es als abstrahierte Darstellung von Flüssen und Strömen oder auch von Formen der animalischen oder vegetabilen Welt.

Befinden wir uns zu Beginn des *Digital Turn* Mitte der 1990er Jahre an einem Punkt, an dem sich die Ansätze vermischen? Oder fällt die Entscheidung zwischen informeller

---

[353] Stephen Perrella (Hrsg.). *Hypersurface Architecture*. Academy Press, Washington, 1998 S. 7

[354] Kas Oosterhuis. „Salt Water Live, Behaviour of the Salt Water Pavilion." in: Carpo, 2013, S. 121

Auseinandersetzung mit dem Blob und einer biomorphen, „blobby" Formensprache sogar zugunsten letzterer aus?

> *„Obviously, the ‚blobs' will not have a significant impact on architecture's future if they are understood in formal terms alone, or if they are seen as utopian architectural visions, as already happened in the 1960s. The challenge for the profession is to understand the appearance of the digitally-driven generative design and production technologies in a more fundamental way than as just tools for producing ‚blobby' forms."*[355]

[355] Branko Kolarevic (Hrsg.) *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Taylor & Francis, London, 2004, S. 44

4. Raumkonfiguration in der 2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)

Ist die *1. Phase* durch viele unterschiedliche Ansätze der digitalen Körperbildung geprägt, so geht es in der *2. Phase* hauptsächlich um die Skalierbarkeit und die technische Umsetzung des Blobs, die Veränderungen der Raumkonfiguration mit sich bringen. Einige Architekten beginnen, die Relevanz des Raumes und seine Begrifflichkeiten in Frage zu stellen.

> *„Wenn der Raum in solcher Weise gefaltet wird, dann verbleibt das Individuum nicht länger in seiner diskursiven Funktion, es wird nicht mehr genötigt, den Raum zu verstehen oder zu interpretieren. Fragen nach der Bedeutung des Raumes sind nicht mehr relevant."*[356]

> *„In this sense we should even resist thinking in terms of ‚space' – I never mention space actually – we have to conceptualize the body first, not the proportional Vitruvian body as the architectural center of the constructed world, no, the experiential body, the excited, vital body, where millions of processes go on at the same time. […] Bodies try to transgress themselves in time by action, throwing themselves into time, that is: connect to other bodies, other rhythms, other actions. In this sense, you can really only talk about ‚space' as a result of an experiential body timing its actions. […]"*[357]

Spuybroek möchte auf den Begriff des Raumes sogar völlig verzichten. Der Nachdruck soll auf dem Körper und dessen Beziehungen zu anderen Körpern gelegt werden. Dabei spielen die beiden Komponenten Bewegung und Zeit eine wesentliche Rolle, die seit den 1990er Jahren zu kontrollierbaren räumlichen Parametern im digitalen Entwerfen geworden sind. Schon Mitte des 19. Jahrhunderts hält Gottfried Semper (1803–1879) die Bewegung für ein raumkonstituierendes Element der Architektur. In seinem Vortrag *Über die formelle Gesetzmässigkeit des Schmuckes und dessen Bedeutung als Kunstsymbol* (1856) benennt er drei Klassen von schmückenden Gegenständen, die die drei Dimensionen des Raumes aus der Materialität des eigenen Körpers heraus entwickeln.

> *„1.* Der Behang. *2.* Der Ring. *3. Diejenige Gattung des Schmuckes, für welchen ich in Ermangelung einer gegebenen und selbstverständlichen Bezeichnung genötigt bin, einen besonderen Namen zu erfinden; ich will sie* Richtungsschmuck *nennen […]."*[358]

Mit Behang sind Nasen- und Ohrgehänge gemeint, die die Symmetrie und die Vertikale betonen. Nach jeder Bewegung bringen sie Ruhe und Gleichgewicht zurück und richten sich nach der Geometrie des Körpers. Der Ringschmuck wie Halsketten, Gürtel, Ringe oder Armreife berührt den Körper unmittelbar, gliedert ihn horizontal und akzentuiert seinen proportionalen Aufbau. Mit Richtungsschmuck werden flatternde Elemente wie Helmzierden, Bänder oder Frisuren gemeint, die Anmut und Charakter der Erscheinung unterstützen. Der sogenannte Kardinalpunkt, der Mittelpunkt der Beziehungen aller drei Punkte, ist die ‚Inhaltsangemessenheit', die das

---

[356] Eisenman, 1995, S. 213

[357] Lars Spuybroek im E-mail Interview mit Andreas Ruby. „Where Space gets lost." in: Joke Brouwer (Hrsg.). *The Art of the Accident*. NAI Publishers/V2_Organisatie, Rotterdam, 1998, S. 138

[358] Gottfried Semper. *Über die formelle Gesetzmässigkeit des Schmuckes und dessen Bedeutung als Kunstsymbol. Schriften zur Kunsttheorie III.* Alexander Verlag, Berlin, 1987, S. 11

Formell-Schöne zugleich als gut und zweckmäßig erscheinen lässt. Durch die Ordnung des Schmuckes kann sich der Mensch seines Körpers gewahr werden.

Trotz der unkonventionellen Herleitung dieser Raumauffassung bleiben diese und andere historische Raumauffassungen euklidisch bzw. kartesianisch. Erst Anfang des 20. Jahrhunderts führen moderne Künstler neue Raumkonzepte in die Malerei ein: der Kubismus in Frankreich (ca. 1907–1920), der Futurismus in Italien (ca. 1909–1944), der Expressionismus in Deutschland (ca. 1910–1920), der Suprematismus in Russland (ca. 1915–1930) und schließlich der Neoplastizismus in Holland (ca. 1917–1944). Für Sigfried Giedion (1888–1968) gelten diese neuen Raummodelle aus der Kunst, in denen der Faktor Zeit mit eingeflossen ist, als Voraussetzung der modernen Architektur. Er möchte den Zusammenhang von Raum, Zeit, Bewegung und Betrachter als eine Entdeckung der modernen Kunst und Wissenschaft und – von ihnen abgeleitet – auch der modernen Architektur darstellen. Die Thematisierung der Zeit in seinem Buch *Raum Zeit Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition* (1941) „hat nun vor allem die Funktion, diese radikale Neuartigkeit der modernen Architektur zu beweisen."[359] Die Quelle für den neuen Raumbegriff ist für Giedion der Kubismus.

> *„Der Kubismus brach mit der perspektivischen Auffassung der Renaissance. Er sah Objekte gleichsam relativ, von verschiedenen Standpunkten aus, von denen keiner die absolute Autorität über die anderen hatte. Indem er Objekte zerlegte, transparent sah, erfasste er sie gleichzeitig von allen Seiten, von oben und unten, von innen und aussen. Er ging um die Objekte herum und drang in sie ein; so wurde den drei Dimensionen, die den Raum der Renaissance umschreiben und die durch so viele Jahrhunderte das konstituierende Element bildeten, eine vierte angefügt: die Zeit."*[360]

Die Übertragung auf ein architektonisches Beispiel für die neue Raum-Zeit-Konzeption als multiperspektivischen Raum sieht er in der *Villa Savoye* (1928–1931) von Le Corbusier und dem Neubau des *Bauhauses* von Walter Gropius in Dessau:

> *„Es ist unmöglich, die Villa Savoie von einem einzigen Blickpunkt aus zu erfassen. Sie ist ein Bau in raumzeitlicher Auffassung."*[361]

> *„Manifestartig erschien hier zum ersten Mal in einem großen Komplex die Durchdringung von Innen- und Außenraum, wie in Picassos ‚L'Arlésienne' von 1911/12 mit seiner simultanen Darstellung von Profil und en face eines Gesichtes."*[362]

Seit Anfang der 1990er Jahre gibt es drei Entwicklungen, die für die Veränderungen der Raumkonfiguration relevant sind: der *Direct Manipulation Boom*, das *Scripting* und die *Mass Customization*.

---

[359] Andreas Ruby. „Space Time Architecture" in: Tom Fecht/Dietmar Kamper (Hrsg.) *Umzug ins Offene. Vier Versuche über den Raum*. SpringerWienNewYork, 1998, S. 142

[360] Sigfried Giedion. *Raum Zeit Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition*. Zürich, 1978, S. 281

[361] Ebd., S. 331

[362] Ebd., S. 311

1) Der sogenannte *Direct Manipulation Boom* macht es durch die Zunahme von Prozessorleistungen und durch den Einsatz von grafischen Benutzeroberflächen technisch möglich, die Entwürfe in Echtzeit zu verändern.[363] Insbesondere die grafischen Benutzeroberflächen machen das *Computing* auch für Nichtspezialisten und Nichtprogrammierer zugänglich.
2) Die Entwurfs- und Ausdrucksmöglichkeiten der Software stoßen allerdings schnell an Grenzen, die durch das Programmieren überwunden werden können. Das sogenannte *Scripting* zeigt dem Entwurfsdenken eine neue Richtung auf. Es ist möglich, eigene Regeln für die Formgenerierung aufzustellen, sie zu testen, um sie gegebenenfalls wieder umzuschreiben und mit ihnen zu spielen.[364]
3) Die *Mass Customization* steht für eine kundenspezifische Fertigung zu den Kosten einer Standardlösung.[365] Sie überträgt die lang bewährte Fertigungstechnologie der Auto-, Luft- und Raumfahrtindustrie auf die Architektur und verändert die Arbeitsweise des Architekten.

Mit der Architektur des *Non-Standard* beginnt in den 1990er Jahren eine Revolution der Produktionsbedingungen von Architektur. Dabei geht es nicht um die Demonstration der „Machbarkeit willkürlicher Formen", sondern „um einen neuen Umgang mit Komplexität".[366] Viele sehen *Non-Standard* auch als Befreiung von den ideologischen Fesseln der Moderne an, da sie nicht standardisierte Individualitäten und Variationen ermöglicht. Die Veränderungen der Raumkonfiguration in der *2. Phase* liegen im Wechsel der Dimensionen und Perspektiven begründet: zum einen bewegt sich das direkte Bearbeiten der Splines visuell im dreidimensionalen Raum unter Einbeziehung der Komponenten Bewegung und Zeit; zum anderen reduziert das *Scripting* das Entwerfen auf eine zweidimensionale Information als Text.[367] Als Grundlage für den Entwurf gelten Daten und Informationen, die dem Raum abstrakte Sachverhalte zuordnen und grafisch als *Diagramme* dargestellt werden.

---

[363] Vgl. Kapitel *III.3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)*, S. 78

[364] Am *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) führt John Maeda 1996 als einer der ersten javabasierte Entwurfsansätze ein. Veröffentlichungen wie *Design by Numbers* (1999) oder *Creative Code* (2004) führen dazu, dass einfach programmierte Algorithmen zu ästhetischen Wegbereitern einer neuen Formgebung werden. Vgl. Malcolm McCullough. „20 Years of Scripted Space" in: Carpo, 2013, S. 186

[365] Vgl. B. Joseph Pine II. *Mass Customization: The New Frontier in Business Solutions*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1992

[366] William J. Mitchell, referiert bei *GAM.06 Nonstandard Structures*, Springer-Verlag, Wien, 2010, S. 4

[367] Zusätzlich wird es durch die *CAD/CAM*-Technologien und durch die generativen Fertigungsverfahren (wie z.B. das *Rapid Prototyping*) erforderlich, neue Dateiformate und Export-Schnittstellen (wie z.B. die *STL-Schnittstelle*) einzuführen.

4.1. *horizontality* – allgemeine Definition

Abgeleitet von dem Wort ‚Horizont', das die Grenzlinie zwischen der sichtbaren Erde und dem Himmel definiert, bedeutet *horizontality* die waagerechte Ausrichtung einer Ebene oder Linie, die rechtwinklig zur vertikalen Lotrichtung steht. Die Operation *horizontality* lässt ein ehemals vertikal stehendes Subjekt in die Horizontale kippen. Dadurch verändert sich auch unsere Perspektive auf den in die Horizontale gebrachten Gegenstand.

Der Text *Mund* in Batailles Wörterbuch spielt auf das Oszillieren des Menschen zwischen den zwei Polen der Vertikalität und der Horizontalität an. Vertikalität steht für die Achse des menschlichen Körpers, der sich durch das Aufrichten vom Tiersein befreit und die zivilisierte Kultur begründet hat. Horizontalität steht für die Achse des tierischen Körpers, der triebhaft gesteuert ist und stets ums Überleben kämpft.

> *„Es ist leicht hierbei zu beobachten, dass das erschütterte Individuum den Kopf hebt, indem der Hals wie besessen gereckt wird, auf eine Weise, dass der Mund sich, soweit es möglich ist, in die Verlängerung der Wirbelsäule stellt,* das heisst in die Position, die er normalerweise beim Tier einnimmt. *Als wenn explosive Triebkräfte direkt aus dem Körper durch den Mund in Form von Gebrüll hervorbrechen müssten. Dieser Umstand hebt die Bedeutung des Mundes […] (als) Öffnung tiefer körperlicher Triebkräfte: […] sobald die Triebkräfte heftig werden, ist er (der Mensch) gezwungen, auf die viehische Art zurückzugreifen, um sie freizusetzen."*[368]

Die belgische Choreografin und Tänzerin Anne Teresa de Keersmaeker arbeitet seit über zehn Jahren an ihrem Tanzstück *Vortex Temporum*. Darin stehen Musiker und Tänzer gemeinsam auf der Bühne und bewegen sich kreis- bzw. spiralförmig. Zentrales Element des Stückes ist die relativ simple Bewegung der Aufrichtung der Wirbelsäule, die sich „von der horizontalen zur vertikalen Ebene" vollzieht. Für de Keersmaeker ist diese Aufrichtung „eine Art grundlegender, architektonischer Motor der menschlichen Bewegung".[369]

Eine zentrale Strategie des Informellen ist genau der umgekehrte Moment: die Rotation von der vertikalen in die horizontale Ebene. Dahinter steht das Bestreben, gegen gesellschaftliche Bezugsregeln zu revoltieren und kulturelle Beziehungsgeflechte aufzulösen.

> *„So the work of* informe/formless *can be seen in work that horizontalizes in order to remove the control of ‚what is to be seen' through mankind's ‚expanded' vision."*[370]

Drei Beispiele aus dem Ausstellungskatalog von Bois und Krauss stehen für die Operation *horizontality*: Paul Cézanne *Stillleben mit Putto* (um 1895), Jackson Pollock *Drip Painting* (seit 1946) und Leo Steinberg *The Flatbed Picture Plane* (1972).

---

[368] Georges Bataille. „Mund" in: Kiesow/Schmidgen, S. 64

[369] Vgl. *http://www.derbund.ch/agenda/buehne/Auf-der-vertikalen-Achse-der-Wirbelsaeule/story/21937874*, abgerufen am 10.03.2015

[370] Paul Hegarty. *Formal Insistence.* in: „The Semiotic Review of Books 13 (2)", 2003, S. 7

Perspektivische Raumdarstellungen gibt es seit der Antike. Der Unterschied zur neuzeitlichen Perspektive seit Brunelleschi, Alberti und Dürer ist, dass der Bildraum geometrisch konstruiert ist. So fasst Albrecht Dürer (1471–1528) in seinem Buch *Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheyt* (1525)[371] die Zentralperspektive als mathematisch-geometrisches Verfahren zusammen, bei dem für den Aufbau des perspektivischen Bildes das Auge eines aufrecht stehenden Menschen verbindlich ist. Die Konzeption des Bildes repräsentiert eine visuelle Weltansicht. Das Gemälde steht für ein zur Welt hin geöffnetes Fenster, das den Bildraum erweitert wie z.B. Dürers *Selbstbildnis mit Landschaft* (1498) und *Madonna mit Kind* (1504/07). Ähnliches findet sich schon bei Leon Battista Alberti in seiner Abhandlung *De Pictura* (1435):

> *„Als erstes zeichne ich auf der zu bemalenden Fläche ein rechtwinkliges Viereck von beliebiger Größe; von diesem nehme ich an, es sei ein offenstehendes Fenster, durch das ich betrachte, was hier gemalt werden soll; […].“*[372]

Im Gegensatz dazu ist der französische Maler Paul Cézanne Mitte des 19. Jahrhunderts in seinen Bildern mehr an der Anordnung der Formen und Farben auf der Fläche interessiert als an einer guckkastenartigen Darstellung der Raumes, bei der es eine klare Abgrenzung zwischen vertikalen und horizontalen Linien im Bildaufbau gibt. In seinem Bild *Stillleben mit Putto* wird die perspektivische Darstellung gänzlich aufgehoben. Wo Raumgrenzen auftauchen, verlaufen sie nicht parallel zu den Grenzen des Bildes und so verlieren auch Horizontale und Vertikale ihre absolute Bedeutung. Die Gegenstände stehen in keinem nachvollziehbaren Verhältnis zum Bildraum und nur die Puttostatuette behält ihre absolut aufrechte Postion, als wollte sie dem räumlichen Verwirrspiel trotzen oder es gerade betonen.

Ende der 1940er Jahre revolutioniert der US-amerikanische Maler Jackson Pollock mit der Erfindung der ‚getropften Malerei' (*Drip Painting)* die Maltechnik.[373] Als Vorreiter dieser Maltechnik gilt der surrealistische und dadaistische Maler Max Ernst, der in seinem Bild *Der verwirrte Planet* (1942) eine ähnliche Technik anwendet: die Oszillation.[374] Die schwarzen Linien auf den hellblauen und gelben Hintergründen sind durch Farbe entstanden, die aus einem Loch in der Dose fließt. Die Dose hängt an einer Schnur und lässt durch oszillierendes Hin- und Herschwingen diese grafischen Muster entstehen. Jackson Pollock nimmt diese Maltechnik auf und begründet mit ihrer Weiterentwicklung den amerikanischen abstrakten Expressionismus.[375] Seine großformatigen Bilder entstehen, indem er die Leinwand auf den Boden legt. Große Pinsel werden in Farbe getaucht und diese wird mit Kraft und Schnelligkeit auf die Leinwand getropft

---

[371] Vgl. Christoph J. Scriba. Peter Schreiber. *5000 Jahre Geometrie*. Springer, Wien, 2009, S. 283

[372] Leon Battista Alberti. Oskar Bätschmann/Sandra Gianfreda (Hrsg.). *Della Pittura – Über die Malkunst*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG), Darmstadt, 2013, §19, S. 93

[373] Vgl. Bois/Krauss, S. 28 und S. 126 ff.

[374] Lothar Fischer. *Max Ernst*. Rowohlt, Reinbek, 1979, S. 106 f.

[375] Vgl. Leonhard Emmerling. *Pollock*. Taschen, Köln, 2016

oder geschleudert. Pollock beginnt auf dem Boden zu malen, auf seinen Bildern zu laufen und instrumentalisiert die Schwerkraft für den Herstellungsprozess.

Der US-amerikanische Kunsthistoriker und Kunstkritiker Leo Steinberg sieht in dem künstlerischen Vorgehen Robert Rauschenbergs eine noch konsequentere Durchführung der Horizontalität. Seine *Combine Paintings*[376] sind eine Art neodadaistischer Collagen, die jeglicher Tiefe beraubt sind und zu reinen ‚Flachbett-Oberflächen' geworden sind: Fotos, Postkarten, Comics, Tapetenreste, Zeitungsausschnitte oder gefundene Gegenstände sind auf der Oberfläche platziert. Diese werden zum Teil übermalt, falls sie zu räumlich wirken. Ist Räumlichkeit jedoch explizit gewünscht, so stellt Rauschenberg das tatsächliche Objekt auf die Oberfläche wie z.B. die Angoraziege in einem Autoreifen bei seinem bekanntesten Werk *Monogram* (1959). Steinberg thematisiert in seinem Text *The Flatbed Picture Plane* (1972)[377] die reinen ‚Flachbett-Oberflächen', indem er auf die *Flachbett-Druckpresse* (engl. ‚flatbed printing press') Bezug nimmt. Der Vergleich mit der Druckpresse und dem daraus resultierenden Wortspiel repräsentiert seiner Meinung nach am besten die aufkommende Malweise in der horizontale Bildebene mitsamt ihrer Flachheit.

> *„The picture conceived as the image of an image. It's a conception which guarantees that the presentation will not be directly that of worldspace […]."*[378]

[376] Vgl. Bois/Krauss, S. 59

[377] Leo Steinberg. *Other Criteria*. The University of Chicago Press, Chicago, 2007

[378] Leo Steinberg, zitiert bei John Macarthur. *The Picturesque: Architecture, Disgust and Other Irregularities. The Classical Tradition in Architecture*. Routledge, 2013, S. 227

4.2. *horizontality* und das Informelle – künstlerische Ansätze

Der Operation *horizontality* können drei Charakteristika des Informellen[379] zugeordnet und mit künstlerischen Arbeiten belegt werden.

Erstens, *horizontality* zielt nicht auf die Darstellung von Raum oder auf die Erzeugung von Raumwirkung; perspektivische Darstellungen spielen eine untergeordnete Rolle; mit dem Kippen der Raumachse wird die horizontale Ebene und ihre Flächigkeit betont. Anhand Paul Cézannes Bild *Stillleben mit Putto* wurde aufgezeigt, wie sich die perspektivische Darstellung gänzlich aufhebt. Mit Jackson Pollock wurde in die neue Maltechnik des *Drip Painting* eingeführt, die für die Malweise auf der horizontalen Ebene wegweisend ist und im Folgenden vertieft dargestellt wird, wie z.B. bei:

1) Robert Morris (*1931)[380] fertigt Ende der 1960er Jahre Arbeiten aus Filz an. Mit den *Felt Pieces* begründet er seine Theorie der *Anti Form* (1968), in der er das Material von auferlegten Formvorgaben befreit. Er hängt schwere Filzbahnen an die Wand, in die, vorher, als sie auf dem Boden lagen, lineare Muster geschnitten wurden. Die Schwerkraft ist in der Aufhängung die formgebende Kraft und lässt die Schnitte als sich selbst schaffende Öffnungen erscheinen. Es gibt kein vorgegebenes ästhetisierendes Ende der Form, nur viele separate, idealisierte Endzustände, die aber wiederum auf die ursprüngliche horizontale Lage der Filzbahnen verweisen.

   „Form is not perpetuated by means but by preservation of separable idealized ends. […] The focus on matter and gravity as means results in forms that were not projected in advance. […] Random piling, loose stacking, hanging, give passing form to the material."[381]

2) Wols (1913–1951)[382] wendet in seinen Ölbildern antiakademische Techniken an, die für das Pariser Publikum damals ein Schock sind. In seinem Bild *It's all over the city* (1947) experimentiert er mit verdünnter Farbe, die in mehreren Lagen über die schräg gehaltene Leinwand fließt. Mit Pinselstiel, Messer oder Gabel kratzt er Furchen in die Farbe. Die Tropfnasen und entstandenen Fließspuren zeugen von dem Moment des Kippens der Raumachsen.

3) Mark Tobey (1890–1976)[383] gilt mit der Malmethode, die er in seinen *White Writings* anwendet, als Wegbereiter für das *Action Painting*. Beeinflusst von chinesischer Malerei

---

[379] Vgl. Kapitel *II.1.2. Charakteristika des Informellen,* S. 15

[380] Vgl. Catherine Grenier. *Robert Morris: [rétrospective 1961–1994].* Ausstellungskatalog, Éditions du Centre Pompidou, Paris, 1995

[381] Robert Morris. „Anti Form" in: *Continuous Project Altered Daily: The Writings of Robert Morris. An October Book.* The MIT Press, 1993, S. 45

[382] Vgl. Werner Haftmann (Hrsg.). *Wols Aufzeichnungen. Aquarelle. Aphorismen. Zeichnungen.* DuMont, Köln, 1963

[383] Vgl. Mark Tobey. *Monotypien, Tempera, Mischtechniken, Druckgrafik.* Ausstellungskatalog, Frankfurter Kunstkabinett Hanna Bekker vom Rath, Frankfurt, 1971

und kalligrafischer Kunst entstehen diese in einer Mischtechnik. Das Bild *Canticle* (1954) zeigt eine weiße netzwerkartige Struktur auf farbigem Grund. Mit seinem vibrierenden Charakter erinnert die Struktur an die *Brownsche Bewegung*, die die Wärmebewegung von Teilchen in Flüssigkeiten beschreibt. Die vibrierende Struktur zieht den Betrachter in das Bild.

4) Der mexikanische Maler und Revolutionär David Alfaro Siqueiros leitet 1936 in seinem New Yorker Loft eine Malaktion an, bei der die anwesenden Kunststudenten, unter ihnen auch Jackson Pollock, Banner und Fahnen für die bevorstehende Demonstration herstellen sollen. Siqueiros, der sich stark politisch engagiert, protestiert gegen die veralteten Konventionen einer sterbenden Bourgeoisie-Kultur der Staffelei-Malerei.[384]

„Down with the stick with hairs on its end."[385]

Die Banner und Fahnen liegen während des Herstellungsprozesses auf dem Boden. Nach Fertigstellung hängen sie wieder an der Wand und auf dem Boden bleiben die Farbrückstände als Silhouetten übrig, die das eigentliche Zeugnis und Bild der Revolution darstellen. Für Jackson Pollock[386] ist dieses Erlebnis eine Initialzündung und er beginnt selbst auf dem Boden zu malen und auf seinen Bildern zu laufen. Es entstehen völlig freie Bilder mit ineinander verwobenen Farbstrukturen wie z.B. *Kathedrale* (1947). In *Full Fathom Five* (1947) integriert Pollock Krimskrams wie z.B. Nägel, Knöpfe, Münzen, Streichhölzer oder Zigarettenstummel. Auf der Oberfläche des Bildes dienen sie als Zeugen des horizontalen Schaffensprozesses. Mit Werken wie z.B. *Number 1* (1948), *Autumn Rhythm Number 30* (1950) oder *Convergence* (1952) entstehen Bilder, die netzartige Strukturen aufweisen. Kritiker vergleichen die Wirkung von Pollocks Bildern immer wieder mit der Fähigkeit eines Netzes, „ein Opfer einzufangen und festzuhalten."[387]

„Nun erheben sich aus den schwarzen Netzen und Verschlingungen Gesichter und Figuren in ständig wechselnden Variationen, hier sehr deutlich zu erkennen, dort nur angedeutet."[388]

„Wir können, wie eine Spinne, mitten in dem Gebilde sitzen und bleiben im Hintergrund geschützt, in dem großen Netz verborgen."[389]

Zweitens, *horizontality* lässt im Schaffensprozess die Einbindung des Zufalls zu. Durch das Kippen der Raumachse und den einhergehenden Perspektivwechsel entwickelt sich eine neue

[384] Vgl. Bois/Krauss, S. 93 (ü.d.V. sinngemäß)

[385] Rosalind E Krauss. *Line as language: six artists draw*. The Art Museum, Princeton University, 1974, S. 289; vgl. Steven Naifeh. Gregory White Smith. *Jackson Pollock: An American Saga*. New York, Harper/Collins, 1989, S. 284–290

[386] Vgl. Emmerling, 2016; und vgl. Naifeh/Smith, 1989

[387] Michael Leja. „Pollock und die informelle Kunst" in: Susanne Anna (Hrsg.) *Die Informellen – von Pollock bis Schumacher*. Hatje Cantz Verlag, 1999, S. 54 f.

[388] James Fitzsimmons, zitiert ebd., S. 54 (ü.v. Leja)

[389] Dore Ashton, zitiert ebd. (ü.v. Leja)

Herangehensweise an das Material Farbe, die das Unbewusste und den Zufall durch das Gestische integriert, wie z.B. bei:

1) In den frühen 1940er Jahren experimentiert Jackson Pollock mit anderen Künstlern wie Robert Motherwell, William Baziotes und Roberto Matta mit der surrealistischen Technik der *Écriture automatique* (dt. ‚Automatisches Schreiben'). In Auseinandersetzung mit den Schriften Sigmund Freuds und C. G. Jungs ist das Unbewusste eine neue Quelle der Kunst. Unbewusstes taucht nun auch durch das gestische Malen auf der Horizontalen in den Bildern auf.

   „Die Experimente der Écriture automatique richteten sich darauf, Bilder einer anderen, einen ‚Über'-Wirklichkeit zutage zu fördern, welcher die Künstler größere Bedeutung beimaßen als aller rational erfahrbaren Wirklichkeit. Sie waren Mittel der freien Assoziation, der systematischen Befreiung der Worte von ihren Signifikationen, der Neuordnung von Kontexten und ein Wechselspiel zwischen Spontaneität und Kontrolle."[390]

2) Der Zufall ist Teil des Wechselspiels zwischen Spontaneität und Kontrolle, wie Andy Warhols *Oxidation Paintings* (1978)[391] zeigen. Diese Bilder, auch *Piss Paintings* genannt, entstehen per Oxidation durch Urin auf Kupferfarbe.[392]
3) Eine Anlehnung an diese Malweise findet sich bei Sam Francis (1923–1994)[393]. Seine charakteristische Technik besteht darin, nicht Urin, sondern Farben in unterschiedlich starken Rinnsalen auf dem Malgrund ineinander fließen zu lassen. In *Ohne Titel* (1962) sind verschieden große Farbkleckse in gelb, blau, rot und grün zu sehen, die sich durch die Ermöglichung des Zufalls unterschiedlich vermischen.

Drittens, *horizontality* beinhaltet, in Anlehnung an Leo Steinbergs Text *The Flatbed Picture Plane* (1972), die Möglichkeit der individuellen Massenproduktion (engl. ‚Mass-Customization'):

1) Die Erfindung des Buchdrucks durch Johannes Gutenberg steht wegweisend für die Massenproduktion von Büchern und anderen Druckerzeugnissen. Marshall McLuhan sieht darin nicht nur die Übermittlung von Wissen und Ideen, sondern auch ihre Multiplikation:

---

[390] Vgl. *Lexikon der Kunst Bd. 7,* Seemann, Leipzig, 1994, S. 142

[391] *http://www.warhol.org/education/resourceslessons/Oxidations-and-Abstraction/*, abgerufen am 29.09.2016

[392] Vielleicht kannte Warhol auch Pier Paolo Pasolinis Film *Teorema – Geometrie der Liebe* (1968), in dem die Geschichte eines Mannes erzählt wird, der alle Mitglieder einer spießbürgerlichen Familie verführt und deren Leben radikal verändert. So wird der Sohn der Familie Künstler und auf der Suche nach einer neuen Malmethode uriniert er auf die am Boden liegende Leinwand. (vgl. Marcus Stiglegger. *Teorema (Pier Paolo Pasolini).* 2013, *http://www.getidan.de/kritik/film/marcus-stiglegger/50238/teorema-pier-paolo-pasolini*, abgerufen am 08.11.2016) Die *Piss Paintings* können auch als ironische Hommage an Pollock gelesen werden, da sie an ein Gerücht über ihn erinnern. Pollock war dafür bekannt, unter Alkoholeinfluss an ungewöhnlichen Stellen zu urinieren: so geschehen bei der Enthüllungsfeier von *Mural* (1943) in Peggy Guggenheims Appartement, bei der er vor allen Leuten in den Kamin pinkelte. Vgl. Donald Wigal. *Pollock*. Parkstone International, 2015, Einleitung

[393] Vgl. Pontus Hultén (Hrsg.). *Sam Francis*. Ausstellungskatalog, Hatje Cantz Verlag, Berlin, 1993

„The invention of typography confirmed and extended the new visual stress of applied knowledge, providing the first uniformly repeatable commodity, the first assembly-line, and the first mass production."[394]

2) Jean Fautrier[395] versucht mit seiner Idee der *Multiple Originals – pictures produced in an edition of 300*, die einengenden Grenzen von Originalen aufzusprengen, wie z.B. *Les Otages* (1950).

„In any case, as long as painting will limit itself exclusively to a stale technique, exhausted by four centuries – oil paint – *it will lead to a precious object whose magic has ceased to move us* – the unique work – *with all the disgust it already elicits, for us, at its sacred and ephemeral touch; the work that, through its rarity, pushes against the forward-moving tide of an industrial culture; by its rarity, leads to this sort of historical demonstration* – the museum – *where it displays itself in a void."*[396]

Fautriers Beitrag möchte die Autorität und die Originalität der Autorschaft untergraben. In diesem Sinne sind Monets 251 *Seerosenbilder* auch eine Art Serie echter, vielfacher Originale.[397]

---

[394] Marshall McLuhan. *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*. Univ. of Toronto Press, 1962, S. 124

[395] Vgl. Sonja Jehle/Michael Haas (Hrsg.). *Jean Fautrier, 1898 bis 1964, das Frühwerk*. Ausstellungskatalog, Galerie Michael Haas, Berlin, 1998

[396] Bois/Krauss, 1997, S. 122

[397] Ebd., S. 124 (ü.d.V. sinngemäß)

4.3. *horizontality* vs. Raumkonfiguration

Aufgrund des Ausstellungskatalogs von Bois und Krauss wurden Aspekte des Informellen mit der Technik der *horizontality* in Zusammenhang gebracht und ihr Vorhandensein an Werken informeller Künstler nachgewiesen. Dies soll als Basis für Vergleiche mit Techniken der Raumkonfiguration im digitalen Entwerfen dienen.

Um das zweite Begriffspaar ‚*horizontality* vs. Raumkonfiguration' differenziert vergleichen zu können, werden die im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeiteten drei Aspekte der Operation *horizontality* zusammengefasst und mit prägnanten Begriffen charakterisiert.

1) Das Kippen der Raumachsen und der Wechsel der Perspektive begründen die Flachmalerei. Im Gestischen (Aktion, Bewegung und Geschwindigkeit) ist der Zufall und das Unbewusste integriert. Die vertikale Achse wird zur horizontalen Achse hin abgesenkt und durchtrennt dadurch die Beziehung zu Tradition und Kultur: *lowering*.
2) Die Massenproduktion von Büchern durch die Erfindung des Buchdrucks steht wegweisend für deren Weiterentwicklung bis hin zu den ersten Ansätzen für die kundenindividuelle Massenproduktion (Mass-Customization): *being repeatedly unique*.

2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)			
horizontality		Raumkonfiguration	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *lowering*	▪ Wols ▪ Mark Tobey ▪ Jackson Pollock ▪ Sam Francis	▪ *diagramming*	▪ *UNStudio* ▫ Ben van Berkel ▫ Caroline Bos ▪ *OMA*d ▫ Rem Koolhaas ▪ *MVRDV*
▪ *being repeatedly unique*	▪ Jean Fautrier	▪ *objectile* ▪ *versioning*	▪ Bernard Cache ▪ Greg Lynn ▪ *SHoP Architects*

4.3.1. *lowering* vs. *diagramming*

Unter den Begriff Diagramm fällt fast alles, was grafisch dargestellt werden kann.[398] Eine wesentliche Aufgabe des Diagramms ist es, Zusammenhänge zu verdeutlichen. Je nach Kontext und Zielsetzung sind diese codiert und können nur mit Vorwissen analysiert und verstanden werden. Allen Diagrammen gemeinsam ist das Erklärende. Sie reduzieren komplexe Zusammenhänge auf einfache, überblickbare Aussagen und zeichnen sich durch einen hohen Abstraktionsgrad aus.[399] Diagramme in der Architektur sind so alt wie die Architektur selbst. Der *AD*-Reader *The Diagrams of Architecture* (2010), herausgegeben von Mark Garcia, enthält einen guten Überblick über die Geschichte und Theorie der Diagramme in der Architektur,[400] dem die Arbeit in den folgenden Ausführungen folgt. So ist *Stonehenge*[401] in England als eine von Menschen erzeugte Ansammlung von Steinen genauso ein Diagramm wie die Petroglyphen[402] (in Stein gearbeitete Felsbilder aus prähistorischer Zeit) aus der Grotte von *Pair-non-Pair* in Frankreich. Le Corbusiers Zeichnung des *Maison Dom-Ino* (1914)[403] gibt das Gestaltungsprinzip des Typus wieder und ist genauso ein Diagramm wie Christopher Alexanders konzeptuelle Darstellung einer Stadtstruktur in seinem Essay *A City is not a Tree* (1965). Seit Mitte der 1990er Jahre entwickelt sich das Diagramm zu einer Entwurfsmethode, die sich durch Architekturbüros und Architekten wie z.B. *OMA*, *MVRDV*, *UNStudio*, Peter Eisenman, Zaha Hadid, Lars Spuybroek, Bernard Tschumi oder *FOA* verbreitet und etabliert. Philosophische Theorien von Charles Sanders Peirce (1839–1914), Michel Foucault (1926–1984), sowie Gilles Deleuze (1925–1995) und Félix Guattari (1930–1992) halten Einzug in die architekturtheoretische Auseinandersetzung mit dem Diagramm. Im Zusammenhang mit der Operation *diagramming* steht weniger ein Überblick als vielmehr die Ausrichtung der Diagramme in Bezug auf ihren informellen oder formellen Charakter im Vordergrund. Welche Verwendungsmodi des Diagramms als Entwurfsmethode bewegen sich in der Nähe der informellen Operation *lowering*?

Im Wesentlichen hat die Operation *diagramming* eine Veränderung der traditionellen Rolle des Architekten eingeleitet. Die Kräfte, mit denen sich der Architekt bisher befasst hat, waren Probleme der Schwerkraft und der Statik und entsprachen hauptsächlich einer vertikalen Ausrichtung. Das Diagramm als eine Art der Darstellung, die als Vorstufe eines Entwurfs an die Stelle des Modells und der Zeichnung gestellt wird, kennt kein Oben und Unten und befasst sich

---

[398] Eine Übersicht über mögliche Diagrammarten vgl. *http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html,* abgerufen am 08.04.2015

[399] Oya Atalay Franck. „Architekturdiagramme und diagrammatische Architektur. Das Diagramm: erklärende Illustration oder Mittel zur Formfindung?“ in: *Tec21*, *Heft 8 (Neo-)Strukturalismus*. Band 128, 2002, S. 13

[400] Mark Garcia (Hrsg.). *The Diagrams of Architecture*. John Wiley, Chichester, 2010

[401] Vgl. Bernhard Maier. *Stonehenge. Archäologie, Geschichte, Mythos*. C.H.Beck, München, 2005

[402] Vgl. Michel Lorblanchet. *Höhlenmalerei: Ein Handbuch*. Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2001

[403] Vgl. Katja Marek. *Le Corbusier: Domino*. Vdm Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, 2008

hauptsächlich mit in der Fläche wirkenden Kräften. Architekten beginnen, Informationen zu organisieren und zu kanalisieren, die in Form von horizontalen und unspezifischen Kräften auftauchen, wie z.B. wirtschaftliche, politische, kulturelle, lokale und globale Ströme:

> *„The role of the architect in this model is dissipated, as he or she becomes an organiser and channeller of information, since rather than being limited to the decidedly vertical – the control and resistance of gravity, a calculation of statics and load – ‚forces' emerge as horizontal and non-specific (economic, political, cultural, local and global).“*[404]

Wie der Wechsel der Perspektive in der informellen Kunst die Flachmalerei in der horizontalen Ebene begründet, so begründet die Einführung des Diagramms als Entwurfsmethode in der Architektur ebenfalls einen Wechsel der Perspektive. Zwar ist das Diagramm keine Vorabbildung eines zu entwerfenden Gebäudes wie die Architekturzeichnung, aber es fließen neue konzeptionelle Parameter mit ein. Sie dienen zur Ordnung der Funktionen und ihrer Beziehungen sowie der vermuteten Flüsse und Ströme, die das zukünftige Gebäude durchqueren werden. Andy Warhol führt als einer der ersten das Diagramm als informelles Moment in die Kunst ein. Er beginnt seit den 1960er Jahren die Happening- und Performance-Kunst ironisch zu kommentieren. Mit der aus sieben Bildern bestehenden Serie der *Dance Diagrams* (1962) verhöhnt er Jackson Pollocks horizontale Malweise der *Drip Paintings*. Als Bildvorlage dient Warhol die einfache grafische Darstellung aus dem *Dance Guide Book „Fox Trot Made Easy“* (1956), die die zu tanzende Schrittfolge als durchnummerierte Schuhabdrücke zeigt. Die symbolischen Fußspuren im ersten Bild der Serie *Fox Trot: „The Double Twinkle – Man“* (1962) entsprechen der Größe eines durchschnittlichen Erwachsenen, womit der Betrachter zum Tänzer und das Bild durch die horizontale Ausrichtung zum Tanzboden wird. „Als ‚Gemälde' hat es keine malerische Qualität. Es handelt sich um Malerei über eine Aktion, aber nicht mit Mitteln einer Aktion, und somit um das Gegenteil von *Action Painting*.“[405] Warhol geht noch einen Schritt weiter, indem er die Wiedererkennbarkeit eines Bildes durch die Handschrift des Künstlers vermeidet und dadurch die Kunst von der Künstlerpersönlichkeit trennt.

> *„Ich wollte nie Maler werden; ich wollte Stepptänzer werden.“*[406]

In der Architektur untersucht Peter Eisenman seit vielen Jahrzehnten die Rolle des Diagramms. Beginnend in seiner Doktorarbeit *The Formal Basis of Modern Architecture* (1963), widmet er sich der formalen Grundlage der modernen Architektur. Er analysiert die Form markanter Gebäude, illustriert diese in präzisen Handzeichnungen und sieht deren Merkmale als Grundlage der architektonischen Komposition an. Eisenman setzt in seinem Text *Diagram. An*

[404] Robert E. Somol. „Dummy Text, or the Diagrammatic Basis of Contemporary Architecture“ in: Garcia (Hrsg.), S. 90

[405] Vgl. Mario Kramer. *Andy Warhol Dance Diagram 1 (Fox Trot: „The Double Twinkle – Man“).* 1962, *http://mmk-frankfurt.de/fileadmin/user_upload/Sammlungsblaetter/Andy_Warhol_Dance_Diagram.pdf*, abgerufen am 08.04.2015

[406] Interview mit Andy Warhol von Gretchen Berg. *Nothing to Lose*. in: Enno Patalas. *Andy Warhol und seine Filme*. Heyne, 1971, S. 13

Original Scene of Writing (1999)[407] die diagrammatische Entwurfsarbeit mit der Arbeit des Schreibens in Beziehung. Für ihn ist das Diagramm der Architektur stets eingeschrieben: es vermittelt zwischen der Geschichte der Architektur und der Art, wie es auf das bestehende Gebäude zurückgeführt werden kann. Als Beispiel führt er Rudolf Wittkowers systematische Theorie der harmonischen Proportionen an. Dieser analysiert in *Architectural Principles in the Age of Humanism* (1949) elf Villen Andrea Palladios und entdeckt ein gemeinsames Grundschema, das er mit den Neun-Quadrat-Zeichnungen belegt. Dadurch kann zwar das Werk Palladios besser erklärt werden, aber wie er gedacht und gearbeitet hat, bleibt im Verborgenen. Diese unsichtbaren Linien und Spuren macht Eisenman wieder sichtbar, indem er die Fassaden- und Grundrisszeichnungen mit diagrammatischen Spuren überlagert, wie z.B. in den Plänen von Palladios Kirche *Il Redentore* (1592) in Venedig in seiner Analyse *Diagrams of Anteriority* (1982). Die aufgedeckten Spuren vermitteln zwischen der Geschichte (Vergangenheit), dem bestehenden Gebäude (Gegenwart) und möglichen anderen Formen des Gebäudes (Zukunft).[408] Das Diagramm ist für Eisenman keine darstellerische Methode, sondern eine ausführende, performative Methode; kein Werkzeug des Realen, sondern ein Werkzeug des Virtuellen. Das Diagramm erweitert die Architektur, indem es neue, virtuelle Gebiete eröffnet, in denen sie gedacht werden kann.

> *„Das Diagramm vertritt einen offenen, generativen Entwurfsprozess, der zwischen der ungeordneten Komplexität der Informationsgesellschaft und den Erfordernissen der Architektur zu vermitteln verheißt. Das Diagramm ist vorläufige Formulierung noch zu verwirklichender Absichten, eine Lern- und Veränderungsmaschine."*[409]

Gilles Deleuze und Felix Guattari führen in ihrem Buch *Tausend Plateaus* (1980) die Begriffe Diagramm und Maschine zusammen, indem sie den Begriff der abstrakten Maschine vorschlagen:

> *„Eine abstrakte Maschine an sich ist nicht physisch oder körperlich, und auch nicht semiotisch, sie ist* diagrammatisch. *Eine abstrakte Maschine ist die reine Materie-Funktion – das Diagramm. […]"*[410]

Unter abstrakten Maschinen begreifen sie immaterielle Maschinen, die innerhalb physischer, psychischer und semiotischer Prozesse arbeiten, ohne diesen Prozessen selbst anzugehören oder als Materie physikalisch geformt zu sein. Die abstrakten Maschinen sind Vorformen physischer oder zeichenhafter Grammatiken, eine Art Karte (Diagramm), auf der sich die Semiosis von Ausdrucksformen und Inhaltsformen vollzieht.[411] Gilles Deleuze sieht im Werk Francis Bacons das Vollziehen der Zeichenfindung und untersucht die diagrammatischen Aspekte.[412] „Am

---

[407] Erschienen in: Peter Eisenman. *Diagram Diaries*. Thames and Hudson, 1999

[408] Vgl. Garcia, 2010, S. 94 f.

[409] Gerrit Confurius. „Editorial" in: *Diagrammanie. Daidalos Nr. 74*., Januar 2000, S. 5

[410] Gilles Deleuze. Felix Guattari. *Tausend Plateaus. Kapitalismus und Schizophrenie II*. Hrsg. v. Günther Rösch, Merve Verlag, Berlin, 1992, S. 195

[411] Der Ausdruck wurde von Charles Sanders Peirce eingeführt, der damit den Prozess definiert, in dem etwas als Zeichen fungiert. Vgl. Ulrike Haß. *Das Drama des Sehens: Auge, Blick und Bühnenform*. Wilhelm Fink, 2005, S. 55 f.

[412] Vgl. Gilles Deleuze. *Logik der Sensation. Francis Bacon*. Fink, München, 1995

Anfang der Malerei, so Deleuze, steht nicht die leere Leinwand, sondern das Klischee, das zerbrochen oder aufgeweicht, deformiert werden muß. Im Falle Bacons ist es die Photographie."[413] Besonders beeindruckt war Bacon von den Fotografien Muybridges' aus *The Human Figure in Motion*, die Grundlage vieler seiner ineinander verschlungenen Körperpaare bilden wie z.B. *Three Studies of Figures on Bed* (1972).[414] Es sind dort drei Phasen eines möglichen Bewegungsablaufs der Körper zu sehen, die durch kreisförmig angeordnete Pfeile erklärt werden. Die Form des Triptychons verhindert eine sequenzielle Lesart der Serie und unterbindet die Möglichkeit, eine Geschichte zu erzählen.

> *„[…] die Zeichen sind gemacht, und man überprüft sie dann, wie man es bei den Kurven eines Diagramms tun würde. Und in diesem Diagramm sind die verschiedensten Möglichkeiten enthalten. […] Sehen Sie, wenn sie zum Beispiel an ein Porträt denken, da hat man einmal den Mund an eine bestimmte Stelle gesetzt, aber plötzlich merkt man, wenn man sich das als ein Diagramm vorstellt, dass der Mund auch quer über das Gesicht verschoben werden könnte. Und irgendwie würde man gerne in einem Porträt eine Sahara der menschlichen Erscheinung verwirklichen – es ähnlich zu machen, aber so, dass es die Weite der Sahara zu haben scheint."*[415]

Für Deleuze ist das diagrammatische Arbeiten irrational, ungewollt, zufällig und frei. Diese Arbeitsweise stellt nichts dar, illustriert nichts, erzählt nichts, bezeichnet nichts und trägt keine Bedeutung in sich. Durch die abstrakte Maschine tritt eine andere Welt hervor:

> *„A Sahara, a rhinoceros skin this is the diagram suddenly stretched out. It is like a* catastrophe *happening unexpectedly to the canvas, inside figurative or probabilistic data. It is like the emergence of another world […] The diagram is the possibility of fact – it is not the fact itself."*[416]

Übertragen auf die Architektur sieht Gerrit Confurius im Diagramm das Potenzial, den Entwurf von fixen Typologien und gebräuchlichen Formentscheidungen zu befreien.[417] Ben van Berkel und Caroline Bos von *UNStudio* sprechen sich in ihrer Veröffentlichung *Move* (1999) deutlich für eine informations- und datengetriebene Diagrammarchitektur aus. Das Diagramm ist für sie ein Werkzeug, das Informationen und Daten komprimiert einsetzt, um innovative Ansätze zu erzeugen. Das Diagramm ist für sie keine Blaupause, keine Ausführungszeichnung, keine Metapher, kein Beispiel, kein Repräsentant und keine Bezeichnung für etwas. Sie beziehen sich stattdessen auf Deleuzes und Guattaris Definition der abstrakten Maschine. Bei dem Entwurf für das *Möbius Haus* (1993) in Het Gooi (Niederlande) steht zu Beginn ein computergeneriertes,

---

[413] Hannes Böhringer. „Von den Knochen rutscht das Fleisch. Expressionistisch: Deleuze über Bacon." in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. 10.10.1995, Nr. 235, *http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/buecher/rezension-sachbuch-von-den-knochen-rutscht-das-fleisch-11301943-p2.html*, abgerufen am 12.04.2015

[414] „Zu den besonders interessanten Aspekten der Baconschen Arbeitsweise gehört sein Umgang mit vorhandenen Bildern. Fotografien und andere Gemälde spielten darin vielfach eine unmittelbar generative Rolle. Sein Atelier hing voller Bilder, die ihm als Quelle für seine Gemälde dienten." Pia Ednie-Brown. „Die Textur der Diagramme. Gedanken zu Greg Lynn und Francis Bacon" in: *Diagrammanie. Daidalos Nr. 74*. Gordon & Breach, Januar 2000, S. 73

[415] David Sylvester. *Gespräche mit Francis Bacon. (Dt. von Helmut Schneider)*. Prestel, München, 1982, S. 56

[416] zitiert bei Garcia, 2010, S. 90

[417] Vgl. Gerrit Confurius. 2000, S. 5

abstraktes Diagramm des Möbiusbandes Pate. Eine zweite, transformierte Version des Diagramms dient dazu, die geforderten Volumina des Raumprogramms zu organisieren. Das Diagramm ist ein Denkmodell, das mannigfaltige Lösungen produziert und neue Tatsachen ans Licht bringt, ohne in Klischees zu verfallen. Ben van Berkel und Caroline Bos vergleichen ihre diagrammatische Arbeitsweise mit der Wirkung, die ein Schwarzes Loch im Universum hat.

> *„The diagram operates like a black hole, which radically changes the course of the project, transforming and liberating architecture."*[418]

Auch das *Office for Metropolitan Architecture (OMA)* integriert als eines der ersten Büros Diagramme in seine Entwurfsprozesse, wie Garcia erläutert.[419] Hauptinput sind nicht direkt architekturspezifische Informationen. Diese Daten werden analysiert, vereinfacht und überspitzt, um die Ausgangssituation aus bekannten und traditionellen Beziehungen herauszulösen. Durch die resultierenden Diagramme können die einzelnen Komponenten frei untersucht und zu neuen architektonischen Konzepten verbunden werden, die den Zeitgeist treffen. So steht für den Entwurf der *Seattle Public Library* (2003) die grundsätzliche Frage im Vordergrund, wie eine heutige Bibliothek im Zeitalter der Informationsgesellschaft neu definiert werden kann. Was kann und muss eine moderne Bibliothek leisten? Früher bildeten Stockwerke mit Fluren und Bücherregalen eine räumliche Organisation, die sich schwerfällig bis gar nicht auf sich verändernde Anforderungen von wachsenden oder schrumpfenden Bereichen einstellen kann. Heute ist ein gleichberechtigtes Nebeneinander von alten und neuen Medien wichtig, das sich auch auf eine flexible und veränderbare räumliche Organisation auswirkt. *OMA* identifiziert durch die Analyse von Daten und anhand gesellschaftlicher Veränderungen programmatische Cluster, die sich in fünf stabilen/geschlossenen und vier instabilen/offenen Plattformen verräumlichen. Das Gebäudekonzept ist in einem Schriftdiagramm als abstrakte Umrisszeichnung des Gebäudes visualisiert und verbindet das Räumliche des Realen mit der diagrammatischen Klarheit des Virtuellen.

Das niederländische Architekturbüro *MVRDV* beschäftigt sich schon seit Ende der 1990er Jahre mit der Erforschung statistischer Daten, um sie für den Architekturentwurf einzusetzen. Die Architekten entwerfen Datenlandschaften, die Entwurfsforschungsansätze und dekonstruktive Systeme ironisch kombinieren.[420] Das *Datascapes*-Konzept wird in *MVRDVs* Installation *Metacity Datatown* (1998–99) das erste Mal publik gemacht und vermittelt ein neues Bild zukünftiger Stadtentwicklung, bei der die Stadt aus purer Information besteht.

---

[418] van Berkel/Bos. 1999, Band 2, S. 25

[419] Garcia, 2010, S. 228 ff. (ü.d.V. sinngemäß)

[420] Vgl. Jormakka, 2008, S. 71

„Datatown is based only upon data. It is a city that wants to be described by information; a city that knows no given topography, no prescribed ideology, no representation, no context. Only huge, pure data."[421]

Es ist der Versuch, eine große Menge von Rohdaten zu sammeln, diese in ein Diagramm zu bringen und zu verräumlichen, um daraus Beispiele für Handlungsanweisungen, Themenkataloge und Aufgaben abzuleiten. Das numerische Herangehen an eine architektonische Aufgabe wirkt der Gegenständlichkeit eines Stils entgegen. Durch diese unverstellte Sicht können neue urbane und architektonische Denkanstöße entstehen und gefördert werden. In der gleichnamigen Publikation zur Installation bildet zum Beispiel das Kapitel *Sector Waste* eine dolomitenartige Berglandschaft ab. Der anfallende Müll ist in unterschiedlich große Haufen auf einer festgelegten Fläche von ca. 328 km^2 unterteilt und stellt dar, wie der Müll nach 150 Jahren in diesem Abschnitt angewachsen sein wird. Basierend auf den Statistiken des Skiortes Chamonix könnten diese „Müllberge" 1.167.857 Besucher beherbergen.[422] Ein weiteres Beispiel ist das Projekt *Pig City* (2000–2001) in Maasvlakte, Rotterdam. Es handelt sich um eine Studie über die Dichte von landwirtschaftlichen Strukturen mit 15,2 Millionen Schweinen. Nachdem *MVRDV* alle relevanten Rohdaten in den Entwurf haben einfließen lassen, leiten sie daraus ihr drastisches Konzept für eine neue räumliche Organisation ab. Information in Form von Ziffern, Nummern und Daten sind für *MVRDV* eine Quelle für die kritische Auseinandersetzung mit kulturellen und gesellschaftlichen Themen, um daraus die Rolle der Architektur im Verhältnis zur Gesellschaft neu zu denken.[423]

Das *diagramming* greift als Operation und informelle Entsprechung des *lowering*. Durch sie ist es möglich, den Fallstricken der Darstellung durch Diagramme zu entgehen. Gleichzeitig birgt die Operation *diagramming* allerdings auch die Gefahr des Missbrauchs auf formaler Ebene. Jesse Reiser und Nanako Umemoto sprechen in ihrer Publikation *Atlas of Novel Tectonics* (2006) drei kritische Warnungen aus, wie mit dem Diagramm als Methode Schindluder getrieben werden kann.[424] Als erstes geht es um die Skalierbarkeit von Diagrammen, die selten mit der Skalierbarkeit von Materialverhaltensweisen korreliert. Am Beispiel des Tautropfens zeigen Reiser und Umemoto, dass innewohnende, formprägende Eigenschaften verloren gehen, wenn der Tautropfen auf die Größe eines Gebäudes skaliert und in ein anderes Material übertragen wird. Gleiches gilt für die Umkehrung, wenn der vorherrschende ausführende Algorithmus aufgrund einer Software-Trägheit den gleichen Ausdruck auf allen Ebenen anwendet, ohne zu

---

[421] Winny Maas. *MVRDV – Metacity Datatown*. 010 Publishers, Rotterdam, 1999, S. 58

[422] Weitere Statistiken ebd., S. 151–180

[423] Das neue räumliche Konzept ist auf der Website als Animation unter dem Projektnamen *Pig City* dargestellt. Die Informationen über das Projekt sind ebenfalls zu finden bei: *http://www.mvrdv.nl/projects/181_pig_city/*. Die Entwurfsphilosophie kann im Original nachgelesen werden bei: *http://www.mvrdv.nl/about/Design_Philosophy/*.

[424] Vgl. Garcia, 2010, S. 250 ff. (ü.d.V. sinngemäß)

differenzieren. Daraus resultiert bei beiden Ansätzen ein Entwurf, der schwerfällig und formal ist. Als zweites geht es um den Missbrauch von Datendiagrammen als Methode zur Formgenerierung. Als Beispiel zeigen sie, wie die geschwungene Dachform einer Wetterstation entsteht. Die Graphen eines Diagramms, die die durchschnittliche jährliche Regenmenge auf dem Baugrundstück zeigen, werden direkt als Splines in ein 3D-Computerprogramm übernommen, um geloftet die Dachform zu generieren. Obwohl die Daten des Wetterdiagramms als strukturgebende Instanz fungieren, sind sie völlig irrelevant für die Formgebung des Daches noch können sie diese rechtfertigen. Hierbei wird der Prozess mit dem Produkt verwechselt. Als drittes geht es um den ermüdenden Ehrgeiz, das Diagramm durch alle Maßstäbe eines Gebäudes mit seinen variierenden Materialien „durchzuschleppen". Wenn das Diagramm mit der Form, der Konstruktion, den Möbeln und den Details des Gebäudes auf allen Ebenen übereinstimmt, ist es formal so vereinfacht, dass der Übergang zur Absurdität sehr nahe liegt. Als Beispiel, das zwar nicht bei Reiser und Umemoto vorkommt, aber dennoch in diesem Zusammenhang angeführt werden kann, können die Imitate des *Chinesischen Nationalstadions der Olympischen Sommerspiele* (2008) von *Herzog & de Meuron* in verschiedenen Maßstäben dienen. So gibt es Handyhüllen in Form der charakteristischen Struktur des Gebäudes; Aschenbecher und Lampen der Außenbeleuchtung auf der Plaza stellen sogar Miniaturisierungen des Gebäudes dar. Neben dem üblichen Kitsch für den touristischen Gebrauch zeigt insbesondere das letzte Beispiel, die Außenbeleuchtung, wie die Struktur durch gleiches Material und Proportion im Kleinen wieder auftaucht – jedoch nur als Imitation der äußeren Erscheinung ohne jegliche Funktion. Es ist kaum anzunehmen, dass *Herzog & de Meuron* diese Absurdität zu verantworten haben.

Die informelle Arbeitsweise der Operation *diagramming*, wie sie am Beispiel von Projekten der Büros *UNStudio*, *OMA* und *MVRDV* dargelegt wurde, korrespondiert sehr gut mit der informellen Operation *lowering*. Das Beispiel *Datascapes* zeigt, wie die Vorgehensweise zweidimensional auf die Sammlung und Auswertung von Daten reduziert wird, um Zukunftsszenarien zu simulieren. Auch wird durch dieses Verfahren die Beziehung zu Tradition und Kultur durchtrennt, indem die Simulation extremer Szenarien zeitgenössische Perspektiven, Werte und Verhalten in Frage stellt.

> *„Working diagrammatically – not to be confused with simply working with diagrams – implies a particular orientation, one which displays at once both a social and a disciplinary project. And it enacts this possibility not by representing a particular condition, but by subverting dominant oppositions and hierarchies currently constitutive of the discourse."*[425]

[425] Somol, zitiert bei Garcia, 2010, S. 90

Die abstrakte Maschine kann als ein virtueller Prozess eingeführt werden, der dem Entwurf vorgelagert ist und diesen von jeglichen repräsentativen Funktionen befreit, was z.B. Jackson Pollock analog dazu in seinen Bildern für die Linie geleistet hat:

> *„In certain of Jackson Pollock's paintings it is the line that is freed from any descriptive function. Pollock achieves this breakthrough by inventing a new compositional machine, one that unleashes new abstract and vital forces in paint. […] Nethertheless, and as Deleuze and Guattari often stress, the abstract machine is not a ‚thing', it is a process, and its most important moment is no doubt its creation, which must be undertaken each time, anew, and* for real.*"*[426]

Durch die Digitalisierung und die computergestützte Arbeitsweise ist die Verführung groß, das *diagramming* als direkte Vorlage für digitale Topografien zu benutzen. Daten wie z.B. Verkehrsströme, Klimaveränderungen oder demografische Entwicklungen werden dann direkt als formbildende Elemente in die Topografie eingespeist, woraus ein neues, computergeneriertes, formales Vokabular entsteht. Die Ästhetik des Entwurfs folgt dabei allerdings der Ästhetik der Software, wie diese die Daten in ein digitales Modell mitsamt Oberfläche (Textur, Relief und Farbe) umwandelt.

> *„For the question raised by the the new digital diagrams is whether they are in fact abstract at all […] the digital drawing is nothing more nor less than the mapping of three- or four-dimensional relations in two, more like an engineering specification than an abstraction."*[427]

Dieser formale Ansatz des *diagramming* entspricht nicht der informellen Operation des *lowering* und birgt weitere Gefahren in sich, die Lars Spuybroek von *NOX* in seiner Publikation *The Architecture of Continuity* (2008) resümiert. Er warnt vor der vollständigen Biologisierung des Entwurfs, wenn der Entwurf komplett digital durchdrungen ist. Für ihn ist der Tod des Diagramms durch den biologisierten digitalen Code aber unausweichlich:

> *„[Spuybroeks] futurological and projective advocacy of parametrics and algorithmic design leads him to one of the most radical and controversial predictions in this field: the death of the diagram at the hands of a biologised digital code."*[428]

Das Diagramm als abstrakte Maschine stößt an seine Grenzen und wird vom *Computing* abgelöst, da sich dieses parametrischer und algorithmischer Operationen bedient:

> *„I think, later, when design is fully permeated by computing, we will leave the diagram-assemblage couple in favour of the code-being couple, as a final biologising of design. This is inevitable, since the diagram, though conceptually a machine, lacks the instrumentality and operationality of code. The most promising developments are being made with parametric and algorithmic procedures, which are processual and iterative by nature […]."*[429]

---

[426] Stephen Zepke. *Art as Abstract Machine: Ontology and Aesthetics in Deleuze and Guattari Studies in philosophy.* Routledge, 2014, S. 226 f.

[427] Anthony Vidler. „Diagrams of Diagrams. Architectural Abstraction and Modern Representation." in: *Representations. No. 72*. University of California Press, Autumn 2000, S. 18 f.

[428] Garcia, 2010, S. 270

[429] Lars Spuybroek. „NOX Diagrams" in: ebd., S. 273

„Now – with computing – […] we not only incorporate and embody the conceptuality of a machine in design, we can now actually step inside the screen and create reality from there."[430]

Schon im 19. Jahrhundert beschreibt der britische Schriftsteller Samuel Butler (1835–1902) in seinem Essay *Darwin Among the Machines* (1863), der als *Buch der Maschinen* in seinen Roman *Erewhon* (1872) eingeht, die Möglichkeit, dass Maschinen sich zu eigenständigen Lebewesen entwickeln und beginnen können, über die Menschen zu herrschen:

„Wir werden geradezu vor Ehrfurcht ergriffen angesichts der ungeheuren Entwicklung der mechanischen Welt, der Riesenschritte, mit denen sie vorangekommen ist, verglichen mit dem langsamen Fortschritt des Tier- und Pflanzenreiches. […] Wir werden uns nicht der Frage enthalten können, wohin diese mächtige Bewegung führt. […] Die Maschinen gewinnen uns gegenüber an Boden; Tag für Tag werden wir abhängiger von ihnen; tagtäglich werden mehr Männer zu Sklaven gemacht, um sie zu bedienen; tagtäglich widmen mehr Männer ihre gesamte Lebenskraft der Entwicklung des mechanischen Lebens."[431]

Eine Beschreibung, die seit der Jahrtausendwende durch den kulturellen und technologischen Wandel durchaus realistisch ist.[432]

[430] Spuybroek/Ruby, 1998, S. 4

[431] Samuel Butler, zitiert bei Dyson, 2001, S. 28

[432] Vgl. Kapitel *V.2. Don't search, just find!*, S. 254

4.3.2. *being repeatedly unique* vs. *objectile* und *versioning*

Die informelle Operation *being repeatedly unique* spielt, wie ihr Name besagt, auf den Begriff der Serie an. In der Architektur gibt es grundsätzlich zwei Begriffe von Serie, die zunächst einmal auseinandergehalten werden müssen:

1) Der erste Serienbegriff, der typisch für die Moderne ist, ist die Reproduktion eines Standarddesigns, wobei der Standard durchaus nach mehreren Optimierungsschüben entstehen kann. Es geht hier letztlich um die Wiederholung identischer Objekte.
2) Der zweite Serienbegriff, der typisch für das digitale Entwerfen ist, ist die Entwicklung von mehreren Varianten aus einem generischen Schema oder Typus heraus. Das kann eine *Non-Standard*-Serie sein, auf deren Grundlage beispielsweise *Mass-Customization* stattfindet. Es handelt sich hierbei letztlich um eine Wiederholung mit Differenz.

In der *2. Phase* des digitalen Entwerfens, der Architektur des *Non-Standard*, werden Techniken entwickelt, wie die Blobs der *1. Phase* wiederholbar mit Differenz umgesetzt werden können. Als Objekt und als Symbol spielt die Teekanne an der Schnittstelle der Weiterentwicklung der Computertechnologie seit Mitte der 1970er Jahre eine wichtige Rolle. So sucht der Informatiker Martin Newell im Jahr 1975 nach einem Objekt, das er, im Rahmen seiner computergrafischen Forschungsarbeit an der Universität von Utah, als einfaches mathematisches Modell benutzen kann. Fündig wird er bei der *Melitta*-Teekanne seiner Frau, die später als Utah-Teekanne bekannt wird. Im weiteren Forschungsverlauf entwickelt sich diese Teekanne zu einem Referenzmodell für Computergrafik: es gibt Sattelpunkte und konkave Elemente; die Form ist rund und sieht ohne aufwändige Oberflächentextur gut aus.[433] Im Jahr 1983 initiiert die italienische Designfirma *Alessi* ein Projekt mit dem Namen *Tea & Coffee Piazza*. Elf Architekten, unter ihnen Michael Graves, Charles Jencks und Aldo Rossi, nehmen an dem Experiment teil. Aufgabe ist es, sich analytisch wie auch ironisch mit Konstruktionen, Kompositionen und Symboliken aus der Architektur im Maßstab der Tee- und Kaffeesets auseinander zu setzen. Die entstandenen Objekte erinnern an silberne Wehrtürme (Michael Graves) oder an Formen antiker Säulen (Charles Jencks) und stehen symbolisch für die Hochphase der Postmoderne.[434] Zu Beginn der *Mass-Customization*-Ära im Jahr 2003 lädt *Alessi* erneut eine Reihe namhafter Architekten, wie z.B. Toyo Ito, Sanaa, Morphosis, Future Systems, UNStudio oder Greg Lynn ein, um an der Kollektion eines Tee- und Kaffeegeschirrs zu arbeiten. *Alessi* möchte wieder das Verhältnis zwischen dem Gestalten im kleinen Maßstab des Designs mit dem großen Maßstab der Architektur untersuchen lassen. Es entstehen 31 Tee- und Kaffeegeschirre mit dem Namen *Alessi*

[433] Alan Watt. *3D-Computergrafik*. Addison Wesley, Boston, 1999, S. 100 f.
[434] Vgl. Thomas Wagner. „Tee, Kaffee und Architektur“ in: *http://www.stylepark.com/de/news/tee-kaffee-und-architektur/337394*, 2012, abgerufen am 23.03.2015

Tea & Coffee Towers, bei denen die Objekte wie skalierte Architekturmodelle aussehen und sich die Grenzen der Maßstäbe verwischen. Die Objekte stehen im Raum wie Solitäre einer urbanen Landschaft.[435] Als Symbol der aufkommenden Phase der *Mass-Customization* steht Greg Lynns *Tee- und Kaffeekannenset*. Vier einzelne Teile aus Titan bilden zusammen ein Objekt. Sie sind mit einem bunten Farbverlauf versehen und stehen auf einem wellenförmigen Tablett. Das Set ist so entworfen, dass in jedem der vier Teile drei unterschiedlich große Module an Behältern integriert sind: große und mittelgroße Behälter für heißes Wasser, Kaffee, Tee und Milch und kleine Behälter für Sahne, Zucker und Zitronensaft. Es werden Tausende von möglichen Formen für diese Edition entworfen. Jede Form hat eine einzigartige Gestalt, kann aber schnell und günstig produziert und mit allen anderen radial kombiniert werden, da die Ecken und Ränder immer gleich ausgebildet sind. Titan eignet sich hervorragend als Material, da es einfach zu verarbeiten ist: zugleich fest und dehnbar, korrosions- und temperaturbeständig und mit geringem Gewicht. Greg Lynn stellt in einem Interview fest, dass das *Tee- und Kaffeekannenset* in seinem kleinen Maßstab die aktuellen Entwurfsthemen am besten widerspiegelt.

> *„I find that the world of product design grasps this concept much more easily, that the design problems of a series, rather than of a single design, is the issue today. Identity, signature and meaning tend to move through series rather than single objects. Calculus, by the way, is the mathematics for defining these kinds of ensembles.“*[436]

Zuvor hat Greg Lynn Ende der 1990er Jahre die Frage der Massenproduktion nichtidentischer Teile in Serie mit seinem Entwurf des *Embryological House* (1997–2001) aufgeworfen. Diese Fabrikationsidee kehrt die traditionelle Auslegung der Fließbandarbeit, bei der identische Teile industriell in Massenproduktion gefertigt werden, um. Die digitale Revolution ermöglicht es, unter gleichen ökonomischen Bedingungen individuelle und unterschiedlich gefertigte Serien von Objekten herzustellen, so dass das einzelne Objekt als Identifikationsmodell nicht mehr von Bedeutung ist. Die *Embryological Houses* sind eine Serie von einzigartigen Häusern, die individuell für die unterschiedlichen Bauherren und Gegebenheiten, wie Klima und Grundstück, angepasst werden können. Lynn beschreibt sie als zeitgemäße Strategie, die die Themen Variation, Anwenderanpassung, Kontinuität, flexible Herstellung und Montage beinhaltet. Es gibt keinen originären Ur-Entwurf, alle Entwürfe sind in ihrer Mutation perfekt. Alle Variationen stehen gleichwertig nebeneinander. Hier verschiebt sich die frühere Ansicht der Moderne, die sich

---

[435] 1983 gab es schon ein ähnliches Projekt von *Alessi* mit dem Namen *Tea & Coffee Piazza*. Elf Architekten konnten damals für das Experiment gewonnen werden, unter ihnen Michael Graves, Charles Jencks und Aldo Rossi. Sie setzten sich analytisch wie auch ironisch mit Konstruktion, Komposition und Symbolik im Maßstab der Tee- und Kaffeesets auseinander. Michael Graves Kannen sehen wie silberne Wehrtürme aus, Charles Jencks spielt mit den Formen antiker Säulen. Die Objekte sind Symbole der Hochphase der Postmoderne. Vgl. Thomas Wagner. „Tee, Kaffee und Architektur“ in: *http://www.stylepark.com/de/news/tee-kaffee-und-architektur/337394*. 23.11.2012, abgerufen am 23.03.2015

[436] Interview mit Greg Lynn von Ingeborg M. Rocker in: *Programming Cultures. AD No. 76. Issue 4*. 2006, S. 93

in ihrer Untersuchung und Anwendung auf objektorientierte, modulbasierte Gebäudetechniken stützte, hin zu einem lebendigeren, sich entfaltenden Entwurfsansatz.

> *„I design not just one or two of the* Embryological House *instances. It is shocking how few architects get this, because they are so used to thinking of design as once-and-for-all problem and not serially. Most architects want to understand the* Embryological House *experiment as a search for an ideal house – as if the whole collection of houses was a conceit to then select the best one. They are all equivalent. I love them all equally as if they were my children. The design problem was not the house, but the series, the entire infinitesimally extensive and intensive group."*[437]

Zahlreiche Ausstellungen, Konferenzen und Tagungen markieren die Entwicklung der neuen digitalen technischen Möglichkeiten und prägen den Begriff der *Non-Standard* Architektur als aktuelle Architekturentwicklung. Im Mittelpunkt steht die Ausstellung *Architectures non standard* (10.12.2003–01.03.2004), die Frédéric Migayrou und Zeynep Mennan im *Centre Pompidou* kuratieren. Die zwölf daran beteiligten Architektenteams versuchen, die Herausforderungen und Chancen, die dem weit verbreiteten Einsatz digitaler Technologien innewohnen, in der Architektur ein Gesicht zu geben. Unter ihnen sind z.B. *Asymptote* (Hani Rashid/Lise Anne Couture, USA), *NOX* (Lars Spuybroek, NL), *Objectile* (Bernard Cache/Patrick Beaucé, F), *Oosterhuis.nl* (Kas Oosterhuis/Ilona Leonard, NL), *Dagmar Richter Studio* (Dagmar Richter, USA), *R&Sie(n)* (Francois Roche/Stéphanie Lavaux, F), *UNStudio* (Ben van Berkel/ Caroline Bos, NL) und *Greg Lynn Form* (Greg Lynn, USA). Es folgt die *9. Internationale Architektur Biennale* in Venedig mit dem Titel *Metamorph* (12.09.–07.11.2004), die Kurt W. Forster kuratiert. Am *MIT* findet die Konferenz *Non-Standard Architektur Praxis. Emergent Principles of Architectural Praxis with/in Digital Technologies* (24.–26.09.2004) statt. Des Weiteren organisiert das *Canadian Centre for Architecture* und *The Fondation Daniel Langlois for Art, Science and Technology* in Montréal das Kolloquium *Devices of Design* (18.–19.11.2004) unter Vorsitz von Mirko Zardini (*CCA*) und Jean Gagnon (*Fondation Daniel Langlois*).[438]

Die informelle Operation *being repeatedly unique* korrespondiert mit der digitalen Operation *objectile*. Zu deutsch *Objektil*, weist der Begriff eine Wortverwandtschaft einerseits mit ‚Objekt' und andererseits mit ‚Projektil' auf, verweist somit sowohl auf das eine als auch auf das andere. Deleuze erklärt den Begriff *Objektil* mit Bezug auf Bernard Cache als

> *„[…] eine sehr moderne Konzeption des technologischen Gegenstands: sie verweist nicht mehr auf die Anfänge des industriellen Zeitalters, als die Idee des Standards noch einen Schein an Wesen wahrte und ein Gesetz der Konstanz auferlegte […], sondern auf unsere heutige Situation, wo die Fluktuation der Norm die Permanenz eines Gesetzes ersetzt, sobald der Gegenstand durch Variation seinen Platz in einem Kontinuum einnimmt, sobald Produktionstechnik oder numerisch gesteuerte Maschinen die Prägung ersetzen."*[439]

---

[437] Ebd., S. 92

[438] Vgl. Mario Carpo. „Tempest in a Teapot" in: *Log, No. 6*. Anyone Corporation, 2005, S. 99

[439] Deleuze. 1996, S. 35 (ü.v. U.J. Schneider)

Für Deleuze und Cache ist das *Objektil* ein generisches Objekt des digitalen Zeitalters, das den *Digital Turn* in der Architektur beschleunigt. *Objektil* ist allerdings keine Theorie, sondern eine Wortschöpfung, die für einen Gegenstand steht. Der Gegenstand besitzt die Eigenart, dass er Ergebnis eines Prozesses ist, bei dem das Interesse nicht in der Erzeugung eines Standardprodukts besteht; der Prozess ist hingegen offen und macht die Erzeugung von unendlich vielen Varianten möglich.[440] Perrella und Cache betonen, dass die direkte, serielle Herstellung nicht identischer Teile durch file-to-factory Technologien möglich geworden ist und eine echte tektonische Alternative zur vorherigen bildgewaltigen Phase der Blobarchitektur darstellt. Ein exemplarisches Projekt ist *Projective Tables* (2003) von Bernard Cache, das eine ergebnisoffene Serie von unterschiedlichen und doch ähnlichen Elementen aufweist. In einer Pariser Kunstgalerie ausgestellt, können Besucher Variablen eines Tischentwurfs ändern, die später digital an die Fabrik zur Herstellung gemailt werden. Der Tisch soll, genau wie das Regalsystem *Billy* von *IKEA*, zu einem „Standard-Möbel" in Millionen Wohnungen mit dem Vorteil der Maßanfertigung werden.[441] Caches Büro setzt sich zum Ziel, Software und Hardware zu entwickeln, die die Umsetzung der digitalen Architekturentwürfe zu erschwinglichen Kosten auch für kleine Büros und normale Konsumenten anbietet.

Die digitale Operation *objectile* definiert das Grundprinzip einer *Non-Standard* Serie. Somit ist laut Mario Carpo ein *Objektil* in vielen Objekten, eine Form in vielen Ereignissen oder ein Algorithmus in vielen digitalen Dateien vorhanden. Eine *Non-Standard* Serie bezieht sich nicht auf individuelle Ausprägungen der Formen, ob sie rund, eckig oder formlos sind. Sie enthält eine theoretisch unbegrenzte Anzahl von Elementen, die alle verschieden sein können, aber bis zu einem gewissen Grad ähnlich sein müssen.[442] In der Konsequenz dieser Feststellung stellt sich die Frage, wie und welche mathematische Sprache für eine bestimmte digitale parametrische Umgebung und ihre Herstellung ausgewählt wird. Sind dann nicht manche mathematische Ausdrücke geeigneter als andere, sind manche nicht ökonomischer als andere und erzeugen manche nicht auch elegantere visuelle Formen?!

Um die Jahrtausendwende herum platzt die *Dotcom-Blase*, die die Dotcom-Unternehmen der *New Economy* und auch Kleinanleger trifft. Das New Yorker Architekturbüro *SHoP* bezieht aus dieser weltwirtschaftlichen Krisensituation heraus Stellung gegen die rein stilorientierten Ausschweifungen des digitalen Entwerfens der *1. Phase*. Sie fordern eine neue Intelligenz in der Herstellung von Gebäuden wie z.B. die externe Herstellung und Vorfertigung der Elemente. Es soll eine gemeinsame Sprache für Entwurf und Ausführung entstehen, die die Grenze zwischen Entwerfen und Konstruieren auflöst, wie z.B. in ihrem Projekt *Camera Obscura* (2002–2005).

[440] Vgl. Stephen Perrella, Bernard Cache. „Topological Architecture (1998–2003)" in: Carpo, 2013, S. 146–157
[441] Carpo, 2005, S. 104 (ü.d.V. sinngemäß)
[442] Ebd., S. 99 f. (ü.d.V. sinngemäß)

SHoP begründet damit die Operation *versioning*, die die jüngste und bedeutende Veränderung beschreibt, wie Architekten und Designer die neue digitale Technologie nutzen. Es entsteht eine zweite Generation von „digitalen Architekten", die eine Technik erlernt und nicht nur Bilder generiert und konsumiert. Der Umgang mit vektorbasierten Informationen und nicht mit pixelbasierten Simulationen prägt die neue Rolle des Architekten. Was hier beschrieben wird, ist der Beginn des *Building Information Modeling* (*BIM*, dt. Gebäudedatenmodellierung), einer Methode zur Optimierung der Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden. In der Software werden alle wesentlichen Gebäudedaten erfasst, kombiniert und vernetzt und schließlich geometrisch visualisiert.[443] Erste Ansätze klingen schon am Ende der *1. Phase* mit der Operation *hypersurfaces* an, bei der Entwerfen und Konstruieren das erste Mal zusammenkommen. Das US-amerikanische Software-Unternehmen *Autodesk* stellt CAD-Software für 2D- und 3D-Design zur Verfügung und prägt Anfang der 2000er Jahre die neue *BIM*-Methode. *Computing* generiert nicht mehr allein Formen und Bilder, sondern führt Analysen, Simulationen und Schnittstellen zur digitalen Herstellung durch. Der traditionelle Entwurfsprozess zeichnet sich durch einen linearen Austausch analoger Informationen aus, der in seiner Ausführung im Voraus nicht vollständig überprüft werden kann. Der Vorteil von *BIM* liegt genau darin, dass die komplette Ausführung virtuell in Echtzeit getestet und simuliert werden kann. Das Virtuelle ist bereits real und muss nur jeweils verwirklicht werden.

In den Erläuterungen ist deutlich geworden, wie die informelle Operation *being repeatedly unique* mit den Operationen *objectile* und *versioning* korrespondiert. Bernard Cache sieht seine Aufgabe darin, die Architektur anhand von dem Gebäude zu Grunde liegenden Informationen, die aus Ziffern bestehen, zu entwerfen. Sind in der *1. Phase* des digitalen Entwerfens die Animationswerkzeuge mit der Problematik der Beliebigkeit konfrontiert, d.h. mit der Frage nach den Kriterien, die darüber entscheiden sollen, wann und warum eine bestimmte Form während des Animationsablaufs als richtig oder endgültig erachtet werden kann, so ist durch die Operation *versioning* eine Optimierung und Produktivitätssteigerung des gesamten Prozesses vom Entwurf bis zur Ausführung gewährleistet. Die über hundert Varianten von Greg Lynns *Embryological House* sind vergleichbar mit Claude Monets 251 Varianten der *Seerosenbilder* – Jean Fautrier würde Beifall klatschen. Ihren Ansatz, eine Serie echter, vielfacher Originale zu kreieren, konnten Lynn (digital) als auch Monet (analog) verwirklichen. Allerdings fällt es bei Lynns *Tee- und Kaffeekannenset* schwer, in der Form keine Repräsentation von etwas zu sehen. Die Form einer Blüte ist unübersehbar. Diese Analogie ist stärker als die dahinterliegende neue Strategie der digitalen Herstellungsprozesse.

---

[443] Vgl. Kerstin Hausknecht. Thomas Liebich. *BIM-Kompendium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode.* Fraunhofer IRB Verlag, 2016

5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)

Seit Beginn der 1990er Jahre verändern sich nach Vorstufen in den 1960er/1970er Jahren die Gesellschafts- und Produktionsformen: nach Agrar- und Industriegesellschaft folgt das Informationszeitalter. Im ersten Band seiner Trilogie *Das Informationszeitalter* (2001) stellt der Soziologe Manuel Castells (*1942) dar, wie die Information zum wichtigsten Rohstoff wird:

> *„Informationszeitalter hingegen bezeichnet eine historische Epoche menschlicher Gesellschaften. Das auf mikroelektronisch basierten Informations- und Kommunikationstechnologien sowie der Gentechnologie beruhende technologische Paradigma, welches diese Epoche charakterisiert, ersetzt bzw. überlagert das technologische Paradigma des Industriezeitalters, das primär auf der Produktion und Distribution von Energie beruhte.“*[444]

Sein zentraler Begriff ist der des Netzwerks. Es bildet eine stabile Struktur zwischen den unterschiedlichen Akteuren. Die Teile in einem Netzwerk werden durch eine gemeinsame Klammer an Werten, Abläufen oder Zielen zusammengehalten und beruhen in hohem Maße auf elektronischen Kommunikations- und Informationstechnologien.

> *„It‘s not just about networks or social networks, because social networks have been very old forms of social organization. It‘s about social networks which process and manage information and are using micro-electronic based technologies.“*[445]

Seit 2004 sind in der Architektur Codes, Scripte und Algorithmen die neuen Formeln nach denen die architektonischen Formen generiert werden. Sie sind zu mächtigen Werkzeugen im Entwurfsprozess geworden. „Ausschlaggebend ist nicht so sehr die Bedeutung von Information, als vielmehr die Anwendung dieser Information zur Produktion neuer Information. [...] Demnach wird der Architekt vom ‚Anwender‘ zum ‚Entwickler‘ von Technologie. Entscheidend für dieses neue Verständnis ist, dass ‚Information‘ als universelle Ressource betrachtet wird, wodurch evolutionäre Prozesse [...] nachvollzogen werden können, also die Simulation und Modellierung natürlicher Prozesse am und durch den Computer.“[446] Die Informationsarchitektur beinhaltet das Potenzial, ein „System höherer Ordnung, das neue Ordnungen hervorbringen kann [zu entwickeln]. Sie ist in die Evolution eingetreten.“[447] Die neuartige Entwurfsmethode des evolutionären Entwerfens, die Aspekte aus der Evolutionsbiologie integriert, lässt die beiden Disziplinen, Architektur und Biologie, immer näher zusammenwachsen. Einfluss bei dieser

---

[444] Manuel Castells. *Bausteine einer Theorie der Netzwerkgesellschaft.* Berliner Journal für Soziologie, Dezember 2001, Volume 11, Ausgabe 4, S. 423

[445] Harry Kreisler im Interview mit Manuel Castells „The Network Society and Organizational Change“ in: *Identity and Change in the Network Society.* Institute of International Studies, UC Berkeley, S. 4, *http://globetrotter.berkeley.edu/people/Castells/castells-con4.html*, abgerufen am 05.05.2015

[446] Georg Vrachliotis. „Generatives Design. Architektur zwischen konstruierter und programmierter Natur.“ in: *ARCH+ Nr. 189,* S. 56

[447] Kirsten Wagner. *Richtfest der Information Architecture.* Telepolis – Onlinemagazin für Politik & Medien im digitalen Zeitalter, Heise Verlag, 07. Januar 2000, *https://www.heise.de/tp/features/Richtfest-der-Information-Architecture-3446758.html,* abgerufen am 07.12.2016

Annäherung hat die Tatsache, dass sich die biologische Forschung nicht mehr auf das Beobachten von Vorgängen in der Natur fokussiert, sondern auf ihre innere Logik. Der Genotyp und nicht mehr der Phänotyp bestimmt das Erbbild eines Organismus. Der Genotyp ist die exakte genetische Ausstattung, die im Zellkern vorhanden ist und seinen morphologischen und physiologischen Phänotyp bestimmt. Im Jahre 1990 gelingt es Wissenschaftlern des internationalen Forschungsprojektes *Humangenomprojekt* (engl. ‚Human Genome Project'), „die Abfolge der Basenpaare der menschlichen DNA auf ihren einzelnen Chromosomen durch Sequenzieren zu identifizieren. Die vollständige Sequenzierung des Genoms bildet die Grundlage für die Erforschung vieler biologischer Prozesse, wie etwa die Möglichkeit, Erbkrankheiten zu erforschen und molekulare Mechanismen der Krebsentstehung besser zu verstehen. Zwar ist die Bedeutung aller Gene noch nicht bekannt, trotzdem gilt das menschliche Genom seit April 2003 als vollständig entschlüsselt."[448] Neue Forschungsfelder wie die Genomforschung oder die Bioinformatik implementieren die Informationswissenschaft in die Biologie. Schon 1985 beginnen die amerikanischen *Nationalen Gesundheitsinstitute* den Biologen Vorgaben zu machen, um auf die sich verändernden Gegebenheiten in ihrer Disziplin zu reagieren.

> *„The development of the matrix and the extraction of biological generalisations from it are going to require a new kind of scientist, a person familiar enough with the subject being studied to read the literature critically, yet expert enough in information science to be innovative in developing methods of classification and search. This implies the development of a new kind of theory geared explicitly to biology with its particular theory structure. It will be tied to the use of computers, which will be required to deal with the vast amount and complexity of the information, but it will be designed to search for general laws and structures that will make general biology much more easily accessible to the biomedical scientist."*[449]

Der Architekt John Frazer reagiert sehr früh auf die sich verändernden Gegebenheiten in der Architektur. In seinem Buch *An Evolutionary Architecture* (1995) entwickelt er eine Methode, wie er für den Entwurf am Computer evolutionäre und generative Kräfte nutzt, die er mit Beispielen untermauert. Das evolutionäre Entwerfen bedient sich zur technischen Optimierung sogenannter evolutionärer Algorithmen. Peter Bentley liefert in *Evolutionary Design by Computers* (1999) einen guten Überblick über die Entwicklung der evolutionären Algorithmen, die in vier Hauptströmungen eingeteilt werden können:[450]

1) *Genetische Algorithmen (GA):* Der US-amerikanische Informatiker John H. Holland (*1929) begründet diesen Algorithmus in den 1970er Jahren, um komplexe Optimierungsprobleme zu lösen. David Goldberg (*1953), einer der führenden

---

[448] *https://de.wikipedia.org/wiki/Humangenomprojekt*, abgerufen am 16.09.2016

[449] Timothy Lenoir. Casey Alt. „Flow. Process. Fold" in: Antoine Picon (Ed.). Alessandra Ponte (Ed.). *Architecture and the Sciences. Exchanging Metaphors*. Princeton Architectural Press, New York, 2003, S. 325

[450] Peter Bentley, referiert bei Steadman, 1979/2008, S. 248 ff. (ü.d.V. sinngemäß)

Wissenschaftler auf dem Gebiet, macht die *GAs* durch seine Veröffentlichung *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning* (1989) populär.

2) *Evolutionsstrategien (ES):* In den 1960er Jahren wird diese Algorithmusart in Deutschland durch Ingo Rechenberg, Peter Bienert und Hans-Paul Schwefel, die 1966 die inoffizielle Arbeitsgruppe *Evolutionstechnik* an der *TU Berlin* gründeten, bekannt. *ES* nutzen vorrangig Mutationen als Suchoperator. Von Anfang an beabsichtigen sie, die Leistungsfähigkeit von Düsen und gekrümmten Rohren zu optimieren. Sie beginnen mit praktischen Experimenten, bevor sie diese am Computer simulieren.
3) *Genetische Programmierung (GP):* Das Ziel der *GP* ist die Erzeugung von Strukturen, die eine bestimmte Eingabe in eine festgelegte Ausgabe umwandeln sollen wie z.B. Computerprogramme, Schaltkreise oder mathematische Funktionen. Die Lösungen werden durch Baumdiagramme repräsentiert. Eine grundlegende Arbeit zur *GP* verfasst John Koza, in der er darstellt, wie sich Computerprogramme selbst optimieren, anstatt von Hand geschrieben zu werden.
4) *Evolutionäre Programmierung (EP):* Diese Algorithmusart wird ebenfalls in den 1960er Jahren durch Lawrence J. Fogel (1928–2007) entwickelt und gilt als früheste Technik ihrer Art. Seine Doktorarbeit *On the Organization of Intellect* (1964) als auch sein erstes Buch *Artificial Intelligence Through Simulated Evolution* (1966) bilden die Grundlage vieler Weiterentwicklungen. Ähnlich wie bei der *GP* werden Strukturen wie Computerprogramme gesucht, die aber nicht durch Baumdiagramme, sondern durch *endliche Automaten* repräsentiert werden.

Die Abgrenzungen der Konzepte verschwimmen heute zunehmend. Die *GAs* gehören zu den bis heute weitest verbreiteten Algorithmen. „Algorithmus heißt zwar Handlungsanweisung zur Lösung eines Problems in endlichen Schritten, aber damit ist weder gemeint, dass die Lösung vorgegeben, noch dass sie erreichbar ist. Der Ausgang einer algorithmischen Prozedur ist offen.“[451] Kostas Terzidis sieht die Benutzung von Algorithmen im Entwurfsprozess als Möglichkeit, andere Lösungsansätze zu architektonischen Fragestellungen zu finden.

> *„An algorithm can be seen as a mediator between the human mind and the computer's processing power. This ability of an algorithm to serve as a translator can be interpreted as bi-directional: either as a means of dictating to the computer how to go about solving the problem, or as a reflection of a human thought into the form of an algorithm.“*[452]

Im digitalen Entwerfen verbreitet sich durch das 3D-Computerprogramm *Rhinoceros* von *Robert McNeel & Associates* die Arbeitsweise mit Algorithmen. Im Speziellen beginnt diese

---

[451] Walter Berka (Hrsg.). *Woher kommt das Neue? Kreativität in Wissenschaft und Kunst*. Band 6 von Wissenschaft – Bildung – Politik, Böhlau Verlag, Wien, 2003, S. 94 f.
[452] Kostas Terzidis. „The intricacy of the otherness“ in: *Algorithmic Architecture*. Archit. Press Elsevier Ltd, 2006, S. 15

Verbreitung 2007 mit der Einführung des *Grasshopper* Plug-ins, durch das sehr einfach generative Algorithmen mit komplexen Strukturen programmiert werden können. David Rutten entwickelt die grafische Programmiersprache, die sehr intuitiv bedienbar ist. Unterschiedliche Programmierbausteine, sogenannte Komponenten, werden per Drag & Drop auf einer Arbeitsfläche angeordnet. Input-Zugänge und Output-Ausgänge, durch die die jeweiligen Daten fließen, werden verbunden. Diese Arbeitsweise hat sich weltweit in Universitäten und Büros durchgesetzt. David Rutten ist auch verantwortlich für ein weiteres Add-on, das als optionales Modul *Grasshopper* erweitert: *Galapagos Evolutionary Solver* – ein evolutionärer Problemlöser. In seinem Blog erklärt Rutten seine Absicht, einen evolutionären Algorithmus zu entwickeln, der auch von Nicht-Programmierern zur Lösung eines Entwurfproblems angewandt werden kann.

> *„The term ‚Evolutionary Computing' may very well be widely known at this point in time, but they are still very much a programmers tool. ‚By programmers for programmers' if you will. The applications out there that apply evolutionary logic are either aimed at solving specific problems, or they are generic libraries that allow other programmers to piggyback along. It is my hope that Galapagos will provide a generic platform for the application of Evolutionary Algorithms to be used on a wide variety of problems by non-programmers."*[453]

Eine frühe universitäre Einrichtung, die algorithmisch programmierte Entwürfe generiert, ist die Forschungsgruppe *KAISERSROT*.[454] „Das Team aus Architekten, Städtebauern und Programmierern hat es sich zum Ziel gesetzt, mit Hilfe der Informations- und Computertechnologie rationale Entwurfsmethoden zur Lösung der immer komplexer werdenden Planungsaufgaben zu entwickeln."[455] Die Projekte werden vom kleinen zum großen Maßstab im Bottom-up Verfahren entwickelt und ergeben mehrere Varianten, die als Grundlage für Entwurfsentscheidungen dienen. Neben evolutionären Algorithmen werden auch *zellulare Automaten* sowie *Schwarm-* und *Agentensysteme* eingesetzt, um Optimierungsprozesse sich selbst regulieren zu lassen. Für die *3. Phase* des digitalen Entwerfens sind darüber hinaus die drei deutschen Architekten Achim Menges, Michael Weinstock und Michael Hensel bestimmend. Alle drei lehrten bzw. lehren am Institut *Emergent Technologies and Design* (EmTech) an der *Architectural Association* in London. Das zentrale Thema des Instituts ist die Anwendung des Konzepts der Emergenz auf den architektonischen Entwurf. Der Fokus liegt auf der Entwicklung genetischer Algorithmen für konstruktive Formfindung und evolutionäres Entwerfen.[456]

---

[453] David Rutten. *Evolutionary Principles applied to Problem Solving.* Blogpost vom 25.09.2010 unter *http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles*, abgerufen am 07.05.2015

[454] „Diese besteht seit 2001 am Institut für *CAAD* von Ludger Hovestadt an der *ETH* Zürich. Ursprünglich geht sie aus der Zusammenarbeit zwischen einer damals noch an der Universität Kaiserslautern tätigen Forschungsgruppe, die mit der Generierung stadträumlicher Strukturen auf der Basis von Schwarmsystemen experimentiert, und Kees Christiaanses Büro *KCAP* in Rotterdam hervor." Oliver Fritz. „Programmiertes Entwerfen." in: *ARCH+ Nr. 189,* S. 60

[455] Ebd.

[456] Vgl. Michael Hensel. Achim Menges. Michael Weinstock. *Emergent Technologies and Design – Towards a Biological Paradigm for Architecture.* London, Routledge, 2010

5.1. *entropy* – allgemeine Definition

Wie die Operation *pulse* ist auch die Operation *entropy* nicht Teil von Batailles Vokabular. Bois und Krauss nehmen die beiden Begriffe dennoch in ihr Ausstellungskonzept auf, da diese eine weitere Kategorie und ein weiteres informelles Merkmal am besten beschreiben.

1824 begründet der französische Physiker Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) mit seiner theoretischen Abhandlung über die Dampfmaschine die Thermodynamik, aus der später der zweite thermodynamische Hauptsatz abgeleitet wird. Die Operation *entropy* ist ein irreversibler Prozess. Es geht um eine Anzahl von Möglichkeiten innerhalb eines geschlossenen Systems, bei dem ein geordneter Zustand in einen ungeordneten Zustand übergeht. Alles zerfällt, verrottet und vergeht.

> *„Entropy is a sinking, a spoiling, but perhaps also an irrecoverable waste."*[457]

Am Ende entsteht eine Gleichverteilungssituation mit geringster Information. Im *Kritischen Wörterbuch* wird zum Schluss des Kapitels *Staub* Batailles entropischer „Gleichverteilungs-Alptraum" beschrieben.

> *„Es ist wahr, dass früher oder später der Staub, der ja überdauert, wahrscheinlich anfangen wird, gegen die Bediensteten zu gewinnen, und dann in die ungeheuren Trümmer verlassener Gebäude und menschenleerer Lagerhäuser eindringt: Und in dieser fernen Zeit wird nichts weiter Bestand haben, das uns vor dem nächtlichen Grauen rettet, in dessen Abwesenheit wir zu so großartigen Buchhaltern geworden sind …"*[458]

Der US-amerikanische Künstler Robert Smithson (1938–1973) macht das Prinzip der Entropie zu seinem Steckenpferd. Aus seiner Sicht zeigt der zweite thermodynamische Hauptsatz, dass Energie schwerer dauerhaft erhalten werden kann und stattdessen leichter unwiederbringlich verloren ist. Um Entropie bildlich zu erklären, fordert er in einer seiner Schriften den Leser dazu auf, sich einen Sandkasten vorzustellen, in dem eine Hälfte mit schwarzem und die andere Hälfte mit weißem Sand gefüllt ist. Ein kleiner Junge beginnt im Uhrzeigersinn durch den Sandkasten zu laufen und mischt mehr und mehr die dunklen mit den hellen Körnern. Als er die Laufrichtung ändert, kehrt sich der Vermischungsprozess natürlich nicht automatisch um. Die schwarzen und weißen Körner werden nicht wieder erneut in zwei getrennte Flächen sortiert, sondern die Vermischung erhöht sich unumkehrbar.[459] Für Smithson ist Entropie kein negativer oder nachteiliger Prozess, sondern eine Möglichkeit, die Gesellschaft und die Kultur zu transformieren. So thematisiert er in seinen Arbeiten immer wieder Verfall und Erneuerung, Chaos und Ordnung, wie z.B. in *Mirrors and Shelly Sand* (1970). Seine Projekte entstehen oftmals auf Brachland und beinhalten Erdarbeiten. In seinen späteren Schriften beschäftigt sich

[457] Bois/Krauss, 1997, S. 38 (ü.d.V. sinngemäß)
[458] Kiesow/Schmidgen, 2005, S. 29
[459] Vgl. Bois/Krauss, 1997, S. 73 (ü.d.V. sinngemäß)

Smithson mit dem ästhetischen Ideal der Landschaftsarchitektur des 18. und 19. Jahrhunderts: das Pittoreske.[460] Viele seiner zentralen Landschaftsarchitekturarbeiten werden durch diese Auseinandersetzung beeinflusst. Eine Arbeit, in der die Operation *entropy* deutlich wird, ist sein *Partially Buried Woodshed* (1970). Auf dem Campus der *Kent State University* (Ohio, USA) schüttet Smithson mit einem Bagger so lange Erde auf eine leerstehende Hütte, bis der Hauptbalken zusammenbricht. Es bleibt ein großer Erdhaufen zurück, in dem die kaputte Hütte teilweise begraben liegt. Smithson überlässt diese dem weiteren Prozess des Verfalls.[461]

Der *Design Miami Pavilion* (2013) des New Yorker Architekturbüros *Formlessfinder* ähnelt äußerlich dem *Partially Buried Woodshed* von Smithson: ein großer Sandhaufen, auf dem eine auskragende Überdachung ruht. Eine Stützmauer durch den Sandhaufen zerteilt diesen und schafft Platz für einen gekühlten Sitzbereich. Julian Rose und Garrett Ricciardi, die Gründer des Büros, lassen zwei charakteristische Elemente, die in der Stadt auftauchen, in den Entwurf einfließen: zum einen der Überfluss an Sand und zum anderen der Trend zu auskragenden Überdachungen. Der Unterschied zu Smithsons Arbeit ist der, dass das instabile Material Sand als stabilisierendes Element der Konstruktion benutzt wird. Hier kehrt sich das Prinzip der Operation *entropy* um. Das Architekturbüro *Formlessfinder* sieht sich dennoch selbst als formlos operierende Architekten, die die Form als niedrigste Priorität im Entwurfsprozess sehen. Mit ihrem Namen und ihrer Herangehensweise an den Entwurfsprozess kann ihr Ansatz in der Tradition von Batailles ‚Konzept des Formlosen' gelesen werden:

> *"Form is often the default lens for thinking about architecture. Even when people think they're talking about something else, like function or structure, there's often some kind of formal idea underlying the discussion. We're trying to shift away from form so that we can explore other qualities of architecture, such as new ways of experiencing space or innovative ways of using materials."*[462]

Das Sandkastenbeispiel zeigt, wie zwei Materialien unwiderruflich miteinander vermischt werden. Grenz- oder Umrisslinien verschwinden und es kann immer schwerer zwischen Vorder- und Hintergrund, Figur und Grund unterschieden werden. Der französische Soziologe Roger Caillois (1913–1978) findet dieses Phänomen in der Tierwelt wieder: die Mimikry. Er beschreibt mit diesem Begriff, „dass einige Insekten die Fähigkeit besitzen, Farbe, Form und Muster der Umgebung anzunehmen. Diese Insekten können sich unsichtbar machen, indem sie optisch mit

---

[460] Vgl. *Lexikon der Kunst Bd. 5,* S. 624

[461] Ein paar Monate später wurde sie unfreiwillig zur Gedenkstätte der *Kent State Schießerei*, bei der gegen den Vietnamkrieg demonstrierende Studenten von Nationalgardisten erschossen wurden. Jemand schrieb die Zeile "May 4 Kent 70" auf die Vorderfront, die von weitem sichtbar war. Die eingebrochene, halbbedeckte Hütte symbolisierte seitdem die Veränderung der gesellschaftlichen Meinung über den Vietnamkrieg. Nach Smithsons Tod im Jahre 1973 sollte das Kunstwerk erhalten werden, wurde aber von Beamten der Universität als Schandfleck angesehen und während der nächsten zehn Jahre Schritt für Schritt beseitigt. Heute sind die spärlichen Überreste in einer Baumgruppe zwischen Fußballfeld, Unigebäude und Parkplatz versteckt. Vgl. *http://clui.org/ludb/site/partially-buried-woodshed* (ü.d.V. sinngemäß), abgerufen am 16.09.2016

[462] Julian Rose und Garrett Ricciardi im Interview mit *Dezeen Magazine*. *http://www.dezeen.com/2013/10/03/design-miami-2013-pavilion-sand-formlessfinder/*, abgerufen am 30.04.2015

ihrer Umgebung verschmelzen."[463] Caillois bestimmt die Mimikry als Automatismus der Natur. In Analogie zum Mimikry forscht die von Roger Caillois, Georges Bataille und Michel Leiris gegründete Bewegung *Collège de Sociologie* (1937–1939) nach Beweisen für eine Intelligenz ohne Gedankengut, Kreativität ohne Kunstfertigkeit, Handlungsfähigkeit ohne menschlichen Akteur.

> *„The entropic […] move, however, is to float the field of seeing in the absence of the subject; it wants to show that in the automatism of infinite repetition, the disappearance of the first person is the mechanism that triggers formlessness."*[464]

[463] Ulrike Haß. *Das Drama des Sehens: Auge, Blick und Bühnenform*. Wilhelm Fink Verlag, 2005, S. 70 f.
[464] Bois/Krauss 1997, S. 78

5.2. *entropy* und das Informelle – künstlerische Ansätze

Der Operation *entropy* können zwei Charakteristika des Informellen[465] zugeordnet und mit künstlerischen Arbeiten belegt werden.

Erstens, *entropy* verläuft als künstlerische Operation zwischen den Polen von Verfall und Erneuerung, von Chaos und Ordnung ab; es wird nicht mehr zwischen Figur und Grund bzw. Vorder-, Mittel- oder Hintergrund unterschieden; auf jede Form von Gegenständlichkeit und auf perspektivische Darstellung wird verzichtet.[466] Parallelen dazu finden sich in Arbeiten informeller Künstler, wie z.B. bei:

1) Albert Fürst[467] arrangiert auf dem Bild *Öl auf Sackleinen* (1954) grobe weiße Schlieren auf schwarzen Flecken, ohne dass sich eine Perspektive erkennen lässt. In seinem Werk *Nani* (1958) erscheint zwar eine Figur im Mittelpunkt des Bildes, aber deren Umrisslinien und Konturen lösen sich auf, so dass bei diesem Prozess des Verschwindens die Begriffe Vorder- und Hintergrund nicht anwendbar sind.
2) Winfred Gauls[468] Werk lässt sich grob in drei Phasen einteilen. In der ersten Phase wird die Bildoberfläche mittels einer differenzierten Farbigkeit und hell/dunkel Kontrasten modelliert und obwohl jeder klar konturierte Gegenstand fehlt, wird dennoch dadurch Räumlichkeit suggeriert, wie z.B. bei *O. T. (30-10-57)* (1957) und *Eifersüchtiges Violett* (1959) aus den beiden Serien *Poèmes Visibles* (1955–1959) und *Farbmanuskripte* (1956–60). Die zweite Phase ist von hellen, manchmal annähernd weißen, praktisch monochromen Bildern gekennzeichnet; die Bildoberfläche wird weitgehend homogenisiert und es fehlt die leiseste Andeutung von Tiefe, wie z.B. *Ohne Titel* (1961) aus der Serie der *Wischbilder* bzw. der *Weißen Bilder*. In der dritten Phase (ab 1963) wendet sich Gaul in seinen Arbeiten der *Signal- und Verkehrszeichen* zu, die im Kontext dieser Arbeit irrelevant sind. Wirklich entropische Bilder sind demnach in der zweiten Phase zu finden.
3) Otto Greis[469] prägt für sein künstlerisches Schaffen den Begriff des „Farbraumkörpers“: die Farben weben sich in so vielschichtiger Art und Weise ineinander, dass nicht mehr

---

[465] Vgl. Kapitel *II.1.2. Charakteristika des Informellen*, S. 15

[466] Vgl. Heuwinkel, S. 73

[467] Fürst wird durch seine Federzeichnungen (1942–1944) aus der Kriegsgefangenschaft bekannt. Seit den 1950er Jahren wendet er sich der informellen Kunst zu und wird 1956/57 Leiter der *Gruppe 53* in Düsseldorf. Vgl. Werner Alberg (Hrsg.). *Albert Fürst: Malerei und grafische Arbeiten*. Ausstellungskatalog Stadtmuseum, Düsseldorf, 2003

[468] Gaul ist ab 1955 Mitglied der *Gruppe 53*. Befreundet mit Manfred de la Motte und Peter Brüning, wendet er sich wie letzterer Ende der 1960er Jahre der analytischen Malerei zu und erstellt plakative Signal- und Verkehrszeichen. Vgl. Heuwinkel, S. 194–204 und vgl. Winfred Gaul. *Picasso und die Beatles*. Quensen Verlag, Lamspringe, 1987

[469] Greis reist im Herbst 1951 zusammen mit K.O. Götz zur zweiten CoBrA-Ausstellung in Lüttich, die einen Wendepunkt in seinem künstlerischen Schaffen zur Folge hat: Form und Farbe werden von traditionellen Fesseln befreit. 1952 gründet er zusammen mit Bernard Schultze, K.O. Götz und Heinz Kreutz die Künstlergruppe Quadriga und stellt in der Zimmergalerie Franck in Frankfurt aus. Vgl. Otto Greis. Werner Haftmann. *Otto Greis, Aufbruch in eine neue Bildwirklichkeit*. Hirmer Verlag, München, 2000 und vgl. Ulla Siegert. *Otto Greis, Farbe – Form – Licht: Werkverzeichnis 1945–1995*. (Diss. phil. Münster 1997), Hamburg, 1999

zwischen Figur und Grund unterschieden werden kann.[470] Bildbeherrschende Elemente in Greis' Serie *Funktionales von Fleck und Strich* sind ein großer schwarzer Fleck, auf den helle Striche aufgetragen sind wie z.B. *Ohne Titel* (1953). Sein Ziel ist es, wie Sigrid Hofer anmerkt, Bilder zu erschaffen, die nichts erklären, sondern den Betrachter verzaubern.

> *„Punkte in unterschiedlichen Farbnuancen und -werten werden nebeneinander gesetzt. […] Dynamik und wilde Bewegtheit äußern sich in spitzen Formen. Verkrustete Farbflächen kontrastieren mit beinah transparent aufgetragener Couleur, Schlieren und Rinnsale bilden sich. Farbstrudel verschwinden in der Tiefe, unscharfe Konturen erscheinen neben entschieden gesetzten Strichen."*[471]

Zweitens wird die Operation *entropy* durch die Abwesenheit des bewussten Subjekts beim Schaffensprozess geprägt. Die *Écriture automatique* hält Einzug in die Arbeitsweise der informellen Künstler. Diese surrealistische Technik ist eine Malerei des Unterbewussten, eine Malerei, bei der der Künstler des eigenen Ichs noch nicht gewahr geworden ist. Der seelische Impuls des Autors tritt unvermittelt, also ohne durch den Filter der Ratio gezogen worden zu sein, in Erscheinung. Insbesondere die gestischen Maler wie Jackson Pollock experimentieren in den frühen 1940er Jahren mit dieser Technik. Das Unbewusste in Anlehnung an Sigmund Freud und C.G. Jung wird zur Quelle der Kunst. „Dieses automatische Aktionsgeschehen bezeichnete André Breton als ohne jede Kontrolle durch den Verstand ausgeführt und jenseits jeder ästhetischen und moralischen Anschauung stehend. In Verbindung mit André Masson finden so genannte ‚Blitzzeichnungen' Erwähnung."[472]

1) Fred Thieler[473] beginnt zwischen 1956 und 1958, im Sinne des *Action Painting*, die auf dem Boden liegenden Leinwände mit Farben aus Dosen und Eimern zu begießen, zu bespritzen und zu betropfen wie z.B. *Ohne Titel* (1958). Neuartig ist neben der Verwendung des Spachtels der Gebrauch schnelltrocknender Siebdruckfarbe, die vielfach die Ölfarbe ersetzt und in großer Geschwindigkeit aufgetragen werden muss. „Die Strukturen sind kristallin, aufgesprengt und wirken wie tausendfach zersprungenes Glas."[474] Thieler muss aufgrund der Eigenheiten der Siebdruckfarbe wie ein „gehetztes Tier"[475] malen und erzielt durch die unvorhersehbare Dynamik dynamisierende Bildwirkungen. Wie Heuwinkel beschreibt, erweitert Thieler um 1960 sein Bildkonzept

---

[470] Vgl. Heuwinkel, S. 73

[471] Otto Greis. Sigrid Hofer. „Vorwort" in: *1953. 75 Modulationen mit Fleck und Strich: Bildermappe*. Rimbaud, 2002

[472] *http://www.beyars.com/kunstlexikon/lexikon_820.html*, abgerufen am 03.05.2015

[473] Fred Thieler lebt von 1951–1953 in Paris, wo er Kontakt zu den informell arbeitenden Künstlern Hans Hartung, Serge Poliakoff und Pierre Soulages hat. Zurück in Deutschland schließt er sich der Münchner Künstlergruppe *ZEN 49* an. Vgl. Andrea Firmenich. Jörn Merkert (Hrsg.). *Fred Thieler: Monographie und Werkverzeichnis. Bilder von 1942–1993*. Wienand Verlag, Köln, 1999

[474] Andrea Firmenich. „Dialog mit der Farbe. Die sechziger und siebziger Jahre" in: *Fred Thieler. Dialog mit der Farbe*. Ausstellungskatalog Kunsthalle Emden, Städtisches Museum Herford, Städtische Sammlungen Schweinfurt, Köln, 1991, S. 32 (zitiert bei Heuwinkel, S. 160)

[475] Heuwinkel, S. 161

hin zu immer mehr fließenden Farben. „Das *dripping* wird zu einem Schütten entwickelt. Die Farbstrukturen sind offener und freier und legen sich wolken- und fleckenartig auf die Bildfläche. Die aufgeschüttete und mit Lappen bearbeitete Farbe verbindet sich mit linearen Farbsträngen."[476]

„Es formen sich Mikro-Strukturen, aus kleinsten Partikeln, die erst durch Permutation und Wiederkehr in stets gleicher oder doch anderer Form und Gestalt einen Gesamtsinn ergeben."[477]

Seine Bilder erwachsen nicht aus einer zuvor in Vorstudien dargelegten Komposition, sondern „es handelt sich um eine bewusst herbeigeführte Ereignishaftigkeit."[478] Dieses prozessorientierte Vorgehen spiegelt sich programmatisch in *Mutabor* (1962).

„Viel wichtiger als das scheinbar abgeschlossene Werk ist der fortschreitende Prozess der Annäherung an eine sich stetig verändernde Bildvorstellung. Mutabor*, ich werde mich verändern, nannte Thieler 1962 eines seiner schönsten und dichtesten Bilder, und er weist hin auf die verändernde Kraft des Malprozesses, in dem sich Eigenarten des Materials mit den Ansprüchen des Bildes und der eigenen Vorstellungen berühren, ohne dass der Künstler das Ergebnis bereits voraussehen kann."*[479]

2) Carl Buchheister[480] arbeitet seit 1925 an konstruktivistischen Bildern und plastischen Objekten. In der Nachkriegszeit gibt es einen großen Bruch in seinem künstlerischen Schaffen. Er malt flüchtig erscheinende Bilder, die zufällig entstanden sein könnten, wie z.B. *Komposition P 19/51* (1951) und *Komposition Juviem* (1959). Diese beiden Bilder zeigen, wie Buchheister schwarze Tusche, durch zu viel Wasser verflüssigt, auf der Leinwand hat entlanglaufen lassen. Hier zieht er sich als aktiver Gestalter zurück, indem er dem Unvorhergesehenen Freiraum lässt, kann aber trotzdem jederzeit aktiv in die Malerei eingreifen.
3) K.O. Götz gibt durch seine höchst bewegliche und schnelle Maltechnik mit dem Gummirakel dem Zufall Raum.

„Götz hat einen gestischen Automatismus entwickelt – konsequenter selbst als die automatischen Malverfahren der Surrealisten der ersten Generation – um durch Schnelligkeit und Unmittelbarkeit des Malaktes die Grenzen des Bewusstseins zu überspielen."[481]

---

[476] Ebd., S. 162

[477] Manfred de la Motte. „Thieler-Lexikon. 1960–1965" in: *Fred Thieler*, 1986, S. 74 (zitiert bei Heuwinkel S. 162)

[478] Andrea Firmenich. Jörn Merkert. *Fred Thieler. Monographie und Werkverzeichnis. Bilder von 1942–1993*. Köln, 1995, S. 16 (zitiert bei Heuwinkel, S. 163)

[479] Dieter Honisch. „Fred Thieler – Die Frage nach dem Bild" in: ebd., S. 50 (zitiert ebd.)

[480] Buchheister wendet sich während des 2. Weltkrieges der gegenständlichen Malerei zu. Mit der Freundschaft zu K.O. Götz erstarkt sein Interesse an informeller Kunst. Vgl. Uwe Haupenthal. *Carl Buchheister 1890–1964: Konstruktive Malerei und malerische Abstraktion. Sammlung Ingrid und Willi Kemp*. Verlag der Kunst Dresden, Husum, 2005

[481] Ursula Geiger. *Die Maler der Quadriga und ihre Stellung im Informel. Otto Greis, K. O. Götz, Bernard Schultze, Heinz Kreutz*. (Diss. phil. Frankfurt am Main 1987), Axel-Alexander Ziese (Hg.), Forschungsinstitut Bildender Künste, Nürnberg, 1990, S. 157 (zitiert bei Heuwinkel, S. 155)

Die Rakeltechnik ist halbautomatisch. Sie ist gekennzeichnet durch eine genaue Festlegung der malerischen Abläufe; dabei werden nicht genau vorhersehbare Spritzer und Schlieren wesentliche Elemente des Bildes, wie z.B. bei *Fodat* (1957).[482]

„Nach dem Schema 2:1:1/2 wurde ein dreiteiliger Malvorgang angewandt. Ca. 2 Sekunden, Dauer der ersten Niederschrift. Pause. Kontrolle des Geschehenen, Meditation des Kommenden. Ca. 1 Sek., Dauer der zweiten Niederschrift mit dem Rakel. Pause. Kontrolle des Geschehenen, Meditation des Kommenden. 1/2 Sekunde, Dauer des dritten und letzten Eingriffs mit leerem Pinsel. Lange Pause und Kontrolle des fertigen Bildes: Anerkennung oder Auslöschung.“[483]

Zusammenfassend lässt sich die Technik von K.O. Götz in der dabei angewandten Rationalität der Planung mit Heuwinkel so charakterisieren, dass mit ihr Wiederholungen vermieden werden. „Es geht nicht um die Aktivierung von vorbewussten oder verdrängten Inhalten, die mit dem Surrealismus in Verbindung gebracht werden, sondern um die Variation abstrakter Strukturen und die Umgehung von traditionellen Formelementen.“[484]

[482] Vgl. Heuwinkel, S. 155

[483] Karl Otto Götz, zitiert nach Manfred de la Motte (Hg.). *K. O. Götz. Taschenbuchreihe Nr. 18*. Galerie Hennemann Bonn, Bonn, 1978, S. 153 (zitiert bei Heuwinkel, S. 153)

[484] Heuwinkel, S. 155

5.3. *entropy* vs. technische Optimierung

Aufgrund des Ausstellungskatalogs von Bois und Krauss wurden Aspekte des Informellen mit der Technik der *entropy* in Zusammenhang gebracht und ihr Vorhandensein an Werken informeller Künstler nachgewiesen. Dies soll als Basis für Vergleiche mit Techniken der technischen Optimierung im digitalen Entwerfen dienen.

Um das dritte Begriffspaar ‚*entropy* vs. technische Optimierung' differenziert vergleichen zu können, werden die im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeiteten zwei Aspekte der Operation *entropy* zusammengefasst und mit prägnanten Begriffen charakterisiert.

1) Ein Prozess verläuft irreversibel ab, klare Grenzen verschwinden. Etwas entsteht, das seinen Platz zwischen Verfall und Erneuerung, Chaos und Ordnung einnimmt: *rising through collapsing.*
2) Das bewusste Subjekt ist beim Schaffensprozess abwesend. Der Impuls des Autors tritt unvermittelt und ohne Einsatz der Ratio ein: *automating.*

3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)			
entropy		**technische Optimierung**	
informelle Operation	**Künstler**	**digitale Operation**	**Architekt**
▪ *rising through collapsing*	▪ Albert Fürst ▪ Winfred Gaul ▪ Otto Greis	▪ *emerging* ▫ *Emergence* ▫ *Morphogenetic Design* ▫ *performativeness*	▪ Achim Menges ▪ Michael Weinstock ▪ Michael Hensel
▪ *automating*	▪ Fred Thieler ▪ Carl Buchheister ▪ K.O. Götz	▪ *evolving* ▪ *growing*	▪ Forschungsgruppe *KAISERSROT* ▪ *Emergent Design Group*

5.3.1. *rising through collapsing* vs. *emerging*

Zentrale Bestandteile der Operation *emerging* in der *3. Phase* sind die Emergenz und die Morphogenese. Emergenz (lat. *emergere* ‚auftauchen', ‚herauskommen', ‚emporsteigen') ist das spontane Auftreten radikal neuer Eigenschaften oder Strukturen eines dynamischen Systems, die infolge des Zusammenspiels seiner Elemente entstehen.[485] Diese emergenten Eigenschaften des Systems lassen sich dabei nicht auf Eigenschaften der einzelnen Elemente zurückführen.

> *„Radikale Neuheit bezeichnet hier das erstmalige Auftreten eines Typus, einer Art oder Gattung von Dingen, Ereignissen oder Strukturen, während „gewöhnliche" Neuheit sozusagen sich auf die individuellen Dinge (z.B. Organismen, Personen etc.), Ereignisse oder Strukturen bezieht. Bezogen auf einen beliebigen Zeitpunkt, z.B. die Gegenwart, ist also vieles mehr oder weniger neu, radikal neu dagegen nur sehr weniges."*[486]

In den 1920er Jahren untersucht der englische Zoologe Conwy Lloyd Morgan (1852–1936) zusammen mit dem englischen Philosophen Samuel Alexander (1859–1938) die menschliche Bewusstseinsbildung. In seiner Veröffentlichung *Emergent Evolution* (1923) definiert er diese als eine emergente Eigenschaft des Gehirns, die organisch nicht zu erklären sei. Es gibt eine Vielzahl weiterer theoretischer Ansätze, die zu erklären versuchen, wie neue Eigenschaften eines Systems entstehen, wie z.B. die Katastrophentheorie oder die Theorie zellulärer Automaten. Bis heute ist aber der Prozess wissenschaftlich immer noch ungeklärt.[487]

In der Architektur bezieht sich das evolutionäre Entwerfen auf die konzeptionelle Struktur und die philosophische Logik der Emergenz. Die *Emergence and Design Group*, bestehend aus Achim Menges, Michael Weinstock und Michael Hensel, steuert maßgeblich mit Projekten und Experimenten zur Verbreitung des emergenten Ansatzes bei.[488] Dessen Anwendung stützt sich auf den Gebrauch von genetischen Algorithmen. Das von dieser Gruppe herausgegebene Heft der Zeitschrift *AD* zum Thema *Emergence: Morphogenetic Design Strategies* (2004) enthält eine Mini-Bibliografie zu den Definitionsansätzen des Begriffs der Emergenz und seiner Relevanz für die Architektur.[489] Als erster genannt wird John H. Holland, der Vater *Genetischer Algorithmen*, der in seinem Buch *Emergence: From Chaos to Order* (1998) die Theorie der Emergenz untersucht und zwischen drei Arten von Konzepten unterscheidet: ein rein mathematisches Konzept, ein system- und spieltheoretisches Konzept und ein allgemein informelles Konzept. Er demonstriert

---

[485] Peter Eisenhardt. Dan Kurth. Horst Stiehl. „Emergenz: Die Entstehung von Radikal Neuem" in: *Die Architektur des Ereignisses. ARCH+ Nr. 119/120,* Dezember 1993, S. 91

[486] Ebd.

[487] Vgl. Eisenhardt/Kurth/Stiehl, 1995, S. 151 f.

[488] Zentral für die Entwicklung dieses Ansatzes sind drei Ausgaben des Magazins *Architectural Design (AD)*: *Emergence: Morphogenetic Design Strategies* (2004), *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design* (2006) und *Versatility and Vicissitude Performance in Morpho-Ecological Design* (2008).

[489] Achim Menges. Michael Weinstock. Michael Hensel. „Emergence in Architecture" in: *Emergence: Morphogenetic Design Strategies. AD Vol. 74*, No. 3, John Wiley & Sons, May/June 2004, S. 8 f. (ü.d.v. sinngemäß)

anhand von Beispielen, wie dem Schachspiel oder der Staatenbildung von Ameisen, wie eine kleine Anzahl von Regeln oder Gesetzen ein System mit überraschender Komplexität erzeugen kann.

> *„We are everywhere confronted with emergence in complex adaptive systems – ant colonies, networks of neurons, the immune system, the internet, and the global economy, to name a few – where the behaviour of the whole is much more complex than the behaviour of the parts."*[490]

> *„It is unlikely that a topic as complicated as emergence will submit meekly to a concise definition, and I have no such definition to offer. I can, however, provide some markers that stake out the territory, along with some requirements for studying the terrain."*[491]

Das Buch *Emergence, the Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software* (2001) von Steven Johnson bietet einen Überblick über emergente Mechanismen, die hauptsächlich durch ein *Bottom-up*-Verfahren (engl. „von unten nach oben") entstehen. Schrittweise entwickelt sich ein System vom Untergeordneten zum Übergeordneten, vom Speziellen zum Allgemeinen und vom Konkreten zum Abstrakten hin, ohne dass es eine externe Kontrollinstanz oder eine äußere treibende Kraft gibt.

> *„They are bottom-up systems, not top-down. They get their smarts from below. In a more technical language, they are complex adaptive systems that display emergent behavior. In these systems agents residing on one scale start producing behavior that lies one scale above them: ants create colonies; urbanites create neighbourhoods; simple pattern-recognition software learns how to recommend new books. The movement from low-level rules to higher-level sophistication is what we call emergence."*[492]

Anhand des Beispiels der Ameisenkolonie benennt Johnson fünf grundlegende Prinzipien, die die entscheidenden Regeln für die Selbstorganisation konstituieren:

1) *More is different:* Eine kritische Masse von Ameisen ist notwendig, um das allgemeine Verhalten wahrnehmen zu können, um Rückschlüsse auf das gesamte System zu bekommen.
2) *Ignorance is useful:* Die Unwissenheit der einzelnen Ameisen ist von Vorteil für das gesamte System.
3) *Encourage random encounters:* Zufällige Begegnungen der Ameisen untereinander werden benutzt, um das einzelne Verhalten dementsprechend anzupassen.
4) *Look for patterns in the signs:* Ameisen folgen den Pheromonspuren anderer Ameisen. Die Häufigkeit und die Dichte dieser Spuren ergeben ein Muster.
5) *Pay attention to your neighbours:* Ameisen reagieren auf Signale ihrer Mitläufer und tauschen Informationen aus.

---

[490] John H. Holland. *Emergence: From Chaos to Order.* Oxford University Press, 1998, S. 2 (zitiert ebd.)
[491] Ebd., S. 3 (zitiert ebd.)
[492] Steven Johnson. *Emergence, the Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software.* Scribner, 2001, S. 18

Angeführt wird ferner die Publikation *Self-Organisation, Emergence and the Architecture of Complexity* (1989) von Francis Heylighen, die aus einem Vortrag an der *1st European Conference on System Science* (*AFCET*, Paris) hervorgegangen ist. Heylighen konzentriert sich in seinen Aussagen auf die Dynamik und Entwicklung von emergenten Eigenschaften.

> „Emergence *is a classical concept in systems theory, where it denotes the principle that the global properties defining higher order systems or ‚wholes' (e.g. boundaries, organization, control, …) can in general not be reduced to the properties of the lower order subsystems or ‚parts'. Such irreducible properties are called emergent."*[493]

> *„The spontaneous creation of an ‚organized whole' out of a ‚disordered' collection of interacting parts, as witnessed in self-organizing systems in physics, chemistry, biology, sociology …, is a basic part of dynamical emergence."*[494]

Heylighen, der schon zur Definition des Begriffs Emergenz beigetragen hat, sieht in neueren gesellschaftlichen Phänomenen die Entwicklung einer kollektiven Intelligenz. Sie ist ein emergentes Phänomen, bei dem viele eigenständige Individuen zusammenwirken und Fähigkeiten entwickeln, die über die Eigenschaften der Gemeinschaft hinausgehen. Christopher Hight, Chris Perry und Philippe Morel benennen dieses Phänomen in ihrer *Architectural Design*-Ausgabe *Collective Intelligence in Design* (2006) und versuchen eine Übertragung auf den Entwurf. Die Essays handeln von interaktiven Technologien, Responsive Environments, Software- und Interfacedesign sowie neuen digitalen Kooperationsmöglichkeiten unter den Designern.

> *„Collective intelligence is not purely a cognitive object. Intelligence must be understood here in its etymological sense of joining together (interlegere), as uniting not only ideas but people, constructing society."*[495]

Charles Jencks ist in seinem Buch *The Architecture of the Jumping Universe* (1995) um eine Sicherung emergenter Phänomene in der Architektur bemüht.[496] Seinem Ansatz haftet jedoch etwas Romantisch-Spiritualistisches an. Menges, Weinstock und Hensel entzaubern das Konzept, geben ihm eine technologische Ausrichtung und entwickeln morphogenetische Entwurfsstrategien.[497] Für sie sind Gebäude eine Art Eco-System, auf die das Prinzip der Selbstorganisation angewandt werden kann. Die Bildung von Schneekristallen dient als Beispiel

---

[493] Francis Heylighen. *Self-Organisation, Emergence and the Architecture of Complexity*. AFCET, Paris, 1989, S. 1, *http://pespmc1.vub.ac.be/papers/SelfArchCom.pdf*, abgerufen am 23.05.2015 (zitiert bei Menges/Weinstock/Hensel S. 9)

[494] Ebd., S. 1 f. (zitiert ebd.)

[495] Pierre Lévy. *Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace*. Perseus Books, London, 1997, S. 10, zitiert in Christopher Hight. Chris Perry. Philippe Morel. *Collective Intelligence in Design. AD Vol. 76*, No. 5, John Wiley & Sons, September/October, 2006, S. 6

[496] Vgl. Kapitel *III.3.3.4. expanding vs. non-linearity*, S. 101

[497] Die Morphogenese (griech. „Entstehung der Form") bezeichnet in der Entwicklungsbiologie die Gesamtheit des Prozesses, der einem mehrzelligen Lebewesen seine Form verleiht. Durch Zellwachstum und Differenzierung entwickeln die Organismen im Verlauf der Ontogenese Strukturen und Merkmale, die eine bestimmte Form herausbilden.

für eine dynamische Morphogenese und ist das Produkt von zwei Parametern. Zum einen ist die Entstehung der Form auf eine hexagonale Grundstruktur beschränkt. Die Kristallbildung orientiert sich an der durch die Wasser- und Sauerstoffatome gegebenen tetraedischen Gitterstruktur. Zum anderen ist die Form eines Kristalls nicht von vornherein festgelegt, da sie das Produkt einer komplexen, nichtlinearen Dynamik ist, bei der Schwerkraft, Wind, Luftdruck, Luftfeuchte, Luftverschmutzung, Magnetismus, Geschwindigkeit oder Temperatur einwirken.

> *„Jeder Kristall ist anders, weil jeder seine Sensitivität behält im Hinblick auf die Zeit und auf sein komplexes Milieu. Sein morphogenetisches Prinzip ist aktiv und immer unvollständig (d.h., es evolviert); die Schneeflocke interagiert mit anderen Prozessen, und zwar sowohl über die Zeit als auch über den Raum – sie ist Teil einer dynamischen, in ständigem Fluss befindlichen Welt."*[498]

Die *Emergence and Design Group* betont allerdings, dass es einen Unterschied zwischen emergenten und morphogenetischen Eigenschaften in der Natur und im digitalen Entwerfen gibt. Für Michael Weinstock bedeutet das Studieren von Form gleichzeitig das Studieren von Veränderung. Alle Formen der Welt, ob aus der Natur oder der menschlichen Kultur stammend, sind Energie-, Informations- und Materialströme, die eine Lebensspanne haben und als Teil der Umgebung von anderen aktiven Systemen existieren.[499]

Die Konstruktion traditioneller Architektur baut auf zwei grundlegenden Ansätzen auf: Steifigkeit und Effizienz.[500] Steifigkeit ist der Widerstand der konstruktiven Elemente gegen elastische Verformung durch einwirkende Kräfte oder Drehmomente und ist charakteristisch für unbiegsame und starre Strukturen. Effizienz bedeutet in diesem Zusammenhang das Ziel, mit einem minimalen Aufwand an Material und Energie die größtmögliche strukturelle Steifigkeit zu erreichen. Der Einfluss äußerer Kräfte wird abgewehrt, indem jegliche Elastizität des Materials auf ein Minimum reduziert und eine mögliche Deformation mit Sorgfalt berechnet wird.[501] Die Theorie der Emergenz bietet eine neue Herangehensweise für die Praxis der Architektur an, die das strukturelle Verhalten von Materialien integriert, wie z.B. bei der Konstruktion von Hochhäusern. Dabei wird die Konstruktion als Oberflächenstruktur behandelt, bei der die Kombination von Elastizität und ausreichender Steifigkeit an das Prinzip eines geflochtenen Korbs erinnert. Dessen Steifigkeit funktioniert nicht durch Verbindungsstücke oder Gelenke, sondern über den Zusammenhalt der einzelnen Elemente und ihrer Reibung. Die Elemente sind

---

[498] Sanford Kwinter. „Das Komplexe und das Singuläre." in: *ARCH+ Nr. 119/120,* Dezember 1993, S. 88

[499] Vgl. Michael Weinstock. *The Architecture of Emergence. The Evolution of Form in Nature and Civilisation*. John Wiley & Sons Ltd., 2010. – Sanford Kwinter beschreibt diesen Prozess des Informationsaustausches schon Anfang der 1990er Jahre: „Hat man ein System erst einmal als zeitlich evolvierendes erkannt, dann werden vor allem die Transformationen wichtig, denen es unterliegt – und jede Transformation in einem System ist das Resultat von Energie – oder Information –, die durch dieses System hindurchfließt." Kwinter, 1993, S. 85

[500] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Menges/Weinstock/Hensel, 2004, S. 41 ff.

[501] Spätestens nach dem Kollabieren des *World Trade Centers* durch den Terroranschlag am 11.09.2001 wurde ein Umdenken bei der konstruktiven Umsetzung von Hochhäusern erforderlich. Die Kombination von vielen einwirkenden Kräften führte zu einer nichtlinearen Beschleunigung der Effekte und zum Zusammenbruch der Tragkonstruktion.

dabei sehr leicht und elastisch biegsam, ohne zusammenzubrechen. Der Forschungsansatz der *Emergence and Design Group* gliedert sich in drei Bereiche:

1) *Emergenz und Morphogenese:* Die mathematischen Techniken, wie emergente Formen und Verhaltensweisen in komplexen Systemen der Natur entstehen, werden mit Formfindungen fester und dynamischer Materialien nebeneinandergestellt.
2) *Gegebenheiten, Erbfaktoren und Artenbildung:* Der Fokus wird auf Geometrie, Muster und Verhalten gelegt sowie auf die rechentechnische und grundlegende Entwicklung von Populationen and Arten architektonischer Formen mit komplexem Verhalten.
3) *Verhalten, Material und Umgebung:* Die Untersuchungen konzentrieren sich hier darauf, wie sich natürliche und architektonische Materialsysteme anpassen und wie die Ergebnisse industriell produziert werden können, um eine nahtlose Integration des gesamten Produktionsablaufes zu erreichen.[502]

Zwei Jahre später erscheint zum Thema ein weiteres von den drei Autoren herausgegebenes Heft: *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design* (2006). Darin geht es nicht nur um die Weiterentwicklung der Fragestellung, was die Emergenz für die Architektur bedeuten kann, sondern es geht um die Theorie der Selbstorganisation, die auf Formfindungsprozesse und Materialforschung angewandt wird. Menges, Hensel und Weinstock versuchen, bereichert um das Verständnis natürlicher Prozesse und Systeme, einen neuen ökologischen Ansatz für die Architektur zu formulieren. Achim Menges stellt in seinem Beitrag *Polymorphism* fünf morphogenetische Design-Experimente vor, die sich jedoch in einem „proto-architektonischen Zustand" befinden und einer realen Anwendung noch nicht entsprechen.[503]

1) *Form-Finding and Dynamic Relaxation*: Die sich ergebende Form kommt aus dem stabilisierten Zustand der Einheit von Form und Kraft zustande, wie dies in den aufgespannten Löchern in den Membranen bei *Membrane Morphologies 02* sichtbar wird.
2) *Differential Surface Actuation*: Formfindung bedarf nicht immer einer globalen Manipulation des Gesamtsystems. Beim *Meta-Patch Prototyp* entsteht die Gesamtform, indem die einzelnen Holzelemente lokal, aber unterschiedlich aktiviert werden.
3) *Component differentiation and proliferation*: Physische Experimente mit Materialien wie z.B. Papierstreifen werden mitsamt ihrer performativen Kapazitäten in ein digitales, parametrisches Modell übertragen und in ein neues kollektives System vervielfältigt.
4) *Generative Algorithmic Definition*: Ein zusammenhängendes, algorithmisch erzeugtes System von Elementen passt sich den lokalen Gegebenheiten an. Bei *Honeycomb* erzeugen die Unterschiede in Geometrie, Größe, Tiefe und Dichte die globale Struktur.

---

[502] Vgl. Menges/Weinstock/Hensel, 2004

[503] Vgl. Menges, 2006, S. 86 (ü.d.V. sinngemäß)

5) *Digital Growth and Ontogenetic Drifts*: Eine differenzierte Oberflächengeometrie entsteht durch einen digitalen Wachstumsprozess. Ein erweitertes Lindenmayer-System liefert die geometrischen Daten für die algorithmische Verteilung der parametrischen Komponenten. Es ergibt sich ein komplexes Netzwerk von ineinander verflochtenen Elementen, die unmittelbar produziert werden können wie z.B. Faseroberflächen.

Wiederum zwei Jahre später erscheint zum Thema ein drittes von den drei Autoren herausgegebenes Heft: *Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design* (2008). Der morphologisch-ökologische Entwurfsansatz wird um den Bereich der Performance erweitert. Achim Menges entwickelt den Begriff der *performativeness*. Die zentrale Aussage seiner Theorie ist, dass sich Materialsysteme durch Deformationen selbst organisieren können, um dadurch neuen äußeren Kräften zu widerstehen. Die Form ist nicht mehr allein nur durch die Gestalt des Objekts oder das Material definiert, sondern wird durch eine Vielzahl von Effekten, Bedingungen, Anpassungen und Kleinklimata, die mit der spezifischen Umgebung in einem dynamischen Austausch stehen, bestimmt. Der Wettbewerbsentwurf für den *Neubau der Nationalbibliothek der Tschechischen Republik* (2006) in Prag von *OCEAN* ist durch „performative" Rechenprozesse entwickelt. Die resultierende Struktur verknüpft Form, Tragverhalten, mikroklimatische Vorschriften und organisatorische Kapazitäten innerhalb der Differenzierungen der Hüllkurve. Früher war es nicht möglich Kettenlinien, Hüllkurven oder Materialdeformationen ausreichend zu berechnen und zu simulieren, um diese für Entwurfszwecke einzusetzen. Durch die Computerisierung und die Mathematisierung hat sich das geändert. Es ist nun möglich, unkonventionelle und natürliche Materialien in ihrem Verhalten unter Belastung zu berechnen, die mit Hilfe digital kontrollierter Maschinen als Bauelemente einfach herzustellen sind.

> *„We have always worked with the finite limits of technology. But today there is a gap between what can be built and what can be imagined. Digital technology has progressed so fast that what is built is more limited by the imagination than by technology. This is where we look for opportunity."*[504]

Bei der informellen Operation *rising through collapsing* läuft der Prozess in eine bestimmte Richtung ab: vorhandene, geordnete Strukturen brechen zusammen und verschmelzen mit der Umgebung. Während dieses Vorganges verschwimmen die klaren Grenzen und der Prozess oszilliert zwischen Verfall und Erneuerung, Chaos und Ordnung. Bei der digitalen Operation *emerging* haben wir es mit einem Vorgang zu tun, der in die umgekehrte Richtung zu weisen scheint, da es stets um die Entstehung von Ordnung geht. Für die Theorie der emergenten Phänomene, die hier zur Sprache kommen, ist deshalb die Art der Systeme ausschlaggebend. In

[504] Charles Walker of Arup & Partners in conversation with the *Emergence and Design Group*. „Engineering Design: Working with Advanced Geometries." in: *Emergence: Morphogenetic Design Strategies. AD Vol. 74*, No. 3, May/June, John Wiley & Sons, 2004, S. 67

der Architektur handelt es sich immer um komplexe, adaptive, selbst-organisierende, Higher Order Systeme, die bei emergenten Vorgängen entstehen. Aber wie lässt sich Architektur als komplexes adaptives System formulieren, ohne an Naturanalogien erinnern zu lassen bzw. auf diese zurückgreifen zu müssen? Denn um integrierte und nachhaltige Entwurfslösungen zu erhalten, geht es bei der Operation *emerging* oftmals darum, dass Materialien und Strukturen verschiedentlich manipuliert und natürliche Prozesse bei diesem Vorgang nachgeahmt werden. Die *Emergence and Design Group* selbst beschreibt ihre Experimente als „proto-architektonisch" – ein Begriff, der darauf verweist, dass die Architekturtauglichkeit der Systeme erst noch nachgewiesen werden muss. Ein Erkenntnisgewinn und ein praktischer Gewinn wäre dann gegeben, wenn Materialien, Materialkombinationen und Strukturen gewonnen werden, die durch größere funktionale Performativität gekennzeichnet sind. Denn es stellt sich schon die Frage, welchen Wert die Experimente haben und ob überhaupt architekturbezogene Erkenntnisgewinne davon abgeleitet werden können. Natürlich besteht ihre Methode letztlich nur daraus, Material endlos digital zu bearbeiten, um Zwänge beherrschen zu können, bzw. dem Material einen externen Formwillen aufzuzwingen. Dieser Ansatz wäre ziemlich steinzeitlich und die prozesshaften Naturanalogien sind unnötig und irreführend.

5.3.2. *automating* vs. *evolving* und *growing*

Durch das Buch *Die Entstehung der Arten* (1859) entwickelt Charles Darwin die bereits seit einigen Jahrzehnten in der Diskussion befindlichen Evolutionstheorie weiter; eine seiner Behauptungen besagt, dass alle Lebewesen einen gemeinsamen Ursprung haben und sich ständig verändern. Auf seiner fünfjährigen Schiffsreise sammelt er mehr als 1.500 Tiere in Spiritus, ca. 3.000 Felle, Knochen und Pflanzen. Er vergleicht die unterschiedlichen Kopf- und Schnabelformen der Galápagosfinken und bildet sie nebeneinander ab. „Die Unterschiede zwischen den Arten erscheinen so als Produkt einer fortlaufenden Veränderung, eines zeitlichen Prozesses."[505] Die natürliche Selektion, auch bekannt als *Survival of the Fittest*, wird als Hauptargument für die Entwicklung der Arten herangezogen.[506] Dies führt zu Mehrdeutigkeiten und Missbräuchen, auf die der britische Biologe Thomas Henry Huxley (1825–1895) hinweist.

> *„The unlucky substitution of ‚survival of the fittest' for ‚natural selection' had done much harm in consequence of the ambiguity of ‚fittest' – which many take to mean ‚best' or ‚highest' - whereas ‚natural selection' may work toward degradation […]."*[507]

Denn mit dem Begriff ‚fittest' ist die bestmögliche Anpassungsfähigkeit an die Umwelt gemeint, die den Artenerhalt ausmacht, und nicht die körperliche Überlegenheit und Stärke unter Einsatz von Gewalt. Die natürliche Selektion erkennt, im Gegensatz zur platonischen Philosophie, das Schöpferische der Natur an. Für Darwin liegt der Ursprung der evolutionären Kreativität nicht außerhalb der Natur, in den ewigen Plänen eines maschinenbauenden Gottes, wie ihn der britische Theologe und Philosoph William Paley (1743–1805) in seiner Naturphilosophie[508] sah. Darwin ersetzt die planende Intelligenz eines Gottes durch das ungesteuerte Wirken der natürlichen Selektion. Die gleiche Einsicht führt den französischen Philosophen Henri-Louis Bergson (1859–1941) mehrere Jahrzehnte später zur Formulierung der folgenden Aussage über das Schöpferische der Evolution:

> *„Die Natur ist mehr und besser als ein Plan, der sich verwirklicht. Denn ein Plan ist das einem Werk vorgezeichnete Endziel: er schließt die Zukunft ab, deren Form er umreißt. Vor der Entwicklung des Lebens dagegen bleiben die Tore der Zukunft breit offen."*[509]

---

[505] Julia Voss. *Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837–1874*. Fischer, Frankfurt am Main, 2007, S. 34

[506] 1864 prägt der britische Sozialphilosoph Herbert Spencer den Ausdruck *Survival of the Fittest*, den Charles Darwin seit der 5. Auflage seines Werkes *Die Entstehung der Arten* ergänzend zur *natürlichen Selektion* übernimmt.

[507] Leonhard Huxley (ed.). *Life and letters of Thomas Huxley*. Bd. 2, New York, 1901, S. 284

[508] William Paleys Buch *Natural Theology* beginnt mit der berühmten Uhrmacher-Analogie, die er als Beweis für die Existenz einer planenden Intelligenz anführt. Während eines Spaziergangs gefundenen Uhr muss seiner Meinung nach ihre Präzision und ihr komplexer Aufbau den Schluss erzwingen, dass die Uhr von einem Handwerker nach Plan angefertigt worden ist. Vgl. William Paley. *Natural Theology*. Mit einer Einführung von M. D. Eddy und D. M. Knight (Hrsg.), Oxford University Press, 2005 (ü.d.V. sinngemäß)

[509] Henri Bergson. *Schöpferische Entwicklung.* Jena, Diederichs, 1912, S. 110

Neben der natürlichen Selektion gibt es noch zwei weitere Bereiche, die zur allgemeinen Evolutionstheorie gehören: die sexuelle Selektion und die kulturelle Evolution. Ist in der natürlichen Selektion alles auf Replikation ausgerichtet, bei der Sparsamkeit und Anpassung an die Umwelt Garanten für das Überleben sind, so geht es in der sexuellen Selektion um den Kampf der Geschlechter, bei dem das Weibchen das „letzte Wort" hat.

> *„Diese Form der Zuchtwahl hängt nicht von einem Kampf ums Dasein mit anderen Lebewesen oder äußeren Umständen ab, sondern vom Kampf zwischen den Individuen eines Geschlechts, gewöhnlich des männlichen, um den Besitz des anderen. Das Schlussergebnis für den erfolglosen Mitbewerber ist nicht dessen Tod, sondern eine geringe oder gar keine Nachkommenschaft."*[510]

Alfred K. Treml beschreibt in seinem Aufsatz *Die Natur der Kultur* (2010), warum die Weibchen letztlich über die gelingende sexuelle Selektion entscheiden:

> *„Die Männchen fragen sich: ‚Wie erhalte ich unter Bedingungen der Knappheit der Ressourcen und der vielen Mitkonkurrenten Zugang zu befruchtungsfähigen Eizellen? Das erklärt zum einen den harten Konkurrenzkampf zwischen den Männchen um die Weibchen, und zum anderen das aufwendige Leistungs- und Imponierverhalten zwecks Anziehung der Weibchen. Das Weibchen fragt sich: Wie erkenne ich den potenziell guten Vater meiner zukünftigen Kinder?' Das Weibchen beobachtet und hat die* female choice*."*[511]

Die kulturelle Evolution ergänzt die natürliche Selektion durch *imitation of the fittest*: Beobachte die Erfolgreichen und lerne von ihnen! Die Anpassungsleistung an spezifische Umweltbedingungen durch Imitation ist ein bedeutender Lernprozess für die Entwicklung von „kultureller Intelligenz" wie die Nutzung von Ressourcen, technischen Möglichkeiten oder Neuerungen. Ein wesentlicher Aspekt der Evolution ist die Tatsache, dass sie ungerichtet und langwierig abläuft. Unter der Notiz *I think* skizziert Darwin in seinem Notizbuch *B* (1837) erstmals seine Idee vom Stammbaum des Lebens. Zu sehen ist eine sich verästelnde, schwarze Linie, die die Entstehung der Arten durch Aufspaltung symbolisiert.[512] Dieses Diagramm veranlasst den deutschen Zoologen und Philosophen Ernst Haeckel (1834–1919) dazu, eine sehr bildhafte Umsetzung von Darwins Gedanken über die Abstammung der Arten zu entwickeln. Seine Zeichnung *Evolutionary Tree* (1879) zeigt eine Eiche mit einem dicken, gewundenen Stamm, aus dem viele kleine geschnörkelte Äste sprießen, die mit den Namen der einzelnen Arten beschriftet sind. Die Entwicklung der Arten erreicht ihren Höhepunkt am Gipfel des Baumes, an dem der Mensch als Krone der Schöpfung angeordnet ist.[513] Diese lineare Auffassung

---

[510] Charles Darwin. *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl*. Stuttgart, Reclam, 1963, S. 131

[511] Alfred K. Treml im Gespräch mit der Verfasserin 2012; vgl. Alfred K. Treml. „Die Natur der Kultur", in: K. Gilgenmann. P. Mersch. A. K. Treml. *Kulturelle Vererbung. Erziehung und Bildung in evolutionstheoretischer Sicht. Beiträge zur Evolutionären Pädagogik Bd. 4*. Norderstedt, 2010, S. 11–26

[512] Adrian Desmond. James Moore. *Darwin*. List Verlag, München/Leipzig, 1991, S. 220–229

[513] Ernst Haeckel. *Anthropogenie: oder, Entwicklungsgeschichte des Menschen*. W. Engelmann, Leipzig, 1874. (Die Nationalsozialisten benutzen später einige von Haeckels Aussagen, um damit ihren Rassismus und Sozialdarwinismus begründen zu können.)

einer Artenentwicklung in der Biologie hat auch Einzug in die Stilentwicklung in der Architektur gehalten. Der englische Architekt Banister Fletcher (1833–1899) nimmt in seinem Buch *A History of Architecture on the Comparative Method* (1895) eine Zeichnung auf, die an Haeckels Baumdiagramm erinnert. Zu sehen ist ein symmetrischer Baumstamm, aus dem mehrere Äste sprießen, aus denen wiederum 28 Blätter wachsen, die architektonische Wahrzeichen verschiedener Architekturstile abbilden. Am Fuße sitzen sechs Personen, die die Haupteinflüsse auf die Entwicklung von Architektur symbolisieren: Geografie, Geologie, Klima, Religion, Gesellschaft und Geschichte. Die Krönung der architektonischen Schöpfung ist die amerikanische Architektur, die durch das *Flatiron Building* in New York repräsentiert ist. Fletchers Baumdiagramm fehlt eine kritische Distanz zur Evolutionstheorie, da die Platzierung der Architekturstile willkürlich scheint und nur eine allgemein geteilte Einstellung zum Ausdruck bringt, dass Architekturstile sich genauso entwickeln wie einzelne Arten in der Natur. Diese vertikal-lineare Darstellung ist stark vereinfacht und gibt die Komplexität von Zusammenhängen mit der Dimension Zeit nur ungenügend wieder. In einem sehr viel differenzierter angelegten Ansatz versucht Charles Jencks mit seinem *Evolutionary Tree* (2001) eine horizontal-dynamische Entwicklungsgeschichte der Architekturstile darzustellen. Sechs grundlegende und miteinander im Widerstreit liegende Architekturtraditionen bilden die Anfangsströme: *logical, idealist, self-conscious, intuitive, activist und unself conscious 80% of environment*. Diese Ströme verändern sich im Laufe der Zeit und bilden je nach gegenseitigem Einfluss fluktuierende Blasen.[514]

Bei Haeckel, bei Fletcher als auch bei Jencks spielt das evolutionstheoretische Gedankengut zwar eine Rolle, betrifft aber die Frage der Methodik der Architekturgeschichte und nicht die Produktion von konkreten Artefakten. Geht es um die Produktion von konkreten Artefakten, wird ein Gegensatz deutlich: der Entwicklungsprozess in der Biologie geht langsam und ungerichtet vonstatten; der Entwicklungsprozess in der Architektur ist schnell und vorwiegend technologisch ausgerichtet. Die Operation *evolving* ist immer an einer zielgerichteten und effizienten Optimierung interessiert. Um den Gedanken der Evolution für die Architektur nutzbar zu machen, muss der Entwicklungsprozess beschleunigt ablaufen. Ansätze dafür liegen in der digitalen Nachahmung von Wachstumsprozessen einzelner Formen und in der Übertragung von ‚Erfindungen der Natur' auf architektonische Problemstellungen.[515] Le Corbusier argumentiert in seinem Buch *Towards a new architecture* (1923) zwar nicht biologisch, sondern technologistisch, dennoch gibt es einzelne Aussagen bzw. Begriffe, die auf einen evolutionstheoretischen Hintergrund hinweisen. In einer der bekanntesten Passagen vergleicht er die Entwicklung dorischer Tempel in Griechenland mit der Entwicklung und Verbesserung von Autos. Der

[514] Es kommen 300 Architekten, 80 soziale Trends und ca. 60 explizite und implizite Architekturbewegungen vor.
[515] Vgl. dazu auch *Bionik* in Kapitel *II.4.4.2.Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie*, S. 58

Parthenon ist das Produkt von eingeführten und bewährten Normen. In der Autoindustrie hat die Festlegung von Standards dazu geführt, dass sich die Formentwicklung vor allem an der Funktionalität orientiert. Auch in der Architektur sollten Standards entwickelt werden, auf deren Basis die Funktion und Ästhetik schneller und besser verfeinert werden können.

> *„We must aim at the fixing of standards in order to face the problem of perfection. The Parthenon is a product of selection applied to a standard. Architecture operates in accordance with standards. Standards are a matter of logic, analysis and minute study: they are based on a problem which has been well ‚stated'. A standard is definitely established by experiment."*[516]

Die Forschungsgruppe *KAISERSROT* versucht mit Hilfe evolutionärer bzw. genetischer Algorithmen schnellere Lösungen für architektonische Problemstellungen zu entwickeln. In Kooperation mit *Herzog & de Meuron* arbeiten sie in der frühen Entwurfsphase des *Olympiastadions* in Peking an der Optimierung des Dachtragwerks mit. „Das dreidimensionale Tragwerk wurde unter Berücksichtigung entstehender Ungenauigkeiten in eine zweidimensionale Abwicklung überführt. [...] Dadurch konnte das Problem als zweidimensionale Fragestellung betrachtet und die scheinbar chaotische Trägerstruktur mit einem genetischen Algorithmus automatisch organisiert werden. [...] Zudem wurden einige gestalterische bzw. konstruktiv-produktionstechnische Aspekte als ‚Fitness'-Kriterien definiert: Jeder der kastenförmigen Träger sollte sich an die unregelmäßige Kontur des Stadions anschmiegen, die Trägerzwischenräume sollten wegen der Eindeckung mit EFTE-Kissen nicht zu groß oder zu klein, die Riegel wegen der Durchbiegung nicht zu lang werden und die Durchmesser der Kastenträger eine bestimmte Größe nicht unterschreiten, damit Schweißarbeiten im Inneren durchgeführt werden können etc." Mit Hilfe dieser Kriterien wurden zahlreiche Varianten durchgerechnet. Nach 250 Generationen stellte sich eine bestimmte Qualität ein, die sich manuell kaum hätte ausrechnen lassen.[517]

Adaptivität, Wachstum und ‚Fitness' mittels des Computers berechnen zu können, ist schon in den 1940er Jahren das Ziel einiger Mathematiker. Gestützt auf Vorarbeiten des britischen Mathematikers Alan Turing (1912–1954), entwickelt u.a. der aus Ungarn in die USA emigrierte Mathematiker John von Neumann (1903–1957) Zellularautomaten, die „dem Automaten nicht nur einen determinierten Verhaltensplan, sondern auch seine Reproduktionsfähigkeit" vorgeben können.[518] Auf Anregung des polnischen Mathematikers Stanislaw Ulam übersetzt Neumann die Zellularautomaten in ein „Denkmodell eines unendlichen Schachbrettgitters", auf dem das Verhalten von „Zellen einem einfachen Regelsystem" folgt.[519] Dabei verändern sich die einzelnen

---

[516] Le Corbusier. *Towards a new architecture*. Dover Publications, New York, 1986, S. 131 (Englische Übersetzung aus dem Jahr 1931 der französischen Originalausgabe 1923)
[517] Oliver Fritz. „Programmiertes Entwerfen." in: *ARCH+ Nr. 189,* S. 63
[518] Georg Vrachliotis. „Generatives Design. Architektur zwischen konstruierter und programmierter Natur." in: *ARCH+ Nr. 189,* S. 56
[519] Ebd., S. 56

Zellen alle gleichzeitig und abhängig von ihren Nachbarn. Sie folgen damit den sogenannten Zellübergangsregeln, die stets alle Zellen betreffen und meistens „orthogonale Rasterstrukturen" bilden.[520] Eine berühmte zweidimensionale Umsetzung entwirft John Horton Conway (*1937) in den 1970er Jahren mit dem *Game of Life*. Dieses Spiel versucht auf einfach aufgebauten Algorithmen eine Entwicklung einer Population nachzuahmen. Dabei kann die Population sich weiterentwickeln oder auch in sich zusammenbrechen oder um sich selbst herum drehen. Es gibt vier abstrakt-logische Regeln, die entscheiden, wie sich die Population selbstorganisiert. Der Spieler kann aber dennoch in das Spielgeschehen eingreifen und die Population steuern, indem er entscheidet, ob ein neuer Baustein auf das Spielfeld gesetzt wird. Aus einfachen Regeln erwächst so im Spielverlauf eine komplexe Struktur. Die Relevanz für die Architektur zeigt sich darin, dass die Operation *growing* dazu dienen kann, Wachstumsprozesse digital nachzuahmen. In einem Experiment einer japanischen Forschergruppe um Toshiyuki Nakagaki an der Hokkaido Universität in Sapporo dient ein Schleimpilz dazu, die effizientesten Verbindungen zwischen Städten im Großraum Tokyo zu ermitteln.[521] Die Forscher markieren die Positionen der Städte auf einer Umgebungskarte von Tokyo mit Haferflocken und setzen dann den Schleimpilz *Physarum polycephalum* in das Zentrum der Hauptstadt. Es bilden sich in kurzer Zeit dickere Stränge heraus, die die verschiedenen als Futterquellen dienenden Haferflocken in effizienter Art und Weise miteinander verbinden, ohne dass ein externer Kontrollmechanismus einwirkt. Mit Hilfe eines einfachen Algorithmus simulieren die Wissenschaftler dann die Entwicklung des Schleimpilzes am Computer und verbessern dabei noch seine Effizienz. Der Algorithmus, der nun sogar mehr Fähigkeiten als der Schleimpilz besitzt, kann auf Netzwerksysteme wie z.B. urbane Prozesse übertragen und dadurch technisch genutzt werden.[522] Die Vorstellung, dass ein räumliches System nicht nur zweidimensional, sondern auch in Wechselwirkung von menschlichem Verhalten und räumlichen Strukturen wachsen kann, zeigt das französische Architekturbüro *R&Sie(n)* in seiner Ausstellung *I've heard about* (2005). Die Installation steht für ein prototypisches, städtebauliches Szenario, bei dem die dreidimensionalen Gebäude nicht nur durch ihre Umgebung wie z.B. Klima und Topografie beeinflusst werden, sondern auch durch Einstellungen, Verhaltensweisen und Gefühle der Besucher.

> *„The exhibition begins with a straightforward question: is it possible to conceive of urban structures capable of reacting to human contingencies?"*[523]

---

[520] Fritz, S. 62

[521] Toshiyuki Nakagaki. „Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design". in: *Science 22*, Vol. 327, No. 5964, January 2010, S. 439–442

[522] Vgl. Julia von Sengbusch. „Schleimiger Streckenplaner" in: *Spektrum*. 21.01.2010, *http://www.spektrum.de/news/schleimiger-streckenplaner/1019760*, abgerufen am 22.06.2015

[523] Florence Derieux. „R&Sie(n)" in: *frieze*. Issue 96, January–February 2006, *https://frieze.com/article/rsien?language=de*, abgerufen am 22.06.2015

In der Installation sind verschiedene Räume wie in einem Forschungslabor mit weißen transluzenten Plastikvorhängen voneinander abgetrennt. In der ersten Kabine wird der Besucher von einer Person auf einem Bildschirm aufgefordert, seine Hand auf den Touchscreen eines medizinischen Gerätes zu legen. Ein ungefährlicher Nebel wird versprüht, mit dem Hormone absorbiert und die Gefühle des Besuchers gemessen werden. Von den Einzeldaten wird ein dynamisches Porträt erstellt. Die gesammelten Daten aller Besucher sind die Grundlage einer sich ständig verändernden Architektur, die durch einen Roboter direkt in eine wachsende, rhizomartige Struktur umgesetzt wird.

Die Regelung von Maschinen, menschlichem Verhalten und Nachrichtenübertragung sind Themen, die der Kybernetiker Gordon Pask (1928–1996) seit den 1940er Jahren versucht zusammenzubringen und zu steuern. Pask stellt in seinem Artikel *The Architectural Relevance of Cybernetics* (1969) die Bedeutung der Kybernetik für die Architektur vor. Sein Ansatz besteht darin, dass er mithilfe der Kybernetik eine evolutionäre Architektur zu denken versucht. Er schlägt eine Entwurfspraxis vor, die die Architektur als ein lebendes und wachsendes System ansieht, das sich von der autoritären Figur des Architekten entfernt, wie er im Vorwort von John Frazers Morphogenese-Projekt *An Evolutionary Architecture* (1995) schreibt:

> *„The fundamental thesis is that of architecture as a living, evolving thing. […] The role of the architect here, I think, is not so much to design a building or city as to catalyse them; to act that they may evolve. That is the secret of the great architect."*[524]

Für Frazer ist evolutionäre Architektur ein dynamischer Prozess, der, mit Hilfe von genetischen Algorithmen, auf „Strategien der Evolution, also auf Selektion, Mutation und Rekombination, zurückgreift". Durch dieses Computerverfahren können sogar „autopoietische [selbstorganisierende] Systeme modellhaft nachgebildet und visualisiert" werden.[525]

> *„An Evolutionary Architecture investigates fundamental form-generating processes in architecture […]. It proposes the model of nature as the generating force for architectural form. The […] prototyping and […] creative power of natural evolution are emulated by creating virtual architectural models […]. Architecture is considered as a form of artificial life, subject, like the natural world, to principles of morphogenesis, genetic coding, replication and selection."*[526]

> *„Our analogy of evolutionary architecture should not be taken just to imply a form of development through natural selection. Other aspects of evolution, such as the tendency to self-organization, are equally or even more significant."*[527]

Gerhard Schmitt sieht in dieser erweiterten und neuartigen Nutzung des Computers eine Art „Ehrbarmachung" desselben, der vormals lediglich trivial als Zeichenhilfe eingesetzt wurde.[528]

[524] Pask, zitiert in: Frazer, 1995, S. 6 f.
[525] Wagner, 2000
[526] Frazer, 1995, S. 9
[527] Ebd., S. 12 f.
[528] Vgl. Gerhard Schmitt. *Information Architecture. Basis and Future of CAAD.* Birkhäuser Verlag, Basel, 1999

Die architektonischen Operationen *evolving* und *growing* zielen auf die übertragene Anwendung charakteristischer Vorgänge der Natur, bei denen der Architekt lediglich ein Teil des ganzen Systems ist. So wie Darwin Gott als universellen Schöpfer der Natur entthront hat, um ihn durch die natürliche Selektion zu ersetzen, wird im Entwurfsprozess der Architekt als universeller Formgeber und Schöpfer durch die auswählenden Kräfte der Algorithmen ersetzt.[529] Der Architekturtheoretiker Mario Carpo sieht in der sich auflösenden Autorschaft des Architekten eine grundlegende Veränderung aufkommen. Lag in Zeiten Leon Battista Albertis die vollständige Kontrolle des architektonischen Entwurfs in den Händen des Architekten, so sind es nun kooperierende Entwurfsteams[530], die mit Skripten, Codes und Algorithmen hantieren.

> *„Die modernistische Kraft des Identischen neigte sich mit dem Erwachen der digitalen Technologien dem Ende zu. Alles digitale ist veränderbar und digitale Veränderlichkeit verläuft entgegen einer Einheitlichkeit, die von der Geschichte der westlichen kulturellen Technologien der letzten fünf Jahrhunderte eingefordert wurde. In der Architektur bedeutet das die Aufhebung der Grenzen in der Darstellung, der industriellen Standardisierung – und im weiten Sinne auch einer albertianischen und insofern autoritären Art und Weise des Bauens."*[531]

Carpo stellt im weiteren Verlauf seines Buches *The Alphabet and the Algorithm* (2011) fest, dass die exklusive Autorschaft eines Architekten längst aufgegeben sei. Der digital entwerfende Autor-Architekt hat zwar die Kontrolle über die von ihm erstellten Skripte, nicht aber über die Varianten, die daraus algorithmisch erzeugt werden.[532] Im deutschen Gesetz über *Urheberrecht und verwandte Schutzrechte* (UrhG) Abschnitt 8 *Besondere Bestimmungen für Computerprogramme* gibt es differenzierende Aussagen über den Schutz bzw. Nicht-Schutz von Computerprogrammen.[533] Vor dem Hintergrund des Einsatzes von Computerprogrammen bedeutet das, dass der Architekt notgedrungen eine gewisse Souveränität an die Maschine abgibt, wenn er digitale Werkzeuge benutzt. Dasselbe gilt auch für andere Computeranwendungen, die der technischen Optimierung dienen.[534] Eine noch weitergehende Aussage über die Veränderung der Autorschaft findet sich in Roland Barthes Text *Der Tod des Autors* (1967). Für Barthes

---

[529] Steadman, 1979/2008, S. 182 (ü.d.V. sinngemäß)

[530] Schon Mitte der 1990er Jahre beschreibt Rem Koolhaas in seinem Buch *S, M, L, XL* (1995) wie die Theorie der *Bigness* die Architektur und den Beruf des Architekten verändert. Ausgehend von der Theorie der *Bigness* liegt der Ansatz hier weniger im Digitalen als vielmehr in der Realisierung von Megaprojekten, bei der Teams und Technologien miteinander kooperieren. „BIGNESS is impersonal: the architect is no longer condemned to stardom. [...] like mountain climbers tied together by life-saving ropes, the makers of BIGNESS are a team. [...] Beyond signature, BIGNESS means surrender to technologies; to engineers, contractors, manufactures; to others. It promises architecture a kind of post-heroic status – a realignment with neutrality." Rem Koolhaas. „Bigness and the Problem of Large" in: *S, M, L, XL*. Monacelli Press, New York, 1995, S. 513 f.

[531] Mario Carpo. *Alphabet und Algorithmus: Wie das Digitale die Architektur herausfordert*. transcript, 2012, S. X (aus dem Englischen übertragen von Jan Bovelet und Jörg H. Gleiter, herausgegeben von Jörg H. Gleiter)

[532] Vgl. Sokratis Georgiadis. *Das Fondue und das Kamel*. April 2015, *http://georgiadis-architektur.com/2015/04/05/das-fondue-und-das-kamel/*, abgerufen am 22.06.2015

[533] §69a Gegenstand des Schutzes 09.09.1965, *http://www.gesetze-im-internet.de/urhg/BJNR012730965.html*, abgerufen am 22.06.2015

[534] Vgl. Georgiadis, April 2015

verschwindet das Subjekt des Schriftstellers beim Schreiben und verliert letztlich die Kontrolle über sein eigenes Werk. Nicht mehr der Autor, ist für Barthes relevant, sondern einzig die Wahrnehmung und Interpretation des Textes durch den Leser.[535] Im heutigen *Web 2.0* bzw. in den *Social Media* sind es die Nutzer, die die Inhalte von Texten generieren und verbreiten. Die Autorschaft ist hierbei breit gestreut.

Die informelle Operation *automating* leitet durch die halbautomatischen Prozesse, mit deren Hilfe ein Kunstwerk entsteht, eine Veränderung der Autorschaft ein. K. O. Götz legt seinen Malablauf (nach dem Schema *2:1:1/2*) genau fest. Gleichzeitig gibt er dem Zufall Raum, indem er nicht planbare Spritzer und Schlieren integriert und das Unvorhergesehene Teil der Arbeitsweise werden lässt. Die korrespondierenden Operationen *evolving* und *growing* entstehen durch den Einsatz von Skripten, Codes und Algorithmen, wie z.B. im Computerprogramm *Grasshopper,* und gewinnen an Wichtigkeit im Entwurfsprozess. Durch sie ist es möglich, Grenzen von Softwares zu erweitern, indem sie die Regeln und Parameter selbst neu definieren. Open-source Software ermöglicht es, dass viele Entwickler an neuen Skripten arbeiten und diese frei im Netz zur Verfügung stellen. Es entsteht eine ganz neue Ebene im Entwurfsdenken. Grundsätzlich anzumerken ist, dass sich die digitalen Operationen *evolving* und *growing* von der informellen Operation *automating* darin unterscheiden, dass der Automatismus keine Funktion des Unterbewusstseins ist (siehe *écriture automatique*), sondern eine Funktion (intelligenter oder weniger intelligenter) Maschinen, bei der die Entwurfskontrolle partiell an die Maschine abgegeben und dadurch die Autorschaft geteilt wird.

Problematisch wird es, wenn der evolutionäre Prozess im Entwurf zu direkt und schematisch begriffen wird, wie z.B. wenn der biologische Begriff der Vererbung mit der Ausführung des Kopierens gleichgesetzt wird.

> *„How is the analogy made, precisely, between Darwin's concept of organic evolution and the technological evolution of artefacts? The first step […] is to equate heredity with copying.“*[536]

Es geht auch nicht darum, dass vom Algorithmus generierte Formen, einfach nur noch in Beton gegossen werden müssen. Die Natur ist komplexer, als dass es lediglich um einen linearen Austausch von Informationen geht, bei dem der Genotyp den Phänotyp bestimmt.

> *„But most programming and scripting in architecture is still too often a schematic nature. Computing is not about formulas generating forms to be cast in concrete. Likewise, in evolutionary biology, the shift from genotype to phenotype is not understood as a linear transfer of ‚information'. The chemistry of the genotype doesn't directly result in the biology of a phenotype, an individual being.“*[537]

---

[535] Roland Barthes. „Der Tod des Autors.“ in: Fotis Jannidis (Hrsg.). *Texte zur Theorie der Autorschaft*. Reclam, Stuttgart, 2000, S. 185 ff.

[536] Steadman, 1979/2008, S. 76

[537] Lars Spuybroek. *The Architecture of Continuity: Essays and Conversations*. V2_ publishing, 2008, S. 190

Gordon Pask warnt schon Ende der 1960er Jahre, dass der Willkür des evolutionären Gedankens auch in der Architektur ein Rahmen gegeben werden muss.

> *„An immediate practical consequence of the evolutionary point of view is that architectural designs should have rules for evolution built into them if their growth is to be healthy rather than cancerous. In other words, a responsible architect must be concerned with evolutionary properties; he cannot merely stand back and observe evolution as something that happens to his structures.“*[538]

Zusammenfassend machen drei grundlegende Aspekte das evolutionäre Entwerfen am Computer problematisch. Erstens kann der Computer von sich aus nicht kreativ arbeiten oder radikale Neuheiten hervorbringen.[539] Zweitens mangelt es diesen Entwürfen an praktischer Anwendung und dadurch ist ein architekturbezogener Erkenntnisgewinn fraglich. Drittens fehlt es durch die Nähe zu Naturanalogien und die Anlehnung an biomorphem Vokabular an einer angemessenen Darstellung, die dem informellen Ausdruck entspricht.

---

[538] Gordon Pask. „The Architectural Relevance of Cybernetics.“ in: *Ditching the Dinosaur Sanctuary. AD Vol. 39*, No. 9, John Wiley & Sons, 1969, S. 495

[539] Vgl. Kapitel *II.2.2.1. Was ist ein Code?*, S. 29 und vgl. Kapitel *IV.2. Vers une Métaphysique nouvelle,* S. 228

6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006)

Waren von den ersten drei Phasen besonders die *1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)* von einer vielfältigen und radikalen digitalen Experimentierfreudigkeit gekennzeichnet, die Malcolm McCullough *blobmeisters' boom*[540] nennt, ist in der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* eine „erwachsenere" Generation von digitalen Entwerfern herangereift. Geprägt von der geplatzten *Dotcom-Blase* um die Jahrtausendwende herum und der damit verbundenen Finanzkrise, konzentrieren sich die digitalen Entwerfer immer mehr auf wirtschaftlich effiziente technische Neuerungen wie z.B. *Rapid Prototyping*, *Computer-aided design* (CAD) und *Computer-aided manufacturing* (CAM) zur schnellen und rentablen Herstellung von individuellen Werkstücken; *Building Information Modeling* (BIM) zur optimierten Planung und Ausführung von Gebäuden. Programmieren etabliert sich als gängiges Werkzeug zur Formgenerierung und Formumsetzung.

Ein weiteres finanzpolitisches Ereignis setzt die Transformation der zweiten Blobgeneration fort, als 2007 die amerikanische Immobilienblase platzt und eine weitere globale Finanzkrise ausgelöst wird. Weltweit erleidet die Finanzbranche Verluste und viele Unternehmen müssen Insolvenz beantragen. Der Höhepunkt wird mit dem Zusammenbruch der US-amerikanischen Großbank *Lehman Brothers* 2008 erreicht. Infolgedessen treten die Aspekte Effizienz, Bezahlbarkeit und Wirtschaftlichkeit der digitalen Technologien noch stärker in den Vordergrund und Architekten und Tragwerksplaner verstärken die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams. Wurden früher die Tragwerksplaner erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Entwurfsplanung mit eingebunden, wenn es um die Tragwerksstruktur und die Materialisierung ging, nachdem der Architekt die übergeordnete Form definiert und grundlegende Entwurfsfragen geklärt hatte, so ist der Tragwerksplaner heute von Anfang an Teil des Entwurfsteams. Schon Anfang der 1990er Jahre beschreibt der irische Ingenieur Peter Rice (1935–1992) die noch vorherrschende Sichtweise auf die Tragwerksplaner, deren Rolle sich aber im Wandel befindet.

> *„I am an engineer. Often people will call me an ‚architect engineer' as a compliment. It is meant to signify a quality of engineer who is more imaginative and design-orientated than a normal engineer. This is because in the minds of the public and of other professionals, the engineer is associated with unimaginative dull solutions."*[541]

Einige Architektur- bzw. Ingenieurbüros etablieren seit Anfang der 2000er Jahre eigene Forschungsteams, die sich um die digitale Integration von entwerferischen, strukturellen, material- und produktionstechnischen Problemen kümmern, wie z.B. bei *Zaha Hadid Architects* (Untersuchung von rechnerischen Entwurfswerkzeugen und geometrisch artikulierten

---

[540] Vgl. Carpo, 2013, S. 187

[541] Peter Rice. *An Engineer imagines*. University of Michigan, Artemis, 1994, S. 69

Algorithmen) und beim Ingenieurbüro *Arup* die *Advanced Geometry Unit (AGU)* (Experimente in der Entstehung von Form in der Überschneidung von Wissenschaft, Kunst und Mathematik). Letzteres Team entwirft schon 2002 unter der Leitung von Cecil Balmond zusammen mit dem japanischen Architekten Toyo Ito den *Serpentine Gallery Pavilion* in London.

> *„The* Serpentine Gallery Pavilion *2002 appeared to be an extremely complex random pattern that proved, upon careful examination, to derive from an algorithm of a cube that expanded as it rotated. The numerous triangles and trapezoids formed by this system of intersecting lines were clad to be either transparent or translucent, giving a sense of infinitely repeated motion."*[542]

Des Weiteren entstehen eigenständige Büros, die sich an der Schnittstelle von digitaler Planung und baulicher Umsetzung komplexer Formen ansiedeln und spezialisieren, wie z.B. das Software- und Consultingbüro namens *Gehry Technologies*, das Software für den AEC-Markt (Architecture, Engineering and Construction) entwickelt; das Büro *designtoproduction*, das 2005 als Forschungsgruppe aus der *ETH Zürich* hervorgeht und die gesamte Bandbreite der digitalen Abwicklung, vom Entwurf bis zum Bau, bedient, arbeitet mit vielen großen Architekturbüros zusammen, wie z.B. *Renzo Piano*, *Daniel Libeskind*, *SANAA*, *Shigeru Ban* und *UNStudio*.

Parallel zur Fusion von Architektur- und Ingenieurwesen, gibt es eine zweite Richtung, die sich hier entfaltet: die Virtuosität des Ornaments als Oberflächenoperation. Das Ornament, lange Zeit in der Moderne verpönt und vom Architekten Adolf Loos in seiner Streitschrift *Ornament und Verbrechen* (1908) als überflüssig verdammt, wurde bereits mit dem Einbruch der Postmoderne in den 1970er Jahren rehabilitiert und gewinnt nun durch das Interesse des digitalen Entwerfens an der Oberfläche wieder an Aktualität. Die Künstlerin und Architektin Alicia Imperiale spricht in diesem Zusammenhang von einer *New Flatness*[543] und beruft sich auf die wegweisende Veröffentlichung *Postmodernism, or The Cultural Logic of Late Capitalism* (1991) von Fredric Jameson, in der er die fehlende Tiefe als allgemeines Merkmal postmoderner Kultur untersucht. Er spricht von einer *Flatness*, die sich als ‚Oberfläche mit Tiefenlosigkeit' zur Schau stellt, die nicht nur metaphorisch, sondern auch physisch und direkt erlebbar ist.

> *„[…] depth is replaced by surface or by multiple surfaces […] Nor is this depthlessness merely metaphorical: it can be experienced physically and ‚literally' by anyone […]"*[544]

Die *New Flatness* des digitalen Entwerfens möchte allerdings im Gegensatz zur *Flatness* der Postmoderne eine Oberflächlichkeit „aus Tiefe"[545] sein. Schon in der *2. Phase: Non-Standard*

---

[542] Beschreibungstext ihrer Website entnommen: *http://www.serpentinegalleries.org/exhibitions-events/serpentine-gallery-pavilion-2002-toyo-ito-and-cecil-balmond-arup*, abgerufen am 26.07.2015

[543] Alicia Imperiale. *New Flatness: Surface Tension in Digital Architecture*. Springer, 2000, S. 17 f.

[544] Frederik Jameson. *Postmodernism, or The Cultural Logic of Late Capitalism*. Duke University Press, Durham, 1991, S. 12 (erstveröffentlicht in *New Left Review*, I/146, July–August 1984, S. 62)

[545] „Diese Griechen waren oberflächlich – aus Tiefe. [...] Sind wir nicht eben darin – Griechen? Anbeter der Formen, der Töne, der Worte? Eben darum – Künstler?" Friedrich Nietzsche. „Präambel" in: *Die fröhliche Wissenschaft* KGW V2, 1882/1887, S. 20

Architektur (1999–2003) äußert sich die Suche nach Tiefe in der Operation *diagramming*. Ben van Berkel und Caroline Bos sprechen von *Deep Plan*. Das Diagramm enthält komprimierte Daten und Informationen, die es abstrahiert darstellt. Im Diagramm werden komplexe Strukturen der Realität aufgenommen, die Tiefe erzeugen.

> *„The procedure of the* Deep Plan *involves generating a situation-specific, dynamic, organisational structure plan with the aid of parameter-based techniques. The in-depth, interactive nature of the* Deep Plan *means that it incorporates economics, infrastructure, programme and construction in time."*[546]

Antoine Picon benennt in seinem Buch *Digital Culture in Architecture* (2010) im Kapitel *The Surface as Architecture* drei allgemeine Gründe, warum die Beschäftigung mit der Oberfläche das Ornament wieder in den Mittelpunkt rücken lässt.[547] Erstens gewinnt der Einsatz elektronischer Medien in der Architektur zunehmend an Bedeutung. Durch Billboards (elektronische Reklametafeln) kann Architektur in riesige Displayflächen verwandelt werden wie z.B. im *Times Square* in New York, im *Piccadilly Circus* in London oder *Shinjuku* in Tokyo. Anfänge sind Ende der 1990er Jahre in der Einführung der Operation *hypersurfaces* zu finden. Zweitens werden die technischen Anforderungen an die Fassade im Hinblick darauf, was sie zu leisten hat, immer größer. Die mit stets wachsendem Nachdruck gestellte Forderung nach nachhaltigem Bauen und umwelttechnische Notwendigkeiten führen dazu, dass die Fassade mehrere Funktionen zu vereinen hat wie z.B. Wärmedämmung, Sonnenschutz oder Speicherung und Erzeugung von Energie. An der Fassadengestaltung des *ThyssenKrupp Hauptquartier Q1* (2010) in Essen von *JSWD Architekten* wird demonstriert, wie durch ein intelligentes, sich automatisch veränderndes Lamellensystem eine funktionale Fassade zugleich dynamisch und ornamental werden kann. Drittens muss die Fassade aufgrund der komplexer gewordenen Raumprogramme flexibleren Anforderungen entsprechen. Als großflächige Hülle vereint und hält sie die programmatische Verschiedenartigkeit der Nutzungen zusammen. Das Ornament belebt die Hülle und betont die Oberfläche wie z.B. beim *John Lewis Department Store* (2008) in Leicester von *Foreign Office Architects*, bei dem ein üppig-prunkvoller Wirbel von eleganten Ranken die Fassadenhülle bildet.

Trotz der zwei Ausrichtungen des digitalen Entwerfens in der *4. Phase* spielt in beiden Ansätzen die Mathematik eine neue Rolle: die traditionelle Geometrie, die mit Punkten, Geraden, Ebenen, Abständen oder Winkeln operiert, öffnet sich anderen Bereichen der Mathematik, wie z.B. der Topologie, die sich mit Eigenschaften mathematischer Strukturen beschäftigt, die unter stetigen Verformungen wie Dehnen, Stauchen, Verbiegen, Verzerren oder Verdrillen erhalten bleiben; oder dem parametrischen Entwerfen, bei dem das 3D-Modell nicht mehr mit einer starren, a priori fixierten Geometrie vereinbar ist, sondern aus Parametern der geometrischen Gestalt und Zahlenvariablen besteht, die assoziativ verknüpft sind und somit Abhängigkeiten

[546] van Berkel/Bos. 1999, S. 29 f.

[547] Antoine Picon. *Digital Culture in Architecture*. Birkhäuser, Basel, 2010, S. 84 ff.

bilden; oder dem algorithmischen Entwerfen, bei dem die verknüpften, netzartigen Parameter berücksichtigt werden und miteinander interagieren, um durch Rückkopplung komplexe Systeme entstehen zu lassen.[548] Es gibt zwei Bücher, die die unterschiedliche Sichtweise auf die mathematischen Ansätze widerspiegeln und das gleiche Thema zur Grundlage nehmen: Pasta. Zum einen zeigt das Kochbuch *The Geometry of Pasta* (2010) von Caz Hildebrand und Jacob Kenedy über 300 Nudeln in ihren geometrischen Formen. Nicht als Kochbuch, sondern als Fachbuch ausgelegt ist zum anderen *Pasta by design* (2011) von George L Legendre, das 92 unterschiedliche Nudelformen in mathematischen Gleichungen parametrisch beschreibt und als Drahtgittermodell darstellt.

Patrik Schumacher von *Zaha Hadid Architects* geht sogar so weit, das parametrische Entwerfen durch einen neuen Begriff, den *Parametrismus* (engl. ‚parametricism') zu belegen und als eigenständigen Stil, als neuen *International Style,* zu verkünden. Der Begriff ‚Eleganz' ist der Zentralbegriff seiner parametrischen Ästhetik. *Architectural Design* widmet diesem Begriff ein ganzes Heft, *Elegance* (2007), an dem Ali Rahim und Hina Jamelle als Gastherausgeber gewirkt haben. Das Konept der Eleganz hat nach der Meinung der beiden Herausgeber die Fähigkeit, den Diskurs im digitalen Entwerfen um eine visuell-ästhetische Definition zu erweitern, die die Komplexität der Architektur an- und aufnimmt.

> *„The elegance being referred to is not the elegance of minimalism. Minimalist elegance thrives on simplicity. The elegance being promoted here instead thrives on complexity, and achieves a visual reduction of an underlying complexity that is thereby sublated rather than eliminated."*[549]

Die silberne Besteck-Kollektion *Flatware* (2006) vom Architekturbüro *Greg Lynn FORM* für *Alessi* steht mit seiner skelettartigen und floralen Form beispielhaft für die ästhetisch komplexe Eleganz im digitalen Entwerfen. Freihandskizzen werden durch die Software *Maya* in 3D-Modelle übertragen und als mathematischer Datensatz für die Produktion ausgegeben. Interessanterweise könnte die Kollektion mit ihren pflanzenähnlichen Verschnörkelungen Designs aus dem *Viktorianischen Zeitalter* (1837-1901) Großbritanniens nachempfunden sein, die aus der Werkstatt von William Morris (1834–1896) stammen.

In der Gesamtbetrachtung, wie sich das digitale Entwerfen unter dem Gesichtspunkt ‚struktureller Virtuosität' in der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* entwickelt, drängt sich noch ein historisch viel weitreichenderer Vergleich auf: mit dem Barock.[550] Unter architektonischen Gesichtspunkten bevorzugt der Barock dynamische Bewegungsformen, die sich in bewegten Fassaden und sich verschleifenden Raumformationen zeigen. Die klar ablesbare Statik tritt in den Hintergrund zugunsten einer dynamischen Wirkung, die mit plastischen und malerischen

---

[548] Vgl. George L Legendre. *Mathematics of Space. AD Vol. 81*, No. 4, 2011

[549] Patrik Schumacher. „Arguing for Elegance" in: *Elegance. AD Vol. 77*, No. 1, 2007, S. 30

[550] Zu den folgenden Ausführungen vgl. ‚Barock' in: von Wilpert, S. 70–72 und Lexikon der Kunst, S. 408–411

Schmuckelementen und perspektivisch illusionistischen Scheinarchitekturen komplexe Bewegungen zu materialisieren versucht. Die einzelnen Disziplinen – Architektur, Malerei und Plastik – verschmelzen zu einem Gesamtkunstwerk, das in einer allgemeinen Theatralik und Dramatik eingebettet wird. Viele Neuerungen in den Einzelwissenschaften beeinflussen den Blick der Menschen auf die Welt. In den barocken Gärten mit den künstlichen Landschaften und technischen Wunderwerken stellt sich der Mensch sogar über die Natur. Die Kunst des Barock will über die Natur triumphieren und diese mit den Mitteln der Kunst „beschämen". Die zentrale Absicht des Barock in der religiösen Architektur ist jedoch, als Strategie der Gegenreformation, den Triumph des Glaubens zu initiieren. Aus dem überwältigenden Gefühlserlebnis bei der Betrachtung der Bau- und Kunstwerke soll der Glauben erneuert und der Machtanspruch der katholischen Kirche stabilisiert werden.

Was beabsichtigt der erwachsen gewordene *Blob* in der *4. Phase* des digitalen Entwerfens in der Hinwendung zur strukturellen Virtuosität? Stellt er sich ebenfalls über die Natur und instrumentalisiert diese, um sich dadurch selbst erneut zu legitimieren? Und ist die Rückkehr des Ornaments, wie Picon es nahelegt, eine Art Gegengift für die bestehende Gefahr, dass die Architektur unter der Last von Nachhaltigkeit und programmatischen Anforderungen zu verschwinden droht?

> *„Could ornament represent a mere antidote to the risk of seeing architecture disappear under the pressure of sustainability or programmatic requirements?"*[551]

[551] Picon, 2013, S. 27

6.1. *baroque* – allgemeine Definition

Wie die Operationen *pulse* und *entropy* von Bois und Krauss in ihr Ausstellungskonzept als Kategorie eingeführt wurden, wird die Operation *baroque* im Rahmen der Untersuchungen dieser Arbeit als vierte Kategorie eingeführt. Es ist nicht Aufgabe dieses Kapitels, Barockgeschichte zu betreiben, sondern im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen steht die Vorstellung wichtiger qualitativer Merkmale des Barocks. Die Absicht liegt darin, die Kontinuität des barocken Impulses in der Kunst- und Architekturgeschichte zu belegen. So werden Einzelelemente barocker Kunst von informellen Künstlern bewusst oder unbewusst wiederaufgenommen und bearbeitet, was ebenfalls in der aktuellen Architektur passiert.

Der sogenannte Frühbarock (1600–1630) entwickelt sich aus der Renaissance (ca. 1400-1600) bzw. dem Manierismus (ca. 1520–1600). In einer Zeit des Umbruchs führt die gezierte, kapriziöse und spannungsgeladene Art der Darstellung zu allegorischen und enigmatischen Kunstwerken wie z.B. der Marmorstatue *Raub der Sabinerinnen* (1579) vom flämisch-italienischen Bildhauer Giambologna (1529–1608).[552] Der Schweizer Kunsthistoriker Heinrich Wölfflin (1864–1945) beschreibt in seinem Buch *Renaissance und Barock: eine Untersuchung über Wesen und Entstehung des Barockstils in Italien* (1888) den Übergang zwischen den beiden Stilen. In der Einleitung hält er fest, dass den Barock keine eigenständige Theorie begleitet und er sich ohne Vorbilder entwickelte. Das Eigentümliche, das über die Regeln Hinausgehende, wird zunächst mit abwertenden Begriffen wie z.B. *capriccioso*, *bizarre*, *stravagante* bezeichnet[553], dann jedoch positiv als Eigenwert anerkannt und entwickelt sich zu einem neuen Merkmal der Schönheit. Die etymologischen Wurzeln des Begriffs sind nicht eindeutig. Zum einen entstammt das Wort dem Portugiesischen, in dem mit *barocco* als Adjektiv eine unregelmäßig geformte Perle bezeichnet wird; der Begriff steht im Italienischen für „lächerlich, sonderbar und merkwürdig“ und wird später über das Französische *baroque* substantiviert. Zum anderen entwickelt er sich möglicherweise aus den Nachnamen zweier bedeutender Barockkünstler: des Malers Federico Barocci (1526/1535–1612) und des Architekten Giacomo Barozzi da Vignola (1507–1573). Besonders Letzterer ist laut Wölfflin der „Haupterfinder“ des Barocks: Vignolas Pfarrkirche *Sant'Anna dei Palafrenieri* (1573) in der Vatikanstadt steht exemplarisch für den neuen barocken Stil, der sich in den Grundrissen durch ovale und ellipsoide Formen und im Innenraum durch wellenartige, konvex-konkave Schwingungen durchsetzt.

In der Malerei gilt Michelangelo Merisi da Caravaggio (1571–1610)[554] als Vorreiter der barocken Tafelmalerei. Hauptsächlich bilden christliche Themen seine Motive, in denen er

---

[552] Vgl. Gustav René Hocke. *Die Welt als Labyrinth*. Rowohlt, Hamburg, 1957

[553] Dietrich Erben. *Die Kunst des Barock*. C.H.Beck, 2008, S. 117

[554] Vgl. Duncan Bull. Dirk Zimmermann (Hrsg.). *Rembrandt – Caravaggio*. Ausstellungskatalog, Belser Verlag, Stuttgart, 2006

neuartig das Sakrale mit dem Profanen verknüpft. Dies gelingt ihm hauptsächlich durch eine dramatisch-realistische Bildgestaltung, die er mit einer kontrastreichen Hell-Dunkel-Malerei, dem sogenannten *Chiaroscuro*, erreicht wie z.B. in einem seiner bekanntesten Gemälde *Berufung des Hl. Matthäus* (1599/1600).[555] Wie Caravaggio setzt auch Rembrandt Harmensz van Rijn (1606–1669) Licht und Dunkel in seinen Bilderzählungen als dramatisierendes Mittel ein. In seinem Gemälde *Die Nachtwache* (1642) zeigt er das Gruppenbildnis einer Schützengilde. Auffällig sind zwei Figuren in gelber Kleidung, die, hell erleuchtet neben der düsteren Stimmung, den Bildaufbau beherrschen.

Eine weitere Facette des Barocks ist das Spiel mit der Perspektive. Sie wird z.B. in Caravaggios Bild *Bacchus* (um 1596) deutlich. Es zeigt einen blassen Jüngling, dessen Gesicht und Hände gerötet sind. Mit der linken Hand balanciert er mühsam ein randvolles Glas Rotwein. Caravaggio trickst mit der Perspektive, so dass es scheint, als ob das Glas zugleich von oben und von unten zu sehen ist, was den Betrachter verunsichert. Anleihen könnte sich Caravaggio bei Michelangelo Buonarrotis (1475–1564) Marmorskulptur *Bacchus* (1496–1497) geholt haben. Auf den ersten Blick scheint die Skulptur lediglich auf Antikes zu verweisen. Doch bei näherem Hinsehen fällt der offensichtliche Ausdruck der Trunkenheit des Jünglings auf. Die Schulter über dem rechten Spielbein ist nicht nach hinten, sondern nach vorn gewandt und die expressive naturalistische Darstellung mit einer „leicht dickbäuchig-vulgären Gestalt und lallenden Mundzügen" unterstreicht den alkoholisierten Zustand. Die Figur scheint ins Schwanken zu geraten.[556] Das Gefühl der Orientierungslosigkeit taucht in der informellen Kunst dreieinhalb Jahrhunderte später wieder auf. Michel Tapié schreibt von „Schwindelgefühlen", die die Kunstwerke zu erzeugen vermögen, so dass der Betrachter den Boden unter den Füßen zu verlieren und „sich über einem Abgrund ohne Sicherheitsabsperrung zu befinden" scheint.[557]

> *„Diese Fähigkeit eines Kunstwerks, geradezu Übelkeit zu erzeugen (man wird dabei an Sartres* Der Ekel *erinnert), war eine direkte Folge seiner formalen Andersartigkeit – seiner radikalen Abkehr von der traditionellen Bildform und des Bildraums."*[558]

Einer architektonischen Entsprechung des Schwindelgefühls begegnet man in dem Erstlingswerk der Architektin Zaha Hadid: das *Feuerwehrhaus für das Vitra-Werk* (1993)[559] in Weil am Rhein. Auslöser der Orientierungslosigkeit sind die geschwungenen und schrägen Wandscheiben, die in Körpervolumina des Gebäudes übergehen und die extrem spitze Dachauskragung mit den schräg gestellten Mikadosäulen.

---

[555] Vgl. Ernst Strauss. *Koloritgeschichtliche Untersuchungen zur Malerei seit Giotto*. Berlin, Dt. Kunstverlag, 1972

[556] Vgl. Carmen Galenschovski. *Florenz*. Baedeker, 2011, S. 50

[557] Leja, S. 52 f.

[558] Ebd., S. 53

[559] *https://www.vitra.com/de-de/campus/architecture/architecture-fire-station*, abgerufen am 05.10.2016

Die Blütezeit des Barocks, der Hochbarock (1630–1730), wird durch das zentrale Motiv der Vanitas geprägt, wobei das lateinische Wort für Schein, Nichtigkeit und Eitelkeit steht. Repräsentativ dafür steht Andreas Gryphius' (1616–1664) Sonett *Es ist alles eitel* (1637) und seine Ode *Vanitas! Vanitatum Vanitas!* (1643).[560] In der Kunst entsteht das Stillleben als Bildgattung. Insbesondere das Vanitas-Stillleben zeigt die Vergänglichkeit alles Irdischen mit Hilfe von Symbolen[561] an, wie z.B. Totenschädel, Sanduhr, verderbende Speisen, umgestürzte oder zerbrochene Gläser, verwelkende Blumen oder erloschene Kerzen. Beispielhaft dafür steht das Bild *Stillleben mit Totenkopf, Folianten, Taschenuhr und erloschener Öllampe* (1630) des flämisch-niederländischen Künstlers Pieter Claesz (1596/1597–1661).

Die Vorstellungen dieser Art finden sich wieder z.B. bei dem US-amerikanischen Künstler Gordon Matta-Clark (1943–1978), für den Architektur niemals für die Ewigkeit bestimmt ist, „denn früher oder später würde sie sowieso vor die Hunde gehen und zu Staub zerfallen".[562] In seinen architektonischen Interventionen und künstlerischen Dekonstruktionen, die als *Cuttings* bekannt wurden, spielt er mit dieser Vergänglichkeit. In die Fassaden, Decken und Böden von Gebäuden, die bereits für den Abriss freigegeben sind, schneidet er mit einer Motorsäge geometrische Öffnungen, die ungewöhnliche Sichtweisen freigeben, wie z.B. *Office Baroque* (1977) in Antwerpen. Er beschreibt seine Intervention als Zeichnungen, durch die der Besucher hindurchgeht:

> *"It is my first project that goes vertically through the building. The visitor is in fact walking through ‚drawings' instead of spaces. The concept is the product of a complex drawing and not a facade reading like in my former work. There is no overall viewpoint which gives an instant impression of the work. The complexity and depth of it is almost impossible to summarise or document".*[563]

Ungewöhnliche Sichtweisen, die Ausblicke auf Fantasielandschaften erzeugen, werden in den Stillleben des Hochbarocks immer weiter perfektioniert und erreichen ihren Höhepunkt in der illusionistischen Malerei: das *Trompe-l'œil* (dt. *Augentäuschung*). Um das Auge des Betrachters zu täuschen, werden perspektivische Scheinarchitekturen gemalt, die eine Verwechslung des Dargestellten mit dem Naturvorbild anstreben und dreidimensional wirken. Der Effekt wird durch äußerste Detailgenauigkeit bei präziser Beachtung der Körper- und Schlagschatten sowie der Glanzlichter herbeigeführt.[564] Der Maler Andrea Pozzo (1642–1709) hat in der Jesuitenkirche *Sant'Ignazio di Loyola in Campo Marzio* (1685) in Rom gleich zwei imposante Scheinarchitekturen gemalt. Zum einen täuscht eine gemalte Kuppel in der Vierung darüber

---

[560] Vgl. Heinz Ludwig Arnold (Hrsg.). *Andreas Gryphius. Gesammelte Werke*. Fischer, Berlin, 2010

[561] Vgl. Ingvar Bergström. *Dutch still-life painting in the seventeenth century*. Faber & Faber, Leipzig, 1956

[562] Bois/Krauss, S. 191 (ü.d.V.)

[563] Gordon Matta-Clark in: Cherica Convents. Roger Steylaerts. *Office Baroque*, Film (englisch/niederländisch, 44 min.), Antwerpen, 1977. (Matta-Clarks temporäre Interventionen sind lediglich als Fotografie oder als Film erhalten.)

[564] Lexikon der Kunst, S. 425

hinweg, dass die ursprünglich geplante Kuppel nicht gebaut wurde. Zum anderen setzt das gewaltige Deckenfresko *Die Apotheose des Hl. Ignatius* im Mittelschiff die Architektur fort: die Kirchendecke bricht auf; der Blick geht in die Wolken und weiter in die Unendlichkeit des Himmels, in die der Hl. Ignatius emporsteigt.[565] Die Grenzen zwischen Real- und Kunstraum verwischen. Ähnliches wird deutlich am *Grabmal für Papst Alexander VII.* (1671–1678) von Gian Lorenzo Bernini (1598–1680) im Petersdom in Rom. Es besteht aus einer Bogennische; sie wird von zwei korinthischen Säulen flankiert und mit dem Papstwappen gekrönt und bildet den Rahmen für die Skulpturengruppe. In deren Mitte kniet in Bethaltung auf einem Sockel der verstorbene Pontifex, der von vier weiblichen Figuren, Tugendallegorien, umgeben ist. Diese sind in einem schweren, aus rotem Marmor gestalteten Tuch verfangen, unter dem der Tod als Skelett mahnend das Stundenglas hebt. Die Malerei aus dem Hintergrund der Bogennische setzt sich im Farbenspiel des polychromen Marmors fort, aus dem sich die Plastiken herausschälen, um wiederum in der Architektur ihre Fortführung zu finden, die von neuem in die Malerei der Fläche übergeht.[566] Die einzelnen Disziplinen und Formen ordnen sich dem Gesamtkunstwerk unter. Fast genau 300 Jahre später kann eine Werkphase des informellen Künstlers Bernard Schultze die gleichen rahmensprengenden Attribute aufweisen. In seiner *Migof*-Gruppe *Verdorrt und von den Wäldern verschlungen* (1970–76) überführt er seine Malerei in die Dreidimensionalität. Es entstehen bizarre Übergangswesen, die zwischen Kunst, Natur und Menschsein bzw. zwischen Malerei, Relief und Plastik verschwimmen.[567]

Das Konzept des Gesamtkunstwerks im Hochbarock weitet sich aus und kulminiert in den imposanten Schlossbauten mit ihren Parkanlagen und den dort stattfindenden rauschhaften Festen. Zur größten absolutistischen Residenz des Abendlandes wird das *Schloss Versailles* bei Paris. Triumph und Ruhm, Luxus und Reichtum werden auf vielfältige Weise zur Schau gestellt. „Die bestärkende Selbstverherrlichung [...] und die Pracht der plastischen und malerischen Ausstattung der Schlösser und Kirchen sind gleichzeitig ideologisch-ästhetische Legitimation und Selbstüberredung und eine imponierende Demonstration für die Umwelt."[568] Ludwig XIV. (1638–1715), der ‚Sonnenkönig', macht *Versailles* zum kulturellen und politischen Zentrum Frankreichs.[569]

Der Spätbarock (um 1720–1770), auch Rokoko genannt, ist eine Stilrichtung französischen Ursprungs und maßgeblich durch Ludwig XV. (1710–1774) geprägt. Der Begriff leitet sich von der Ornamentform der *Rocaille* (fr. Haufen kleiner Steine), einem Muschel- bzw. Grottenwerk aus

---

[565] Vgl. Herbert Karner. Stefanie Linsboth. (Hrsg.). *Andrea Pozzo (1642–1709): der Maler-Architekt und die Räume der Jesuiten.* Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2012

[566] Vgl. Daniele Pinton. *Bernini. Wege zur Kunst.* ATS Italia Editrice, Rom, 2009, S. 56 f.

[567] Vgl. Diederich/Herrmann/Lichtenstern, 2015

[568] Lexikon der Kunst, S. 409

[569] Vgl. Nicholas d'Archimbaud. *Versailles.* Stiebner Verlag, Grünwald, 2001

Steinen und Muscheln, ab. Als Hauptornament des Rokokos besteht es aus schnörkelhaften, asymmetrischen, muschelähnlichen Formen mit wellenartig geriefelter Fläche und bewegten Rändern, eingerollten Enden, die C- oder S-förmig gegeneinander gesetzt, z.T. in vegetabile Motive übergehen. Sie ist „substanzlos und ohne feste Form, dafür aber oft von einer verspielten Heiterkeit und Grazie."[570] Ornamentgeschichtlich zeichnet sich die *Rocaille* durch eine Eigentümlichkeit aus: selbst spielerisch und völlig unmonumental wird sie zur Großform gesteigert, wie z.B. in der *Basilika Vierzehnheiligen* (1743–1772) von Balthasar Neumann (1687–1753) und dem Kupferstich *Neues Caffehaus* (um 1750) von Johann Esaias Nilson (1721–1788). Die als Grotte gestaltete *Rocaille*, wie sie in der Parkanlage von *Versailles* vom Architekten Richard Mique (1728–1794) für Marie-Antoinette am Ende des Rokoko gebaut wird, „erweist ihre Stellung zwischen Ornament und Naturgebilde."[571] Dass Natur bewusster gestaltet wird, zeigen auch die künstlichen Ruinen und Felsanlagen, die den Verfall stilisieren und eine nicht vorhandene Vergangenheit vorspielen. Sie treten schon seit den 1730er Jahren verstärkt in den Vordergrund wie z.B. die Zeichnung *Les Terribles Accords* (1736) von Jean Mondon le Fils oder das *Römische Theater* (1743) in der *Eremitage* in Bayreuth als antikisierendes Monument.[572]

Auch der Überschwang des Hochbarocks wird im Rokoko weitergeführt. Die *Würzburger Residenz* (1719–1781), vom Architekten Balthasar Neumann (1687–1753) für den Fürstbischof Johann Philipp Franz von Schönborn (1673–1724) entworfen, zählt zu den bedeutendsten Hauptwerken des süddeutschen Spätbarocks. Die gesamte Anlage mit Park, Hofkirche, Prunkräumen und Paradezimmer mit Spiegelkabinett wird auch fränkisches *Versailles* genannt. Hervorzuheben ist das weltgrößte zusammenhängende *Deckenfresko im Treppenhaus* (1752–1753) vom venezianischen Maler Giovanni Battista Tiepolo (1696–1770). Durch die dreiläufige Treppe, in die ein Halbpodest integriert ist und die in einen großräumigen Umgang mündet, erschließt sich dem Betrachter das Deckenfresko in wechselnder Raumperspektive.[573]

Das Prunkvolle repräsentiert eine Seite barocker Lebensweise, auf der anderen Seite ziehen sich die Menschen ins Private zurück und der Lebensstil wird intimer. Jetzt werden die Innenräume als feinsinniges Gesamtkunstwerk gestaltet wie z.B. das *Schreibzimmer von Friedrich II. im Schloss Charlottenburg* (1747 nach Umbau) in Berlin. Hier sind u.a. auch die geschwungenen Füße des typischen Rokoko-Mobiliars vorzufinden.[574] Ausschweifende Innenraumgestaltungen werden heutzutage besonders bei den Entwürfen von Zaha Hadid wiederbelebt. So erinnert die von ihr entworfene *Luxusschuh-Boutique* (2013) des

[570] Lexikon der Kunst, S. 180
[571] Ebd.
[572] Ebd., S. 195
[573] Vgl. Wolfgang Braunfels. *DuMont Geschichte der Kunst Italiens*. DuMont Literatur und Kunstverlag, Köln, 2005
[574] *http://www.historisches-stadtschloss.de/berliner-schloss/amtlicher-fuehrer-1935/index.html*, abgerufen am 05.10.2016

amerikanischen Designers Stuart Weitzman in Mailand mit ihren fließenden und spielerischen Kurven an ein rokokoartiges Interieur.[575] Auch ihr Entwurf für das *Mathematics Gallery Science Museum* (2014–2016) erinnert an die *Rocaille* als Großform. Zentrales Element ist ein von der Decke hängendes Flugzeug des britischen Flugzeugherstellers *Handley Page*, um das sich das Ausstellungsdesign als materialisiertes, aerodynamisches Strömungs- und Turbulenzfeld entfaltet, das die dahinterliegende mathematische Idee visuell transportieren soll.[576]

Der italienische Schwarzweißfilm *La dolce vita* (1960) von Federico Fellini (1920–1993) spielt im Rom der 1950er Jahre. Er spiegelt die wohlhabende Gesellschaft wider, die ein dekadentes, sinnentleertes Leben führt. Exemplarisch steht dafür die ästhetische Sinnlichkeit der weltberühmten Szene, in der Anita Ekberg im *Trevi-Brunnen* badet. In der Malerei des Rokokos wird ebenfalls diese ästhetische Sinnlichkeit und die menschliche Genussfähigkeit thematisiert, die sich in erotischen Motiven widerspiegeln. Der französische Maler Jean-Honoré Fragonard (1732–1806) inszeniert in seinem Gemälde *Die Schaukel* (1767) eine frech-erotische Szene. Ein junger Mann versteckt sich im Gebüsch. Er beobachtet eine Frau auf einer Schaukel, die von einem älteren Mann angeschoben wird. Unentdeckt versucht der junge Mann, einen Blick unter ihr Kleid zu erhaschen, was ihm wohl gelingt. Die Frau verliert indes ihren rechten Schuh, der in Richtung einer kleinen Amor-Skulptur fliegt. Das mythologisch-biblische Heroische, das noch die Themenwelt Caravaggios bestimmt hat, „wandelt sich zum Erotischen, dessen mythologische Leitfigur Venus ist."[577]

Das Leichte und Spielerische zeigt sich auch in der Druckgrafik mit der Einführung des *Capriccio* (dt. ‚Laune, Grille'), einer Folge von kleinen, skizzenhaften Zeichnungen oder Drucken, die thematisch willkürlich zusammengestellt sind und unvermittelt von einem zum anderen Bildgegenstand übergehen können, deren Gemeinsamkeit aber in einer fantasievollen Ausmalung besteht.[578] Das *Capriccio* von Rom, die *Gemäldegalerie mit Ansichten des antiken Rom* (1758) von Giovanni Paolo Pannini (1691–1765), verbildlicht in verspielter Weise die wichtigsten römischen Sehenswürdigkeiten, wie z.B. das Kolosseum oder das Pantheon, als Bilder im Bild.

Um 1770 löst das Zeitalter des Klassizismus (1770–1840) das Rokoko ab. Es stellt eine Art künstlerisches Gegenprogramm dar, da es sich wieder an den Formenkanon des griechischen Tempelbaus und der italienischen Frührenaissance anlehnt. Der Barock insgesamt als lange und einflussreiche europäische Kulturepoche materialisiert dynamische Wirkungen, neuartige Lichtführungen, Illusionen, prachtvolle Repräsentations- sowie Privaträume und religiöse sowie profane Themen sinnlich in Architektur und Malerei.

[575] *http://www.dezeen.com/2013/10/01/stuart-weitzman-shoe-boutiques-by-zaha-hadid/*, abgerufen am 05.10.2016
[576] *http://sciencemuseum.org.uk/visitmuseum/Plan_your_visit/exhibitions/mathematics#*, abgerufen am 20.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)
[577] Lexikon der Kunst, S. 194
[578] Ebd., S. 767

6.2. *baroque* und das Informelle – künstlerische Ansätze

Die Kunsthistorikerin Sylvia Martin, auf die sich die folgenden Ausführungen im Wesentlichen stützen, deckt in der von ihr kuratierten Ausstellung *Augenkitzel – Barocke Meisterwerke und die Kunst des Informel* (2004) auf, auf welchen verschiedenen Ebenen sich der Barock und die informelle Kunst berühren. Aus dem begleitenden Ausstellungskatalog können der Operation *baroque* zwei Charakteristika des Informellen[579] zugeordnet und mit künstlerischen Arbeiten belegt werden.

Erstens, *baroque* zeichnet sich durch „die visualisierten Bewegungsqualitäten und die Suggestionskraft von Materie" aus; dadurch wirkt der dargestellte Raum „nicht mehr statisch, sondern bewegt-fließend"[580]. Es gibt drei Aspekte, die in der informellen Kunst in einem fließenden Übergang anzutreffen sind. Erstens weist schon allein der Schaffensprozess im Malvorgang mit den zwei Spielarten der Aktions- und Farbmaler auf die dynamische Rolle des Materials hin. Zweitens drücken die zwei Möglichkeiten der Verräumlichung, ‚Raum im Bild' und ‚Bild im Raum', die von der Materie ausgehende Suggestion sowie die neue Rolle aus, die dem Betrachter dadurch zuteil wird. Drittens wird die Zeit als Bewegung in den dynamischen Spuren des Malprozesses konserviert.

Alle drei Aspekte können in Übereinstimmung mit dem Begriff des Malerischen im Barock gesehen werden, den Heinrich Wölfflin (1864–1945) als das Sehen in „Flecken" statt in Linien und als die Entwertung der Linie zugunsten einer geheimnisvollen Bewegung definiert.

> *„Es ist beidesmal jene Manier eines Sehens in Flecken statt in Linien, etwas, was wir malerisch nennen und was ein unterscheidendes Merkmal des 17. Jahrhunderts gegenüber dem 16. Jahrhundert ist."*[581]

> *„Sobald die Linien als Grenzsetzung entwertet sind, beginnen die malerischen Möglichkeiten. Dann ist es, als ob es plötzlich in allen Winkeln lebendig würde von einer geheimnisvollen Bewegung. […] Und damit ist auch gesagt, dass hier nicht das einzelne, sondern das Gesamtbild das Entscheidende ist, denn nur im ganzen kann jenes geheimnisvolle Ineinanderfließen von Form und Licht und Farbe wirksam werden, und es ist offenbar, dass das Undingliche und Körperlose hier ebensoviel bedeuten muss wie das Körperlich-Gegenständliche."*[582]

Eine Charakteristik des Barocks zeigt sich in der Überwindung des Linear-Tektonischen und es entwickelt sich eine nicht geschlossene, unbegrenzte und in Bewegung befindliche Form. Eine solche Entwicklung von der geschlossenen hin zu einer offenen Form und damit vom Prinzip des

---

[579] Vgl. Kapitel *II.1.2. Charakteristika des Informellen*, S. 15

[580] Sylvia Martin. „Die Entfaltung des Barock im deutschen Informel", in: *Augenkitzel. Barocke Meisterwerke und die Kunst des Informel.* Ausstellungskatalog, Kunsthalle zu Kiel, 2004, S. 31

[581] Heinrich Wölfflin, *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe. Das Problem der Stilentwicklung in der neueren Kunst.* 10. Auflage, Basel, 1948, S. 22 f. (zitiert bei Heuwinkel, S. 61)

[582] Wölfflin, zitiert bei Martin, S. 23

Tektonischen zum Atektonischen lässt sich auch bei der informellen Kunst nachweisen.[583] Das „Starre" wird „in Fluss" gebracht und erweckt einen Eindruck von „Spannung und Bewegung".[584] Damit kommt es zu formzerstörenden Wirkungen und einer Aufwertung der Farbe, die im Gesamten zu „barocker Verunklärung" führen.[585] Diese Kennzeichnung Wölfflins zum Wesen des Barocks in der Kunst scheint sich ganz in der Nähe bestimmter Merkmale informeller Malerei zu befinden.[586] „Die Malerei des Barock weist in der ‚Setzung von Farbe ohne präzisen Formanspruch' eine frühe Parallele zur informellen Kunst auf."[587]

Martin entdeckt weitere Ebenen, auf denen sich die informelle Kunst und das Barock berühren. 1946 erscheint die erste Ausgabe der Zeitschrift *Das Kunstwerk*, die sich in den Folgejahren mit den Zusammenhängen von barocker Malerei und informeller Kunst beschäftigt. Das erste Heft befasst sich ausführlich mit den Fresken Tiepolos in der *Würzburger Residenz*, die vom Bombenkrieg nicht betroffen waren.[588] Weitere Hefte sind der barocken Malerei gewidmet, aus denen informelle Künstler Anregungen für ihr eigenes Schaffen ableiteten wie z.B. *Hommage à Tiepolo* (1965) von Fred Thieler oder *Für Tiepolo* (1971) von Hann Trier.[589] „Obwohl informelle Künstler sich dezidiert mit barocken Werken und Konzepten auseinander setzten, fließen diese Aspekte eher als erinnerte Seherlebnisse in die offenen Strukturen des Informel ein."[590]

Hann Trier erhielt Mitte der 1960er Jahre den Auftrag zur Ausmalung der Decke im Weißen Saal des Schlosses Charlottenburg in Berlin. Er sollte die im zweiten Weltkrieg zerstörte Darstellung *Hochzeitsmahl von Peleus und Thetis* (1742) von Antoine Pesne (1683–1757) in eine zeitgenössische Form umsetzen.[591] 1972 war das Deckengemälde fertig gestellt, das dem barocken Vorbild in der hellen Farbgebung und den aufgelösten festen Formen entsprach, was, Hann Trier offensichtlich klar bewusst war:

> *„Die neue Malerei passte also offensichtlich, ohne dass ich mich wie ein Kopist oder Nachahmer des 18. Jahrhunderts verhielt. Wohl zitierte sie Prinzipien, die mir noch zu gelten scheinen: den lockeren Pinselstrich, der feste Form in Frage stellte und eine Welt negierte, die ein für allemal in unabänderlichen Umrissen einzufangen wäre; die Flucht der Erscheinungen, die ihre Hinfälligkeit bekunden und ihre Unfähigkeit, anders als im Augenblick zu leben; und der leichte Hang zur Asymmetrie der Gebilde, die eher den Wind verraten, der sie durchweht, als Hierarchie und sichere Ordnung und Statik."*[592]

---

[583] Heuwinkel, S. 61
[584] Wölfflin, 1948, S. 157 und S. 173 (zitiert bei Heuwinkel, ebd.)
[585] Ebd., S. 233 und S. 244 (zitiert bei Heuwinkel, ebd.)
[586] Heuwinkel, S. 61
[587] Ebd., S. 31
[588] Martin, S. 21 f.
[589] Ebd., S. 22
[590] Ebd., S. 31
[591] Vgl. Eberhard Roters. *Hann Trier. Die Deckengemälde in Berlin, Heidelberg und Köln.* Berlin, 1981
[592] Roters, S. 73 (zitiert bei Martin, S. 28)

Im Barock wie auch in der informellen Kunst gibt es optische Mechanismen, die das Auge des Betrachters verunsichern, weil es nicht mehr in der Lage ist, den Schaffensakt nachzuvollziehen und damit beim Betrachter ein Gefühl der Irritation auslöst. Diese Unsicherheit beim Betrachter wird im Barock durch die illusionistischen Deckengewölbe des *Trompe l'oeuil* ausgelöst, bei denen unklar ist, was Schein und was Wirklichkeit ist. Analog dazu finden sich in der informellen Kunst ähnliche Effekte beim Betrachter „durch die Überlappungen, Schichtungen und durch das Verschleifen der Farben."[593] Während im Barock die Desorientierung des Betrachters als Mittel zu seiner Überwältigung mit dem Ziel der Akzeptanz des bestehenden Machtgefüges eingesetzt wird, soll der Betrachter in der informellen Kunst durch die formlosen Strukturen nicht überwältigt werden, sondern sich aktiv mit dem Kunstwerk auseinandersetzen. Er erhält so „nach 1945 erstmals in dem Dreiecksverhältnis Künstler-Werk-Betrachter eine exponierte Stellung."[594]

Zweitens, in der Operation *baroque* scheint alles in den Oberflächen informeller Bilder in Bewegung und damit im Entstehen zu sein. „Der formlose Bildaufbau wird auf diese Weise vitalisiert und die Farbe in einem unbestimmten, metamorphotischen Zustand gehalten."[595] Zu einem übereinstimmenden Ergebnis gelangt Wölfflin im Hinblick auf die Farbwirkung in barocken Bildern:

> *„Man merkt, dass der Akzent nicht mehr auf dem Sein liegt, sondern auf dem Werden und Sich-Wandeln. Dadurch hat die Farbe ein ganz neues Leben bekommen. Sie entzieht sich der Bestimmbarkeit und ist an jedem Punkt und in jedem Augenblick wieder eine andere."*[596]

Martin führt den Begriff der „vitalen Oberflächen" ein. Sowohl im Barock wie in der informellen Kunst können drei Merkmale unterschieden werden: „die Aufwärtsbewegung, die Entfaltung und die Explosion."[597] Die kurze Erläuterung der drei Merkmale folgt Martin und dient dazu, die Operation *baroque* differenzierter zu charakterisieren, um eine Vergleichsmöglichkeit mit dem digitalen Entwerfen in den nächsten Kapiteln vorzubereiten.

1) Die Aufwärtsbewegung findet sich in der kleinen Ölskizze *Steinigung des Heiligen Stephanus* (1739) von Giambattista Pittoni (1687–1767), in der sich die Leiber zu einer aufwärtsgerichteten Spirale verdichten. Die Pinselspuren lösen figürliche Konturen auf und der Blick wandert in unbestimmten Zwischenräumen sowie zwischen den Hell-Dunkel-Kontrasten umher. Die Arbeit *Amor* (1965) von Hann Trier zeigt ebenfalls „eine komplexe Bewegung in Raum und Zeit, die von einer rhythmischen Aufwärtsbewegung getragen wird."[598]

---

[593] Martin, S. 29
[594] Ebd., S. 30
[595] Ebd., S. 23
[596] Wölfflin, 1948, S. 67 (zitiert bei Martin, S. 23)
[597] Martin, S. 23
[598] Ebd.

2) Die kontinuierliche Entfaltung ist in Peter Paul Rubens' Gemälde *Der Höllensturz der Verdammten* (um 1621) zu finden. Darin fallen zahlreiche Körper in einer Vertikalen herab, während andere gleichzeitig aufsteigen. „Sie lösen sich aus einem diffusen Farbfond, werden zu konkreten menschlichen Gestalten, um schließlich wieder im Unbestimmten aufzugehen."[599] Bernard Schultzes Arbeit *Rosen-Geschwüre* (1955) enthält unterschiedliche Elemente von Bewegung. Ineinander verschlungene Farbrinnsale lösen sich „in einer endlosen Faltung" auf.[600]
3) Die Explosion als dritte vitale Oberfläche ist in der eindeutigsten Form bei K.O. Götz und bei K.R.H. Sonderborg zu finden. „Ihre Bilder erhalten durch eine extreme, sich momenthaft entladende Aktionsspur eine sprengende Dynamik. Große Schwünge und kleinteilige Skripturen verdichten sich zu Aktionsknotenpunkten."[601] Beispiele dafür sind die „Verschattungen, Lichtpunkte, Fältelungen und Enthüllungen" bei K.O. Götz *12.3.53* (1953) oder K.R.H. Sonderborg *20.3.57 16.27–18.02h* (1957). Ähnliche Merkmale sind auch in barocken Gemälden von Johann Liss (um 1597–1631) *Der Satyr beim Bauern* (o.J.) und August Querfurt (1696–1761) *Reiterkampf* (o.J.) zu finden. Bei Götz und Sonderborg wird die Farbe Schwarz dynamisiert und entspricht damit der Belebung des Schwarz im Barock, wie sie sich bei Frans Hals oder Anton van Dyck findet.[602]

Alle drei vitalen Oberflächen umschreiben „eine Aktivität des Blicks, der von der koloristischen Struktur dirigiert wird und das Sehen zur Erfahrung macht."[603] Umberto Eco sieht im Barock den Beginn dieser Entwicklung, die in der informellen Kunst ihren Höhepunkt erreicht.

> *„Man könnte das Informelle als Schlussglied einer Reihe von Versuchen betrachten, die darauf abzielen, eine gewisse ‚Bewegung' in das Kunstwerk einzuführen."*[604]

[599] Ebd., S. 24
[600] Ebd.
[601] Ebd.
[602] Ebd.
[603] Ebd.
[604] Eco, 1993, S. 155 (zitiert bei Martin, S. 24)

6.3. *baroque* vs. strukturelle Virtuosität

Aufgrund des Ausstellungskatalogs von Sylvia Martin wurden Aspekte des Informellen mit der Technik der Operation *baroque* in Zusammenhang gebracht und ihr Vorhandensein an Werken informeller Künstler nachgewiesen. Dies soll als Basis für Vergleiche mit Techniken der strukturellen Virtuosität im digitalen Entwerfen dienen.

Um das vierte Begriffspaar ‚*baroque* vs. strukturelle Virtuosität' differenziert vergleichen zu können, werden die im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeiteten zwei Aspekte der Operation *baroque* zusammengefasst und mit prägnanten Begriffen charakterisiert.

1) Die visualisierten Bewegungsqualitäten und die Suggestionskraft von Materie (s.o.) entstehen durch die Entwertung der Linie zugunsten eines *frozen flows*, der zu einer erstarrten Bewegungsform führt. Der Betrachter findet sich in dynamischen Bildwelten und einem unbestimmten Zustand der Desinformation wieder: *dynamising*.
2) Die Farbe ist in einem unbestimmten Zustand gehalten, die Oberfläche wird vitalisiert und dient als optischer Reizpunkt: *ornamenting*.

4. Phase: Parametrik (seit 2006)			
baroque		**strukturelle Virtuosität**	
informelle Operation	**Künstler**	**digitale Operation**	**Architekt**
■ *dynamising*	■ Fred Thieler ■ Hann Trier ■ Bernard Schultze	■ *folding 2* ■ *parametrising*	■ Zaha Hadid ■ Patrick Schumacher ■ Ali Rahim
■ *ornamenting*	■ Hann Trier ■ Bernard Schultze ■ K.O. Götz ■ K.R.H. Sonderborg	■ *tooling* □ *Algorithmische Geometrien* □ *Regelbasierte Systeme* □ *Systeme der Selbstorganisation*	■ Benjamin Aranda ■ Chris Lasch ■ Neil Leach

6.3.1. *dynamising* vs. *folding 2* und *parametrising*

Die Kantigkeit und Eckigkeit der Formen dekonstruktivistischer Architektur der 1980er Jahre wird in den 1990er Jahren von den weichen und kurvigen Formen der Blob-Architektur abgelöst. Es ist möglich, dass dieser Wandel mit einem typischen Formempfinden einhergeht, der über das rein Architektonische hinausweist. Luis Fernàndez-Galiano macht beispielsweise auf die Formentwicklung eines gewissen Typus von US-Kampflugzeugen in diesen Jahren aufmerksam: er stellt die scharfkantige Form der *Lockheed Martin F-117 ‚Nighthawk*' (1983) der wellig-weichen Form der *Northrop B-2 ‚Spirit'* (1993) gegenüber. Beide Flugzeuge erfüllen dieselben technischen Spezifikationen wie Tarnkappentechnologie und gute Aerodynamik, sind aber von den unterschiedlichen Formvorstellungen ihrer Zeit geprägt.[605]

In der Architektur werden seit Beginn der 1990er Jahre insbesondere die Theorien von Gilles Deleuze immer wieder aufgegriffen, um neue Raumkonzepte zu entwickeln. So fließt das von ihm eingeführte Denkmodell der Falte besonders in die *1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)* ein.[606] Auch in die *2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)* hält Deleuze zusammen mit Felix Guattari Einzug in das digitale Entwerfen.[607] In der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* stehen – stets in Anlehnung an Gilles Deleuze – die Falte und das Objektil im Vordergrund. Deleuze weist in *Die Falte: Leibniz und der Barock* (1988) ausdrücklich auf die Gemeinsamkeiten zwischen Barock und informeller Kunst in einer Weise hin, die unmittelbar an die Operation *dynamising* denken lässt:

> *„Der Barock ist die informelle Kunst par excellence: am Boden, dicht über dem Boden, unter der Hand, versteht er die Texturen der Materie (die großen modernen barocken Maler von Paul Klee zu Jean Fautrier, Jean Dubuffet, Suzanne Bettencourt…).“*[608]

Wie Martin schreibt, "[löst Deleuze] aus den Stoffverwerfungen und Draperien [...] die Falte als Denkfigur heraus. Von einer solchen Falte ausgehend, (re)konstruiert [er] ein barockes Weltbild in Anlehnung an Gottfried Wilhelm Leibniz' (1646-1716) Lehre von der Monade – der ‚Ureinheit', aus der alle Seiende stammt und ist."[609] Ihre Bedingungen sind bestimmbar, wie Deleuze anhand zweier Gemälde von El Greco (1541–1614) verdeutlicht.

---

[605] Luis Fernàndez-Galiano, zitiert bei Carpo, 2011, S. 151

[606] Im Kapitel *III.3.3.2. flickering vs. folding 1, morphing und animate form* (S. 90) wurde dargestellt wie die amerikanischen Architekten Greg Lynn und Peter Eisenman die Theorie der Falte in ihre Entwürfe eingebunden haben: Greg Lynn mit seinen Publikationen *Folding in Architecture* (1993) und den Artikeln *Architectural Curvilinearity: The Folded, the Pliant, and the Supple* und *Das erneuerte Neue der Symmetrie* (1994/1995); Peter Eisenman mit der Übertragung der Falte in das städtebauliche Konzept für den Rebstockpark (1990–94).

[607] Im Kapitel *III.4.3.1. lowering vs. diagramming* (S. 119) wurde das Konzept der abstrakten Maschine aus ihrem Buch *Tausend Plateaus* (1980) im Zusammenhang mit der Publikation *Move* (1999) und dem *Möbius Haus* (1993) von *UNStudio* vorgestellt. Im Kapitel *III.4.3.2. being repeatedly unique vs. objectile und versioning* (S. 128) wurde wiedergegeben, wie Bernard Cache Deleuzes Theorie des *objectile* aus *Différence et répétition* (1968) auf seine eigene architektonische Praxis angewandt hat.

[608] Gilles Deleuze. *Die Falte, Leibniz und der Barock*, Frankfurt am Main, 2000, S. 62

[609] Martin, S. 26

Zum einen scheinen die Falten ihre Träger in *Christus am Ölberg* (um 1610) zu verlassen und ein unendlicher Wettstreit zwischen Gewebe, Granit und Wolke entbrennt. Zum anderen geht das Bein in *Die Taufe Christi* (1608-1614) in eine unendliche Wellenform über. Die „Wolkenklammer" in der Mitte transformiert es zusätzlich zu einem doppelten Fächer.[610] Deleuze bildet, in Anlehnung an Gottfried Wilhelm Leibniz' Lehre von der Monade, ein barockes Weltbild nach.

> *„Als ob der Grund* [fond] *jeder Monade aus unendlich vielen kleinen Falten (Inflexionen) bestünde, die nach allen Richtungen unaufhörlich entstünden und vergingen, so dass die Spontaneität der Monade wie die eines Schlafenden ist, der sich auf seinem Bett hin- und herwälzt. Die Mikroperzeptionen oder Welt-Repräsentanten sind diese kleinen Falten in allen Richtungen, Falten in Falten, auf Falten, nach Falten, ein Gemälde von Hantaï*[611] *oder eine toxische Halluzination bei Clérambault."*[612]

Das philosophische Vorfeld von Leibniz beginnt mit René Descartes' (1596–1650) neuzeitlichem Denken, dass Leib und Seele getrennt sind, dem sogenannten Dualismus. Leibniz setzt sich vom Dualismus zwischen Leib und Seele, wie ihn Decartes formuliert hatte, ab und geht in seiner Idee der Monade nicht mehr von der Trennung von Geist und Materie aus. Er beschreibt die Monade als eine spontan gebildete Wahrnehmung (Perzeption), die aus ewigen, unzerlegbaren und einzigartigen Atomen besteht. Die Monade hat keine Gestalt, ist individuell und ‚fensterlos', nichts kann aus ihr heraus oder in sie hineingelangen. Aus dieser Beschreibung heraus wird die Individualität der Monade deutlich, die nicht mehr trennt, sondern unterscheidet. Der Unterschied zwischen dem Seelischen und dem Leiblichen wird durch die Falte markiert, die einerseits eine Beziehung reiner Äußerlichkeit und andererseits aber auch die Verbindung zwischen beiden beschreibt.

> *„Geglaubt zu haben, dass die reale Unterscheidung zwischen Teilen ihre Trennbarkeit nach sich zöge, ist zweifellos der Irrtum von Descartes […] Das ist es, was Leibniz in einem außergewöhnlichen Text erklärt: ein flexibler oder elastischer Körper hat noch kohärente Teile, die eine Falte bilden, so dass sie sich nicht in Teile von Teilen trennen, sondern sich vielmehr ins Unendliche in immer kleinere Falten unterteilen, welche immer noch eine gewisse Kohäsion bewahren. So ist das Labyrinth des Kontinuums keine Linie, die sich in unabhängige Punkte auflöste, wie der fließende Sand in Körner, sondern etwas wie ein Stoff oder ein Papierblatt, das sich ins Unendliche in Falten unterteilt oder sich in Kurvenbewegungen auflöst, von denen jede durch die konsistente oder richtungsgleiche Umgebung bestimmt ist."*[613]

Deleuze baut von hier aus Leibniz' Konzept neu auf, indem er sich die menschliche Seele als Monade vorstellt, als in sich geschlossene Einheit, als ein Haus ohne Fenster und Türen. Er benutzt die Metapher des Hauses, das zweistöckig ist und zwei voneinander getrennte Etagen hat wie z.B. die barocke Basilika *St. Mauritius zu Niederaltaich* (1718–1727) mit der ovalen

---

[610] Vgl. Deleuze, 2000, S. 61

[611] Der französische Maler Simon Hantaï (1922–2008) wurde in den 1960er Jahren durch die Technik des Leinwand-Faltens (*pliage*) bekannt.

[612] Deleuze, 2000, S. 141

[613] Ebd., S. 15

Deckenöffnung (Oculus) zwischen Ober- und Unterkirche. Diese beiden Etagen besitzen unterschiedliche Eigenschaften, die jedoch nicht voneinander abzulösen sind. In der oberen Etage befindet sich das abgeschlossene Privatzimmer. In der unteren Etage befindet sich das Gemeinschaftszimmer mit einigen kleinen Öffnungen.[614] In der oberen Etage ist die Seele eingeschlossen, in der unteren Etage die Materie. Die Öffnungen in der unteren Etage erlauben es, dass sich ereignishaft ein Außen realisieren kann. In der Materie findet es seine Realisation als Faltung, die sich bis ins Unendliche multipliziert. Die Falten in der Seele ähneln den Faltungen der Materie.[615] Ohne gegenseitige Einwirkung, faltet sich die obere Etage auf der unteren; „real unterschieden und untrennbar aufgrund der Anwesenheit des Oberen im Unten."[616] Die Falte verläuft somit auch zwischen oben und unten, gleichbedeutend zwischen Seele und Körper. Deleuze macht darauf aufmerksam, dass „nicht der Körper realisiert wird, sondern dass im Körper realisiert wird, was ‚aktual' in der Seele perzipiert ist. Die Realität des Körpers ist die Realisierung der Erscheinungen im Körper."[617]

Der Körper ist darum nie ein Letztes und die Falten des Barock zeichnen sich gerade durch die Verdeckung des Körperlichen aus: die Falten sind davon befreit, den Körper wiederzugeben. Deleuze gibt als Beispiel die barocke Kleidung an, die weit, etwas gebauscht, gekräuselt und unterfüttert ist: Wamsjäckchen, flatternde Mäntel, ausladende Halskrausen, weite Hemden oder Beinkleiderbesätze. Besonders letztere war als *Rheingrafenhose* ein sehr beliebter und weit verbreiteter Hosenrock für Männer, der durch unzählige Falten die Trennung der Beine nicht mehr erahnen ließ. Die Falten geben hier nicht so sehr den Körper wieder, sondern umgeben ihn „mit autonomen, immer vervielfältigbaren Falten."[618] Die Befreiung der Falten ist laut Deleuze durch etwas Drittes zu erklären, dass zwischen Kleidung und Körper eingeführt wird: die Elemente wie das Wasser, die Luft, die Erde und das Feuer.

> *„Ein übernatürlicher Wind macht aus dem Mantel des Hieronymus des Johann Joseph Christian in der Abteikirche Zwiefalten ein schwelendes und gewundenes Band, das in der Bildung eines hohen Kamms hinter dem Heiligen ausläuft."*[619]

Deleuze nennt drei Beispiele von Plastiken Berninis, die zeigen, wie die Elemente auf unterschiedliche Weise auftreten können und wie das Verhältnis von Kleidung und Körper vermittelt, überdehnt und ausgeweitet wird. In der marmornen *Büste des Sonnenkönigs Ludwig XIV*. (1665) im *Schloss Versailles* drückt der Wind den Mantel vom Oberkörper zurück und wirft ihn in Falten. Damit entspricht die Plastik dem Bild des barocken Fürsten, der den Elementen

[614] Ebd., S. 13
[615] Ebd., S. 11
[616] Ebd., S. 194
[617] Ebd., S. 196
[618] Ebd., S. 197
[619] Ebd., S. 198

widerstehen kann. Eine andere Ordnungsweise der Falten gestaltet Bernini in seiner Plastik *Die Verzückung der seligen Ludovica Albertoni* (1674) in der römischen Kirche *San Francesco a Ripa*. Ihr Grab zeigt die Behandlung des polychromen Marmors als illusionistische Materialmetamorphose, bei der die Falten des Gewandes wassergleich am Boden entlangfließen. Die Plastik *Die Verzückung der heiligen Theresa* (1645–1652) in der Kirche *Santa Maria della Vittoria* in Rom zeigt die Heilige Theresa im Augenblick ihrer Vision, bei der ihr ein Engel mit dem Pfeil der göttlichen Liebe das Herz durchbohrt. Die sie umhüllenden Falten erwecken den Eindruck eines unter ihr lodernden Feuers.[620] Alle drei Plastiken sind nicht mehr länger durch einen reinen Dekorationswillen erklärbar, sondern sind Ausdruck einer unendlichen geistigen Kraft, die auf den Körper wirken.

> *„In allen diesen Fällen gewinnen die Kleiderfalten nicht durch ein einfaches Bemühen um Dekoration Autonomie und Weite, sondern dadurch, dass sie die Intensität einer geistigen Kraft ausdrücken, die auf den Körper wirkt, entweder um ihn zu verkehren oder um ihn wiederaufzurichten oder zu erheben, immer aber, um ihn umzudrehen und das Innere daran zur Geltung zu bringen."*[621]

In seiner Zusammenfassung zentraler Elemente des Barock hält Wölfflin in seinem Werk *Renaissance und Barock* – so Deleuze – materiale Charakteristika der Barockarchitektur fest wie z.B. die

> *„horizontale Ausbreitung des Niedrigen, Senkung des Giebels, gesenkte Stufen und ansteigende Kurven; Behandlung der Materie in Massen oder Aggregaten, Abrundung der Winkel und Vermeidung des Rechtwinkligen, Ersetzung des zackigen durch das gerundete Akanthusblatt, Benutzung des Kalktuffs (Travertin) zur Hervorbringung von schwammigen und hohlen Formen oder die Bildung einer Wirbelform, die sich aus immer neuen Turbulenzen nährt und wie die Mähne eines Pferdes oder die Gischt einer Welle endet; die Tendenz der Materie, den Raum zu überborden, sich mit dem Flüssigen zu verbinden, während die Wasser zur gleichen Zeit sich selbst als Massen teilen."*[622]

Als eine mathematische Entsprechung des porösen Travertins kann der *Menger-Schwamm* angesehen werden. Durch ein iteratives Verfahren nähert sich die Oberfläche des Würfels einem unendlichen Wert an, während sein Volumen gegen Null geht. Diese fraktale Struktur verdeutlicht, dass es unmöglich ist, die Dimensionalität des Würfels unmittelbar anzugeben. Die Fraktale, vom Mathematiker Benoît Mandelbrot (1924–2010) entdeckt, sind geometrische Muster, die eine gebrochene Selbstähnlichkeit besitzen und aus unendlich vielen, verkleinerten Kopien ihrer selbst bestehen.[623] In einer Passage eines Briefes an Arnauld deutet Leibniz etwas an, das wie eine Art Vorahnung fraktaler Geometrie anmutet:

---

[620] Ebd.

[621] Ebd., S. 198 f.

[622] Ebd., S. 13 f.

[623] Zu *Menger-Schwamm* und *Fraktalen* vgl. Dr. rer. nat. Frank Morherr *Selbstähnlichkeit in der Natur und mathematische Fraktale*, Vortrag, 2016, Technische Universität Dresden, *http://www.staff.uni-giessen.de/~gc1203/SelbstaehnlichkeitundFraktale.pdf,* abgerufen am 21.09.2016

„Es gibt niemals weder eine Kugel ohne Unebenheit, noch eine Gerade ohne dazwischengemischte Krümmung, noch eine Kurve von einer bestimmten endlichen Art ohne Einmischung einer anderen – und dies gilt für die kleinen Teile ebenso wie für die großen; […] und man wird niemals einem Körper eine bestimmte genaue Oberfläche zuweisen können, wie man es könnte, wenn es Atome gäbe."[624]

Auch Deleuze sieht den Dimensionsbegriff verschwimmen.

„Schließlich ist die Inflexion in sich selbst von einer unendlichen Variation oder einer unendlich variablen Krümmung untrennbar. Das ist die Kochsche Kurve, die man erhält, wenn nach barockem Erfordernis die Winkel gerundet werden, wenn man sie nach einem Gesetz der Homothetik wuchern lässt: sie durchläuft eine unendliche Zahl von Winkelpunkten und lässt in keinem dieser Punkte die Tangente zu, sie hüllt eine unendlich schwammartige oder ausgehöhlte Welt ein, sie konstituiert mehr als eine Linie und weniger als eine Oberfläche (die fraktale Dimension von Mandelbrot als Bruch oder irrationale Zahl, Nicht-Dimension, Zwischen-Dimension."[625]

Hier tritt die Bedeutung der Leibnizschen Infinitesimalrechnung zutage, die es ermöglicht, kontinuierliche Bewegung von Körpern zu beschreiben. Sie markiert den Übergang von einer unbeweglichen zu einer dynamischen Statik. Der Punkt ist kein cartesianischer mehr, sondern ist nach Deleuze ein elastischer, ein „Falte-Punkt", der Variationen erfährt.[626] Das Sein wird zum Werden, die Mathematik wird flexibel und erfasst Übergänge.

Die Parallele zum parametrischen Entwerfen wird deutlich: nicht mehr der exakt gespeicherte geometrische Punkt ist von Bedeutung, sondern die flexible und assoziative Verknüpfung des Punktes als elastischer Parameter der geometrischen Gestalt, die durch die Operationen *folding 2* und *parametrising* beschrieben werden. Es werden Beziehungen zwischen den einzelnen Punkten festgelegt, die nicht nur die Form bestimmen, sondern diese auf Kräfte und Veränderungen reagieren lassen. Ein Gesamtsystem entsteht, bei dem unterschiedliche Varianten der Form interaktiv entwickelt werden können. Wegweisend für diese neue Herangehensweise ist das von Antoni Gaudí (1852–1926) wiederentdeckte Prinzip des Hängemodells. Hierbei wird das Tragwerk aus Schnüren oder Ketten aufgebaut und kopfüber aufgehängt. Es herrschen nur Zugkräfte, die bei einer Drehung um 180° zu Druckkräften werden und das Tragwerk nicht auf Biegung beanspruchen.[627] Ein einfaches Prinzip, das Gaudí erstmalig 1898 bei seinem Entwurf für die Kirche der *Colònia Güell* in Barcelona einsetzt. Fertiggestellt wird nur die sogenannte Krypta, die durch die schrägen Säulenformen und Mauern sowie die erste ausgeführte Form eines Hyperbolischen Paraboloids viele Elemente der *Sagrada Familia* vorwegnehmen.

---

[624] Gottfried Wilhelm Leibniz. Reinhard Finster (Hrsg.) *Philosophischer Briefwechsel/Der Briefwechsel mit Antoine Arnauld*. Band 1, Zeilen 645–655, Meiner Verlag, 1997, S. 327

[625] Deleuze, 2000, S. 31 f.

[626] Ebd., S. 29

[627] Vgl. Tobias Wallisser. „Vom Blob zur algorithmisch generierten Form." in: *ARCH+ Nr. 189*, S. 122 f.

Die dynamische Form knüpft an die entsprechenden barocken Merkmale an und ist als neue barocke Idee in einer erstarrten Bewegungsform, eines *frozen flow,* wiederzufinden.[628] Exemplarisch dafür stehen schon Ende der *1. Phase: Blob-Architektur (1990–1999)* zwei Projekte von *Reiser + Umemoto*: der gigantische Wettbewerbsbeitrag *West Side Convergence* (1999) in New York und der bescheidenere Entwurf für den *Water Garden at the Jeff Kipnis residence* (1997) in Columbus, Ohio. Beide Projekte kennzeichnet eine fließende Formensprache, die sich jedoch in ihrer Maßstäblichkeit unterscheidet. *Reiser + Umemoto* produzieren neue, dynamische Formen zwischen Sein und Werden, die in ihrer Erstarrung trotzdem einen temporären Anschein haben.[629] In der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* steht das Architekturbüro *Jakob + MacFarlane* stellvertretend für erstarrte Bewegungsformen, die durch parametrische Deformationen entstehen: das *French Fashion Institute (IFM)* (2007) in Paris, das die vorhandene Struktur des alten Gebäudes *Docks of Paris* (1907) überfließend erweitert und *Les Turbulences FRAC Centre* (2005–2013) in Orléans, das aus dem Raster der umgebenden Gebäude extrudiert wird. Zaha Hadid hat jahrelang parametrisch entwickelte Entwürfe in unterschiedlichen Maßstäben realisiert wie z.B. die *Skisprungschanze* (2003) auf dem Bergisel in Innsbruck, das Wissenschaftsmuseum *phæno – Die Experimentierlandschaft* (2005) in Wolfsburg oder das *Heydar Aliyev Center* (2012) in Baku, Aserbaidschan. Patrik Schumacher liefert mit dem „Parametrismus" die theoretische Begründung zu den Entwürfen des Architekturbüros. In seiner Veröffentlichung *Parametricism – A New Global Style for Architecture and Urban Design* (2009) beschreibt er, wie dieser neue globale Stil seine Anwendbarkeit auf allen Entwurfsebenen beansprucht: vom Objektdesign über Innenarchitektur bis hin zu groß angelegter Stadtplanung.

> *„Wir stehen jedoch nicht einer Reihe neuer Techniken gegenüber, sondern einem neuen Stil. […] Stärker als die ästhetischen Gemeinsamkeiten berechtigt die weite Verbreitung und langfristige Verpflichtung auf gemeinsame Entwurfsziele und -probleme dazu, einen neuen Stil auszurufen. Diesen Stil sollte man ‚Parametrismus' nennen. […] Die Ästhetik des Parametrismus ist gekennzeichnet durch die Eleganz geordneter Komplexität und den Eindruck nahtloser Fluidität – Eigenschaften, die auch in natürlichen Systemen vorkommen."*[630]

An dieser Stelle ist es wichtig, klar zwischen den beiden Begriffen „Parametrisches Entwerfen" und „Parametrismus" zu unterscheiden. Wie soeben erläutert, bezieht sich „Parametrisches Entwerfen" auf eine allgemeine mathematisch-virtuelle Methode der Formmodellierung, die auf dynamisch miteinander in Beziehung stehenden Parametern fußt.[631]

---

[628] Vgl. Picon. 2010, S. 71

[629] Christian Pongratz. Maria Rita Perbellini. *Natural Born Caadesigners: Young American Architects. The IT revolution in architecture.* Springer Science & Business Media, 2000, S. 51

[630] Patrik Schumacher. *Parametrismus – Der neue International Style. http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametrismus*, abgerufen am 28.07.2015 (erstveröffentlicht in: *Digital Cities.* AD Architectural Design, Vol 79, No 4, July/August, 2009, S. 14–23)

[631] Matthew Poole (Hrsg.). Manuel Shvartzberg (Hrsg.). *The Politics of Parametricism.* Bloomsbury Publishing PLC, London, 2015, S. 4 ff.

Im Gegensatz dazu versucht Patrik Schumacher die Methode des „parametrischen Entwerfens“ in Hinblick auf die Bildung eines neuen globalen Stils zu entwickeln. Seine Wortschöpfung „Parametrismus“, die er in seinen beiden Veröffentlichungen *The Autopoiesis of Architecture, Volume 1: A New Framework for Architecture* (2010) und *The Autopoiesis of Architecture, Volume 2: A New Agenda for Architecture* (2012) erläutert, untermauert einen universal geltenden Anspruch als Gesamtkunstwerk. Der Begriff ‚Autopoiesis‘ ist vom chilenischen Neurobiologen Humberto Maturana (*1928) geprägt und steht für den Prozess der Selbsterschaffung und -erhaltung eines Systems. Dieser Begriff wird auch auf andere Disziplinen übertragen, wie z.B. vom Soziologen Niklas Luhmann auf die Systemtheorie, die besagt, dass soziale Systeme sich ständig aus sich heraus erschaffen. Schumacher greift auf solches Gedankengut zurück und versucht es für den Architekturdiskurs nutzbar zu machen. Er weist auf die neuen prozesshaften Möglichkeiten der digitalen Werkzeuge hin wie z.B. auf die Schwarmtechnologien, die die Entwurfsansätze der Architekten erweitern und dynamisch verschieben.[632]

> *„Contemporary (Parametricist) architects start to conceive of urban fields as swarms of buildings, continuously differentiated, yet coordinate with respect to size, distance and orientation, creating fluid swarm formations.“*[633]

Durch Kommunikationsakte, sogenannte *design decisions*, reproduziert sich Architektur selbst. Dies vollzieht sich in zwei- oder dreidimensionalen visuellen Repräsentationen.[634] Trüby merkt kritisch an, dass Schumachers Überlegungen mit Autopoiesis wenig zu tun haben, er bediene sich „eines bevorzugt topologisch gekrümmten Architekturstils, der sich angeblich vor allem objektiven funktionalen Daten verdankt, meist aber Produkt stilistisch-skulpturaler Überlegungen – eben von *design decisions* ist.“[635] Das Dilemma eines solchen elitären Denkens spiegelt die Aussage eines ehemaligen Mitarbeiters von Zaha Hadid aus dem Blog des britischen *Architects' Journal* wider:

> *„Da hatten wir also ein halbes Jahr darüber diskutiert, wie die Gebäudehülle aussehen soll. Was war das dann für ein demütigender Moment, als der leitende Architekt seine Hand hob und die Frage stellte, wie man eigentlich in das Gebäude hineinkommen sollte.“*[636]

Es zeigt sich, dass die digitalen Operationen *folding 2* und *parametrising* auf der Ebene des Entwurfs immer mehr zur Plattform einer Verschmelzung von Architektur und Ingenieurwesen

---

[632] Ebd., S. 5 f.

[633] Schumacher, zitiert ebd.

[634] Stephan Trüby. „Bau mir ein Haus aus den Knochen von Niklas Luhmann“ in: *Servicearchitekturen. ARCH+ Nr. 205*, März 2012, S. 2

[635] Ebd.

[636] Zitiert bei Holger Rescher. *Kampf der Stile. Größenwahn im Büro Hadid*. Deutsches Architektenblatt. 01.03.2011, *http://dabonline.de/2011/03/01/grosenwahn-im-buro-hadid/*, abgerufen am 01.10.2015

werden. Die *Advanced Geometry Unit* (AGU) des Ingenieurbüros *Arup*, unter der Leitung von Cecil Balmond, untersucht seit Mitte der 2000er Jahre verstärkt die strukturelle Dynamik geometrischer Formen. Mit dem Entwurf der Fußgängerbrücke *Pedro and Inês Bridge*[637] (2007) in Coimbra (Portugal) debütiert Cecil Balmond quasi als Architekt und hinterfragt das klassische Konzept einer geradlinigen Brückenkonstruktion. Im Volksmund ist die Brücke auch als „die Brücke, die sich nicht trifft" bekannt, da sie aus zwei versetzt beginnenden, freischwebenden Stegen besteht, die sich nicht zu treffen scheinen. Das verbindende statische Element ist eine Aussichtsplattform in der Mitte. Der Handlauf ist dreidimensional gefaltet und mit vierfarbigen Glaselementen gefüllt, die die Brücke mit bunten Reflektionen und Lichtspielen beleben. Die Faltung ergibt ein fraktales Muster, das die Geradlinigkeit eines normalen Handlaufs zusätzlich aufbricht. Zwei Jahre später entwirft die *AGU* die Fußgängerbrücke *Weave Bridge* (2009) an der Universität von Pennsylvania in Philadelphia, die Zuggleise überwindet und den Hauptcampus mit den Sportplätzen verbindet. Die Stahlkonstruktion besteht aus sechs gewundenen Stahlsträngen, die dreidimensional verflochten sind, um Weg, Brüstung und Ausblick zu verbinden.

> *„The intent was to dematerialize the box. We started with a three-dimensional coiling space. Instead of horizontal continuity, you have winding continuity."*[638]

AGU nimmt bei der Entwicklung des Entwurfs nichtlineare und komplexe Systeme als Vorbild. Cecil Balmond ist der Auffassung, dass die traditionelle Trennung zwischen Architekt und Ingenieur nicht mehr aufrechterhalten werden kann, da für ihn Konstruktion in ihrer konzeptionellen Strenge immer Architektur ist.[639]

> *„[…] in my view structure is architecture. […] it is just a matter of words whether we are labeled engineers or architects, because I see structure as a punctuation of space – episodic and rhythmic. These are wholly architectural concerns."*[640]

Ein weiteres Beispiel für das untrennbare Zusammenwirken beider Disziplinen ist die *Henderson Waves Bridge* (2004–2009) in Singapur, die George L Legendre mit seinem Büro *IJP Corporation* zusammen mit *RSP Architects Planners and Engineers (PTE)* gebaut hat. Die Fußgängerbrücke ist 274 m lang und mit einer Höhe von 36 m die Höchste in ganz Singapur. Ihre wogende Wellenform lässt Überdachungen mit integrierten Sitzplätzen und schalenförmigen Nischen entstehen. Der Eingang, das Brückendeck und die verbindende Rampe ist mit den

---

[637] Lynn Becker. *Cecil Balmond and the Bonfire of the Vanities*. 2009, *http://www.lynnbecker.com/repeat/balmonds/cecil_balmond_and_the_bonfire_of_the_vanities.htm*, abgerufen am 22.09.2016

[638] Daniel Bosia (AGU), zitiert bei Gideon Fink Shapiro. *Weave Bridge. http://www.architectmagazine.com/technology/detail/weave-bridge_o*, abgerufen am 07.10.2015

[639] Diese Aussage ist durchaus legitim, aber natürlich eine äußerst verkürzte Sicht auf die Architektur.

[640] Sang Lee. Ruth Baumeister (Hrsg.). „Structure as Architecture. In Conversation with Cecil Balmond," in: *The Domestic and the Foreign in Architecture*. 010 Publishers, Rotterdam, 2007, S. 318

gleichen Materialien, Stahl und Holz, ausgestattet, so dass die einzelnen Elemente wie Boden, Wand und Decke kaum zu unterscheiden sind und eine Einheit bilden.[641]

Wie es in der Beschreibung der informellen Operation *dynamising* verdeutlicht wurde, findet sich auch in den digitalen Operationen *folding 2* und *parametrising* der Betrachter bzw. der Benutzer in dynamischen Bildwelten bzw. dynamischen Raumkonfigurationen wieder. Das barocke Kennzeichen des Gesamtkunstwerks lässt sich zumindest Ansatzweise in der Vermischung beider Disziplinen, Ingenieurwesen und Architektur, nachweisen.

[641] George L Legendre. „IJP Explained: Parametric Mathematics in Practice“ in: *AD Vol. 81*, No. 4, 2011, S. 44–53

6.3.2. *ornamenting* vs. *tooling*

Die informelle Operation *ornamenting* verweist auf den Begriff des Ornaments. Im Lateinischen *ornamentum* bedeutet der Begriff zunächst Schmuck, Ausstattung und Ausrüstung.[642] Alberti entwickelt im sechsten bis achten Buch seiner zehn Bücher umfassenden Abhandlung *De re aedificatoria* (1485) eine ausführliche Theorie des Schmucks in der Architektur. Er sieht „im *ornatus* [Schmuck] etwas Hinzugefügtes, den ‚die Schönheit [des Bauwerks] unterstützenden Schimmer und [...] [als eine Individualität verleihende] Ergänzung'." Auch wenn die Schönheit dem Gebäude grundsätzlich immanent sei, dass „man weder etwas hinzufügen noch hinwegnehmen oder verändern könnte, ohne sie weniger gefällig zu machen", so stehen für Alberti die Schönheit und das Ornament vollkommen harmonisch nebeneinander.[643] Wenn Ausschmückung, Ausstattung usw. eine gewisse formale (etwa geometrische) Regelmäßigkeit aufweisen, also eine optische Ordnung reflektieren, fließt in den Begriff des *ornamentum* der Begriff der Ordnung (*ordo*) ein.[644] Der einfache Schmuckbegriff für das Ornament wird dadurch um die Facette einer ordnenden Gesetzmäßigkeit erweitert. Durch diese Definition nähert sich der lateinische Begriff *ornamentum* der Doppelbedeutung des altgriechischen Begriffs *kósmos* (‚κόσμος') an.[645]

> *„Im politischen Denken besteht eine Tendenz, Ordnung mit Zwang gleichzusetzen und damit als Widerspruch zu Freiheit und Spontaneität zu empfinden. Wen das stört, den möchte ich gerne an den schönen griechischen Sprachgebrauch erinnern, in dem das Wort ‚Kosmos' sowohl Schmuck als auch Weltall bedeutet (ein Sprachgebrauch, der im Deutschen sowohl in ‚Kosmetik' als auch in ‚kosmisch' nachklingt). Geht doch der Zug nach Ordnung sowohl durch das Weltall als auch durch die menschliche Kunstfertigkeit."*[646]

Im Altgriechischen hat also (wie Gombrich betont) der Begriff ‚kósmos' folgende Doppelbedeutung: erstens, Ordnung, Anordnung – im übertragenden Sinne auch Welt (verstanden als Weltordnung); zweitens, Schmuck.[647] Durch diese Definition des Begriffs Ornament tut sich ein Paradox auf, das auf die ambivalente Charakteristik des Ornamentalen im digitalen Entwerfen verweist: eine dekorative Oberflächlichkeit und zugleich eine tiefe Strukturalität. Was macht das Ornament im digitalen Entwerfen aus? Ist es ebenfalls ein Resultat der neuen technischen Möglichkeiten des Informationszeitalters? Ist es lediglich eine Verzierung,

[642] Der Begriff *ornamentum* bezieht sich nicht allein auf Artefakte, sondern etwa auch (beispielsweise in der Rhetorik) auf das gesprochene Wort. Da geht es um die Ausschmückung der Rede mit den sogenannten rhetorischen Tropen (Metapher, Gleichnis, Analogie, Ellipse usw.), die die Wirkung der Rede verstärken können und sollen. Die Theorie des Ornaments, die beispielsweise Vitruv entwickelt, schöpft nachweislich aus den Quellen römischer Rhetorik. D.h., dass hinsichtlich des Begriffs *ornamentum* die Grenzen zwischen den Disziplinen fließend sind.

[643] Ueding, 1994, S. 442

[644] Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort „Ornament", *http://www.dwds.de/wb/Ornament*, abgerufen am 22.09.2016

[645] Vgl. Antoine Picon. *Ornament: The Politics of Architecture and Subjectivity*. John Wiley & Sons, 2013, S. 37 f.

[646] Ernst Gombrich. *Bild und Auge. Neue Studien zur Psychologie der bildlichen Darstellung*. Klett-Cotta, Stuttgart 1984, S. 10

[647] Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort „Kosmetik", *http://www.dwds.de/wb/Kosmetik*, abgerufen am 22.09.2016

die den Objekten äußerlich bleibt und aufgesetzt scheint oder ist es ein Konstruktionsmuster, das dem „spezifischen Gemachtsein des Objekts“[648] entspricht und standardisiert werden kann?

In vielen Publikationen der letzten Jahre ist die Rede von der Rückkehr des Ornaments: es wird vom „digitalen Ornament“, vom „Ornament im digitalen Zeitalter“ oder vom „neuen Ornament“ gesprochen.[649] Die eigentliche Frage lautet hier allerdings nicht, wie das Ornament benannt werden sollte, sondern wie überhaupt seine Rückkehr zu erklären ist. Die heutigen Ornamentvorstellungen haben nur noch sehr wenig mit denjenigen des vorvergangenen und des vergangenen Jahrhunderts zu tun z.B. mit den Theorien John Ruskins im 19. Jahrhundert, der den Gebrauch des Ornaments nur unter der Voraussetzung befürwortete, dass es nicht gegossen oder maschinengefertigt sei[650] oder mit Loos' Feldzug zur Befreiung des Gebrauchsgegenstands vom Ornament.[651] In der Massenproduktion entstehen Ornamente, die als sachlich, unpersönlich und „seelenlos“ kritisiert werden. Die *Arts-and-Crafts-Bewegung* setzt dagegen auf eine Rückbesinnung der Menschen auf die Handarbeit bzw. die Handwerklichkeit. Kunst und Kunsthandwerk sollen wiedervereint werden. Die Ornamenttheorie John Ruskins basiert auf dieser Handwerklichkeit, die seiner Auffassung nach ein Material mit Persönlichkeit und Spiritualität aufladen kann und damit die Dehumanisierung durch die industrielle Ornamentik vermeidet.[652] Zu Beginn der Postmoderne gibt es eine Re-Semiotisierung der Architektur, die weniger die handwerkliche Seite als vielmehr die ästhetische Seite des architektonischen Entwurfsprozesses berührt. Vorrangig geht es um die Erscheinung der Architektur und ihre Wirkung als Zeichensystem. Im darauf Folgenden digitalen Zeitalter der CAD/CAM-Fertigung positioniert sich der Entwerfer wiederum als eine Art „neuer Handwerker“, wobei der Akzent sowohl auf die technisch-materielle Seite als auch auf die handwerkliche Seite des Ornaments gelegt wird. Carpo bezeichnet diese Entwicklung als das „Ende des albertianischen Paradigmas, [das den] intellektuellen Akt des Designers von der unmittelbaren Ausführung durch den Handwerker“ trennt.[653] Nach Alberti fertigt der Architekt keine Dinge an, sondern er entwirft diese. Ist der Entwurf fertig, gibt der Architekt ihn in die Hände der ausführenden Kräfte. Bauen ist eine rein mechanische Operation, bar jeglichen intellektuellen Mehrwerts, deren einziger Zweck darin besteht, die Idee des Architekten zu materialisieren.

> *„This building is mine because I designed it.“*[654]

---

[648] Jörg H. Gleiter. „Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter. Eine Annäherung.“ in: *Entwurfsmuster*, *ARCH+ 189,* 2008, S. 82

[649] Andrea Gleiniger. Georg Vrachliotis. *Muster: Ornament, Struktur und Verhalten*. Birkhäuser, Basel, 2009, S. 8

[650] Vgl. John Ruskin. *The Seven Lamps of Architecture*. Smith, Elder & Co., London, 1849

[651] Vgl. Adolf Loos. *Ornament und Verbrechen*. 1908

[652] Picon, 2013, S. 48

[653] Gleiter, 2008, S. 83

[654] Die Aussage Albertis über die intellektuelle Autorschaft steht der Aussage Brunelleschis über die handwerkliche Autorschaft „This building is mine because I made it.“ konträr gegenüber. Vgl. Carpo, 2011, S. 23

Die Trennung zwischen Entwerfern und Konstrukteuren ist revolutionär, denn der kollaborative Ansatz im Bauen, wie er am Ende des Mittelalters weit verbreitet war, ist nun aufgehoben: Entwerfen und Konstruieren sind getrennt.[655] Diese Trennung, die mehr als 500 Jahre lang als Dogma galt, wird in ihrer Gültigkeit heute in Frage gestellt.[656] Allerdings wird bei der „neuen Handwerklichkeit" im digitalen Zeitalter ein Aspekt, der Handwerklichkeit überhaupt ausmacht, verzerrt wahrgenommen: der digitale Entwerfer legt selbst nicht direkt Hand am Material an, sondern bewegt lediglich die Maus vor dem Bildschirm und bestimmt die Vorgaben, nach denen die Maschine das Material fräst.[657] Gleiter hält fest, dass nicht mehr Hammer, Zange, Feile, Schraubendreher oder Meißel die Werkzeuge sind, sondern Codes, Scripte und Algorithmen die Tools, mit denen gearbeitet wird. Die digitalen Werkzeuge folgen algorithmischen Regeln, die eine neue „‚interaktive Verknüpfung' zwischen den Design- und den Konstruktionsverfahren" herstellen.[658]

Das Ornament, ob es nun als neu oder als zurückgekehrt definiert wird, greift als einzig herangezogener Begriff im digitalen Zeitalter zu kurz. Um die neuen digitalen Perspektiven des Ornaments besser beschreiben zu können, wird im Folgenden die digitale Operation *tooling* eingeführt. Der Begriff *tooling* steht in Anlehnung an das Buch *Tooling* (2006) der Architekten Benjamin Aranda und Chris Lasch, die darin die Möglichkeiten von Computercodes und Algorithmen zur Erstellung von Strukturen untersuchen, die dann auf die Architektur angewandt werden können. Grundsätzlich haben sich in der Art und Weise, wie die digitale Operation *tooling* als ornamentale Form in Erscheinung tritt, drei übergeordnete Strukturen herausgebildet: Textur, Muster und Topologie (texture, patterns and topology).[659]

1) Die Textur ist eine Art eigenständiger „Überzug" für 3D-Modelle wie z.B. die Pixelierung oder die „Wallpaperisation". Jedes x-beliebige zweidimensionale Bild kann auf die Oberfläche eines virtuellen Körpers „gemappt" werden und dabei dessen Oberflächeneigenschaften gezielt verändern. Die Unterscheidung zwischen Bild und Textur verwischt sich. Das *Französische Ministerium für Kultur* (2004) in Paris von Francis Soler hat so eine texturierte Fassade, deren gestalterische Grundlage ein Bild des Renaissance-Künstlers Giulio Romano ist, das sich anamorphotisch verzerrt, wie ein hauchdünnes Spinnennetz um das Volumen legt.

---

[655] Mario Carpo. „The Digital, „Mouvance" and the End of History" in: *GAM.06 Graz Architektur Magazin,* 2010, S. 26
[656] Gleiter, 2008, S. 83
[657] Picon, 2013, S. 143 f.
[658] Gleiter, 2008, S. 83
[659] Die 3 Begriffe Textur, Muster und Topologie und die Architekturbeispiele dafür sind entnommen aus: Picon, 2013, S. 27–33 (ü.d.V. sinngemäß)

2) Durch digitale Techniken wie Tesselierung und Kachelung kann eine Vielfalt von Mustern entworfen und realisiert werden. So entwirft das Architekturbüro *Foreign Office Architects* auf der Weltausstellung in Aichi (Japan) in seinem *Spanischen Pavillon* (2005) ein komplexes Muster: die Gitterhülle des Gebäudes besteht aus einem sich nicht wiederholenden Muster sechseckiger Fliesenstücke, die alle unterschiedlich geformt und auch farblich unterschiedlich gestaltet sind.
3) Bei der Topologie wird die gesamte Bewegung der Fassade zu einem Ornament: weiche, glänzende Kurven bestimmen die Hülle der *Maison Folie* (2004) von NOX in Lille (Frankreich); variierende wellenförmige Bodenplatten des *Aqua Tower* (2009) in Chicago von Jeanne Gang erwecken den Eindruck von fließendem Wasser auf der Fassade.

Wie zuvor erläutert[660] nennt Picon drei allgemeine Gründe, warum die Beschäftigung mit der Oberfläche das Ornament wieder in den Mittelpunkt des architektonischen Interesses gerückt hat: der Einsatz elektronischer Medien in der Architektur, die größer werdenden technischen Anforderungen an die Fassade durch Aspekte der Nachhaltigkeit und die flexibler und komplexer gewordenen Raumprogramme. Des Weiteren geht er auf drei Aspekte ein, die die Vorteile der ornamentalen Oberflächengestaltung weiter präzisieren sollen,[661] die im Folgenden anhand von Werken des belgischen Konzeptkünstlers Wim Delvoye im Vergleich mit den von Picon genannten architektonischen Beispielen vorgestellt werden.

1) Die Oberflächen stellen eine bessere Verkörperung des geometrischen ‚Flows' dar, als es nackte Volumina je könnten. Wim Delvoyes *Twisted Dump Truck (Clockwise)* (2013) zeigt das ornamentierte Objekt als Ganzes verzogen und scheint in seiner Bewegung eingefroren zu sein. George L Legendre macht die Wichtigkeit des „Oberflächen-Flows" in seinem Essay *ijp: The Book of Surfaces* (2003) deutlich; in seinem Entwurf für das *Shenzhen Museum of Contemporary Art* (2007) bestimmt die Oberfläche die innere Organisation des Gebäudes.
2) Die Oberfläche kann die Unterscheidung von innen und außen umkehren. Wim Delvoyes *Dunlop Geomax* (2013) zeigt mehrere ineinander verschlungene Reifen, die an ein Möbiusband erinnern. Raum wird nicht mehr nur als etwas Umschließendes mit klaren Grenzen definiert, sondern entsteht auch durch Faltungen verschiedener Ebenen wie z.B. beim *Yokohama International Port Terminal* (2002) von *Foreign Office Architects*.

---

[660] Vgl. Kapitel *III.6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006)*, S. 161
[661] Picon, 2010, S. 88–91 (ü.d.V. sinngemäß)

3) Die Oberflächengestaltung hebt die vormals klare Unterscheidung zwischen Objekt und Subjekt auf. Wim Delvoyes Werk *Kashmar (Polyester mould Turkish carpet)* (2012) zeigt ein tätowiertes Schwein. Wie Owen Jones[662] vor mehr als 150 Jahren bereits sagte, repräsentiert das Tattoo den ornamentalen Impuls des Menschen. Die Gemütserregung bzw. der Affekt kommt dabei übers Ornament zum Ausdruck.[663] So stellt die *Erweiterung des Walker Art Center* (2005) von *Herzog & de Meuron* einen unförmigen Würfel dar, der durch die metallene Fassade changierend erscheint und an eine tätowierte Oberfläche erinnert. Im Kontrast zum bestehenden Backsteinbau scheint er, die Straße überragend, zu schweben und bringt den Betrachter in einen unbestimmten Zustand der Desinformation.[664]

Um einen Überblick auf die Mechanismen der digitalen Operation *tooling* zu bekommen und einschätzen zu können, inwiefern sie dem informellen Ansatz entsprechen, werden sie mit den markanten, von Sylvia Martin definierten „vitalen Oberflächen" (Aufwärtsbewegung, Entfaltung und Explosion) verglichen.[665]

1) Bei der Aufwärtsbewegung geht es um eine komplexe vertikale Bewegung in Raum und Zeit. Übertragen auf die Operation *tooling* würden alle *Algorithmische Geometrien* darunter fallen, die sich mit der Speicherung und Verarbeitung geometrischer Daten im Raum beschäftigen. Dabei werden geometrische Strukturelemente wie Punkte, Linien, Kreise, Polygone und Körper in eine komplexe vertikale Bewegung gebracht, um Formen zu generieren wie z.B. *Voronoi-Diagramme* oder die *Weaire-Phelan-Struktur*. Letztere ist durch das *Nationale Schwimmzentrum Peking (Water Cube)* (2008) von *PTW Architects*, *CSCEC*, *CCDI* und *Arup* für die *Olympischen Sommerspiele* (2008) in Peking bekannt geworden. Diese Struktur ist einem stilisierten Schaum sehr ähnlich und soll die beste bzw. effizienteste Lösung für die Ausführung eines Volumens mit minimaler Oberfläche darstellen.
2) Bei der Entfaltung geht es um eine sich kontinuierlich entfaltende Aktion. Übertragen auf die Operation *tooling* wären alle regelbasierten Systeme damit gemeint. Diese bestehen aus einer Datenbank, einer großen Anzahl von Regeln und einem Kontrollsystem. Die Aufstellung der Regeln läuft immer nach dem gleichen Prinzip ab: *wenn...dann...sonst*. Im digitalen Entwerfen haben sich *Figur-Grammatiken* und das *Lindenmayer-* oder *L-System*

---

[662] Vgl. Owen Jones. *Grammar of Ornament. Illustrated by Examples from Various Styles of Ornament*. Day & Son, London, 1856

[663] Vgl. Andrew Payne. „Surfacing the New Sensorium" in: *PRAXIS. Journal of Writing+Building. No. 9*. 2007, S. 5–13

[664] Vgl. den Aspekt des Schwindelgefühls in Kapitel *III.6.1. baroque – allgemeine Definition*, S. 166

[665] Vgl. Kapitel *III.6.2. baroque und das Informelle – künstlerische Ansätze*, S. 172

durchgesetzt.[666] Der Architekt Michael Hansmeyer versucht in seinem Projekt *L-Systems in Architecture* (2003) auf informelle Weise organisches Wachstum nachzuahmen, um dieses dann auf Anforderungen in der Architektur zu übertragen.[667]

3) Bei der Explosion geht es um eine extreme, sich momenthaft entladende Aktionsspur mit sprengender Dynamik. Übertragen auf die Operation *tooling* fallen alle Systeme der Selbstorganisation darunter wie z.B. der *Zelluläre Automat* und *Agentensysteme*.[668] Der Architekt Roland Snooks experimentiert seit 2008 mit *Schwarmsystemen* und ihrer Anwendung auf die Architektur. Mit seinem Prototypen *Composite Swarm* (2013) untersucht er die Beziehung zwischen roboterbetriebener Fabrikation, Kompositmaterial und algorithmischem Entwerfen.[669]

Der Unterschied zwischen der informellen Operation *ornamenting* und der digitalen Operation *tooling* kann an dem Thema der Selbstbezüglichkeit festgemacht werden. Martin stellt diese heraus, wenn sie über die informelle Malerei spricht, in der das Werk mit seinen Malspuren nur in seinem Innen existiert, keinerlei Bezüge zu einem ihm Äußerlichen benötigt und per se Malerei thematisiert.[670] Zum einen liefert *tooling* zwar optische Reize an die Oberfläche, aber „dabei bleibt es nicht", da sich diese mit einer darunter liegenden konstruktiven Struktur vermischt. Zum anderen steht zwar der Prozess als Akt im Vordergrund, aber auch hier „bleibt es nicht dabei", da Bilder erzeugt werden, die nicht selbstbezüglich sind, sondern, wie die Architekten ausdrücklich sagen, sich auf die Natur beziehen. So basiert die Entwurfsidee für das *Kaufhaus Selfridges* (2003) in Birmingham von *Future Systems* auf der Fibonacci-Folge. Allerdings ist es fraglich, ob es möglich ist, dass die Schönheit der Fibonacci-Folge in doppelt gebogenen Stahlprofilen zum Ausdruck kommen kann.[671]

> *„We wanted something that would sit happily between the very commercial development of the Bullring and the spirituality of the church, which is very dominant in this square. […] So it seemed appropriate to use a natural order that was neither spiritual nor commercial. We have taken this graceful spiral [the Fibonacci sequence] and extruded it on a tilting axis towards the church."*[672]

---

[666] „*Figur-Grammatiken* sind eine Art von Produktionssystem in der Informatik zur Generierung geometrischer Figuren. Sie werden eingesetzt, um zwei- bzw. dreidimensionale Figuren zu erzeugen. *L-Systeme (Lindenmayer-Systeme)* ersetzen sukzessiv die Einzelteile eines einfachen Objektes mittels sogenannter Produktionsregeln. In der Computergrafik werden sie für die Erzeugung von Fraktalen und der realitätsnahen Modellierung von Pflanzen eingesetzt." Vgl. *https://de.wikipedia.org/wiki/Lindenmayer-System* und *https://de.wikipedia.org/wiki/Shape_grammar*, abgerufen am 16.10.2015

[667] *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/project3w.html*, abgerufen am 16.10.2015

[668] *Agentensysteme* werden erstmals 1986 durch Craig W. Reynolds (*1953) entwickelt. Er simuliert auf dem Computer Schwarmverhalten mit sogenannten ‚Boids', „deren Strukturen und Bewegungen verblüffende Ähnlichkeiten zu (sic!) den Eigenschaften realer Vogelschwärme aufwiesen. Dabei orientierten sich die Richtungsbestimmung und die Geschwindigkeit der einzelnen ‚Boids' lediglich an den unmittelbaren Nachbarn unter Vermeidung einer seitlichen Kollision." Fritz, 2008, S. 60

[669] Vgl. *http://www.kokkugia.com/Composite-Swarm*, abgerufen am 16.10.2015

[670] Martin, S. 29

[671] Will McLean. „Less answers more questions." in: *AD Vol. 81*, No. 4, 2011, S. 133

[672] Ralph Parker (Projektarchitekt), zitiert bei Terry Grimley. *Cafe is an Eye-opener*. Birmingham Post & Mail, 2004. *http://www.thefreelibrary.com/Cafe+is+an+Eye-opener%3B+Future+Systems'+Selfridges+is+about+to+acquire...-a0114616269*, abgerufen am 17.10.2015

Die barocke Tendenz zum Überschwang in der Repräsentation von Natur zeigt sich auch in unzähligen Renderings von sich wiederholenden „proto-architektonischen“ Experimenten.[673] Die Projekte der Architekten Roland Snooks und Robert Stuart-Smith, die sich in dem experimentellen Kollektiv *Kokkugia* zusammengetan haben, stehen stellvertretend für eine Vielzahl an „proto-architektonischen“ Strukturen, die heute durch komplexe Selbstorganisationsprozesse, wie z.B. Schwarmverhalten, entstehen.[674] Die Ergebnisse von *Kokkugia* zeigen immer gleiche, nervensystemähnliche Strukturen, die in unterschiedlichen Maßstäben auf verschiedene Bauaufgaben und Umgebungen angewendet werden, wie z.B. *Brass Swarm* (2015), *Fibrous House* (2012) oder *RMIT Highway* (2013). Der Vergleich mit der barocken Ornamentform der Rocaille liegt auf der Hand, die sich ebenfalls im Verlauf ihrer Geschichte von einem kleinen Ornament zu einer Großform steigerte und in kuriose, inhaltsleere „Ornament-Naturgebilde-Spielereien“ überging.

[673] Vgl. Kapitel *III.5.3.1. rising through collapsing vs. emerging*, S. 145 und *III.5.3.2. automating vs. evolving und growing*, S. 152

[674] Vgl. *http://www.kokkugia.com*, abgerufen am 17.10.2015

7. Materialeigenschaft in der 5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)

In der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* tritt neben der dynamisierenden Aufweitung des Raumbegriffs auch das Material mit seiner Suggestionskraft in den Vordergrund. In der *5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)* ist das Material komplett in den Fokus des Formfindungsprozesses getreten. Das Revolutionäre daran ist, dass nicht die Funktionalität und die Form über das Material bestimmen, wie es in der Architekturgeschichte bisher üblich war, sondern dass das Material der Ausgangspunkt der Forschung ist: die Funktionalität und die Form entstehen durch neuartige computer- und fabrikationsbasierte Materialkonzepte. Diese neuen Materialkonzepte stehen konträr zu der Funktionalität und der Materialgerechtigkeit, zwei Aspekten, die seit Mitte des 19. Jahrhunderts von Architekten gefordert wurden und insbesondere in der Moderne vorherrschen. Als einer der ersten warnt John Ruskin in seinem Buch *The Seven Lamps of Architecture* (1849) vor drei möglichen Lügen in der Architektur: erstens, das Vorspielen einer Art von Struktur oder Stütze, die vom wahren Sachverhalt abweicht; zweitens, dem Bemalen von Oberflächen, um ein anderes Material darzustellen als dasjenige aus dem sie beschaffen sind; drittens, der Benutzung von gegossenem und maschinengefertigtem Ornament.[675] Auch Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc fordert Materialgerechtigkeit und schreibt in seiner zehnten *Entretien* (1863):[676]

> *„[…] die Materialien müssen vernünftig eingesetzt werden, ihren Eigenschaften folgend; dass es weder Missbrauch der Stärke noch Exzess der Leichtigkeit gibt; dass diese eingesetzten Materialien ihre Funktion durch die Form anzeigen, die ihr ihnen gebt; dass der Stein wohl als Stein erscheint; das Eisen als Eisen; das Holz als Holz; dass diese Materialien, indem sie alle die Formen annehmen, die zu ihrer Natur passen, einen Einklang untereinander haben."*[677]

Gottfried Semper tritt 1884 ebenfalls dafür ein, dass dass Material pur und unverhüllt sein solle, damit es sich in seiner konstruktiven Form offenbaren könne:

> *„Backsteine, Holz, besonders Eisen, Metall und Zink ersetzen die Stelle der Quadersteine und des Marmors. Es wäre unpassend, noch ferner mit falschem Schein sie nachzuahmen. Es spreche das Material für sich und trete auf, unverhüllt, in der Gestalt, in den Verhältnissen, die als die zweckmäßigsten für dasselbe durch Erfahrungen und Wissenschaften erprobt sind. Backstein erscheine als Backstein, Holz als Holz, Eisen als Eisen, ein jedes nach den ihm eigenen Gesetzen der Statik. Dies ist die wahre Einfachheit […]."*[678]

So verwendet Otto Wagner (1841–1918) in der *Wiener Postsparkasse* (1906) allerneueste Materialien wie Stahlbeton und Aluminium und verzichtet bei der Konstruktion auf überflüssige

---

[675] Vgl. Kapitel *III.6.3.2. ornamenting vs. tooling*, S. 186

[676] Vgl. Ute Poerschke. „Das Konkrete und die Architektur." in: *Wolkenkuckucksheim*. 14. Jg., Heft 1, Oktober 2009, *http://www.cloud-cuckoo.net/journal1996-2013/inhalt/de/heft/ausgaben/109/Poerschke/poerschke.php#_edn17*, abgerufen am 29.10.2015

[677] Eugène Viollet-le-Duc. *Entretiens sur l'Architecture*. 1863, S. 472 (Übersetzung des französischen Originals durch Ute Poerschke, 2009, ebd.)

[678] Gottfried Semper. *Kleine Schriften*. Berlin, 1884, S. 219 (zitiert ebd.)

oder ablenkende Bauteile, um allein auf das konstruktive Gerüst aufmerksam zu machen. Den theoretischen Grundstein für diesen Ansatz legt er schon elf Jahre früher in seiner Schrift *Moderne Architektur* (1895), in der er schreibt:

> *„Alles modern Geschaffene muss dem neuen Materiale und den Anforderungen der Gegenwart entsprechen, wenn es zur modernen Menschheit passen soll. Es muss unser eigenes Besseres, demokratisches, selbstbewusstes, ideales Wesen veranschaulichen und den kolossalen technischen und wissenschaftlichen Errungenschaften, sowie dem durchgehenden praktischen Zuge der Menschheit Rechnung tragen – das ist doch selbstverständlich!"*[679]

Diese Aussage befindet sich in Übereinstimmung mit Louis Sullivans berühmtem Grundsatz *form follows function*, den er 1896 formuliert hatte.

> *„Whether it be the sweeping eagle in his flight, or the open apple-blossom, the toiling work-horse, the blithe swan, the branching oak, the winding stream at its base, the drifting clouds, over all the coursing sun,* form ever follows function*, and this is the law. Where function does not change, form does not change. The granite rocks, the ever-brooding hills, remain for ages; the lightning lives, comes into shape, and dies, in a twinkling. […] It is the pervading law of all things organic and inorganic, of all things physical and metaphysical, of all things human and all things superhuman, of all true manifestations of the head, of the heart, of the soul, that the life is recognizable in its expression, that* form ever follows function*. This is the law."*[680]

Der entscheidende Punkt bei dem Thema Funktionalität und Materialgerechtigkeit ist, dass sich seit Anfang des 21. Jahrhunderts die gewohnten Beziehungen zwischen dem Material und seinen Eigenschaften in technologischer, ökologischer und philosophischer Hinsicht verändern: technologisch, da neue Entwicklungen die Palette der verfügbaren Werkstoffe erweitern; ökologisch, da nachhaltiges Bauen und effizienter Material- und Ressourcenverbrauch immer wichtiger werden; philosophisch, da sich die „Privilegierung der Form gegenüber der Materie" als jahrtausendealter Standpunkt seinem Ende zuneigt.[681] Hauptsächlich verändert die beschleunigte technologische Entwicklung neuer Materialien die gewohnten Beziehungen zwischen dem Material und seinen Eigenschaften. Verwenden die Architekten der Moderne die sechs Werkstoffgruppen Metall, Glas, Keramik, Kunststoff, Stein und Holz noch so, dass die jeweils spezifische Eigenschaft des Materials zur Geltung gebracht werden kann, wie z.B. die Transparenz von Glas, die Standfestigkeit von Beton oder die Konstruktion mit großen Spannweiten durch Stahl, so kommen seit Anfang des 21. Jahrhunderts vier neue Werkstoffgruppen hinzu, die zusätzlich zu einer gezielten Verbesserung der klassischen sechs Werkstoffgruppen führen: erstens, *Komposite* (Verbundwerkstoffe); zweitens, *Schäume* und *Schwämme* (Leichtigkeit und Stabilität); drittens, *Sandwiche* (Halbzeuge); viertens,

---

[679] Otto Wagner. *Moderne Architektur.* Verlag von Anton Schroll & Co., Wien, 1902, S. 52 f.

[680] Louis Sullivan. *The tall office building artistically considered.* Lippincott's Magazine, 1896

[681] Sokratis Georgiadis. *Material.* September 2015, *http://georgiadis-architektur.com/2015/09/27/material/*, abgerufen am 26.11.2016

Nanotechnologie (Beschichtungen).[682] Besonders letztere, die *Nanotechnologie*, in Form von Nanowerkstoffen und Nanobeschichtungen, ändert grundlegende Eigenschaften der Materialien, wie z.B. optische, elektrische, magnetische und chemische. „Metalle werden farbig oder lumineszierend, Keramiken oder Kunststoffe leitfähig, Glas zu Klebstoff usw." Bei der Oberflächentechnologie geht es „nicht mehr nur um Veredelungen [...] oder Versiegelungen [...], sondern um eine partielle Umprogrammierung der Werkstoffeigenschaften."[683] Folglich geht die Eindeutigkeit des Materials in Bezug auf Funktionalität und Materialgerechtigkeit verloren. Der Ausgangspunkt für Entwurf und Formfindung wird immer mehr das Material an sich.[684]

Seit 2010 tauchen vermehrt die Begriffe *topology optimization* und *material computation* im Sinne eines integrativen Ansatzes von Material, Form und Struktur auf. Die israelische Architektin Neri Oxman gehört zu einer neuen Generation von Entwerfern. Als Professorin am *MIT Media Lab* arbeitet sie in der von ihr gegründeten Forschungsgruppe *Mediated Matter* an der Schnittstelle von *Computational Design*, digitaler Fertigung, Materialwissenschaften und synthetischer Biologie. Ihr Ziel ist es, die Beziehung zwischen der gebauten und der natürlichen Umwelt mit Hilfe von naturinspirierten Entwurfsprinzipien zu verbessern. Besonderes Augenmerk legt sie dabei auf die Umsetzung durch die Erfindung von neuen digitalen und generativen Fabrikationstechnologien.

> *„Fabrication is slowly shifting from a state of being simply a production protocol, a service station for the designer to gather knowledge, and moving to a point where it can have a generative significance."*[685]

Ein weiterer Vertreter der neuen Generation von Entwerfern ist der Architekt Achim Menges, der einen neuen Ansatz im digitalen Entwerfen prägt.[686] In dem von ihm herausgegebenen Heft der Zeitschrift *AD* mit dem Titel *Material Computation* (2012) erläutert er die Weiterentwicklung des morphogenetischen Entwurfsansatzes hin zu dessen höherer Integration in den Entwurfsprozess. Menges möchte mit dem etwaigen Missverständnis aufräumen, dass sein Ansatz der Formfindung ausschließlich auf dem Einfluss von innerer und äußerer Krafteinwirkung auf das Material beruht, und stattdessen herausstellen, dass das Material an sich auch als Parameter eingesetzt werden kann. Er unterscheidet dabei zwischen der Simulation von Material im

---

[682] Vgl. Sabine Kraft. „Werkstoffe – Eigenschaften als Variablen." in: *material. ARCH+ Nr. 172*. 2004, S. 27 f.

[683] Ebd., S. 57 f.

[684] Die unübersichtlich erscheinende Vielzahl an Materialien führt auch dazu, dass Anfang der 2000er Jahre Büros entstehen, die sich auf die Recherche nach neuen Materialien spezialisieren und entwurfsspezifische Materialforschung für Architekten und Designer anbieten wie z.B. *HAUTE INNOVATION – Zukunftsagentur für Material und Technologie* (Sascha Peters und Diana Drewes) oder *Formade – Material und Raum* (Christiane Sauer). Des Weiteren entstehen Plattformen im Internet wie z.B. *www.architonic.com* oder *www.materia.nl* und es gibt Buchveröffentlichungen wie z.B. *Made of... – Neue Materialien für Architektur und Design* (2010) oder *Materialrevolution: Nachhaltige und multifunktionale Materialien für Design und Architektur* (2011), die von Architekten und Designern direkt als Inspirations- und Informationsquelle benutzt werden können.

[685] Neri Oxman. „Material Computation" in: Bob Sheil (Ed.). *Manufacturing the Bespoke. Making and Prototyping Architecture*. AD Reader. John Wiley & Sons, New York, 2012, S. 256

[686] Vgl. Kapitel *III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133

Ingenieurswesen, bei der wesentliche Bestandteile vorher präzise bestimmt und eingrenzt werden, und der *material computation* in der Architektur, bei der sich wesentliche Bestandteile erst durch explorative digitale Techniken wie z.B. Variation, Evolution oder Adaption variabel herausbilden. Ein digitaler *Morphospace* entsteht, in dem alle Möglichkeiten einer sich entwickelnden Form aus den gegebenen Anfangsparametern eines Materials erforscht werden können.[687] Den beiden Ansätzen von Oxman und Menges folgend, kann die These aufgestellt werden, dass sich der Schwerpunkt des digitalen Entwerfens in Richtung einer materiellen Hochtechnologie verlagert.[688] Neil Spiller und Rachel Armstrong, Gründer der Gruppe *AVATAR (Advanced Virtual and Technological Architectural Research)*, untermauern in dem von ihnen herausgegebenen Heft der Zeitschrift *AD* zum Thema *Protocell Architecture* (2011) diese Vermutung. Sie sehen das Entwerfen von neuen, sogar lebenden Materialien als zukünftige Aufgabe der Architektur an, die gleichzeitig ein Überschreiten der technologischen Grenze zur Folge hat. Auch die amerikanische Architektin Jenny Sabin ist eine der ersten, die das Material als Ausgangspunkt für ihre Forschung nimmt und es an der Schnittstelle zwischen Architektur und Biologie untersucht. In vielen Studien kooperiert sie mit Wissenschaftlern, um adaptive Materialien, reagierende Oberflächen und architektonische Raumstrukturen zu kreieren.[689] Auf der *Ars Electronica* in Linz verkörpert die Rauminstallation *Branching Morphogenesis* (2009), bestehend aus 75.000 Kabelbindern, die grundlegenden Prozesse lebender Systeme und ihre mögliche Übertragung auf die Architektur. Die Rauminstallation ist das Ergebnis der in Echtzeit generierten verästelten Strukturen von Endothelial-Gefäßzellen der Lunge, die in einer 3D-Matrixorganisation platziert sind. Während des Skalierungsprozesses wird das Netzwerk durch die jeweiligen Zwänge und Beschränkungen reguliert.[690]

Der mexikanische Künstler und Philosoph Manuel DeLanda (*1952) beeinflusst mit seinem Denken, als Vertreter der Philosophie des *Neuen Materialismus,* die Architekturdiskussion um die neue Rolle des Materials. DeLanda, der stark von den Theorien Gilles Deleuzes geprägt ist, wendet diese auf die moderne Wissenschaft an wie z.B. künstliche Intelligenz, zelluläre Automaten, Chaostheorie, Morphogenese und Nonlinearität. Besonders mit den beiden letzten Aspekten veranschaulicht er, wie die Entstehung von instabilen Strukturen aus Materialflüssen die natürliche Welt definiert. In seinem Buch *A Thousand Years of Nonlinear History* (1997)[691]

---

[687] Achim Menges. „Coalescences of machine and material computation“ in: Lorenzo-Eiroa und Sprecher, 2013, S. 277 (ü.d.V. sinngemäß)

[688] Mario Carpo. „Introduction – Twenty Years of Digital Design“ in: Carpo, 2013, S. 13

[689] Vgl. Jenny Sabin. Peter Jones. “Nonlinear Systems Biology and Design: Surface Design” in: Andrew Kudless (Ed.). *Silicon + Skin, Biological Processes and Computation. 28th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*. Ausstellungskatalog, 2008, S. 54–65

[690] Jenny Sabin. *Branching Morphogenesis*. 2009, *http://www.jennysabin.com/branching-morphogenesis*, abgerufen am 22.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

[691] Die Darstellung folgt hier der Ausgabe New York, 2000, „Introduction“ (S. 11 ff.)

zeigt er auf, wie die Geschichte nur sehr bedingt einer klaren Linearität folgt und wie Ressourcen- und Materialengpässe immer wieder nichtlineare Sprünge verursachen, nach denen es in anderer, unerwarteter Richtung weitergeht. In der Neudefinition von Materialität geht es DeLanda um deren dynamisierenden Eigenwillen, der auf die natürliche und soziale Welt einwirkt und sich von jeglicher Idee von Repräsentation abgrenzt, d.h. kein Träger von Bedeutungen ist.

7.1. *base materialism* – allgemeine Definition

Base materialism ist der Begriff, den Georges Bataille als wichtigste Waffe im Kampf gegen den Idealismus in die Waagschale wirft. In der Philosophie bezeichnet der Idealismus Strömungen, die hervorheben, dass Ideen bzw. Urbilder die Fundamente von Wirklichkeit, Wissen und Moral ausmachen.[692] Das bedeutet umgekehrt, dass die Wirklichkeit bzw. das Seiende bzw. das Material immer in der Beziehung zu einer Idee oder einem Urbild und niemals allein für sich stehen kann. Es gibt in dieser Denkrichtung immer ein Vorbild und eine Repräsentation, die das Material in ein „ontologisches Gefängnis" einkerkern.[693] Für Bataille führt der Materialismus als Gegenströmung zwar als erkenntnistheoretische Philosophie alle Phänomene der Welt auf das Material und deren Gesetzmäßigkeiten zurück, bleibt seiner Meinung nach jedoch trotzdem in einer idealistischen Denkweise stecken.

> *„Obwohl sie jede geistige Größe beseitigen wollten, ist die Mehrzahl der Materialisten dahin gekommen, eine Ordnung von Dingen zu beschreiben, die aufgrund hierarchischer Beziehungen als spezifisch idealistisch zu kennzeichnen ist. Sie haben die tote Materie am Gipfel einer konventionellen Hierarchie von Tatsachen verschiedener Ordnung platziert, ohne sich darüber im Klaren zu sein, dass sie damit dem Zwang zu einer* idealen *Form der Materie nachgaben, einer Form, die sich, mehr als jede andere, dem annäherte, was die Materie* sein sollte*. […] Der Materialismus wird in dem Maße als ein altersschwacher Idealismus angesehen, in dem er nicht unmittelbar auf psychologische und soziale Tatsachen, sondern auf Abstraktionen gegründet ist […]."*[694]

Stattdessen proklamiert Bataille einen *niederen Materialismus*, den *base materialism*, der von jeglichen ideologischen Präformationen befreit und als fünfte hier vorgestellte informelle Operation auch eine der wichtigsten ist.

> *„Dieses Wesen und seine Vernunft können sich nämlich nur dem unterwerfen, was* niedriger *ist, was in keinem Fall dazu dienen kann, irgendeine Autorität nachzuäffen. Daher unterwerfe ich mich dem, was man wirklich Materie nennen muss – da* es *außerhalb von mir und der Idee existiert –, völlig; und in diesem Sinne lasse ich es nicht zu, dass meine Vernunft die Grenze dessen wird, was ich gesagt habe, denn ginge ich so vor, würde die durch meine Vernunft eingeschränkte Materie alsbald die Bedeutung eines höheren Prinzips annehmen. […] Die niedrige Materie ist den idealen menschlichen Bestrebungen äußerlich und fremd und sperrt sich dagegen, sich auf die großen ontologischen Maschinen reduzieren zu lassen, die aus diesen Bestrebungen hervorgegangen sind. […] den menschlichen Geist und den Idealismus in dem Maße vor etwas Niedrigerem in die Enge zu treiben, […], dass die höheren Prinzipien nichts dagegen vermochten."*[695]

Bataille dekonstruiert und fragmentiert mit seinen Beiträgen in den *Documents*, dem *Kritischen Wörterbuch* und anderen Schriften idealistische Ansätze und verbreitet den *niederen*

---

[692] Vgl. Michael Baur. „Idealism" in: Maryanne Cline Horowitz (Hg.). *New Dictionary of the History of Ideas*. Band 3, Thomson Gale, Detroit, 2005, S. 1078 (ü.d.V. sinngemäß)

[693] Bois/Krauss, S. 53 (ü.d.V.)

[694] Georges Bataille. „Matérialisme" (Materialismus) in: Kiesow/Schmidgen, 2005, S. 12 f.

[695] Georges Bataille. „Der niedere Materialismus und die Gnosis." in: Wolfgang Schultz. *Dokumente der Gnosis*. Matthes & Seitz, Berlin, 1986, S. 13 f.

Materialismus gezielt in der Öffentlichkeit. Er „kartographiert den menschlichen Körper aus einer Perspektive, die mit den naturwissenschaftlichen und biologischen Diskursen nicht viel teilt, die überhaupt nicht naturwissenschaftlich motiviert ist, sondern polemisch, mythologisch, spekulativ, aber dennoch oder gerade darum einige flotte evolutionsgeschichtliche Denkanreize anbietet."[696]

> *„[…] daß der Fuß deshalb von Tabus umgeben und Gegenstand eines erotischen Fetischismus ist, weil er dem Menschen, dessen Füße im Schlamm stehen und dessen Kopf sich zum Himmel erhebt, in Erinnerung ruft, daß sein Leben nur ‚ein Hin und Her ist vom Dreck zum Ideal und vom Ideal wieder zum Dreck.'"*[697]

„Anders als die für den Idealismus und dialektischen Materialismus symptomatischen Vernunftakte, Schematisierungen und Typisierungen, fordert Batailles Lösung, der niedere Materialismus, stets das ‚reine Phänomen', die konkrete, singuläre und in ihrer Singularität zumeist deviante Erscheinung"[698]. Batailles „niederes Material" ist alles, was von der abendländischen Kultur und insbesondere dem Platonismus als Abweichung verworfen wurde wie z.B. missgebildete Kreaturen und Zwischenwesen[699], „Abgründige mit ihren Dämonien, ihren perversen Leidenschaften und sinnlosen Affekten", Monster und Monströses, obszöne Wörter und Fäkalien.[700]

Bataille begründet damit eine alternative Wissenschaftstheorie, die *Heterologie*, die einen großen Teil der französischen Philosophie der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts – den Postmodernismus sowie den Poststrukturalismus – beeinflusst.[701] Neben dem Begriff *Heterologie* verwendet Bataille synonym den Begriff *Skatologie*, mit dem die Untersuchung der Rolle von Exkrementen in kultureller und psychologischer Hinsicht gemeint ist und deren „konkreter" Aspekt Bataille zusagt. Körperliche Ausscheidungen wie z.B. Sperma, Menstruationsblut, Urin oder Kot stehen für sich und erhalten ihren Ausdruck aus der grundlegenden Form. Analog zu Batailles Ausführungen können auch Andy Warhols *Oxidation Paintings* bzw. *Piss Paintings*[702] als ein Beispiel für den *niederen Materialismus* herangezogen werden. Urin ist dabei als Material verwendet, um es mit Kupferfarbe in einem Oxidationsprozess reagieren zu lassen.

---

[696] Annette Bitsch. „Georges Batailles Heterologie und die Documents." in: Victor Mazin. Joulia Strauss (Hg.). *Kabinet. Deutsch-russische Zeitschrift von Freuds Museum der Träume und dem Institut für Psychoanalyse*. St. Petersburg, 2003, *http://annettebitsch.de/download/Bitsch___Bataille_Documents.pdf*, S. 13, abgerufen am 03.11.2015

[697] Leiris, 1981, S. 73. Dem Originalbeitrag gegenübergestellt waren Reproduktionen der großen Zehen Batailles Freunde (zwei männliche, eine weibliche Zehe), die vom Fotografen Jacques-André Boiffard aufgenommen waren.

[698] Bitsch, 2003, S. 11

[699] Vgl. Nicolas François Regnault. Geneviève de Nagis Regnault. *Les écarts de la nature ou recueil des principales monstruosités*. 1775, (deutsch: *Die Abwege der Natur oder Sammlung der wesentlichen Monstrositäten*) Das Buch zeigt und beschreibt als naturkundlich-medizinisches Werk erstmals Fehlbildungen bei Mensch und Tier.

[700] Bitsch, 2003, S. 4

[701] Ebd., S. 1 ff.

[702] Vgl. Kapitel *III.4.2. horizontality und das Informelle – künstlerische Ansätze,* S. 114

„Victor…was Andy's ghost pisser on the Oxidations. He would come to the Factory to urinate on canvases that had already been primed with copper-based paint by Andy or Ronnie Cutrone, a second ghost pisser much appreciated by Andy, who said that the vitamin B that Ronnie took made a prettier color when the acid in the urine turned the copper green. Did Andy ever use his own urine? My diary shows that when he first began the series, in December 1977, he did, and there were many others: boys who'd come to lunch and drink too much wine, and find it funny or even flattering to be asked to help Andy ‚paint'."[703]

Zwei noch direktere Beispiele für den skatologischen Umgang mit Material sind zum einen Piero Manzonis (1933–1963)[704] Arbeit *Merda d'Artista* (dt. *Künstlerscheiße*, 1961), in der er jeweils 30 Gramm seiner Fäkalien in 90 Dosen geruchsfest einfüllt und diese anschließend für den damals geltenden Goldpreis verkauft. Alle Dosen sind über die ganze Welt verstreut und haben heute einen deutlich höheren Wert. Viele seiner Arbeiten entstehen in einer parodierenden Animosität gegenüber dem französischen Künstler Yves Klein (1928–1962).

„You want to exhibit gold; I will exhibit shit; you want to pump up the artistic ego with your monochromes and your immateriality; I will put the artist's breath in red balloons that I will burst."[705]

Zum anderen wird der US-amerikanische Fotokünstler Andres Serrano (*1950) mit Arbeiten bekannt, in denen er Körperflüssigkeiten wie Urin, Blut und Sperma verwendet. Für die beiden Cover der *Metallica*-Musikalben *Load* (1996) und *ReLoad* (1997) presst er beim ersten sein Ejakulat mit Rinderblut *(Blood and Semen III)* und beim zweiten seinen Urin mit Rinderblut *(Blood and Urine)* unter einer Glasplatte zusammen und fotografiert das Ergebnis.[706] Beim italienisch-argentinischen Avantgardekünstler Lucio Fontana (1899–1968) begegnet man dem skatologischen Moment im übertragenen Sinne, beispielsweise in seinen Werken *Sculptura nera* (1947) und *Ceramica spaziale* (1949). Körperflüssigkeiten haben hier keine Verwendung gefunden, sondern das Material an sich erweckt den Anschein vieler kleiner oder eines großen „Scheißhaufens". Insbesondere der geschwärzte Kubus der Arbeit *Ceramica spaziale* scheint wie ein undifferenziertes Stück fäkaler Materie ausgeschieden zu sein oder wie etwas, das durchgekaut, hinuntergeschluckt und wieder erbrochen wurde.[707]

In der informellen Operation *base materialism* entwickelt und stellt sich also das reine Material nur im und durch das Material selbst dar und wirft dadurch jegliche Konventionen und Repräsentationen ab.

---

[703] Bob Colacello. *Holy terror: Andy Warhol close up*. London: HarperCollins, 1990, S. 343

[704] Vgl. Barbara Spahn. *Piero Manzoni (1933–1963): Seine Herausforderung der Grenze von Kunst und Leben. Beiträge zur Kunstwissenschaft Band 75*. scaneg Verlag, München, 1999

[705] Piero Manzoni, zitiert bei Bois/Krauss. „Base Materialism", 1997, S. 58

[706] Vgl. Glenn Pillsbury. *Damage Incorporated: Metallica and the Production of Musical Identity*. Routledge, London, 2013, S. 148

[707] Bois/Krauss, S. 56 (ü.d.V. sinngemäß)

7.2. *base materialism* und das Informelle – künstlerische Ansätze

Der Operation *base materialism* kann ein wesentliches Charakteristikum des Informellen[708] zugeordnet und mit künstlerischen Arbeiten belegt werden. Bei *base materialism* wird die Spielart der Farb- bzw. Materialmaler (Texturologie/Reliefmalerei) im Schaffensprozess thematisiert. Die Farbe bzw. das Material ist nicht mehr nur Darstellungsmittel oder Vehikel. Es erscheint in seiner Eigenwertigkeit, ohne dass es irgendwas ihm Äußerliches darstellen muss – nur sich selbst. Farbe und Form werden untrennbar miteinander verwoben und die traditionelle Rolle und Unterlegenheit der Farbe im Verhältnis zur Form wird aufgehoben.[709]

> *„[…] der Farbe alles Knechtische zu nehmen, sie zu erlösen. Sie sollte wieder in ihr Recht, Weg und Ziel aller malerischen Bemühungen zu sein, eingesetzt werden. So würde sie gleichzeitig auch Form sein. Ein gutes Bild: das würde nicht mehr ein Bild sein, in dem Farbe und Form einen ästhetischen Waffenstillstand geschlossen haben, sondern in dem Farbe aus einer Überfülle von Möglichkeiten gerade so und nur so Ereignis geworden ist."*[710]

Jean Dubuffet[711] thematisiert als einer der ersten das Prinzip der Formlosigkeit. Seit 1944 führt er mehrere Arbeiten in der *Haute Pâte-Technik (erhöhte Pasten)*[712] aus wie z.B. *La Metafisyx* (1950), *The Cow With The Subtile Nose* (1954) und *The Exemplary Life of the Soil (Texturology LXIII)* (1958). „Die greifbare Präsenz der Farbe wird durch eine ungeformte krude Materialität betont", die „gegen die abendländischen Vorstellungen von Schönheit" opponiert.[713] Sein Werk *Olympia* (1950) bezieht sich auf Édouard Manets Bild *Olympia* (1863), das einen der größten Skandale in der Kunst des 19. Jahrhunderts verursachte. Die Frau in Manets *Olympia* ist eine Kurtisane, die, nackt auf dem Bett liegend, ihr Gesicht dem Betrachter offen zuwendet; eine schwarze Frau steht mit einem bunten Blumenstrauß in der Hand dahinter. Nicht nur durch das Motiv, sondern insbesondere durch die farblich nicht nuancierte, flächige, fast zweidimensionale Malweise stellt Manet den idealisierten Akt der akademischen Tradition in Frage.

> *„Alles ist flach, ohne Relief … man möchte sagen, die Pik-Dame eines Kartenspiels, die gerade aus dem Bade kommt."*[714]

Die technische Ausführung Manets steht absolut konträr zu Dubuffets in *Haute Pâte-Technik* ausgeführter *Olympia*, die nur durch den grob vereinfachten Umriss des Körpers die Beziehung zu Manet erkennen lässt. Beide Maler finden in der Infragestellung einer traditionellen Malweise

---

[708] Vgl. Kapitel *II.1.2. Charakteristika des Informellen*, S. 15

[709] Vgl. Heuwinkel, S. 67

[710] Erwin Sylvanus, zitiert ebd.

[711] Vgl. Chrysanthi Kotrouzinis/Christiane Lange (Hrsg.). *Jean Dubuffet: Ein Leben im Laufschritt*. Ausstellungskatalog. Hirmer Verlag, München, 2009

[712] Dabei werden die Farben pastos auf die Leinwand aufgetragen, so dass mögliche Reaktionsprozesse der unterschiedlichen Texturen in Gang gesetzt werden oder während des Trocknungsprozesses Risse und Aufwerfungen entstehen können. Vgl. Heuwinkel, S. 38 (ü.d.V. sinngemäß)

[713] Ebd.

[714] Gustave Courbet, zitiert nach Albert Wolff. *Monsieur Manet. Le Figaro-Salon*. 1882 wiedergegeben in: Françoise Cachin. *Ausstellungskatalog Manet Paris 1983*. Frölich & Kaufmann, Berlin, 1984, S.182

und in der Befreiung von einem idealisierten Konzept wieder zusammen. Des Weiteren experimentiert Dubuffet mit Texturen, indem er Sand, Schmutz oder Steine in das noch feuchte Farbmaterial mischt wie z.B. *Soul of the Underground* (1959). Die gleichnamige Ausstellung, die vom 18.10.2014 bis zum 05.04.2015 im *MoMA* in New York gezeigt wurde, stellt seine revolutionären Lithografie-Experimente der *Phenomena series* (1958–62) in den Mittelpunkt wie z.B. *Cosmografie*, 14. Blatt aus dem 4. Album *Le Preneur d'empreintes* (dt. *Der Sammler von Abdrücken*).[715] Der 362 Blätter umfassende Zyklus ist eine Art Inventar der Materie der Welt. Gleichzeitig ist er als Enzyklopädie von Abrieb- und Paustechniken sowie verschiedenen Oxidationsprozessen zu verstehen. Dubuffet konzentriert sich auf das Stoffliche, aus dem heraus sich die künstlerische Form so universell wie möglich ergeben sollte.[716] Seit 1954 experimentiert der spanische Maler Antoni Tàpies[717] ebenfalls mit verschiedenen Substanzen wie z.B. Marmorstaub, Leim, Farbpigmenten und feinem Sand, die er der Farbe beimischt wie z.B. *Grey and Black Cross No. XXVI* (1955), *Pintura* (1955) und *Great Painting (Gran pintura)* (1958). „Die Farbe bleibt nicht an die Fläche gebunden, sondern wird durch plastisches Material substanzialisiert. [...] Sie besetzt den Raum zwischen diesen beiden Zuständen, ist weder identisch mit dem beigemischten Material noch eine homogene Oberflächenschicht wie im traditionellen Tafelbild."[718] Die Begeisterung für diese Kunst mit ihren schroffen [...] Oberflächen, bei der das Material zum Ausdrucksträger wurde, [...] sprengt alle tradierten Werte.[719] In Deutschland fertigt Emil Schumacher[720] seit den 1950er Jahren Arbeiten an, die die Eigenwertigkeit der Farbe thematisieren. Sie lassen sich je nach der Verwendung des Materials in eindeutige Werkgruppen einteilen: Tastobjekte wie *Ohne Titel (Tastobjekt)* (1957), Hammerbilder wie *Paracelsus (1967)*, Bleibilder wie *Bleibild B 9* (1969/70) und Aluminiumbilder wie *Alumet* (1995).[721]

> *„Bei Emil Schumacher beginnt die Bildwerdung mit der Herstellung der Farben, [da er] die handelsüblichen Farben als zu flüssig, zu elegant und körperlos [findet]. […] Als Bildträger wird in den 1950er Jahren auch die Hartfaserplatte oder Holz gewählt. Diese Untergründe halten der experimentellen technischen Bearbeitung eher stand als eine herkömmlich bespannte Leinwand. Zudem lässt die prekäre materielle Situation, in der sich viele Künstler nach dem Krieg befinden, eine Beschaffung von professionellen Malmitteln und -untergründen nicht zu, sodass in der Anfangszeit des Informel häufig improvisiert wird."*[722]

---

[715] Vgl. *http://press.moma.org/2014/07/jean-dubuffet-soul-of-the-underground-2/*, abgerufen am 06.11.2015

[716] Vgl. Graphische Sammlung des Museums Kassel. *Moderne bis in die 50er Jahre. http://www.museum-kassel.de*, abgerufen am 06.11.2015

[717] Vgl. Barbara Catoir. *Empremtes – Spuren: Antoni Tàpies. Das Werk*. DuMont, Köln, 2003

[718] Heuwinkel, S. 68

[719] Vgl. Frankfurter Allgemeine Zeitung. *Zum Tod von Antoni Tàpies. Bis zum allerletzten Augenblick*. 07.02.2012, *http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/kunst/zum-tod-von-antoni-tapies-bis-zum-allerletzten-augenblick-11640899.html*, abgerufen am 06.11.2015

[720] Vgl. Achim Sommer (Hrsg.). *Emil Schumacher: Werke aus sieben Jahrzehnten*. Ausstellungskatalog. Kunsthalle Emden, Kerber Verlag, Bielfeld, 2001

[721] Vgl. Kraft Bretschneider. „Das Materialbild und Emil Schumacher." in: *Emil Schumacher und das Materialbild*. Ausstellungskatalog Chapel Art Center Hamburg/Galerie von Braunbehrens München, München, 1998, S. 8–11

[722] Heuwinkel, S. 70

Mit der plastisch aufgefassten Malweise loten Dubuffet, Tàpies und Schumacher den Materialcharakter von Farbe aus, was eine völlig neue Rezeption der dreidimensionalen Bilder mit sich bringt, da die Oberflächen in den Raum vordringen und auf den Betrachter haptisch wirken.

> *„Bei Schumacher, Dahmen, Tàpies, Bogart sahen die Bilder aus wie archäologische Funde, die Jahrtausende in der Erde gelegen hatten. Sie hatten, kaum aus dem Atelier entlassen, bereits die Patina, die normalerweise erst durch Alterung entsteht."*[723]

Im Amerika der 1950er Jahre entwickelt sich der abstrakte Expressionismus hauptsächlich in New York und manifestiert sich in zwei Hauptströmungen: dem *Action Painting* und der *Farbfeldmalerei*. Steht beim *Action Painting* die Malweise in der Horizontalen[724] als innovative Neuerung im Zentrum, so konzentriert sich die *Farbfeldmalerei* auf die reine Farbe mit ihrer Wirkung.

> *„Hauptkennzeichen ist die ausschließliche Entfaltung der je eigenartigen Farbtonalität, deren Qualität die Bildwirkung und Aussage vermittelt, indem die Bildfläche durch die Organisation und den Auftrag der Farbe zu einer Art ‚Farbraum' wird, ohne räumlich perspektivischen Illusionismus zu verfolgen. An dessen Stelle tritt eine durch die Farbe auf die Fläche bewirkte ‚optische Illusion'."*[725]

Die Entstehung der *Farbfeldmalerei* wird auch durch die Mitte der 1930er Jahre erfundene Acrylfarbe gefördert, die zunehmend von informellen Künstlern benutzt wurde. Acryl zeichnet sich durch eine kurze Trockenzeit, eine glänzende Oberfläche und die Möglichkeit aus, gleichzeitig Impasto- und Lasurentechnik anzuwenden.

Der Maler Barnett Newman[726] produziert seit den 1950er Jahren Bilder, die Form und Farbe ins Extrem reduzieren. Charakteristika sind großflächige monochrome Leinwände, die von vertikal verlaufenden kontrastierenden dünnen Linien oder Streifen durchzogen sind, die Newman *Zip* nennt. Dieser teilt die Fläche und ist auch gleichzeitig das Verbindungsglied zwischen den beiden Hälften wie z.B. bei *Onement I* (1948) und *Who's Afraid of Red, Yellow and Blue I–IV* (1966–70). Seine Bilder waren höchst umstritten und vielfach das Ziel zerstörerischer Angriffe.[727] In seinem berühmten Aufsatz *The Sublime is Now* (1948) fordert Newman Bilder, die sich einer Eingliederung in die Tradition der europäischen Kunstgeschichte entziehen. Das Wahrnehmen des Bildes „soll ohne Vorurteile, Assoziationen und Erinnerungen" geschehen. Das ermöglicht eine „ästhetische Erfahrung im Sinne des ‚Sublimen'". Es geht „nicht mehr um die

---

[723] Gaul, 1987, S. 75 (zitiert bei Heuwinkel, S. 89)

[724] Vgl. Kapitel *III.4. Raumkonfiguration in der 2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)*, S. 108

[725] Lexikon der Kunst, S. 441

[726] Vgl. Armin Zweite/Maria Müller (Hrsg.). *Barnett Newman: Bilder – Skulpturen – Graphik*. Ausstellungskatalog, Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Hatje Cantz, Ostfildern-Ruit, 1999

[727] Vgl. Oliver Koerner Von Gustorf. „Farbflächen mit Raumtiefe. Welt am Sonntag", Ausgabe vom 29.07.2007 *http://www.welt.de/wams_print/article1062991/Farbflaechen-mit-Raumtiefe.html*, abgerufen am 08.11.2015; und vgl. *http://www.artcrimes.net/who%2526%2523039%3Bs-afraid-red%2C-yellow-and-blue-111*, abgerufen am 08.11.2015

Darstellung von Etwas, sondern um eine existentielle Grenzerfahrung, ausgelöst durch die Malerei selbst.“.[728] Der Aufsatz inspiriert Philosophen wie z.B. Jean-François Lyotard, sich mit Newmans Kunst auseinanderzusetzen und das Erhabene in der Ästhetik wiederzuentdecken.

Auch der Maler Mark Rothko[729] will mit seinen Bildern ausschließlich die Emotionen des Betrachters ansprechen. „So stellten Rothko zufolge ‚Erinnerung, Geschichte und Geometrie [...] ein Hindernis zwischen der Idee und dem Betrachter‘ dar.“[730]

> *„I'm interested only in expressing basic human emotions — tragedy, ecstasy, doom and so on — and the fact that a lot of people break down and cry when confronted with my pictures show that I communicate those basic human emotions.“*[731]

Seit Ende der 1940er Jahre entstehen großformatige Ölbilder, die ineinander verschwimmende, monochrome Farbflächen zeigen, von denen manche über 3m hoch sind wie z.B. *White Center (Yellow, Pink and Lavender on Rose)* (1950) und *Orange, Red, Yellow* (1961). Für seine Ausstellungen entwickelt er genaue Vorstellungen in Hinblick auf Hängung und Beleuchtung der Bilder. Der Betrachter soll die Gemälde in eher abgedunkelten Räumen aus großer Nähe betrachten, so dass insgesamt eine intensive Beziehung zwischen Betrachter und Bild entsteht.[732]

> *„Ein Bild lebt in Gemeinschaft, indem es sich in den Augen des einfühlsamen Betrachters entfaltet und dadurch in ihm auflebt. Es stirbt, wenn diese Gemeinschaft fehlt. Deshalb ist es ein gewagtes und gefühlloses Unterfangen, ein Bild in die Welt zu entsenden.“*[733]

Die *Farbfeldmalerei* befreit sich durch die Fokussierung auf die Farbe von überflüssiger Rhetorik, wird selbstreferentiell und präsentiert die Abstraktion als Selbstzweck. Die reine Farbe wirkt direkt auf den Betrachter, der dadurch die Bilder durch ein „unvoreingenommenes Sehen“[734] wahrnehmen soll.

---

[728] Anne Hoormann. „Die Entfernung der Inhalte aus dem Bild. Zur Konstruktion des ‚unschuldigen Sehens‘ im Abstrakten Expressionismus.“ in: Claus Pias (Hg.). *Kulturfreie Bilder. Bd. 19*. Kadmos, Berlin, erscheint voraussichtlich Dezember 2017, S. 50–65, hier S. 50 f., Leseprobe: *http://www.kulturverlag-kadmos.de/var/kadmos/files/books/Leseproben/9783865990211_kulturfreie-bilder.pdf*, abgerufen am 08.11.2015

[729] Vgl. Dora Imhof/Susanne Kudielka/Bettina Mette/Tanja Narr. *Mark Rothko: Katalog zur Ausstellung in der Fondation Beyeler*. Ausstellungskatalog, Riehen/Basel, Hatje Cantz Verlag, Ostfildern-Ruit, 2001

[730] Hoormann, 2017, S. 51

[731] Jacob Baal-Teshuva. *Mark Rothko. 1903–1970: Pictures as Drama*. Taschen, New York, 2003, S. 50

[732] Vgl. Imhof/Kudielka/Mette/Narr, 2001

[733] Mark Rothko, zitiert ebd., S. 24

[734] Diese Vorstellung geht schon auf John Ruskin zurück. In *The Elements of Drawings in three Letters to the Beginners* (1857) „beschreibt [er] einen Zustand, wie Kinder zu sehen und Blinde zu fühlen vermögen, bis sie lernen, Gegenstände zu identifizieren.“ Hoormann, S. 59

7.3. *base materialism* vs. Materialeigenschaft

Aufgrund des Ausstellungskatalogs von Bois und Krauss wurden Aspekte des Informellen mit der Technik des *base materialism* in Zusammenhang gebracht und ihr Vorhandensein an Werken informeller Künstler nachgewiesen. Dies soll als Voraussetzung für Vergleiche von Materialeigenschaften im digitalen Entwerfen dienen.

Um das fünfte Begriffspaar ‚*base materialism* vs. Materialeigenschaft' differenziert vergleichen zu können, wird der im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeitete Aspekt der Operation *base materialism* zusammengefasst und mit einem prägnanten Begriff charakterisiert.

1) Materialien werden auf ihre ‚niederen', elementaren Eigenschaften heruntergebrochen, beziehen sich auf und wirken nur durch sich selbst, um von jeglichen ideologischen Präformationen und Repräsentationen befreit zu sein: *declassifying*.

5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)			
base materialism		Materialeigenschaft	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *declassifying*	▪ Jean Dubuffet ▪ Barnett Newman ▪ Mark Rothko ▪ Antoni Tàpies ▪ Emil Schumacher	▪ *topology optimization* ▪ *material computation*	▪ *ARUP* ▪ *NOWlab@BigRep* ▪ Neri Oxman ▪ Achim Menges ▪ *Jenny Sabin Studio* ▪ *AVATAR* ▫ Neil Spiller ▫ Rachel Armstrong

7.3.1. *declassifying* vs. *topology optimization* und *material computation*

Seit Beginn des digitalen Entwerfens Anfang der 1990er Jahre steht der geometrieorientierte Formfindungsprozess im Vordergrund.[735] Die Auffassung, dass die Form Priorität über die Materie hat, ist in die Entwurfslogik des *CAD* eingegangen. Dieser Ansatz verändert sich jedoch seit Mitte der 2000er Jahre hin zu einem materialorientierten Formfindungsprozess.[736] Wie in der Einleitung bereits geschildert wurde, definiert sich das Verhältnis von Form und Material in technologischer, ökologischer und philosophischer Hinsicht neu. Dass Materialien als Innovationstreiber im Entwurf angesehen werden, spiegelt zum einen die Vielzahl an Konferenzen und Symposien zu diesem Thema in den letzten Jahren wider[737] und zum anderen intensiviert sich die Zusammenarbeit von Architekten und Tragwerksplanern noch weiter durch die digitalen Operationen *topology optimization* und *material computation*, die sich als Konstruktions- und Entwurfsalternativen etablieren und den großen Vorteil haben, Feedback in Echtzeit geben zu können.

In der Geschichte des Brückenbaus sind Experimente mit neuen Materialien, wie z.B. Eisen, Stahl oder Stahlbeton, durchaus für Entwicklungssprünge in Bezug auf Form und Funktion verantwortlich.[738] So wird der britische Baumeister Thomas Telford (1757–1834) Anfang des 19. Jahrhunderts durch die Konstruktion von Kettenbrücken aus Eisen bekannt. Die *Menai-Brücke* (1826) zwischen der Insel Anglesey und dem Festland von Wales kann mit einer Spannweite von 176m als erste moderne Hängebrücke der Welt bezeichnet werden. Während der *Industriellen Revolution* spielt der britische Ingenieur Isambard Kingdom Brunel (1806–1859) eine wichtige Rolle in der Weiterentwicklung des Brückenbaus. So ist er am Bau der *Clifton Suspension Bridge* (1864) in der Nähe von Bristol beteiligt, die damals wegen ihrer Spannweite von 214m als Kettenbrücke mit der weltweit größten Spannweite galt. Die Entwicklung des *Siemens-Martin-Ofens* (ab 1869) in Deutschland macht es möglich, Stahl in gleichbleibender Qualität zu produzieren. Die erste komplett aus Stahl gefertigte Brücke ist die *Forth Bridge* (1890) in Schottland, eine Auslegerbrücke mit Gerberträgern. Anfang des 20. Jahrhunderts baut der Schweizer Ingenieur Robert Maillart (1872–1940) mit Stahlbeton als neuem Werkstoff wegweisende Bogenbrücken wie z.B. die *Salginatobelbrücke* (1930) in Graubünden (Schweiz), die als technische und architektonische Meisterleistung der Ingenieurkunst galt. Die erste große Hängebrücke, bei der keine Fachwerkkonstruktion, sondern ein flacher, nur 3m hoher

[735] Vgl. Kapitel *III.3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)*, S. 78; vgl. Kapitel *III.4. Raumkonfiguration in der 2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003),* S. 108; vgl. Kapitel *III.6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006),* S. 161

[736] Vgl. *Kapitel III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133 und vgl. Kapitel *III.7. Materialeigenschaft in der 5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)*, S. 193

[737] Wie z.B. *Alive – international symposium on adaptive architecture* (2013) in Zürich, *Smart Materials for future Design* (2015) in Essen und *Adaptive Architecture and Programmable Matter* (2015) in San Francisco.

[738] Vgl. für das Folgende Rice, S. 69 ff.

Stahlhohlkasten verwendet wurde, ist die *Severn-Brücke* (1961–1966) vom Ingenieurbüro *Freeman Fox & Partners*. In den 1960er Jahren entstanden einige Hängebrücken, die aus Pylonen bestehen, über die Tragseile geführt werden, an denen der Fahrbahnträger aufgehängt ist.

Die Beispiele vereinen Konstruktionen, die gleichzeitig kostengünstig und architektonisch elegant sind, in denen Funktion und Ästhetik bzw. Ingenieurswesen und Architektur immer stärker verknüpft werden. Seit Anfang der 2000er Jahre zeigt sich diese zunehmende Verknüpfung vorwiegend darin, dass eigenständige Forschungsteams und Büros gebildet werden, die entwerferische, strukturelle, material- und produktionstechnische Probleme digital integrieren und dadurch auch Prozesse optimieren können.[739] Grundsätzlich entwickeln sich drei Kategorien der digitalen Strukturoptimierung, deren Ursprünge im Automobil-, Flugzeug- und Werkzeugmaschinenbau zu finden sind:

1) *sizing optimization* (dt. ‚Dimensionierungsoptimierung')
2) *shape optimization* (dt. ‚Formoptimierung')
3) *topology optimization* (dt. ‚Topologieoptimierung').[740]

Insbesondere die digitale Operation *topology optimization* gewinnt zunehmend an Bedeutung für den Architekturentwurf.[741] Denn durch das computerbasierte Berechnungsverfahren ist es möglich, unter mechanischer Belastung eine günstige Grundgestalt für Bauteile zu ermitteln. Dabei wird in einem klar definierten Entwurfsraum, dem sogenannten ‚Bauraum', unter Einbeziehung aller Randbedingungen wie z.B. Lasten, Einspannungen etc. die optimale Verteilung einer begrenzten Menge an Material simuliert und berechnet. Diese Materialverteilungsmethode basiert auf der Verwendung von mathematischer Programmierung und finiten Elementen.[742] Das Ergebnis der Berechnung ist ein poröses, knochenartiges, biomorph anmutendes *CAE*-Modell[743], das wieder in ein *CAD*-Modell rückgeführt werden muss, um die finale und günstigste Grundgestalt für das Bauteil ermitteln zu können.

In der Autoindustrie wird dieses Verfahren bei Produktentwicklungsprozessen eingesetzt, um Gewicht zu reduzieren, Kosten zu senken und Dehn-, Biege- sowie Torsionssteifigkeit zu erhöhen

---

[739] Vgl. Kapitel *III.6. Strukturelle Virtuosität in der 4. Phase: Parametrik (seit 2006)*, S. 161

[740] Martin Philip Bendsøe. Ole Sigmund. *Topology Optimization: Theory, Methods, And Applications*. Springer, Berlin/ Heidelberg, 2004/2013, S. 2 (ü.d.V. sinngemäß); Die erste Ausgabe von 2004 ist zu einem Standardtext über Topologieoptimierung avanciert. In der Neufassung von 2013 sind die technischen Fortschritte eingearbeitet und die gewachsene Bedeutung von Topologie und Materialdesign für die Strukturoptimierung wird thematisiert.

[741] Schon Anfang der 1990er Jahre setzt Frank O. Gehry bei der Realisierung des *Guggenheim-Museum Bilbao* eine digitale Fertigungstechnik aus dem Flugzeugbau ein: das Computerprogramm *CATIA*.

[742] Bendsøe/Sigmund, 2004/2013, S. IX ff. und S. 1 f. (ü.d.V. sinngemäß)

[743] Der Begriff *Computer-aided engineering* (CAE) umfasst alle computergestützten Arbeitsprozesse in der Technik, wie z.B. Simulation der mechanischen Beanspruchung von Bauteilen und Baugruppen durch die *Finite-Elemente-Methode* (FEM), Strömungssimulationen mit *Computational Fluid Dynamics* (CFD), *Mehrkörpersimulation* (MKS) und Optimierungsprozesse. Vgl. Benny Raphael. Ian F. C. Smith. *Engineering Informatics: Fundamentals of Computer-Aided Engineering*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2013 (ü.d.V. sinngemäß)

wie z.B. bei der Optimierung von Guss- und Schmiedeteilen des Autoherstellers *AUDI*.[744] Der holländische Designer Joris Laarman (*1979) setzt die digitale Operation *topology optimization* erstmals künstlerisch für den Entwurf eines Stuhls ein, des *Bone Chair* (2006). Der Stuhl basiert auf dem generativen Prozess des Knochenwachstums, bei dem die Bereiche, die hoher Belastung ausgesetzt sind, die meiste Masse und größte Stärke entwickeln.[745] Alles Überflüssige fällt weg und eine optimierte Struktur entsteht, die mit der geringsten Menge an Material auskommt. Anstatt einer subtraktiven Fertigungsmethode, wie das präzise Wegfräsen von Material durch *CNC-Maschinen* (Computerized Numerical Control), kommt hier eine additive Fertigungsmethode zur Anwendung: der 3D-Druck. Durch das sogenannte *Additive Manufacturing* (AM), früher als *Rapid Prototyping* geläufig, ist es möglich, direkt aus den Datenmodellen die Entwürfe in einer schichtweisen Fertigung aufzubauen. Zum Einsatz kommen formlose Materialien wie z.B. Flüssigkeiten, Pulver und Granulate oder formneutrale Materialien wie z.B. wachsartige Thermoplaste, Keramiken, Bänder und Drähte aus Metall, die durch physikalische oder chemische Verfahren umgeformt werden.[746]

In den letzten Jahren führen Fortschritte in den generativen Fertigungsverfahren zu weiteren Materialstudien, die das zukünftige Potenzial dieses Produktionsprozesses vom Entwurf bis zur Fertigung zeigen. So entwirft der Architekt Marco Hemmerling zusammen mit dem Designer Ulrich Nether den *Generico Chair* (2014). Die Form des Stuhls entsteht durch simulierte Belastungskräfte und ergonomische Bedingungen, die eine optimale Materialverteilung und zugleich einen optimalen Sitzkomfort zur Folge haben. Einen Schritt weiter ging Zaha Hadid mit einem Stuhlentwurf, den sie auf der *15. Architektur Biennale* in Venedig vorstellte, den *3D printed chair* (2016). An diesem ist nicht nur die Topologieoptimierung das Besondere, sondern die Umsetzung in verschiedenen Farben und Mustern. Durch komplexe 3D-Druckfunktionen, die unterschiedliche Materialdichten und -tiefen sowie Mehrfarbigkeit zulassen, werden die Strukturen des Stuhls auch optisch differenziert offengelegt. Dabei ist es erstaunlich, dass in dieser neuen Produktionsprozess-Ästhetik immer noch Hadids Handschrift zu erkennen ist.

Die Simulation der Materialien erfordert im Entwurfsprozess bestimmte Software. So erweitern neue Add-ons[747] für *Grasshopper* die Arbeitsweise wie z.B. *Millipede*[748] (eine statische

[744] Vgl. Peter Hougardy. *Topology optimization of engine and gearbox mount castings*. 3rd European HyperWorks Technology Conference, Ludwigsburg, 2009, *http://altairatc.com/europe/Presentations_2009/Session_01/AUDI_Topologieoptimierung_Gussteile_Aggregatelagerung_englisch.pdf*, abgerufen am 24.01.2017

[745] Dieser generative Prozess basiert auf dem *Wolffschen Gesetz*, das der deutsche Arzt Julius Wolff (1836–1902) in seinen Forschungen über Knochenwachstum herausgefunden und in seinem Buch *Das Gesetz der Transformation der Knochen* (1892) veröffentlicht hat. Vgl. Kapitel *II.4.2. Strukturentwicklung aus Morphologie und Anatomie*, S. 58

[746] Vgl. Andreas Gebhardt. *Additive Fertigungsverfahren. Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion.* Carl Hanser Verlag, München, 2016

[747] Das Add-on *Galapagos* (ein evolutionärer Problemlöser) erweitert schon in einer früheren Phase der Kultur des Digitalen den Entwurfsprozess. Vgl. Kapitel *III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133

[748] *http://www.grasshopper3d.com/group/millipede*, abgerufen am 27.01.2017

Berechnungs- und Optimierungskomponente), *Karamba*[749] (eine parametrisch konstruktive Berechnungskomponente, die vom Ingenieurbüro *Bollinger + Grohmann* mitentwickelt wurde) oder *Kangaroo*[750] (ein Physik-Simulator). Auch das US-amerikanische Software-Unternehmen *Autodesk®* bietet mit *Autodesk® Within*[751] eine Optimierungssoftware an. Die digitalen Schnittstellen zwischen Entwurf, Simulation und Realisierung verbessern sich fortlaufend. Die Realisierung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, die sich auf die 3D-Druck-Technologie spezialisiert haben, wie z.B. *Stratasys* (USA und Israel), *Shapeways* (USA und Niederlande), *3D Systems* (USA) oder *Studio RAP* (Niederlande).[752] In Deutschland gibt es die Berliner Firma *BigRep*, die sich auf die Weiterentwicklung von 3D-Technologie spezialisiert hat. Gemeinsam mit dem Berliner Büro *NOWlab* – jetzt *NOWlab@BigRep* – bauen sie die Forschung an neuen digitalen Verfahrens- und Produktionsprozessen aus. So steht der Stuhlentwurf *T 1000* (2015) beispielhaft für eine neue dreistufige digitale Prozesskette:

1) *algorithmisch-strukturelle Formfindung:* Die Form entspringt einer digitalen Simulation, die die geeignetste Form für einen gegebenen Lastfall erzeugt.
2) *3D-Druck:* Die Gussform wird mit Hilfe großformatiger additiver Fertigungsverfahren erstellt.
3) *traditionelle Handwerkskunst:* In der Metallgießerei entsteht, mit Hilfe einer jahrhundertealten traditionellen Herstellungsmethode, der Stuhl als solides Aluminiumstück.

Trotz des Fokus auf den Prozess ziehen Jörg Petri und Daniel Büning von *NOWlab@BigRep* dennoch natürliche Strukturen als Vorbild heran, z.B. Bäume, und beschreiben die entstehende Form sogar als biomorph bzw. organisch. Zwar fußt die Entwurfsargumentation nicht nur auf einer rein visuellen Ähnlichkeit, sondern auch auf einer optimalen Ausgewogenheit zwischen Materialeinsatz und Materialsteifigkeit, aber die Legitimation bleibt organisch und reduziert den spannenden, digital informierten Formfindungsprozesses auf das biomorphe Ergebnis.

An der Entwicklung von topologieoptimierten Bauteilen forscht schon der Ingenieur Robert Le Ricolais Anfang des 20. Jahrhunderts.[753] Von ihm stammt der bekannte Ausspruch:

> *„The art of structure is where to put the holes."*[754]

Le Ricolais, der am Prinzip leichter, tragender Außenhautkonstruktionen forscht, entwickelt dieses Prinzip mit „triangulären und hexagonalen Raumnetzen" bzw. Raumfachwerken weiter. In

[749] *http://www.karamba3d.com/*, abgerufen am 27.01.2017
[750] *http://www.food4rhino.com/app/kangaroo-physics*, abgerufen am 27.01.2017
[751] *http://www.withinlab.com/software/new_index.php*, abgerufen am 27.01.2017
[752] *http://www.3dprintingbusiness.directory/*, abgerufen am 27.01.2017
[753] Vgl. Kapitel *II.4.2. Strukturentwicklung aus Morphologie und Analogie*, S. 58
[754] Robert Le Ricolais, zitiert bei Bendsøe/Sigmund, 2004/2013, S. VII

den zwei Artikeln *Essais sur des Systèmes Réticules à 3 Dimensions* (1940/1941) stellt er Strukturideen vor, zu denen „die Konzepte von Minimalflächen, Geodätik, gleiche Teilung des Raums und, erneut, Isotropie zählen.“[755] So wie die *Tensegrity*-Strukturen[756] von Richard Buckminster Fuller (1895–1983) ein stabiles Stabwerk formen, bei dem die Stäbe nur durch Seile als Zugelemente miteinander verbunden sind, so schlägt Le Ricolais in ähnlicher Art und Weise „zwei Konstruktionsstrategien vor: die Trennung von und Balance zwischen Tragwerk (auf Druck belastbaren Kern) und Last (zugbelastbare Oberfläche) sowie die Strukturierung des Raums mit polyederförmigen Fachwerken.“[757]

In den Jahren 2008 bis 2013 beteiligt sich das Ingenieurbüro *ARUP* an der Entwicklung von *Tensegrity*-Strukturen als Straßenbeleuchtung für die Einkaufsstraße *Grote Marktstraat* in Den Haag.[758] Aufgrund der unregelmäßigen Anordnung der Beleuchtungsstäbe haben die konstruktiven Knotenpunkte, die die Kabel mit den Stäben verbinden, alle leicht unterschiedliche Formen. Insgesamt gibt es 1.200 Variationen in Winkel und Position der angeschlossenen Kabel. Die konventionelle Ausführung eines Knotenpunktes würde mit hoher Arbeitsintensität, hohen Kosten und einer großen Materialverschwendung einhergehen, da jeder Knoten aus sechs bis sieben individuell bearbeiteten Stahlplatten hergestellt und auf einem zentralen Rohr in unterschiedlichen Richtungen geschweißt werden müsste. Die Projektgruppe forscht an neuartigen Produktionsmethoden und experimentiert mit dem generativen Fertigungsverfahren des *Selektiven Lasersinterns* (SLS). Während des Herstellungsprozesses wird dabei pulverisiertes Metall schichtweise mit einem Laser zu einer festen homogenen Masse geschmolzen. Die Knotenpunkte können durch diese innovative Methode schneller, kostengünstiger und intelligenter produziert werden. Aufgrund schnell folgender technischer Fortschritte gelingt es *ARUP*, den Knotenpunkt weiterzuentwickeln: die Gruppe veröffentlicht 2015 ein weitaus kleineres und noch leichteres Element mit gleicher Funktion. Nach Meinung der Projektleiterin Galjaard werden die 3D-gedruckten Metallbauteile einen großen Einfluss auf die künftige Konstruktionsästhetik haben. Dabei stellt sich beim Blick auf die biomorph anmutenden Formen die Frage, ob hier die Natur wieder als Referenz herangezogen wird, um das Erscheinungsbild zu legitimieren. Die Verlockung ist jedenfalls vorhanden.

Seit Anfang der 2010er Jahre tritt die digitale Operation *material computation* (mit ihren Hauptvertretern Neri Oxman und Achim Menges) in Erscheinung und geht in der technischen

---

[755] McCleary, 2002, S. 65

[756] Der Begriff *Tensegrity* setzt sich aus den beiden englischen Wörtern *tension* (Zugspannung) und *integrity* (Ganzheit, Zusammenhalt) zusammen. Vgl. Valentín Gómez Jáuregui. *Tensegrity structures and their application to architecture.* Universidad de Cantabria, Santander, 2010

[757] McCleary, 2002, S. 65

[758] Die Ausführungen folgen dem Interview mit der Projektleiterin Salomé Galjaard im *Dezeen Magazine*. *https://www.dezeen.com/2014/06/11/arup-3d-printed-structural-steel-building-components/*, abgerufen am 27.01.2017

Entwicklung noch einen Schritt weiter, da das Material bzw. der Prozess der Materialfertigung „intelligent" wird. In ihrem *TED*-Vortrag *Design at the intersection of technology and biology* (2015)[759] stellt Neri Oxman den heutigen Architekten als eine gespaltene Persönlichkeit dar, die mit zwei Identitäten zu kämpfen hat, einer technologisch und einer biologisch orientierten. Personifiziert werden diese beiden Identitäten, nach Meinung der Architektin, einerseits durch Henry Ford für das Maschinenzeitalter, die Fließbandarbeit, die Massenproduktion und die Standardisierung (wie z.B. in der Autoindustrie), andererseits durch Charles Darwin für die Evolution, für das Organische, Biologische und das Wachstum (wie z.B. bei der Haut als Filter und Grenze). Sie äußern sich in kontradiktorischen Verhältnissen: Meißel vs. Gene, linke Gehirnhälfte vs. rechte Gehirnhälfte, material-additive 3D-Fabrikationstechnologie vs. material-variable 3D-Fabrikationstechnologie, Analyse vs. Synthese. Oxman vertritt einen Entwurfsansatz, der beide Weltsichten vereinigen soll.

Noch Ende der 1990er Jahre bilden material-additive 3D-Fabrikationstechnologien die Speerspitze in der Materialtechnologie. 1999 wird *OMA* von der italienischen Modefirma *Prada* beauftragt, eine neue „Kauferfahrung" für Pradakunden zu schaffen. Der Auftrag besteht in der Forschung zu Kaufverhaltensweisen, der Entwicklung von neuen Markenkonzepten und dem Entwurf von mehreren Läden an strategischen Orten. *OMA* verwendet neue Materialien wie z.B. transluzentes, gegossenes Harz für Regale und Silikonmatten mit Blasenstruktur für Fußböden. Die radikalste Neudefinition von Oberfläche und Material stellt die neue schwammartige Substanz *foam* dar, die im *Prada Epicenter Los Angeles* (2004) zum Einsatz kommt.

> „Foam *ist ein gegossenes Polyurethan, das zwischen ‚solid and void' [Fest- und Hohlkörper] changiert. Die schwammartige Struktur ist sowohl regelmäßig als auch unregelmäßig und kann in Abstufungen von hart bis weich und von transparent bis opak gegossen werden. Die Entwicklung begann mit einem normalen Spülschwamm in einem Architekturmodell – und dem Versuch, den visuellen Effekt im realen Maßstab nachzubilden. Hunderte von Tests und Prototypen wurden handgefertigt, um Lochgrößen, Öffnungsanteile, Transluszenzgrade, Tiefen und Farben etc. zu prüfen. Mit Techniken zur Serienproduktion und 3D-Computersimulation wurden die Eigenschaften der handgefertigten Prototypen und alle technischen Anforderungen in das endgültige Produkt übersetzt."*[760]

In ihrer *MIT*-Forschungsgruppe *Mediated Matter* experimentiert Neri Oxman an material-variablen 3D-Fabrikationstechnologien. Ihre Forschung stützt sich auf die Symbiose von vier Komponenten: *computational design*, *additive manufacturing*, *materials engineering* und *synthetic biology*[761], die einen Zugang zu neuen Werkzeugen geben soll. Diese symbiotische Fabrikationsweise zielt darauf ab, das Material während des 3D-Druckverfahrens je nach

[759] Neri Oxman. *https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology*, März 2015, abgerufen am 10.11.2015. (*TED* ist die Abkürzung für ‚Technology, Entertainment, Design', eine Vortragsreihe, in der Wissenschaftler innovative Konzept auf ihrem Gebiet kurz und unterhaltsam vorstellen. Diese Videos werden kostenlos mit mehrsprachigen Untertiteln im Netz zur Verfügung gestellt.)

[760] Kraft, 2004, S. 53

[761] Oxman, 2015, *TED*-Vortrag

Funktion und Umgebungsbedingungen in Übergängen modulieren zu lassen, so dass Eigenschaften wie Dicke, Transparenz, Elastizität, Porosität und Wärmeaufnahme graduell wechseln können, wie z.B. bei dem Entwurf *Chaiselongue Beast* (2008), bei dem das Material der Leistungsanforderung und Beanspruchung des Sitz- und Liegemöbels angepasst wird; bei dem Prototyp einer Handgelenkschiene *Carpal Skin (Wrist Splint)* (2009–10), bei dem das Material die wechselnden anatomischen und physiologischen Bedürfnisse des Patienten mit Karpaltunnel-Syndrom aufnimmt.[762] Stehen diese beiden Beispiele noch für objektorientierte Materialstudien, forscht Oxman in den folgenden Jahren mehr in Richtung Materialverfeinerungen, die ebenfalls zu Innovationen in der Fabrikation führen wie z.B. *robotic swarm printing* (RSP). Ihre Forschungsgruppe versucht hierbei deterministische Modelle, die einem Top-down-Ansatz mit Fehlerrobustheit entsprechen, zu verbinden mit stochastischen Modellen, die einen Bottom-up-Ansatz mit Echtzeit-Fehlerkorrektur anbieten.[763] Es gibt drei sogenannte *Robotic Additive Fabrication* Fallstudien. Die erste Fallstudie ist die *Print-in-Place* Technologie, die eine unmittelbare schnelle Herstellung von großmaßstäblichen Strukturen vor Ort ermöglichen soll wie z.B. *KUKA Digital Fabrication Print-in-Place construction* (2012–2013). Die Abstimmbarkeit des Materials ist niedrig, genauso wie die Kommunikation mit Eingriffsmöglichkeiten. Die zweite Fallstudie ist das *Cable-Suspended 3D Printing*, bei dem die Bewegungen der abgehängten Module, sogenannte *SpiderBots* und *CableBots,* auf Grundlage von regelbasierten Systemen gesteuert werden können wie z.B. *CableBot cable-suspended 3D printing* (2013). Eine Schwarmintelligenz kann hierbei direkt in den Fabrikationsprozess eingebunden werden. Die Abstimmbarkeit des Materials ist niedrig, aber die Kommunikation mit Eingriffsmöglichkeiten ist hoch. Die dritte Fallstudie ist das *Templated Swarm Printing*, das einen Ansatz für höchste material-variable 3D-Fabrikationsmöglichkeiten behandelt wie z.B. *Silk Pavilion templated swarm printing* (2013). Inspiriert von den Seidenfadengespinsten der Raupen des Seidenspinners (*Bombyx mori*) wird ein Seidenspinnerschwarm in eine kuppelartige Konstruktion eingesetzt. Durch die spezifische räumliche Form mit ihren Begrenzungen wird das Spinnverhalten der Raupen dahingehend verändert, dass sie anstatt eines runden Kokons eine flache Membran auf die Vorlage spannen. Die Abstimmbarkeit des Materials ist hoch, die Kommunikation mit Eingriffsmöglichkeiten allerdings niedrig.

Noch einen Schritt weiter geht Oxman mit der Integration von wirklich lebender Materie in 3D-gedrucktes Material. Das rein hypothetische Entwurfsprojekt *Wanderers* (2014) stellt vier

---

[762] Zu *Chaiselongue Beast* und *Carpal Skin* Vgl. Website der *MIT*-Forschungsgruppe *Mediated Matter* http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/beast/beast.html und *http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/carpalskin/carpalskin.html* (ü.d.V. sinngemäß)

[763] Neri Oxman. „Towards robotic swarm printing." in: Fabio Gramazio/Matthias Kohler (Hrsg.). *Architectural Design. Made by Robots: Challenging Architecture at a Larger Scale*. Vol. 84, No. 3, John Wiley & Sons, Mai/Juni 2014, S. 108–115. Die folgenden drei Fallstudien sind diesem Artikel entnommen. (ü.d.V. sinngemäß)

verschiedene Raumanzüge dar, die die biologischen Funktionen des Menschen erweitern, indem sie wie eine tragbare Haut angezogen werden können.[764] *Mushtari (Jupiter's Wonderer)* (2014)[765] besteht aus 3D-gedruckter Mikrofüssigkeit, die aus photosynthetischen Bakterien bestehen, die dafür biotechnologisch aufbereitet wurden und während ihrer Zirkulation Saccharose umsetzen. Das Organsystem kann Biomasse verdauen, Nährstoffe aufnehmen und Abfälle entsorgen. Der Raumanzug ist wie ein externer Verdauungstrakt aufgebaut, der sich um den Magen herumlegt und einen endlosen Kreislauf von Aufnahme und Verdauung bildet. Dem Menschen wäre es dadurch möglich autark zu leben:

> *„Imagine exposing yourself to the sun, generating sugar cubes in your pockets."*

Oxmans 3D-Fabrikationsexperimente lösen die Grenze zwischen Biologie und Architektur komplett auf. Als Beispiele stellt sie in ihrem *TED*-Vortrag Buckminster Fullers *Biosphère* (1967), ein Wasser- und Umweltmuseum, das anlässlich der Weltausstellung *Expo 67* in Montreal gebaut wurde, dem *Silk Pavilion* (2013) gegenüber. Fullers geodätische Kuppel vereint Hexagone und Pentagone, wie sie in der Natur als Struktur beispielsweise bei Bienenwaben zu finden sind, und besteht aus zusammengesetzten Konstruktionsteilen. Oxmans Pavillon und die Raumanzug-Serie verkörpern den Anfangspunkt einer neuen Klasse lebender Materialien, die organisch gewachsen sind und für die Architektur eingesetzt werden könnten. Die Operation *material computation* zeigt hier eine Variante auf, bei der aus einem biotechnologisch aufbereiteten, computergenerierten und 3D-gedruckten Material die Formen entstehen. Als eine Art Prothesen könnten sie den Menschen sogar leistungsfähiger machen.

> *„In the end it's clear that the incorporation of synthetic biology in product and architectural design will enable the transition from designs that are inspired by nature, to designs made with and by nature, to, possibly designing nature herself."*

Im Gegensatz zu Oxman untersucht Achim Menges vorhandene Materialien in der physischen Welt, um sie mit Hilfe von *Computation* bestimmten Systematiken zuzuordnen, die sich für eine architektonische Formbildung eignen, bzw. diese unterstützen.

> *„In architecture, computation provides a powerful agency for both informing the design process through specific material behaviour and characteristics, and in turn informing the organisation of matter and material across multiple scales based on feedback with the environment."*[766]

---

[764] Neri Oxman. „Templating Design for Biology and Biology for Design." in: Achim Menges (Hrsg.). *Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational. AD Vol. 85*, No. 5, John Wiley & Sons, September/Oktober 2015, S. 100–107 (ü.d.V. sinngemäß)

[765] Vgl. Liz Stinson. *Wild Biomorphic Spacesuits Designed to Survive Hostile Planets*. WIRED, 12.11.2014, *http://www.wired.com/2014/12/wild-biomorphic-spacesuits-designed-survive-hostile-planets/*, abgerufen am 11.11.2015. Und dort auch die beiden folgenden Zitate.

[766] Achim Menges. „Introduction" in: *Material Computation: higher integration in morphogenetic design. AD*, März/April 2012, S. 14–21, hier S. 16

Anhand einer Reihe von Versuchsbauten erforscht Achim Menges mit seinem *Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)* in Zusammenarbeit mit dem *Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE)* von Jan Knippers „das Anwendungspotenzial neuer computerbasierter Entwurfs-, Simulations- und Fertigungsverfahren in der Architektur."[767] Drei der entstandenen Pavillons werden im Folgenden vorgestellt:

1) *ICD/ITKE Research Pavilion* (2012): Er basiert auf der faserartigen Morphologie des Außenskeletts eines Gliederfüßers. Bei der Umsetzung werden die Materialeigenschaften der natürlichen Stoffe mit Hilfe von synthetischen Stoffen erzeugt, wie z.B. durch faserverstärkte Verbundwerkstoffe wie Kohlenstoff- und Glasfasern. Die Richtungsabhängigkeit der Konstruktion, die Anisotropie, wird per Computer simuliert und mit Hilfe von innovativen Roboterfertigungsprozessen realisiert. Der Pavillon benötigt lediglich eine Schalendicke von vier Millimetern, um eine Hochleistungsstruktur zu erhalten, die eine Spannweite von über acht Meter aufweist.[768]
2) *ICD/ITKE Research Pavilion* (2013–14): Die Untersuchung natürlicher Leichtbaustrukturen mit Kohlenstoff- und Glasfasern wird hier weitergeführt. Grundlage sind die chininhaltigen Deckflügel (Elytren) von Insekten, deren geometrische Morphologie eines Doppelschichtsystems, die aus doppelt gekrümmten Stützelementen, sogenannten Trabekeln besteht, auf die Konstruktion des Pavillons übertragen wird. Die Verteilung der Trabekel ist in der gesamten Käferschale graduell unterschieden, was zu lokal differenzierten Materialeigenschaften führt.[769]
3) *ICD/ITKE Research Pavilion* (2014-15): Der Entwurf ist durch die Unterwasser-Nestkonstruktion der Wasserspinne (*Argyroneta aquatica*) inspiriert. Durch einen prototypischen *robotic fabrication*-Prozess werden von der Innenseite aus Kohlenstofffasern auf die anfänglich flexible pneumatische Schalung aufgebracht, die sich nach und nach verfestigt. Das Besondere an dieser Fabrikationsweise ist die sich verändernde Steifigkeit und Deformation der Schale, auf die der Roboter während der Aufbringung reagieren muss. Durch eingebettete Sensoren und ein ständiges Feedback kann der Roboter auf die Veränderungen in Echtzeit reagieren.

Menges erweitert in den letzten Jahren seine Forschung in Richtung *Cyber-physisches System (CPS)*. Mit dem *CPS* ist es möglich, neuartige, komplexe Konstruktionen herzustellen, die sich hoch dynamisch an die jeweiligen Erfordernisse anpassen können, indem sie mechanisch und elektronisch in Echtzeit kommunizieren. Das *computer-aided manufacturing (CAM)* steht nicht

[767] Vgl. Robert Bauer. „ICD/ITKE Research Pavilion Stuttgart." in: *Bauwelt 30.2015*. Bauverlag, Berlin, 2015, S. 33
[768] Vgl. Achim Menges. „ICD/ITKE Research Pavilion 2012" in: *AD Vol. 85,* S. 48–53
[769] Vgl. Achim Menges. „ICD/ITKE Research Pavilion 2013–14", ebd., S. 54–59

mehr als ein reines Ausführungsinstrument mit vordefinierten Anweisungen am Ende eines linear nur in eine Richtung verlaufenden digitalen Entwurfsprozesses, sondern bekommt die Fähigkeiten intelligent zu reagieren und zu agieren. Das *CAM* entwickelt sich von einer anweisungsbasierten Fertigung hin zu einer verhaltensbasierten Fertigung und läutet laut Menges die vierte *Industrielle Revolution*, die *Industrie 4.0*, ein.[770] Oxman steht also nicht mehr allein mit ihren Innovationen in den 3D-Fabrikationsprozessen da. Wie Manuel DeLanda als Vertreter des *new materialism* propagiert, kann jetzt ein „neues Material" entworfen werden, das mit eigenen Fähigkeiten ausgestattet ist und seinen eigenen abweichenden und ergebnisoffenen Entwicklungen verpflichtet ist:

> *„[…] we can now conceptualise an active matter endowed with its own tendencies and capacities, engaged in its own divergent, open-ended evolution, animated from within by immanent patterns of being and becoming."*[771]

Die Pavillons sind zwar Ergebnisse dieser „neuen aktivierten Materialität", aber wird hier nicht eine Materialität aktiviert, die sich allein auf die zweckgebundene Natur beschränkt, im Eigentlichen doch biologische Strukturen als Vorbild nimmt und somit doch wieder etwas repräsentiert? Außerdem: wenn bei allen diesen Forschungen die Interaktion zwischen Material, Struktur und Umwelt in den Mittelpunkt rückt, stellt sich eine weitere Frage: Ist das Verhältnis von Form und Material nicht immer noch problematisch? Sokratis Georgiadis (*1949) beschreibt diese Problematik im Zusammenhang mit der Verwendung von bestimmten Begrifflichkeiten, die das Unvermögen ausdrücken, sich vom hergebrachten, offenbar im architektonischen Denken fest verankerten Misstrauen gegenüber dem Material zu lösen:

> *„So wird etwa im Zusammenhang mit der Verwendung digitaler Entwurfs- und Herstellungsverfahren weiterhin über gestalterische Befreiungsschläge von ‚materialspezifischen, konstruktiven und herstellungsbedingten Zwängen' gesprochen […] in eben dieser Metaphorik von Zwang (verbunden stets mit dem Material) und Befreiung (verbunden stets mit der Form) drückt sich das Unvermögen aus."*[772]

Auch stellen die innovativen 3D-Fabrikationsweisen das Material eher in den Hintergrund, bzw. es ist das Medium, durch das neue intelligente 3D-Fabrikationsweisen entwickelt werden, wobei Oxman sich noch näher an der Entwicklung neuer Materialien befindet als Menges. Geht es in der informellen Operation *declassifying* um die Befreiung von der Form und von jeglichen ideologischen Repräsentationen, indem sich das Material nur auf sich bezieht und auf seine elementaren Eigenschaften, dem *base materialism*, heruntergebrochen wird, ist bei den digitalen Operationen *topology optimization* und *material computation* das Gegenteil der Fall. Das Material, als Ausgangspunkt der Formfindung, ist komplett mit biologischen Referenzen „belegt".

---

[770] Achim Menges. „The New Cyber-Physical Making in Architecture. Computational Construction." in: *Material Computation. AD No. 216*, 2012, S. 28–33

[771] Manuel DeLanda. „The New Materiality.", ebd., S. 16–21, hier S. 16

[772] Georgiadis, September 2015

8. Zusammenfassung

Zu Beginn des Kapitels *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)* wird das digitale Entwerfen zunächst einmal in fünf charakteristische Phasen eingeteilt. In jeder Phase werden die bestimmenden digitalen Operationen, die wichtigsten Architekten und die beeinflussenden Philosophen tabellarisch aufgeführt.

In der darauf folgenden Untersuchung steht die Frage im Mittelpunkt, welche Operationen des digitalen Entwerfens mit ihrer biomorphen Formensprache einem informellen oder einem mimetischen Verhalten entsprechen. Die informellen Ansätze finden ihren Ursprung im Konzept des Formlosen, das der französische Philosoph Georges Bataille 1929 begründet und das sich in den 1950er und 1960er Nachkriegsjahren als europäische und amerikanische Stilvariante der informellen Kunst entwickelt hat. Die Charakteristika des Informellen und die informellen Künstler werden im Kapitel *II. Das Informelle und das Biomorphe* vorgestellt.

Auf Grundlage dessen und der Ausstellungskataloge von Rosalind E. Krauss und Yve-Alain Bois sowie von Sylvia Martin werden fünf informelle Operationen definiert, die zusammen mit den fünf digitalen Phasen fünf Begriffspaare bilden. Die fünf Kapitel, bei denen die Begriffspaare Gegenstand der Untersuchung sind, folgen in ihrem Aufbau jeweils der gleichen Struktur.[773]

1) *pulse* und Körperbildung
2) *horizontality* und Raumkonfiguration
3) *entropy* und technische Optimierung
4) *baroque* und strukturelle Virtuosität
5) *base materialism* und Materialeigenschaft

Im Folgenden werden alle fünf Phasen des digitalen Entwerfens in zwei tabellarischen Übersichten zusammengefasst. Diese Tabellen enthalten keine exakten zeitlichen Abfolgen und nehmen auch nicht eine vollständige Erfassung von Künstlern, Architekten und Werken in Anspruch, sondern haben eine beispielhafte, das Verständnis des Untersuchungsgangs unterstützende Funktion.

Die erste Tabelle zeigt die jeweiligen Operationen und die jeweiligen informellen Künstler bzw. Architekten, die miteinander verglichen worden sind. In der zweiten Tabelle wird dargestellt, welche Operationen keinem informellen (gekennzeichnet durch „*i*“), sondern einem mimetischen Verhalten entsprechen. Es wird kurz auf die digitalen Operationen eingegangen, die nicht dem informellen Ansatz entsprechen. Dabei wird deutlich, wo genau die Vermischung der informellen und biomorphen Ansätze, erfolgte und wie es dazu kam, dass der aktuelle Architekturdiskurs in dieser Vermischung feststeckt.

---

[773] Vgl. Kapitel *III.1.2. Vorgehen*, S. 74

1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)			
pulse		Körperbildung	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *repeating*	▪ K.O. Götz ▪ Hann Trier ▪ Hans Hartung	▪ *scaling* ▪ *superposition*	▪ Peter Eisenman
▪ *flickering*	▪ Gerhard Hoehme ▪ K.O. Götz ▪ K.R.H. Sonderborg	▪ *folding 1* ▪ *morphing* ▪ *animate form*	▪ Peter Eisenman ▪ *UNStudio* ▪ Greg Lynn
▪ *stopping*		▪ *field conditions* ▪ *cinematic-sectioning*	▪ Stan Allen ▪ Enric Miralles
▪ *expanding*	▪ Bernard Schultze ▪ Gerhard Hoehme ▪ Karl Fred Dahmen	▪ *non-linearity*	▪ Charles Jencks
▪ *interacting*		▪ *hypersurfaces*	▪ Lars Spuybroek ▪ Kas Oosterhuis

	i	
▪ *repeating*	=	▪ *scaling*
	=	▪ *superposition*
▪ *flickering*	=	▪ *folding 1*
	≠	▪ *morphing*
	≠	▪ *animate form*
▪ *stopping*	=	▪ *field conditions*
	=	▪ *cinematic-sectioning*
▪ *expanding*	=	▪ *non-linearity*
▪ *interacting*	≠	▪ *hypersurfaces*

Das *morphing* ist durch die Ermöglichung der Hybridisierung interessant, bei der Elemente ungeachtet ihrer Herkunft und Geschichte verschmolzen werden. Allerdings sind bei dieser Operation das resultierende Bild und die Form erkennbar und stellen sich biomorph dar, wodurch der Ausdruck und das Ergebnis der Verschmelzung irregeführt werden. Denn bei der informellen Operation *flickering* ist die trennende Funktion das entscheidende Merkmal: ursprüngliche Bilder und Formen sind durch den Vorgang der Transformation nicht mehr zu erkennen und das repräsentative Moment ist aufgehoben. Einen Schritt weiter geht die digitale Operation *animate form*, bei der die Verschmelzung der Bilder in Strömungsprozessen und durch die Einwirkung externer Kräfte erfolgt. Die an beliebigen Stellen angehaltenen Überblendungen und Verformungen bilden die biomorphe Form. Bei der digitalen Operation *hypersurfaces* gibt es zwar Ansätze informeller Merkmale wie z.B. eine aktive Interaktion des Betrachters mit dem Raum, aber durch die Referenz auf eine biomorphe Formensprache durch den Begriff *liquid* beschränkt sich das Resultat der fließenden Geometrie auf eine wörtlich genommene Interpretation der Verschmelzung von Tektonik und neuen Medien. Der Blob, dessen Bild hauptsächlich durch die drei vorgestellten digitalen Operationen entsteht, verpasst es dadurch, mehr zu sein als eine bloße Spielart biomorpher Formgenerierung.

2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)			
horizontality		Raumkonfiguration	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *lowering*	▪ Wols ▪ Mark Tobey ▪ Jackson Pollock ▪ Sam Francis	▪ *diagramming*	▪ *UNStudio* ▫ Ben van Berkel ▫ Caroline Bos ▪ *OMA* ▫ Rem Koolhaas ▪ *MVRDV*
▪ *being repeatedly unique*	▪ Jean Fautrier	▪ *objectile* ▪ *versioning*	▪ Bernard Cache ▪ Greg Lynn ▪ *SHoP Architects*

	i	
▪ *lowering*	≠	▪ *diagramming*
▪ *being repeatedly unique*	=	▪ *objectile*
	=	▪ *versioning*

Die digitale Operation *diagramming* befreit, wenn sie laut Deleuze und Guattari als abstrakte Maschine benutzt wird, den Entwurf zwar von jeglichen repräsentativen Funktionen, birgt aber die Gefahr, als direkte Vorlage für digitale Topografien mit fließenden Formen benutzt zu werden. Ist das der Fall, entspricht sie nicht mehr der informellen Operation *lowering*. Besonders durch die Benutzung von Daten- und Informationsströmen als formbildende Ansätze des Entwurfs entsteht ein formales Vokabular, dessen Ästhetik der Ausdrucksweise der Software folgt. Die *2. Phase: Non-Standard Architektur (1999–2003)* beinhaltet das Potenzial, im Zeitalter des Algorithmus und des Scriptings mit Daten- und Informationsströmen richtig und falsch umzugehen. Die größte Gefahr liegt hier in der vollständigen Biologisierung des Entwurfs, wenn der Genotyp den Phänotyp unter falschen Prämissen bestimmt, da dem Genotyp die biomorphe Repräsentation von vornherein längst eingeschrieben ist.

3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)			
entropy		technische Optimierung	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *rising through collapsing*	▪ Albert Fürst ▪ Winfred Gaul ▪ Otto Greis	▪ *emerging* ▫ *Emergence* ▫ *Morphogenetic Design* ▫ *Performativeness*	▪ *Emergent Design Group* ▫ Achim Menges ▫ Michael Weinstock ▫ Michael Hensel
▪ *automating*	▪ Fred Thieler ▪ Carl Buchheister ▪ K.O. Götz	▪ *evolving* ▪ *growing*	▪ Forschungsgruppe *KAISERSROT* ▪ *Emergent Design Group*

	i	
▪ *rising through collapsing*	≠	▪ *emerging* ▫ *Emergence* ▫ *Morphogenetic Design* ▫ *Performativeness*
▪ *automating*	=	▪ *evolving*
	=	▪ *growing*

Mit der digitalen Operation *emerging* wird der Entwurf vollständig biologisiert, da Natur und Bauwerk direkt zu einer Performance mithilfe genetischer Algorithmen verschmelzen. Bei der digitalen Operation *emerging* verschwimmen zwar auch klare Grenzen während des Prozesses, wie es bei der informellen Operation *rising through collapsing* der Fall ist, aber beide enthalten ein gegensätzliches Prinzip, das sie trennt. Brechen bei der informellen Operation *rising through collapsing* geordnete Strukturen in eine Richtung verlaufend zusammen, um dann mit der Umgebung zu verschmelzen, entstehen bei der digitalen Operation *emerging* die Strukturen infolge des Zusammenspiels ihrer Elemente: die Form steht mit der Umgebung in einem dynamischen Austausch und kann durch Zwänge beherrscht werden; Materialsysteme organisieren sich durch Deformationen selbst. Die *3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)* irritiert insbesondere durch den antiquierten Ansatz, dem Material einen externen Formwillen aufzwingen zu wollen und die Entwürfe in einem „proto-architektonischen Zustand“ zu belassen, dem es an praktischer Anwendbarkeit und realem Nutzen für die Architektur mangelt. Gleichzeitig fehlt es durch die Vermischung mit biomorphem Vokabular und die Anwendung prozesshafter Naturanalogien an einer angemessenen Darstellung, die dem informellen Ansatz entsprechen könnte.

4. Phase: Parametrik (seit 2006)			
baroque		strukturelle Virtuosität	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
■ *dynamising*	■ Fred Thieler ■ Hann Trier ■ Bernard Schultze	■ *folding 2* ■ *parametrising*	■ Zaha Hadid ■ Patrick Schumacher ■ Ali Rahim
■ *ornamenting*	■ Hann Trier ■ Bernard Schultze ■ K.O. Götz ■ K.R.H. Sonderborg	■ *tooling* □ *Algorithmische Geometrien* □ *Regelbasierte Systeme* □ *Systeme der Selbstorganisation*	■ Benjamin Aranda ■ Chris Lasch ■ Neil Leach

	i	
■ *dynamising*	=	■ *folding 2*
	=	■ *parametrising*
■ *ornamenting*	≠	■ *tooling* □ *Algorithmische Geometrien* □ *Regelbasierte Systeme* □ *Systeme der Selbstorganisation*

Die digitale Operation *tooling* erzeugt zwar wie die informelle Operation *ornamenting* optische Reize an der Oberfläche, die allerdings nicht selbstbezüglich bleiben, sondern sich mit der darunter liegenden Struktur vermischen bzw. durch ein konstruktives Gerüst entstehen und oftmals Naturanalogien aufweisen. Der Blob in der *4. Phase: Parametrik (seit 2006)* ist zwar „erwachsener“ geworden, tendiert allerdings dazu, sich zu kuriosen, inhaltsleeren „Ornament-Naturgebilde-Spielereien“ zu entwickeln, die aus unzähligen sich wiederholenden „proto-architektonischen“ Experimenten wie z.B. Selbstorganisationsprozesse durch Schwarmverhalten bestehen.

5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)			
base materialism		Materialeigenschaft	
informelle Operation	Künstler	digitale Operation	Architekt
▪ *declassifying*	▪ Jean Dubuffet ▪ Barnett Newman ▪ Mark Rothko ▪ Antoni Tàpies ▪ Emil Schumacher	▪ *topology optimization* ▪ *material computation*	▪ *ARUP* ▪ *NOWlab@BigRep* ▪ Neri Oxman ▪ Achim Menges ▪ *Jenny Sabin Studio* ▪ *AVATAR* ▫ Neil Spiller ▫ Rachel Armstrong

	i	
▪ *declassifying*	≠	▪ *topology optimization*
	≠	▪ *material computation*

In der informellen Operation *declassifying* befreit sich die Form von jeglichen ideologischen Repräsentationen, indem sich das Material nur auf sich und seine elementaren Eigenschaften bezieht. Bei den digitalen Operationen *topology optimization* und *material computation* ist das Gegenteil der Fall. Das Material, als Ausgangspunkt der Formfindung, ist komplett mit biologischen Referenzen und Repräsentationen „belegt". Auch wenn die Entwürfe in den genannten Beispielen aus rein technischen Simulationen, strukturellen Optimierungen und Materialexperimenten hervorgehen, so ist doch die Verlockung groß, durch Naturreferenzen die biomorph anmutenden Formen zu legitimieren.

Das digitale Entwerfen hat sich von seiner entwerferischen Kernkompetenz hin zu einer technikaffinen Material- bzw. Bautechnologie, quasi ohne Architektur, entwickelt. Grundsätzlich zeichnen vier Aspekte des Digitalen den Unterschied zum realen Raum aus:

1) Es gibt keine Schwerkraft.
2) Es gibt keine Punktekollision.
3) Es gibt keine Materialstärke.
4) Alles ist skalierbar.

Zum einen verdeutlichen diese, wie wichtig der Fortschritt in der Transformationsleistung ist, um das Digitale in den realen Raum zu übersetzen und mit innovativen 3D-Fabrikationsweisen materialisieren zu können. Zum anderen bergen diese Aspekte allerdings auch die Gefahr, dass sich die Entwicklung in der Architektur weiterhin auf eine rein technologische Ausrichtung begrenzt, bei der das digitale Entwerfen Gefahr läuft, sich durch die Zweckgebundenheit des Materials in einer Übertechnologisierung mit biomorpher Argumentation zu verlieren.[774]

Als kurzer Einschub sei auf die Gefahren der Zweckgebundenheit hingewiesen, die Adolf Behne (1885–1948) in seinem Buch *Der moderne Zweckbau* (1926) einer kritischen Betrachtung

[774] Vgl. Kapitel *III.7. Materialeigenschaft in der 5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)*, S. 193

unterzieht. Die Zweckgebundenheit, von der er spricht, bezieht sich zwar nicht auf das Material, das in der Zusammenfassung hier zur Diskussion steht, sondern auf funktionale Abläufe, die mit der Nutzung von Gebäuden verknüpft sind. Dennoch kann die erwähnte Problematik auf die Situation in der *5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)* übertragen werden und wichtige Hinweise auf den Umgang damit geben. Einerseits ist für Behne die Rückbesinnung auf den Zweck eine Art Garantie für das Entstehen eines guten Baues, wenn Form und Zweck zu weit auseinander gedriftet sind.

> *„Das Zurückgehen auf den Zweck wirkt also immer wieder revolutionierend, wirft tyrannisch gewordene Formen ab, um aus der Besinnung auf die ursprüngliche Funktion aus einem möglichst neutralen Zustand eine verjüngte, lebendige, atmende Form zu schaffen."*[775]

Andererseits besteht die Gefahr, dass sich Stile durch die Fixierung auf den Zweck durch Einseitigkeit in einer Sackgasse verrennen. Behne lässt die Gefahr anklingen, wenn er die beiden „Stile" des „Neuen Bauens", Funktionalismus und Rationalismus, miteinander vergleicht. Beide wollen zwar Ausdruck ihrer Zeit sein und berufen sich auf die Sachlichkeit und die Maschine, aber kommen zu ganz verschiedenen Ergebnissen.[776] Hier setzt Behnes Kritik an, wenn er feststellt, dass „der Funktionalismus Gefahr [läuft], sich bis zum Grotesken zuzuspitzen, [und der] Rationalismus, sich zu einem Schema abzuplatten."[777]

> *„Das vollkommene Haus wäre ihm [dem Funktionalisten] jenes, das von selbst aus dem Boden wüchse wie eine organische Pflanze."*[778]

> *„Le Corbusiers Stadtplan zeigt die Gefahren eines konsequenten Rationalismus ziemlich deutlich: dass die Form zu einer selbstherrlichen, das Leben zwingenden, erdrückenden Maske wird, dass nicht mehr Einordnung in ein lebendiges Ganzes, sondern akademische Aufteilung geschieht…"*[779]

Das digitale Entwerfen in der *5. Phase* limitiert sich in seinen eigenen Potenzialen, da es sich durch die Fixierung auf das Material zwar von der Vorherrschaft und Rhetorik der Form befreien will, aber durch die Hinwendung zur Biologie abermals symbolisch-bildhafte Codes erzeugt. Die Katze beißt sich in den Schwanz – es entsteht ein Fehlschluss. Die Materialexperimente können zugegebenermaßen praktisch angewendet werden und für die Architektur von realem Nutzen sein, aber dennoch läuft der ‚neue Materialismus' durch diese Zweckgebundenheit und Einseitigkeit Gefahr, sich durch die „Überbiologisierung" in einer Übertechnologisierung zu verlieren.

---

[775] Behne, 1964, S. 11
[776] Vgl. Kapitel *II.3.2. Das Organische*, S. 44
[777] Behne, 1964, S. 60
[778] Ebd., S. 49
[779] Ebd., S. 61

IV. Konklusion: Nature sells!

1. Die ewige Wiederkunft der Naturmimetik

Schon seit der Antike nimmt sich die Architektur die unterschiedlichsten Aspekte der Natur als Vorbild.[780] Das mimetische Vorgehen beruft sich seither auf mannigfaltige Begriffe der Natur wie die des Biomorphen und des Organischen. In ihrer Verwendung besitzen sie eine Vielfalt von Konnotationen.[781] Die folgende Tabelle fasst die Möglichkeiten der Naturmimetik in der Architektur zusammen, die in dieser Arbeit behandelt worden sind. Da sich alle Ebenen inhaltlich durchdringen, ist die tabellarische Kategorisierung schematisch zu lesen und operiert mit sich überlappenden Zugehörigkeiten.

<table>
<tr><th colspan="11">Möglichkeiten der Naturmimetik in der Architektur</th></tr>
<tr><td colspan="3">Form</td><td colspan="3">Technik</td><td colspan="5">Programm</td></tr>
<tr><td colspan="6">Biomorphismus</td><td colspan="5">Organisches</td></tr>
<tr><td>landschaftlich</td><td colspan="2">strukturell</td><td colspan="4">prozesshaft</td><td colspan="2">funktionell</td><td>ökologisch</td></tr>
<tr><td></td><td>Morphologie</td><td>Anatomie</td><td>1.</td><td>2.</td><td>3.</td><td>4.</td><td>5.</td><td>Metapher</td><td>Analogie</td><td></td></tr>
</table>

Die formale Nachahmung gliedert sich in die Begriffe ‚Biomorphismus', ‚landschaftlich', ‚strukturell', ‚Morphologie' und ‚Anatomie' auf. Die programmatische Nachahmung ist durch die Begriffe ‚Organisches', ‚ökologisch', ‚funktionell', ‚Metapher' und ‚Analogie' definiert. Die technische Nachahmung befindet sich im Zentrum und ist zu allen Ebenen hin durchlässig. Die Zahlen 1–5 stehen für die fünf Phasen der prozesshaften Naturmimetik, die Hauptbestandteil[782] der Untersuchungen dieser Arbeit sind.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts bildet sich die These von der „Autonomie des Kunstwerks" aus. Im kunsttheoretischen Schrifttum taucht diese Idee in ganz unterschiedlichen Varianten bereits seit dem 18. Jh. auf, ohne dass dabei der Begriff Autonomie zwingend verwendet wird. Festzuhalten ist, dass der autonome Status der Künste – und damit auch der Architektur[783] – gleichbedeutend mit ihrem Zustand unter den Bedingungen ihrer Modernität ist. Wie der Philosoph Jürgen Habermas (*1929) in Anlehnung an den Soziologen und Nationalökonom Max Weber (1864–1920) sagt, differenzieren sich nach der Aufklärung, bei der das „Bindemittel" der Religion wegfällt, die Bereiche des Wissens, des Handelns und des Ausdrucks zu separaten Kultursphären aus: Erkenntnis, Moral und Kunst. Aus diesen bilden sich unterschiedliche

[780] Vgl. Kapitel *II.3.1. Die Natur*, S. 41

[781] Vgl. Kapitel *II.3. Der Begriff des Biomorphen*, S. 40

[782] Vgl. Kapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)*, S. 71

[783] In Verbindung mit der Architektur taucht der Begriff der Autonomie zum ersten Mal explizit beim österreichischen Kunst- und Architekturhistoriker Emil Kaufmann (1891–1953) in seinem Buch *Von Ledoux bis Le Corbusier: Ursprung und Entwicklung der Autonomen Architektur* (1933) auf.

Expertenkulturen mit der Tendenz der zunehmenden Spezialisierung heraus; eine davon ist die der Kunst (= Ausdruck).

Der österreichische Kunsthistoriker Alois Riegl (1858–1905) prägt den Begriff des *Kunstwollens*, der für die Charakteristik einer Epoche und der ihr eigentümlich immanenten Gestaltungsabsicht steht.[784] Nach Riegl folgt der Mensch darin einem Trieb, das Verhältnis zur Welt durch Kunst in jeder Epoche einzigartig zu gestalten. Die Besonderheit bei Riegl ist, dass er die Idee der Autonomie an die Architektur wegen ihrer Zweckgebundenheit (ihres gebrauchszweckdienlichen Charakters) knüpft, die sie zur am wenigsten repräsentativen Kunst macht. Die Architektur als Erzeugerin von Artefakten erhält also in dieser Theorie eine Sonderstellung, da sie durch ihre Selbstreferenzialität am besten das Gebot der künstlerischen Autonomie erfüllen kann: indem sie ohne Naturbezug auskommt, treten die Gesetze des *Kunstwollens* in ihr am reinsten in Erscheinung.

Allerdings bedienen sich bis heute Architekten immer wieder explizit oder implizit der Natur als Inspirationsquelle oder Lieferantin von Konzepten. Man könnte – vielleicht etwas schematisch – sagen: wenn sich die Natur in der Architektur als Bild in irgendeiner Weise wiederfindet, ist die Autonomie verletzt. Warum neigen Architekten dazu, den Boden der Selbstreferenz zu verlassen? Wird dadurch dem eigenen Tun mehr Sinn und Ausrichtung verliehen? Oder ist die Selbstreferenz eine nicht erfüllbare Fiktion und ein Irrglaube der Theorie? Ist es für die Architektur legitim, sich aus dem Reichtum der Natur inspirieren zu lassen, oder sollte sie sich nur selbst nachahmen und Laugiers Urhütte in millionenfachen Varianten reproduzieren? Beantworten lassen sich diese Fragen durch den Blick auf die Problematik: sie besteht nämlich nicht in der Hinwendung zur Natur an sich, sondern in der exklusiven Rolle, die der vermeintlichen „Lehrmeisterin Natur“ verliehen wird. Es ist wichtig, genau zu unterscheiden, auf welcher Ebene und mit welchen Mitteln argumentiert wird, da das Vorbild „Natur“ nicht für alle Prozesse tauglich ist.[785]

Auch wenn generell die Vorstellung als antiquiert gilt, dass die geschichtliche Entwicklung in irgendeinem Bereich menschlicher Kultur oder Erfahrung sich in einer Art geometrisch darstellbarer Regelmäßigkeit abspielt, scheint der naturmimetische Impuls eine fast ungebrochene Kontinuität in der Architekturgeschichte aufzuweisen. Man könnte fast von einer Konstante sprechen, durch die das architektonische Denken befangen ist – einer Konstante allerdings, die sich in vielen verschiedenen Varianten konkretisiert und zyklisch zurückzukehren scheint. Zyklische Welt- und Kulturauffassungen gibt es bereits im Altertum wie z.B. im Begriff *Samsara* (Sanskrit „beständiges Wandern“), der in den indischen Religionen (Hinduismus, Buddhismus und

[784] Vgl. Alois Riegl. *Die spätrömische Kunstindustrie*. Band 1 1901, Band 2 posthum erst 1923 (Neuausgabe: Vero Verlag, 2014)
[785] Vgl. Kapitel *III.8. Zusammenfassung,* S. 216

Jainismus) vorkommt und den Kreislauf von Werden, Vergehen und Wiedergeburt bezeichnet. Zyklische Abläufe im Gang der Geschichte tauchen ebenfalls bei Goethe als Kreis- und Spiralmetapher auf.

> *„Der Kreis, den die Menschheit auszulaufen hat, ist bestimmt genug und ungeachtet des großen Stillstandes, den die Barbarei machte, hat sie ihre Laufbahn schon mehr als einmal zurückgelegt. Will man ihr auch eine Spiralbewegung zuschreiben, so kehrt sie doch immer wieder in jene Gegend, wo sie schon einmal durchgegangen. Auf diesem Wege wiederholen sich alle wahren Ansichten und alle Irrtümer."*[786]

Goethes Begriff der Spiralbewegung erweitert „den Spielraum geschichtlicher Möglichkeiten", da die „Wiederholung auf höherer Ebene zugleich eine Steigerung bedeuten" kann.[787] Auf Leibniz' Sarg war, zusammen mit einer Spirale, der lateinische Spruch *semper sursum revertor* angebracht. In einer freien Übersetzung bedeutet dieser: „Immer kehre ich höher wieder." Hier wird ebenfalls eine immer wiederkehrende und gesteigerte Wiederholung beschrieben, bei der das Neue aus den erhöhten Elementen des Alten entsteht.[788] Für Goethe steht die aus der Botanik entlehnte Analogie der Spiralbewegung für die Wiederkehr des ewig Gleichen auf einer höheren Ebene. Dieser Ausdruck wird später als die „ewige Wiederkunft des Gleichen" zentrales Thema in Friedrich Nietzsches (1844–1900) Philosophie[789] und taucht inhaltlich zum ersten Mal in *Die fröhliche Wissenschaft* (1882/1887) auf.

> *„Dieses Leben, wie du es jetzt lebst und gelebt hast, wirst du noch einmal und noch unzählige Male leben müssen […] Die ewige Sanduhr des Daseins wird immer wieder umgedreht – und du mit ihr, Stäubchen vom Staube!"*

Auch im darauf folgenden Werk *Also sprach Zarathustra* (1883–1885) wird die „ewige Wiederkunft des Gleichen" behandelt.

> *„Alles geht, alles kommt zurück; ewig rollt das Rad des Seins. Alles stirbt, alles blüht wieder auf, ewig läuft das Jahr des Seins. Alles bricht, alles wird neu gefügt; ewig baut sich das gleiche Haus des Seins. Alles scheidet, alles grüsst sich wieder; ewig bleibt sich treu der Ring des Seins. In jedem Nu beginnt das Sein; um jedes Hier rollt sich die Kugel dort. Die Mitte ist überall. Krumm ist der Pfad der Ewigkeit."*

Nietzsche sieht diese zyklische Welt- und Kulturauffassung als ein Prinzip höchster Lebensbejahung an, da der „tiefste Instinkt des Lebens [...] der zur Zukunft des Lebens" ist.

---

[786] Johann Wolfgang von Goethe. *Materialien zur Geschichte der Farbenlehre,* „Einleitung" zitiert nach Jonas Maatsch. *Morphologie und Moderne: Goethes ‚anschauliches Denken' in den Geistes- und Kulturwissenschaften seit 1800.* Band 5 von Klassik und Moderne, Walter de Gruyter, Berlin, 2014, S. 289

[787] Friedrich Meinecke. *Die Entstehung des Historismus.* Oldenbourg Verlag, München, 1936, S. 612, zitiert bei Johan Hendrik Jacob Van Der Pot. *Sinndeutung und Periodisierung der Geschichte: eine systematische Übersicht der Theorien und Auffassungen.* Brill-Verlag, Leiden (Niederlande), 1999, S. 435

[788] Ebd., S. 436

[789] Die folgenden Ausführungen und Zitate sind entnommen aus Michael Skowron. „Zarathustra-Lehren. Übermensch, Wille zur Macht, Ewige Wiederkunft" in: *Nietzsche-Studien: Internationales Jahrbuch fur die Nietzsche-Forschung.* Walter de Gruyter, 2004, S. 68–89

Deshalb spricht Nietzsche auch von der Wiederkunft, da dieses Wort auf die Zukunft verweist und die anderen möglichen Begriffe – Wiederkehr und Wiederholung – sich auf die Vergangenheit bzw. Gegenwart beziehen.[790]

In der Vorstellung von der „ewigen Wiederkunft des Gleichen" verbleibend, tritt in der Architektur Anfang der 1990er Jahre der naturmimetische Impuls durch die intensive Nutzung digitaler Werkzeuge auf einer höheren Ebene wieder hervor. Das analoge Entwerfen geht in ein digitales Entwerfen über[791], dessen formale Experimente sich durch die Anwendung der *CAD/CAM*-Softwares global verbreiten. Durch die digitalen Werkzeuge wird der Umgang mit mehrfach gekrümmten, kontinuierlichen, weichen und geschmeidigen Linien und Flächen immens erleichtert; sie ermöglichen auch die Verwendung durch nicht spezialisierte Nutzer. Diese neuen digitalen Formen setzen sich von den bisher gewohnten kantigen und eckigen Geometrie der Formen ab und lassen wegen ihrer fehlenden Bezüge auf historische Vorläufer das Informelle wieder entdecken.

Die Tendenz zum Informellen kündigt sich schon Ende der 1980er Jahre mit der architektonischen Dekonstruktion an, in der der historische und rhetorische Ballast der Postmoderne mitsamt all ihrer linguistischen Hilfsmittel abgeworfen wird. Und genau von hier an entsteht mit der verstärkten Nutzung einer bestimmten Art von digitalen Werkzeugen eine der größten Paradoxien des *Digital Turn* in der Architektur: eine vermutete Verwandtschaft der neuen computertechnisch erzeugten weichen Formen mit den organischen Formen aus der vorangegangenen Architekturgeschichte, da es eine auffällige formale Ähnlichkeit digital entstandener Architektur mit jener Architektur gibt, die früher, insbesondere im 20. Jahrhundert, stets mit dem Prädikat „organisch" ausgestattet war. Diese formale Ähnlichkeit wird zudem von Diskursen begleitet und erweitert, die die aktuellen digitalen Architekturen tatsächlich in diesen Traditionszusammenhang (des Organischen) stellen. Die Vermutung entsteht zunächst durch einen stilistischen Vergleich der biomorphen Ausdrucksweisen und spitzt sich so weit zu, dass der frühere Naturbezug durch den digitalen Input neu belebt und als interpretatives Modell aufgegriffen wird. Die eigentlich informelle Praxis des digitalen Entwerfens wird „organisch" legitimiert.

Die Öffnung des Architekturentwurfs in Richtung des Prozesshaften führt zu weiteren naturbezogenen Interpretationsmodellen im digitalen Entwerfen: die Architektur verschmilzt mit dem Biologischen zu einer gemeinsamen Performance, bei der evolutionäre und emergente Prinzipien aus der Natur auf die Architektur übertragen werden. So betrachtet der Architekt Karl

---

[790] Vgl. Miguel Skirl. „Ewige Wiederkunft" in: Henning Ottmann (Hrsg.). *Nietzsche-Handbuch*. Metzler, Stuttgart/ Weimar, 2000, S. 222–230

[791] Greg Lynns Aufsatz *Das erneuerte Neue der Symmetrie* (1994/1995) steht für diesen Wechsel und markiert den Beginn des *Digital Turn* in der Architektur. Vgl. Kapitel *III.3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998)*, S. 78

Chu die Architektur in seinen Entwürfen nicht mehr als ein Artefakt, sondern als eine Lebensform, die durch algorithmische Berechnungen entstehen kann.[792] Soll sich die Naturnähe in der Argumentation auf das Prozessuale beziehen, reduziert sie sich in Wahrheit jedoch oftmals auf eine reine Imitation der natürlichen Formen. Hierbei wird ein postmodernistisches Repertoire linguistischer Hilfsmittel aktiviert, um Naturkonformität zur Geltung zu bringen, und lässt den Gedanken aufkommen, dass sich das digitale Entwerfen in einer Art *Post-Postmoderne* befindet.

Des Weiteren entsteht ein Spannungsfeld zwischen dem, wie die Natur gerne gesehen wird, und dem, wie sie wirklich ist. Sind Zweck, Optimierung, Effektivität und Ordnung eher Prämissen und Ziele im Architekturentwurf, so sind Unbestimmtheit, Chaos, Adaption und Zufall die eigentlichen Gesetzmäßigkeiten in der Natur. Architektonische Zweckgerichtetheit und natürliche Zwecklosigkeit geraten dabei in einen Widerstreit, der insbesondere in der Zusammenführung von digitalen Modellierungs- und Simulationstechniken zu finden ist. Dabei reicht das Spektrum der Materialexperimente von einfachen Emulationen natürlicher Prozesse (*digital mimesis*) hin zu einer Erschaffung und einer Materialisierung in einem holistischen Prozess (*informed process*).[793]

Gibt es auf der einen Seite den informellen Impuls, der beim Architekturentwurf mit dem Denken im operativen Sinne als Prozess einhergeht, so entwickelt sich auf der anderen Seite der naturmimetische Impuls, aus dem die Form aus biomorphen Analogien oder Wirkungsprinzipien der Natur hervorgeht. Diese beiden Seiten stehen in keinem Verhältnis mehr zueinander, sondern sind heterogene Elemente, die in eine paradoxe Koexistenz getreten sind und von einer höheren Position auf die ewige Wiederkunft der Naturmimetik „blicken“. Paradox ist dabei, dass eine informelle Praxis im Sinne naturmimetischer Intentionen interpretiert und dadurch letzten Endes auch domestiziert wird.

---

[792] Picon, 2010, S. 99 (ü.d.V. sinngemäß)

[793] Rivka Oxman. „Naturalizing Design: In Pursuit of Tectonic Materiality“ in: Marie-Ange Brayer/Frédéric Migayron (Hrsg.). *Naturaliser l'architecture. ArchiLab 2013 – 9th exhibition*. Frac Centre, Editions HYX et les auteurs, Orléans, 2013, S. 113 (ü.d.V. sinngemäß)

2. Vers une Métaphysique nouvelle

> *„I put a spell on you – because you're mine […] oh, oh, I love you, I love you. I love you anyhow. I don't care if you don't want me – I'm yours right now."*[794]

> *„01010111 01101001 01101100 01101100 01110011 01110100 00100000 01100100 01110101 00100000 01101101 01101001 01110100 00100000 01101101 01101001 01110010 00100000 01100111 01100101 01101000 01100101 01101110 00111111."*[795]

Das Streben und die Suche nach einem metaphysischen Halt in der Natur hat sich historisch eigentlich „erledigt". Genau genommen ist der autonome Status der Architektur nicht mehr rückgängig zu machen. Neue Erkenntnisse in den Naturwissenschaften, letztlich die Ablösung der bis dahin als Leitwissenschaft geltenden Physik durch die Biologie, bedeuten nach Krausse einen wesentlichen Einschnitt, da dadurch eine Vereinfachung und Beschleunigung der Rückkehr des Naturbezugs möglich wird. Die Wissenschaft einzelner Epochen befasst sich in unterschiedlicher Weise mit dem Organismus, was zu einer wechselnden Bedeutung des Organischen führt. Die klassische Anatomie wird im 19. Jahrhundert durch die Physiologie abgelöst, auch dies ein gravierender Einschnitt, da die Anatomie sich mit dem toten Objekt befasst, die Physiologie es jedoch mit dem lebenden Objekt zu tun hat. „Form wird hier ein Ergebnis von Lebensvorgängen." Die im ausgehenden 19. Jahrhundert aufblühende Ornamentik entspringt dem Wunsch,

> *„das Artefakt so zu gestalten, wie die Natur sich ausdrückt. Dieser Wunsch bleibt im Bildlichen verhaftet […] Es ist bemerkenswert, wie mit dem wachsenden Verständnis des Organischen, dem Übergang von der Anatomie zur Physiologie und von der Physiologie zur Psychologie, zu den Neurowissenschaften und zur Molekularbiologie die organische Form bzw. das traditionelle Bild, das für das Organische steht, verschwindet und durch neue Metaphern ersetzt wird."*[796]

Die Sichtweise auf die Biologie passt sich neu gegebenen Entwicklungen an und unterzieht sich einer steten Rekonfiguration. So verspricht die zeitgenössische Biologie, in Bezug auf das digitale Entwerfen, das Bezwingen der Vergänglichkeit: alles wächst; alles ist prozesshaft; alles ist Gegenwart; es gibt nichts Endgültiges. Natürlich entstehen in letzter Instanz auch bei einem prozessorientierten Entwerfen Artefakte. Entscheidend ist der Vorteil, dass im Laufe des Prozesses, also solange der Prozess noch andauert, beliebige Möglichkeiten des Eingreifens, wie z.B. der Revision, der Veränderung oder der Umorientierung, gegeben sind. Die neue Facette, die durch die ewige Wiederkunft der Naturmimetik hinzugekommen ist, ist das Mitschwingen des Informellen. Allerdings fehlt es, durch die Vermischung mit biomorphem Vokabular und die

---

[794] Songtext *I put a spell on you* (1956) von Screamin' Jay Hawkins

[795] „Na, Schmetterlinge im Bauch? Wahrscheinlich nicht. Aber genau das sieht Ihr Computer, wenn er Ihnen eine Nachricht mit den Worten ‚Willst du mit mir gehen?' zeigt." Carim Soliman. „Nette Lampe, Lust auf ein Date?" in: *http://blog.zeit.de/teilchen/2015/07/15/online-dating-analog/*, abgerufen am 09.02.2016

[796] Krausse/Kraft/Taraz-Breinholt, 2002, S. 23

Anwendung prozesshafter Naturanalogien, an einer angemessenen Darstellung, die dem informellen Ansatz entsprechen könnte. Die Entscheidung, auf biologische Metaphern zurückzugreifen, lässt sich anhand zwei aufeinanderfolgender Entwicklungsschritte nachzeichnen, die seit den 1960er Jahren mit der Entsemantisierung der Information[797] beginnen.

Der erste Entwicklungsschritt ist an der Tätigkeit des Programmierens festzumachen, die den Mythos Natur zunächst entmythologisiert. Mythologie war als wesentliches Element einer ganzheitlichen Aneignung von Welt in der Vormoderne unverzichtbar. Sie half dem Menschen dabei, seinem Leben Sinn zu verleihen, eröffnete aber auch Zugang zu Dimensionen menschlichen Denkens, z.B. im Schöpfungsmythos, die ohne sie unzugänglich geblieben wären.[798] Verhalf die Natur der Architektur oftmals zu einer scheinbaren Sinnhaftigkeit, so eröffnet das Programmieren einen ganz neuen Zugang zu einer selbstbezüglichen und autonomen Sinnhaftigkeit. Jegliche mythische oder irrationale Vorstellung, die mit dem Mythos Natur verknüpft war, wird durch das Programmieren beseitigt, da es auf einem rein mathematischen Vorgehen ohne Referenz und Vorbild basiert.[799] Biologische Metaphern werden eigentlich nicht mehr benötigt. Durch das partielle Abgeben der Entwurfskontrolle an etwas Wesenloses, wie die Maschine bzw. den Computer und durch die damit verbundene Tatsache der geteilten Autorschaft entstehen neue Entwurfsmöglichkeiten, die trotzdem Unzufriedenheiten hervorrufen. Das digitale Entwerfen ist in einem ‚unfreien Modus' gefangen, denn wie kann der Computer von sich aus kreativ arbeiten oder radikale Neuheiten hervorbringen, wenn die Software, die er benutzt, selbst das Resultat von Programmierung ist?

Der zweite Entwicklungsschritt ist seit den 1990er Jahren festzumachen, in denen das digitale Entwerfen als Gegengewicht zur entmythologisierenden Tätigkeit des Programmierens fungiert, indem die Natur durch die Architektur re-metaphorisiert[800] bzw. re-mystifiziert wird. Die Animation des Anorganischen, die durch bestimmte Software ermöglicht wird, erinnert an einen magischen Vorgang. Eine Verzauberung neuen Typus ist zu beobachten und eine geheimnisvoll-magische Welt entsteht, die als eine Art *Neu-Romantik* der *Post-Postmoderne* bezeichnet werden könnte.

> *„A magical world is a world that tends to give precedence to myth over history. The ambiguity of the relation between digital architecture, digital city and historical time may very well be linked to the confused feeling that we have entered a new enchanted realm. In addition to all the mysteries that we are confronted to in our everyday use of computers and networks, so many journals and books entertain us with the miracles of the digital age […] that it is hard to resist the impression of magic."*[801]

---

[797] Vgl. Kapitel *II.2.2. Transformation des Informationsbegriffs*, S. 31

[798] Wilpert, S. 541 f., Stichwort ‚Mythos'

[799] Vgl. Kapitel *II.2.1. Was ist ein Code?*, S. 29 und vgl. Kapitel *II.2.2. Transformation des Informationsbegriffs*, S. 31

[800] Hans Blumenberg. *Schiffbruch mit Zuschauer*. Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1979, S. 98

[801] Picon, 2010, S. 216

Ein neues metaphysisches Weltbild hält Einzug in die Architektur und „das, was nach der Physik kommt“[802], ist die Biologie. Auch der österreichische Architekt Günter Feuerstein (*1925) stellt im Kontext von Cyberspace und Hybridisierung Anfang der 2000er Jahre das Wiederaufleben der Metaphysik in der Architektur fest:

> *„Der Kreis schließt sich, die perfekteste Technologie kippt in ihre scheinbare Gegenposition, in eine neue Metaphysik.“*[803]

Steht der frühe Biomorphismus durchaus mit Ansätzen des Prozesshaften in Verbindung, so hat sich dieser Aspekt im Laufe der Zeit verloren.[804] Es ist auffällig, dass der informelle Ansatz besonders durch all diejenigen Operationen fehlgeleitet wird, die das Biomorphe in ihrer reinen Bildhaftigkeit in den Vordergrund stellen. Dass das Biomorphe dabei in der Repräsentation eines amöbenhaften, amorphen und formlosen Objektes steckenbleibt, leistet ebenfalls der Mystik Vorschub, da „das Unpräzise den Werken einen rätselhaften oder ‚mystischen‘ Charakter verleiht. [...] ein Gefühl von etwas, das da ist, sich aber der Rationalisierung und Beschreibbarkeit entzieht, genauer: die Anwesenheit einer Kraft, einer Energie, die den Wandlungsprozess in Gang hält.“[805]

Ist das neue biologische Paradigma des *Digital Turn* letztlich nicht ein weiteres Beharren auf der ewig enttäuschenden Legitimierung des Architekturentwurfs durch die Natur? Ist es nicht möglich, von der Natur zu lernen, ohne organizistisch zu sein? Gibt es Möglichkeiten, dass die Essenz des Informellen wieder als Operation in Erscheinung treten und sich mit adäquaten Ergebnissen durchsetzen kann?

---

[802] Heinrich Schmidinger. *Metaphysik. Ein Grundkurs*. Kohlhammer, Stuttgart, 2000, S. 13

[803] Günther Feuerstein. *Biomorphic Architecture. Menschen- und Tiergestalten in der Architektur.* Edition Axel Menges, Stuttgart/London, 2002, S. 171 f.

[804] Vgl. Kapitel *II.3.3.3. Die biomorphe Gestalt*, S. 48

[805] Jennifer Mundy, zitiert bei Bartelsheim, 2015, S. 4

3. The Evolution of Paradoxes: Biological fallacy in architecture

Die Grundoperation des metaphysischen Denkens ist das Kausalprinzip von Ursache und Wirkung. Aus ihm entspringt im Prozess der Rationalisierung die Logik des *Entweder-Oder*, wodurch der Mensch durch Gegensätzlichkeiten Ordnung in seine Welt bringt wie z.B. gut und böse, schön und hässlich, bewusst und unbewusst.[806] Wenn die Gegensätzlichkeiten des *Entweder* und des *Oder* allerdings argumentativ in einem Punkt zusammenfallen, dann entsteht ein widersprüchliches Drittes, das als ein *Sowohl-Als-Auch* – niemand ist *entweder* gut *oder* böse, sondern er kann *sowohl* gut *als auch* böse sein – ein Paradox bildet.[807] Das Paradox fokussiert auf den Unterschied und zeigt zugleich „das Eine und sein Anderes". Das, „was sich ausschließt, ist – janusköpfig – auf frappante Weise zugleich verbunden."[808]

Es gibt drei Bedingungen, die ein Paradox ausmachen. Erstens ist es selbstbezogen wie z.B. ‚Dieser Satz enthält fünf Wörter.' Zweitens ist es widersprüchlich wie z.B. ein Hinweisschild mit der Aufschrift ‚Bitte dieses Hinweisschild nicht beachten!'. Drittens ist es zirkelhaft wie z.B. der Ausspruch von Groucho Marx ‚Ich mag keinem Club angehören, der mich als Mitglied aufnimmt.'[809] Das Paradox ist für Novalis „ein Satz, der schlechterdings keinen Frieden lässt, der immer anzieht und abstößt, immer von neuem unverständlich wird, so oft man ihn auch verstanden hat."[810]

Sainsbury betont, dass Paradoxien zwar einen gewissen Unterhaltungswert haben, aber stets auch ernst zu nehmen sind, weil sie wichtige Probleme aufdecken und zentrale Fragen aufwerfen.[811]

> *„Die Paradoxie […] setzt auf effektvolle Art zwei Größen in eine verblüffende, scheinbar widersinnige Beziehung, um einen mehr oder weniger verborgenen Sachverhalt ins Licht zu rücken (zu entschleiern)."*[812]

Paradoxien bilden die Basis eines „kreativen kategoriesprengenden Denkens"[813], das als „Waffe gegen Systembildung"[814] aufgefasst werden kann und als „Warn- und Wahrzeichen vor systematischen Begriffsverhärtungen schützt."[815] In etablierten Zeichen- und Wertsystemen

[806] Vgl. Paul Geyer. „Das Paradox: Historisch-systematische Grundlegung" in: Roland Hagenbüchle/Paul Geyer (Hrsg.) *Das Paradox. Eine Herausforderung des abendländischen Denkens*. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2002, S. 14 f.

[807] Ebd., S. 13

[808] Roland Hagenbüchle. „Was heisst ‚paradox'? Eine Standortbestimmung" in: Hagenbüchle/Geyer (Hrsg.), 2002, S. 39

[809] Patrick Hughes. Georges Brecht. *Die Scheinwelt des Paradoxons: Eine kommentierte Anthologie in Wort und Bild*. Springer-Verlag, Wien, 2013, S. 1–5

[810] Thomas Immoos. „Koan. Das Paradox als Weg zur Erleuchtung" in: Hagenbüchle/Geyer (Hrsg.), 2002, S. 663

[811] Vgl. R. M. Sainsbury. *Paradoxien*. Reclam, Stuttgart, 2000, S. 11

[812] Walter Bühlmann. Karl Scherer. *Stilfiguren der Bibel – Ein kleines Nachschlagewerk*. Biblische Beiträge 10, Schweizerisches Katholisches Bibelwerk, Fribourg, 1973, zitiert bei Heinrich F. Plett. „Das Paradoxon als rhetorische Kategorie" in: Hagenbüchle/Geyer (Hrsg.), 2002, S. 90

[813] Hagenbüchle, ebd., S. 27

[814] Henning Schröer. „Das Paradox als Kategorie systematischer Theologie." in: ebd., S. 61

[815] Geyer, ebd., S. 14

werden fest gefügte Bedeutungsgrenzen hinterfragt, verschoben und in ihrer Bedeutungsrelation umgeformt, um „Spielräume für Neues“[816] zu schaffen. Das kann dazu führen, dass die betroffenen Termini neu bestimmt werden müssen. Das Aufstellen und die Untersuchung von Paradoxien führte schon immer zu wichtigen Erkenntnisfortschritten in wissenschaftlichen Disziplinen wie z.B. *Hilberts Hotel*.[817] Friedrich Dürrenmatt (1921–1990) bringt es in seiner Komödie *Die Physiker* (1962) auf den Punkt:

> *„Wer dem Paradoxen gegenübersteht, setzt sich der Wirklichkeit aus.“*[818]

Die Wirklichkeit verbirgt sich allerdings hinter einem Schein, der je nach Ausmaß die verborgenen Wahrheiten unterschiedlich stark verhüllt und die Paradoxien in Graden auftreten lässt. „Je tief gehender die Paradoxie, desto kontroverser die Frage, wie auf sie zu antworten“[819] und wie sie zu enthüllen bzw. aufzulösen ist. Denn Paradoxien lassen in ihren Schlussfolgerungen mehrere Auflösungen zu, wie im folgenden Kalkül des *Digitales-Entwerfen-Paradox (DE-Paradox)* aufgezeigt wird:

P	A_1	Natur wird immer nachgeahmt.	das *biomorphe Resultat*
	A_2	Digitales Entwerfen ist wie Natur.	
	$\neg A_3$	Digitales Entwerfen ahmt nicht nach.	das *informelle Denken*
Q	$\square (A_{1,2} \square \neg A_3) \models Q$	Digitales Entwerfen ahmt nach. Digitales Entwerfen ahmt nicht nach.	Folgen der Vermischung

Die Prämissenmenge P enthält drei Aussagen $A_{1,\ 2,\ 3}$, in der es zwei Aussagen gibt, die zutreffen A_1/A_2 und eine, die nicht zutrifft $\neg A_3$. Dabei stehen A_1/A_2 für das *biomorphe Resultat* und $\neg A_3$ steht für das *informelle Denken*. Die Prämissenmenge bildet somit einen Widerspruch ($A_{1,\ 2} \square \neg A_3$) und steckt in einer Vermischung fest. In unserem Beispiel folgt daraus einerseits der Satz: „Digitales Entwerfen ahmt nach.“ (aus A_1 und A_2 herleitbar) und andererseits banalerweise aus der Prämissenmenge auch die Negation dieses Satzes: „Digitales Entwerfen ahmt nicht nach.“ (direkt aus $\neg A_3$ herleitbar). Diese zwei widersprechenden Aussagen lassen die Prämissenmenge

---

[816] Werner Stegmaier. „‚Philosophischer Idealismus‘ und die ‚Musik des Lebens‘ zu Nietzsches Umgang mit Paradoxien. Eine kontextuelle Interpretation des Aphorismus Nr. 372 der *Fröhlichen Wissenschaft*“ in: *Nietzsche-Studien 33. Internationales Jahrbuch für die Nietzsche-Forschung*. Walter de Gruyter, Berlin, 2004, S. 91

[817] „Der deutsche Mathematiker David Hilbert (1863–1943) veranschaulichte die paradoxe Natur der Unendlichkeit am verblüffenden Beispiel eines Hotels“ mit einer unendlichen Zahl an ankommenden Gästen, die alle untergebracht werden können. Vgl. Gary Hayden. Michael Picard. *Paradoxien. Von der Illusion bis zur Unendlichkeit: Vermeintliche Gegensätze*. Librero IBP, AB Kerkdriel, 2015, S. 82 f.

[818] Im Anhang zu Dürrenmatts *Die Physiker* finden sich die „21 Punkte zu den Physikern“: hier *Punkt Nr. 20*. Vgl. Roland Hagenbüchle. „Epilog“ in: Hagenbüchle/Geyer (Hrsg.), 2002, S. 670

[819] Sainsbury, 2000, S. 12

inkonsistent werden und ihr kann des Weiteren jede beliebige Aussage Q unabhängig von ihrer Wahrheit folgen.

Diese Art der Schlussfolgerung und der Konklusionsbildung nennt sich *ex contradictione (sequitur) quodlibet* (ECQ) (lat. *aus einem Widerspruch folgt Beliebiges*) bzw. *ex falso (sequitur) quodlibet* (EFQ) (lat. *aus Falschem folgt Beliebiges*), wenn die Prämissenmenge neben faktisch falschen Sätzen auch noch logisch falsche Sätze enthält.[820]

Es gibt nun zwei mögliche Strategien, wie mit dem *DE-Paradox* umgegangen werden kann. Zum einen ist es nicht möglich zu zeigen, dass eine der beiden Aussagen in der Konklusion nicht plausibel ist oder dass sich die Aussagen nicht widersprechen. Es gibt keine wirklich gute Auflösung. Beide sich widersprechenden Aussagen können demnach als plausibel und für wahr erklärt werden. Das *EFQ* mit der Konsequenz, dass jede beliebige Aussage folgt, gilt hier nicht bzw. muss nicht akzeptiert werden. Die sogenannte *parakonsistente Logik*[821] als Strategie greift allerdings zu kurz, da das Paradox „als schwammige Kategorie" einfach so stehen gelassen und nicht berücksichtigt wird. Auf diese Weise würde das Potenzial des Erkenntnisfortschritts verschenkt werden.[822]

Zum anderen kann das *EFQ* akzeptiert und nach einer ‚echten' Auflösung des Paradoxes gestrebt werden. Diese Strategie ist spannender und zahlt sich langfristig aus, da neue Einsichten in noch unbekannte Sachverhalte gewonnen oder vorhandene Begriffsbedeutungen vertieft und revidiert werden können und oft Erkenntnisfortschritte damit einhergehen. Allerdings lauern hier Fallstricke und es werden Fehlschlüsse gezogen, wie im dritten Kapitel mit der Untersuchung der *Kultur des Digitalen (1990–2015)* aufgezeigt wird. Immer wenn das *DE-Paradox* unmittelbar auf den Naturbezug hin aufgelöst wird, entsteht ein Fehlschluss (engl. *fallacy*). Das informelle Potenzial des digitalen Entwerfens wird negiert und die Architektur erliegt den Verlockungen des Organischen. So wird beim *ICD/ITKE Research Pavilion* (2014-15) von Achim Menges der Naturbezug medienwirksam mit der Unterwasser-Nestkonstruktion der Wasserspinne inszeniert. Durch das spinnenartige, biomorphe Aussehen des Pavillons wird diese Naturanalogie noch verstärkt und rückt publikumswirksam in den Vordergrund. Dass das Revolutionäre hier eigentlich der sensorgesteuerte *robotic fabrication*-Prozess ist, der mit ständigen Feedbacks in Echtzeit auf Veränderungen der Oberfläche reagieren kann, rückt in den Hintergrund.[823]

---

[820] Gregor Damschen. Dieter Schönecker. *Selbst philosophieren: Ein Methodenbuch*. De Gruyter, Berlin, 2013, S. 85 und R. M. Sainsbury. *Paradoxien*. Reclam, Stuttgart, 2000, S. 200 f.

[821] Vgl. Graham Priest. Koji Tanaka. „Paraconsistent Logic" in: Edward N. Zalta (Hrsg.). *Stanford Encyclopedia of Philosophy. http://plato.stanford.edu/entries/logic-paraconsistent/*, abgerufen am 14.02.2016, (ü.d.V. sinngemäß)

[822] Hagenbüchle, 2002, S. 670

[823] Auch steht die Fixierung auf das Material mit der Hinwendung zur Biologie im Mittelpunkt, wodurch ebenfalls ein Fehlschluss erzeugt wird. Vgl. Kapitel *III.8. Zusammenfassung,* S. 216

Das *DE-Paradox* wird durch weitere Entwicklungen des Naturbezugs und deren Fehlschluss zusätzlich verstärkt. In der Publikation *Hypernatural: Architecture's New Relationship with Nature* (2015) definieren Blaine Brownell und Marc Swackhamer *hypernatural* als einen Prozess, der nicht nur die Natur nachahmt, sondern mit der Natur das Prozesshafte in Technologie und Entwurf erweitern soll, indem die Grenze zwischen dem Natürlichen und dem Künstlichen vieldeutig und unbestimmt wird.

> *„Hypernatural is conventionally defined as a state of existing in nature or being that extends beyond ‚wild' nature, in which the boundary between the natural and the artificial is ambiguous and indeterminate."*[824]

Brownell und Swackhamer präsentieren eine internationale Sammlung von 42 Fallstudien, die neue Anwendungen in diesem schnell wachsenden Bereich aufzeigen, in denen sich *hypernature* als eigentliches Ziel der Evolution versteht und sich als *next nature* offenbaren möchte.[825] Diese aktuelle Publikation bestätigt, dass das informelle Denken offensichtlich nicht wirksam genug ist, da sich die Architektur ausschließlich in biomorpher Erscheinung präsentiert. Die Architektur legitimiert sich dadurch lediglich über das biomorphe Resultat, um medienwirksam in Erscheinung zu treten: *Nature sells!*

Wird, wie im zweiten Teil der Konklusion beschrieben, die Natur mit Mitteln der Architektur re-mystifiziert, so wird im Umkehrschluss die Architektur, insbesondere das digitale Entwerfen, mit Hilfe der Natur sogar „übertrumpft", d.h. sie wird als Teil eines größeren Zusammenhangs betrachtet, der ihr aber äußerlich ist.[826] Der Einsatz des Computers ermöglicht zwar formale Experimente im großen Stil, aber Computer an sich bürden dem Benutzer weder Formen auf noch besitzen sie ästhetische Präferenzen. Die kausale Verkettung der digitalen Technologien mit den komplexen Geometrien schlägt sich in biomorphen Resultaten nieder, die aus dem biologischen Fehlschluss gezogen wurden.

> *„The notion of a direct causal correspondence between digital technologies and complex geometries […] was built on a truism, but generalised into a fallacy. True, without computers some of those complex forms could not have been conceived, designed, measured, or built. However, computers per se do not impose shapes, nor do they articulate aesthetic preferences. One can use computers to design boxes or folds, indifferently."*[827]

---

[824] Blaine Brownell. Marc Swackhamer. *Hypernatural: Architecture's New Relationship with Nature*. Princeton Architectural Press, 2015, S. 17

[825] Ebd., S. 21 (ü.d.V. sinngemäß)

[826] Diese Formulierung beruht auf den Begriff der *Überminierung* (engl. ‚overmining') des amerikanischen Philosophen Graham Harman, bei der sich Objekte zum Beispiel durch einen Theorieüberbau legitimieren. Vgl. Graham Harman. *Vierfaches Objekt*. Merve, Berlin, 2015 und vgl. Markus Gabriel. *Sinn und Existenz: Eine realistische Ontologie*. Suhrkamp, Berlin, 2016

[827] Mario Carpo. „Ten Years of Folding" in: *Folding in Architecture*. AD, S. 16

Grundlage für diese kausale Verkettung bildet die Entdeckung der DNA, des genetischen Codes, im Jahr 1953.[828] Hier beginnt die Vermischung der informell-abstrakten und der symbolisch-bildhaften Codes. Die beiden Wissenschaftler J. D. Watson und F. H. Crick publizieren zum ersten Mal ihre Entdeckung der DNA in der naturwissenschaftlichen Zeitschrift *Nature* (1953).[829] In dem knapp einseitigen Aufsatz sticht die diagrammatische Skizze der DNA als Doppelhelix ins Auge. Die Zeichnung wurde von Odile Crick[830] angefertigt und zigfach veröffentlicht. Information (Schriftrepräsentation/Textcode) und Informationsträger (bildhafte Struktur) werden untrennbar verknüpft.[831] Für Lily E. Kay ist das textualisierte Genom aber keine natürliche Sprache: ihr fehlen „phonemische Merkmale, Semantik, Satzzeichen und intersymbolische Einschränkungen. [...] Von linguistischem und kryptologischem Standpunkt aus gesehen, ist der genetische Code kein Code: Er ist nur eine Tabelle mit Entsprechungen.“[832] Das ändert sich, als die Forscher anfangen, allmählich „den Informationsdiskurs mit seinen Tropen und Semiotiken in die Molekularbiologie“ zu überführen.[833] Die eigenständige Metapher ‚Das Buch des Lebens‘ taucht in der Literatur auf; sie erweckt den Eindruck, dass der DNA-Code „gelesen und editiert werden kann.“[834] Kay beschreibt, wie sich eine Episode aus dem *PBS*-Fernsehprogramm *Nova* mit dem Titel *Das Buch des Lebens entschlüsselt* (2001)[835] als eine Art Werbung für das *Human Genome Project*[836] als Schriftmission entwickelt. Darin nimmt ein freundlich wirkender Molekularbiologe im weißen Kittel einen Band dieses ‚Buch des Lebens‘ aus dem Regal[837], schlägt es auf und erklärt „wie sich genetische Druckfehler in den Sequenzen des DNA-Textes auffinden lassen.“[838] Der genetische Code symbolisiert bis heute die Entdeckung der biologischen Grundlage des Lebens. Die Vermischung von Information und Struktur des

---

[828] Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Bschir, 2010, S. 13–27

[829] J. D. Watson, F. H. Crick. „Molecular Structure of Nucleic Acids – A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid“. in: *Nature*, No. 4356, April 25, 1953, S. 737 f.

[830] Odile Crick ist die Frau des Naturwissenschaftlers F. H. Crick. Als Künstlerin war sie im Stande, die mathematischen Ergebnisse des Experiments zu abstrahieren und grafisch darzustellen. (engl.: „Francis can't draw, and I can't draw, and we need something done quick,“ Dr. Watson said. The drawing „showed the essence of the structure,“ he said. „And it became historically important, reproduced over and over.“ Mrs. Crick's sketch „has iconic importance beyond its scientific value; it came to symbolize man's discovery of the biological basis of life and evolution.“), Vgl. The New York Times: „Odile Crick, Who Drew Iconic Double Helix, Dies at 86“, *http://www.nytimes.com/2007/07/30/science/30crick.html?_r=0,* abgerufen am 25.08.2014

[831] Lily E. Kay. *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?* Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, Berlin, 2005, S. 15 ff.

[832] Ebd., S. 16 f.

[833] Ebd., S. 26

[834] Ebd., S. 15

[835] Engl. *Cracking the Code Of Life*. h*ttp://www.pbs.org/wgbh/nova/search/results/?q=Human+genome+project* und *https://www.youtube.com/watch?v=_IgSDVD4QEc*, abgerufen am 15.02.2016

[836] Vgl. Kapitel *III.5. Technische Optimierung in der 3. Phase: Evolutionäres Entwerfen (seit 2004)*, S. 133

[837] Diese Darstellung erscheint als extrem schlicht, denn die Information der 3,4 Mrd Basenpaare der DNA wurde in mehr als 100 Buchbände à 1000 Seiten in kleinstmöglicher Schriftgröße überführt. Vgl. ‚Medicine Now‘ Raum (Wellcome Collection, London), *https://wellcomecollection.org/search/Medicine%20Now*, abgerufen am 26.09.2016

[838] Kay, 2000, S. 15

genetischen Codes beginnt allerdings schon neun Jahre vor dessen offizieller Entdeckung mit Erwin Schrödingers Aufsatz *Was ist Leben?* (1944).[839]

> *„In diesen Chromosomen […] ist in einer Art Code das vollständige Muster der zukünftigen Entwicklung des Individuums und seines Funktionierens im Reifezustand enthalten. Jeder vollständige Chromosomensatz enthält den ganzen Code. […] Wenn wir die Struktur der Chromosomen einen Code nennen, so meinen wir damit, daß ein alles durchdringender Geist, dem jegliche kausale Beziehung sofort offenbar wäre – wie Laplace ihn sich einmal vorgestellt hat –, aus dieser Struktur voraussagen könnte, ob das Ei sich unter geeigneten Bedingungen zu einem schwarzen Hahn, einem gefleckten Huhn, zu einer Fliege oder Maispflanze, einer Alpenrose, einem Käfer, einer Maus oder zu einem Weibe entwickeln werde.“*[840]

Laut Bschir illustriert diese Textpassage die Veränderung, die mit der Biologie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts begann. Der Genotyp und nicht mehr der Phänotyp bestimmte zusehends das Erbbild eines Organismus. Der Genotyp beschreibt die exakte genetische Ausstattung, die im Zellkern vorhanden ist; diese bestimmt seinen morphologischen und physiologischen Phänotyp. Bschir hält fest: „wenn allerdings biologische ‚Information' als Formfaktor aufgefasst wird, so bedingt diese Redeweise [...], dass es auch so etwas wie ein *Speichermedium* geben muss, auf welchem die Information materiell eingeprägt ist.[841]

Die Übertragung der Doppelhelixstruktur auf die Architektur lässt nicht lange auf sich warten, was in den folgenden drei Beispielen verdeutlicht wird. Acht Jahre nachdem im *Nature*-Magazin erstmals das Doppelhelixmodell der DNA abgebildet worden war, entwarf Kisho Kurokawa mit *Helix City* (1961) seine erste Megastruktur als ein Konzept für Tokio. Jede der Spiralen, die mit einem neuen Schnellstraßensystem untereinander verbunden sind, bietet Platz für etwa 10.000 Menschen.[842] Kurokawas Entwurf soll zum einen Antwort auf die große Knappheit an Bebauungsfläche in Japan geben und sich zum anderen, durch die Anlehnung der Gebäudestruktur an die Doppelhelix, auf die Prinzipien des Lebens berufen. Stellt man das Modellfoto der DNA-Struktur, wie sie Crick und Watson seinerzeit gebaut haben, dem *City Tower*-Modell von Louis Kahn und Anne Tyng gegenüber, ist eine gewisse strukturelle Übereinstimmung nicht von der Hand zu weisen. In den späten 1950er Jahren für die Stadt Philadelphia entworfen, sieht das Projekt die Entwicklung eines neuen Bürogebäudetypus vor, bei dem die strukturelle Basis auf einer Tetrahedron-Struktur aufgebaut ist. Für Kahn ist der *City*

---

[839] Schrödingers Aufsatz enthält den Untertitel „Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet", woraus deutlich wird, dass es bei seiner Frage „Was ist Leben?" darum geht, ob Leben aus den Gesetzen der Physik erklärt werden kann. Vgl. Erwin Schrödinger. *Was ist Leben?* Cambridge University Press, Cambridge, 1944 und Antonio Lazcano. „What is life? A brief historical overview" in: *Chemistry & Biodiversity* – Vol. 5, 2008 und J. H. van Hateren. „A new criterion for demarcating life from non-life" in: *Orig Life Evol Biosph (2013)*, 43: 491–500, Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013, published online 9 January 2014

[840] Erwin Schrödinger. *Was ist Leben?* Dt. Ausgabe, R. Piper, München, 1987, S. 40 f.

[841] Bschir, 2010, S. 19

[842] *http://www.spiegel.de/fotostrecke/japanische-baubewegung-fotostrecke-107263-8.html*, abgerufen am 30.08.2014

Tower Ausdruck einer klaren Struktur.[843] Eine Übertragung der DNA-Struktur im kleinen Maßstab stellt der Aussichtsturm *DNA Tower* (1966) im Stadtpark der australischen Stadt Perth dar, der die Doppelhelix im Namen als auch in der Struktur direkt abbildet.[844]

In der Vermischung von informellem Denken und biomorphem Resultat kann unmittelbar von der Natur zum Gebäude gesprungen werden. Für Vidler ist dies vorstellbar, da das „Resultat des Digitalen [...] alle Phänomene auf ein und denselben Code reduziert oder mit Hilfe ein und desselben Codes kartiert – Ketten aus Nullen und Einsen, die buchstäblich alles auf die gleiche neutrale Art erfassen: vom menschlichen Genom bis zu Bauwerken."[845] Dies führt besonders seit den 1990er Jahren zu einem Omnipotenzanspruch und einem Machbarkeitswahn der „schöpferisch" tätigen Architekten.

> *„Wo der ‚genetische Code' seine Anführungszeichen verliert, beginnt das ‚Gott spielen'."*[846]

Die Entstehung von Fehlschlüssen in der Architektur wird schon 1914 vom englischen Architekturhistoriker Geoffrey Scott (1884–1929) in seinem Buch *The Architecture of Humanism. A Study in the History of Taste* in Bezug auf die Geschichtsschreibung der Disziplin thematisiert. Darin stellt er vier Fehlschlüsse vor: „The Romantic Fallacy", „The Mechanical Fallacy", „The Ethical Fallacy" und „The Biological Fallacy", auf die die Architektur der postbarocken Ära verfallen sei. Scott spürt Beispiele auf, bei denen Konzepte aus anderen Disziplinen auf die Architektur transferiert werden und es dadurch zu einem Fehlschluss kommt. Im Kapitel „The Biological Fallacy" lehnt er die Verknüpfung von Architektur und Natur radikal ab. Am Beispiel der Evolutionstheorie macht er deutlich, wie die Entwicklungslogik eines evolutionären Lebenszyklus, wie Geburt, Reife und Verfall, benutzt und auf das Geborenwerden, das Reifen und das Verfallen von Arten oder Stilen in der Architektur übertragen wird. Der größere Theorierahmen gaukelt, fern jeglicher Autonomie oder Selbstreferenz, zusätzlich eine moralische Überlegenheit vor und hebt die Legitimation des Entwurfs auf eine höhere und unantastbarere Ebene.[847] Etwaige individuelle Unterschiede werden aus der Perspektive der Gesamtentwicklung geglättet und lediglich dazu verwendet, die Entwicklung einer Phase zu veranschaulichen.

> *„This sequence of three terms – growth, maturity, decay – is the sequence of life as we see it in the organic world, and as we know it in ourselves. This perfect image of the life of man – why should we look to find it in the history of architecture? […] But this precisely was the fallacy of evolution. The values of art do not lie in the sequence but in the individual terms. To Brunelleschi there was no Bramante; his architecture was not Bramante's unachieved, but his own fulfilled."*[848]

---

[843] *http://architectuul.com/architecture/city-tower*, abgerufen am 26.09.2016

[844] *http://www.lifeonperth.com/bigstaircase.htm*, abgerufen am 26.09.2016

[845] Anthony Vidler. „Digitaler Animismus." in: *ARCH+ Nr. 159/160*, 2002, S. 114 f.

[846] James Watson, zitiert nach Christoph Türcke. *Vom Kainszeichen zum genetischen Code. Kritische Theorie der Schrift*. C.H. Beck, München, 2005, S. 234

[847] Vgl. Hanno-Walter Kruft. *Geschichte der Architekturtheorie*. C.H.Beck, 1991, S. 395

[848] Geoffrey Scott. *The Architecture of Humanism. A Study in the History of Taste*. Houghton Mifflin Company,

Der englische Architekt Philip Steadman (*1942) thematisiert in seinem Buch *The Evolution of Designs: Biological analogy in architecture and the applied arts* (1979/2008) die Schwierigkeiten für die Architektur, die mit biologischen Analogien einhergehen:

> *„The trouble with biological analogy in architecture in the past is that much of it has been of a superficial picture-book sort: ‚artistic' photos of the wonders of nature through a microscope, juxtaposed with buildings or the products of industrial design."*[849]

Steadman bezieht sich ebenfalls auf Scott. Für ihn enthält Scotts Kritik an der Übertragung der Evolutionstheorie auf die Architektur allerdings nur eine Facette ihres zentralen Fehlschlusses. Für Steadman besteht dieser in der unpassenden Vermischung von darwinistischen Vorgängen mit lamarckschen Charakteristiken: das Problem beginnt, wenn die Vererbung von Materialeigenschaften mit der Überlieferung von Kulturen bzw. Stilen auf unzulässige Weise gleichgesetzt wird. Die Entwicklung und Vererbung von biologischen Organismen hat nichts mit der menschlichen Produktion und Überlieferung von Artefakten zu tun.[850] Nichtsdestotrotz sieht Steadman in diesem Fehlschluss auch das Potenzial von Erkenntnisfortschritten und formuliert in Anlehnung an J.T. Bonners Essay *Analogies in Biology*:

> *„The conclusion […] is that though analogies are certain hazardous […] at the same time, if made with sufficient care, watching always for where the analogy breaks down, they can be a most fertile source of new ideas and knowledge."*[851]

In der Neuauflage von 2008 fügt Steadman ein 34 Seiten umfassendes Nachwort hinzu, das die Relevanz neuer biologischer Analogien seit den 1980er Jahren darstellt, wie z.B. genetische Algorithmen, evolutionäres Entwerfen und andere Programmiertechniken. Darin fasst er die bis dato vorhandenen Hauptaspekte aktueller biologischer Analogien zusammen und listet diese mit Referenzen zu weiterführenden Büchern auf. Diese Auflistung gibt einen guten Überblick über die jüngsten Entwicklungen des digitalen Entwerfens in Bezug auf biologische Analogien.

Diese Arbeit überführt und erweitert Steadmans Ansätze zu den biologischen Analogien in Kunst und Architektur in eine aktuelle Untersuchung des *Digital Turn* in der Architektur, bei der das Aufzeigen von Paradoxien im Mittelpunkt steht. Es wird deutlich, wie die biologischen Fehlschlüsse das digitale Entwerfen in seinen Potenzialen limitiert hat und der aktuelle Architekturdiskurs in einer Sackgasse feststeckt.

Boston and New York, 1914, S. 175 f.

[849] Steadman, 1979/2008, S. 6

[850] Ebd., S. 5

[851] Ebd., S. 6

V. Ausblick: Der Digital Turn ist tot, es lebe der Digital Turn!

1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)

Die drei Teile der Konklusion fassen die paradoxen Entwicklungen des *Digital Turn* in der Architektur zusammen und eröffnen eine breite Sicht auf ihre Rahmenbedingungen. In den folgenden zwei Teilen steht nun die Frage im Zentrum, ob und wie das *DE-Paradox* anders aufgelöst werden kann. Wo befinden wir uns nach 25 Jahren *Digital Turn*? Gibt es einen Ausweg, so dass das informelle Denken nicht auf biomorphe Resultate ausweicht, sondern selbstreferentiell darin enthaltene Potenziale nutzen kann? Welche Konsequenzen hat dies für die Architektur?

Seit Beginn des *Digital Turn* Anfang der 1990er Jahre steht der Begriff ‚digital' in der Architektur für das Experimentelle und das Neue. Das Digitale wird vielfach mit einem Fortschrittsglauben verbunden, der sich heute allerdings hauptsächlich in technologischen Neuerungen erschöpft.[852] Nicholas Negroponte verdeutlicht die neue Macht des Digitalen in seinem Buch *Being Digital* (1995) und macht dies anhand der globalen Auswirkungen der digital-vernetzten Lebenswelt deutlich. Laut Herwig steht „im Kern von Negropontes Thesen zum digitalen Leben die Frage der Kontrolle im Sinne von Kontrollierbarkeit: Durch Digitalität [...] wird alles disponibel, in seine Einzelteile zerlegbar und damit beliebig gestaltbar und dank digitaler Netze überall und jederzeit unbegrenzt verfügbar."[853] Im Lauf der Jahre haben sich die Grenzen zwischen den Begriffen ‚digital' und ‚analog' sowie ‚virtuell' und ‚physisch' aufgelöst und stehen heute nicht mehr in einem gegensätzlichen Verhältnis zueinander. Das Digitale ist komplett in das alltägliche Leben eingebettet. Diese Entwicklung des Digitalen sieht Negroponte ebenfalls voraus und stellt 1998 in seiner letzten Kolumne im *Wired*-Magazin eher ernüchtert das Ende der digitalen Revolution fest:

> *„Like air and drinking water, being digital will be noticed only by its absence, not its presence. […] Computers will be a sweeping yet invisible part of our everyday lives: We'll live in them, wear them, even eat them. A computer a day will keep the doctor away. […] Terabit access, petahertz processors, planetary networks, and disk drives on the heads of pins will be … they'll just be. Face it – the Digital Revolution is over."*[854]

Das bedeutet aber „nicht das Ende der digitalen Ära, sondern einen Zustand der andauernden Auseinandersetzung mit dieser und deren Folgen"[855]: die postdigitale Ära beginnt.

---

[852] Vgl. Kapitel *III.7. Materialeigenschaft in der 5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)*, S. 193

[853] Jana Herwig. „Postdigitaler Vordenker oder digitaler Antagonist? Zu Nicholas Negropontes Entwurf des Digitalen." in: Daniel Kulle/Cornelia Lund/Oliver Schmidt/David Ziegenhagen (Hrsg.) *Post-digital Culture*. S. 3, *www.post-digital-culture.org/herwig*, abgerufen am 24.03.2016

[854] Nicholas Negroponte. „Beyond Digital" in: *Wired*. 6/12, Dezember 1998, *www.wired.com/1998/12/negroponte-55/*, abgerufen am 24.03.2016

[855] Herwig, S. 1

In den letzten Jahren hat ein weiterer Begriff an Bedeutung gewonnen: *Big Data*. Mit diesem Begriff ist der Umfang aller digitaler Daten gemeint, die im Internet generiert, gespeichert und verarbeitet werden. Dabei entstehen große und komplexe Datasets im Petabyte-Bereich:

1) *Big Transaction Data*: Transaktionsdaten, die im Rahmen von Geschäftsprozessen anfallen, nehmen massiv zu.
2) *Big Interaction Data*: Interaktionsdaten, die durch Sensortechnologie (RFID), GPS, Anrufprotokolle und soziale Netzwerke (wie z.B. *Facebook* und *Twitter*) gesammelt werden, vermehren sich explosionsartig.
3) *Big Data Processing*: hochskalierbare und verteilt arbeitende Software (*Apache Hadoop* von *Java* und *MapReduce* von *Google*) ermöglichen neue intensive Rechenprozesse.[856]

Ungeachtet des Inhalts und der Bedeutung analysieren *Big-Data-Algorithmen* alle existierenden Daten, die zu einer Fragestellung vorhanden sind. Bei der Auswertung des Prozesses werden oftmals neue Zusammenhänge gefunden oder unerwartete Zukunftsprognosen abgeleitet, auf die sonst kein Mensch von allein gekommen wäre.[857] Diese Informationen nehmen an Wert zu, da sie wirtschaftlich gewinnbringend genutzt werden können. Datasets werden „als Produkte betrachtet, die Teile von Wertschöpfungsketten werden. Daten werden nicht verbraucht wie Lebensmittel, sondern lassen sich wie Rohstoffe in unterschiedlicher Weise transformieren, kombinieren und recyceln, um damit immer wieder neue Geschäftsmodelle zu verbinden."[858]

Im digitalen Entwerfen ist der Einfluss von *Big Data* als Basis von digitalen Simulationstechniken sichtbar. Waren es zu Beginn des *Digital Turn* die Freiformkurven, sogenannte Splines, die die Formgenerierung auch für Nichtspezialisten zugänglich machten[859], so können heute mittels digitaler Verfahren intuitiv und ohne Abstraktion komplexe quantitative Phänomene wie z.B. materieller Widerstand oder thermisches Verhalten simuliert werden. Diese Vorgehensweise ähnelt einem „Design by making", der Arbeit eines traditionellen Handwerkers: er ist weder Ingenieur noch Architekt; weder berechnet noch entwirft er. Der Handwerker lernt aus den Erfahrungen, die er mit der Fertigung des Objekts in vielen Wiederholungen sammelt.[860] Heute arbeitet der Designer in der gleichen Weise, kommt allerdings zu einer fast unendlichen Vielfalt an Ergebnissen:

> *„Dank digitaler Simulation kann heutzutage ein Designer auf dem Bildschirm in einer Minute mehr Objekte erzeugen und zerstören als ein traditioneller Handwerker im Laufe seines ganzen Lebens."*[861]

---

[856] Vgl. Klaus Mainzer. *Die Berechnung der Welt. Von der Weltformel zu Big Data*. C.H. Beck, München, 2014, S. 233 f.
[857] Vgl. ebd., S. 235
[858] Ebd., S. 238
[859] Vgl. Kapitel *III.3. Körperbildung in der 1. Phase: Blob-Architektur (1990–1998),* S. 78
[860] Vgl. Carpo. *GAM. 10,* 2014, S. 110
[861] Ebd.

Nicht mehr die analytische Berechnung, sondern die Methode der simulierten Wiederholungen nach dem Trial-and-Error-Prinzip optimiert die Konstruktion:

> *„Designers can use a similar data-driven, ‚dumb' approach to test complex quantitive phenomena (structural design, energy performance, patterns of use and occupation) without the need to interpret them through cause-and-effect, deterministic rules or models. This means that design choices that used to be based on analytic calculations can now be made by trial and error, or even by intuition."*[862]

Im digitalen Entwerfen stehen nun nicht mehr künstlerische/qualitative, sondern performative/quantitative Kriterien im Vordergrund, die Unbestimmtheit im Entwurfsprozess entstehen lassen. Es ist zum ersten Mal technologisch möglich, Simulationen in Echtzeit ablaufen zu lassen und sofortiges Feedback von Systemen zu erhalten, da Hardware und Software eine ausreichende Kapazität zur Verfügung haben.[863] Die Frage nach der Rolle der Gestaltung stellt sich dabei gar nicht mehr, da es die digitalen Metasysteme sind, die Systeme zusammenbringen und Formen entstehen lassen. Die Übertragung bestimmter Aufgaben an den Computer führt des Weiteren zur Frage der Autorschaft, die Carpo bereits in seinem Buch *The Alphabet and the Algorithm* (2011) thematisiert hat[864] und in seinem Artikel *Digitale Phänomenologien. Von postmoderner Unbestimmtheit zu Big Data und Kalkulation* (2014) fortführt:

> *„Was geschieht, wenn Designer beschließen, die beispiellosen Möglichkeiten der digitalen Verfahren zu nutzen, um einige der Entwurfsentscheidungen an andere, an viele, an größere Gruppen oder den Zufall zu delegieren?"*[865]

Indem das *DE-Paradox* unmittelbar auf den Naturbezug hin aufgelöst wird – die Architektur dabei also den Verlockungen des Organischen erliegt –, wird durch diesen Fehlschluss das informelle Potenzial des digitalen Entwerfens immer wieder negiert.[866] Die Unbestimmtheit im Entwurfsprozess kann, wenn diese als Werkzeug eingesetzt wird, neue Entwurfsmöglichkeiten entstehen lassen, durch die das *DE-Paradox* anders aufgelöst wird. Das informelle Potenzial des digitalen Entwerfens limitiert sich nicht mehr auf das biomorphe Resultat, sondern wird neu ausgeschöpft. Aber wie kann die Unbestimmtheit als Werkzeug eingesetzt werden, wenn der Computer und die Software, die dieser benutzt, selbst das Resultat von Programmierung ist? Gibt es Übergänge von einem ‚unfreien Modus' in einen ‚freien Modus'?[867]

Im Folgenden wird eine neue Phase des *Digital Turn* vorgeschlagen, die diesen neu bewertet und Grundlage für eine damit einhergehende zeitgemäße architekturtheoretische Einordnung im letzten Kapitel ist: *Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012).*

---

[862] Mario Carpo. *Breaking the Curve.* Artforum International Magazine, New York, February, 2014, S. 172 f.
[863] Vgl. Kapitel *III.7.3.1. declassifying vs. topology optimization und material computation*, S. 206
[864] Vgl. Kapitel *III.5.3.2. automating vs. evolving und growing*, S. 152
[865] Carpo. *GAM. 10,* 2014, S. 102
[866] Vgl. Kapitel *IV.3. The Evolution of Paradoxes: Biological fallacy in architecture*, S. 231
[867] Vgl. Kapitel *IV.2. Vers une Métaphysique nouvelle*, S. 228

6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)		
postdigitale Operation	**Architekt**	**Philosoph**
▪ *crowdsourcing* ▫ *wikis* ▫ *open source*	▪ Kas Oosterhuis ▪ Carlo Ratti ▪ Oliver Tessmann	▪ Eric S. Raymond (*1957) ▪ Giorgio Agamben (*1942) ▪ Kim Cascone (*1955) ▪ Nicholas Negroponte (*1943) ▪ Manuel DeLanda (*1952)
▪ *aleatorics* ▫ *degrees of freedom* ▫ *error*	▪ Michael Hansmeyer ▪ Benjamin Dillenburger ▪ Kei'ichi Irié	

Der Begriff ‚postdigital' entstammt aus Diskursen der Musik- und der Kunstszene und wurde durch Kim Cascone (*1955), einen Komponisten elektronischer Musik, in seinem wegweisenden Artikel *The Aesthetics of Failure* (2000) etabliert, in dem er sich auf die Überschriften in Negropontes Kolumne *Beyond Digital* (1998) bezieht:

> *„Being global – Being big and small – Being prime – Being equal – Being unterritorial."*[868]

Cascone kritisiert, dass weichgespülte digitale Massenware in Gigabyte-Größe auf den Markt geworfen wird und dabei wenig Interesse am Komponisten selbst besteht.[869] Er reagiert auf diese Tatsache mit der Verwendung von digitalen Störsignalen und systemischen Fehlbedienungen im Rahmen postdigitaler Komposition, die der Beliebigkeit der Ausdrucksweise entgegenwirken und wieder die individuelle Handschrift des Komponisten etablieren. Vierzehn Jahre nach Cascone versucht der Literaturwissenschaftler Florian Cramer in seinem Artikel *What is ‚Post-digital'?* (2014) das Postdigitale aus aktueller Sicht zu definieren. Er nennt dabei fünf Gesichtspunkte: digitale Informationssysteme sind angesichts des NSA-Überwachungsskandals entzaubert; die sterile Ästhetik von digitalem ‚High-Tech' wird abgelehnt; der ‚Glitch', ein zufälliger Fehler, wird als Ausdrucksmittel entdeckt; ‚digital low quality' wie z.B. MP3-Sound wird abgelehnt bei gleichzeitigem Wiederaufleben ‚alter Medien' wie z.B. Vinyl-Sound.[870]

Was bedeutet das Postdigitale nun für die Architektur? Kann es auf die Architektur übertragen werden? Und was kann es für sie leisten? Die Architektur hinkt in ihren Entwicklungsschritten oftmals der Kunst und der Musik hinterher, die gesellschaftliche Veränderungen seismografisch anzeigen und schneller darauf reagieren. So werden Themen, die schon Jahrzehnte zuvor in der Kunst abgehandelt sind, in der Architektur erst viel später aufgegriffen oder Parallelen dazu gezogen, wie diese Arbeit, mit der vergleichenden Gegenüberstellung von digitalem Entwerfen und informeller Kunst, ein weiteres Mal

[868] Negroponte, 1998

[869] Originalfassung: *„With electronic commerce now a natural part of the business fabric [...] cranking out digital fluff by the gigabyte, the medium of digital technology holds less fascination for composers in and of itself."* Kim Cascone. *The Aesthetics of Failure: „Post-Digital" Tendencies in Contemporary Computer Music*. Computer Music Journal, Winter 2000, Vol. 24, No. 4, S. 12–18, hier S. 12, posted online: 13.03.2006, *http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/014892600559489#.VvQED4zhC2x*, abgerufen am 24.03.2016

[870] Cramer, referiert bei Herwig, S. 1

verdeutlicht.[871] In der Musik und der Kunst wurden längst Ausdrucksmöglichkeiten gefunden, um auf die postdigitalen Entwicklungen zu antworten, wohingegen die Architektur am Anfang einer solchen Entwicklung steht.

Einer der ersten, der von der Existenz des Postdigitalen in der Architektur spricht, ist der Architekt Neil Spiller. In seinem Artikel *Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture* (2009) beschreibt er, wie sich in der Architektur unterschiedliche digitale Komponenten vermischen. Diese stehen der realen Welt nicht mehr konträr gegenüber, sondern sind in sie eingebettet.

> *„First, it is important to stress that ‚post-digital architecture' is not an architecture without any digital component. Indeed it is an architecture that is very much a synthesis between the virtual, the actual, the biological, the cyborgian, the augmented and the mixed. It is impossible, anymore, to talk of digital architecture as a binary opposition to normal real-world architecture. Cyberspace has insidiously insinuated itself into our existence, at every scale and at every turn."*[872]

Erst seit 2012 befassen sich Entwurfstudios und Seminare mit dem Thema ‚postdigital' wie z.B. die *Cornell University – College of Architecture, Art, and Planning* (Ithaca, New York) mit *Postdigital Formalisms* (2014), einer postdigitalen Enzyklopädie archaischer Formen, oder die *Yale School of Architecture* (New Haven, Connecticut) mit *Assembly* (2012), postdigitalen Entwürfen von Pavillons für das *International Festival of Arts and Ideas* in New Haven. Eine der wenigen Publikationen zum Thema ist das Buch *Postdigital Artisans* (2012). Hier werden Objekte gezeigt, die von Künstlern per Hand erstellt wurden und gleichzeitig sich das Digitale einverleibt haben. So erfindet der Künstler Faig Ahmed den Teppich neu, indem er zu Beginn des Arbeitsprozesses das *Wischfinger-Werkzeug* und den *Verflüssigen-Filter* aus *Photoshop* für den Entwurf einsetzt, um in der Ausführung die digitale Ästhetik in die uralte Tradition des Teppichwebens einzuführen.[873] Des Weiteren gab es im New Yorker *Museum of Art and Design* die Ausstellung *Out of Hand: Materializing the Postdigital* (2013)[874], in der über 80 internationale Künstler, Architekten und Designer in ihren Arbeiten die Auswirkungen der digitalen Fertigung auf den künstlerischen Ausdruck untersuchten, wie z.B. das *Articulated 3D-Printed Gown* (2013). Dieses Kleid für die Burlesque-Tänzerin Dita Von Teese entstammt aus einer Zusammenarbeit des Modedesigners Michael Schmidt mit dem Architekten Francis Bitonti. Mit Hilfe des generativen

---

[871] Ein weiteres Beispiel: „Der *Dadaismus* (1916–1922) in der Kunst [z.B. der *Merzbau* (1923) v. Kurt Schwitters (1887–1948)] kann durchaus als eine bauliche Entsprechung zum *Dekonstruktivismus* (1977–1990) in der Architektur [z.B. die *Gehry Residence* (1977) v. Frank Gehry (*1929)] gelesen werden." Gert Kähler. *Dekonstruktion? Dekonstruktivismus? Aufbruch ins Chaos oder neues Bild der Welt*. Bd. 90, Bauwelt Fundamente, Birkhäuser, 2000, S. 89

[872] Neil Spiller. „Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture" in: *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*. Volume 7, Number 2, Intellect Ltd, 2009, S. 95 f.

[873] Jonathan Openshaw (Hrsg.). *Postdigital Artisans: Craftsmanship with a New Aesthetic in Fashion, Art, Design and Architecture*. Frame Publishers. 2012, S. 170–173 (ü.d.V. sinngemäß)

[874] *http://madmuseum.org/exhibition/out-hand*, abgerufen am 27.09.2016

Fertigungsverfahrens *Selektives Lasersintern* (SLS)[875] wurde ihr das bodenlange Nylonkleid auf den Leib „gedruckt". Es ist ein Beispiel dafür, dass benutzbare Objekte entstehen, die jeweils Anforderungen an bestimmte Maßstäbe erfüllen können. Der italienische Philosoph Giorgio Agamben (*1942) sieht im kreativen Umgang mit dem Computer ein ‚Mehr mit den Dingen'-Tun als ein ‚Über die Dinge'-Denken. Den Unterschied zwischen digitalem und postdigitalem Zeitalter sieht Agamben darin, dass der Computer zunächst den Menschen zu verlockenden, aber auch problematischen Prothesen verholfen habe, jedoch erst das postdigitale Zeitalter Möglichkeiten hervorbringe, diesen technischen Fortschritt zu verstehen.[876] Bereits in den 1960er und 1970er Jahren waren die Architekten vor die Aufgabe gestellt, viel komplexere Entwurfsthematiken zu behandeln, als es sie in der Vergangenheit gegeben hatte. Als Folge davon hielten der Computer bzw. die computerbezogenen Wissenschaften wie die Kybernetik, die Künstliche Intelligenz und die Informationsästhetik Einzug in die Architektur.[877]

Die Beziehung zwischen den absichtsvollen Handlungen eines Computers mit seinen einfachen Algorithmusregeln und den unbestimmten Handlungen von Lebewesen mit ihren unkontrollierbaren Verhaltensmustern ist die Thematik des Experimentes, das Nicholas Negroponte in der *Seek-Installation* (1970)[878] untersucht. In der Versuchsanordnung lebt in einer Glasbox eine Gruppe von Wüstenrennmäusen, deren Umwelt aus vielen kleinen Würfeln besteht. Ein computergesteuerter mechanischer Kranarm, dem die ursprüngliche Lageposition der Würfel als mentale Karte eingeschrieben ist, muss sicherstellen, dass die Würfel immer wieder in die ursprüngliche Ordnung gebracht werden. Das ist ein schwieriges Unterfangen, da die Wüstenrennmäuse die Würfel beliebig umstoßen oder verschieben. Der Computer kann dies nicht vorhersagen und befindet sich in einem ständigen Korrekturprozess (*Feedback Loops*), als dessen Voraussetzung er die aktuelle Würfelkonfiguration erkennen muss. Im Laufe der Zeit sollte der Kranarm durch viele Variationen lernen, zukünftige Verhaltensmuster der Wüstenrennmäuse vorherzusagen, und die Lage der Würfel selbstorganisierend nach den Bedürfnissen der Mäuse regeln. Schlussendlich war es so, dass allein die Wüstenrennmäuse gelernt hatten, sich auf ihre sich ständig ändernde Umgebung einzustellen, der Roboterarm aber nicht.

Der britische Architekt Cedric Price (1934–2003) hat als erster schon in den 1960er Jahren versucht, die Unbestimmtheit in die Architektur zu integrieren. Seit 1961 beschäftigt sich Price mit der Informationstechnologie. Sie begeistert ihn, wenn sie gewisse Kriterien erfüllt wie z.B., dass sie nicht konventionell ist, sondern etwas Neues entwickelt, das dann der anfangs

---

[875] Vgl. Kapitel *III.7.3.1. declassifying vs. topology optimization und material computation*, S. 206

[876] Giorgio Agamben. *What is a Paradigm*. Vortrag *European Graduate School*, veröffentlicht als Videovortrag, 2002, (ü.d.V. sinngemäß)

[877] Vgl. Kapitel *II.2.2.2. Informationsästhetik in den 1960er Jahren*, S. 34

[878] Die Erläuterung des Experiments folgt: *https://openarchitectures.com/2011/10/27/an-interview-with-nicholas-negroponte/*, abgerufen am 27.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

gegebenen Fragestellung angemessen ist. Damit soll sie Teil einer kritischen architektonischen Debatte werden. Für den Entwurf des *Fun Palace* (1961) von Cedric Price und Joan Littlewood entwickelt der Kybernetiker Gordon Pask (1928–1996) die *Random Number Machine* (1963), eine Maschine, die zufällige Nummern generieren kann und so die Unbestimmtheit als Parameter in den Entwurf einführt.

> *„It is surprisingly difficult to randomise with one's own brain – try and think of 45 random numbers…randomly."*[879]

Prices *Generator Projekt* (1976–1979)[880] geht noch einen Schritt weiter, um Momente der Unbestimmtheit in einen größeren Maßstab innerhalb des Gebäudes zu integrieren. Der *Generator* ist der Entwurf eines *Retreat- and Activity-Center* im Norden Floridas in der White Oak Plantation. Die Gebäudestruktur besteht, ähnlich wie bei der *Seek-Installation*, aus 150 laminierten Holzwürfeln mit einer Größe von 4 mal 4 Metern, die auf Adaptionsbeinen aus Stahl gestellt und durch einen mobilen Kran unterschiedlich kombinierbar sind: rechtwinklig oder diagonal, unter Verwendung von Wänden, Schirmpaneelen oder Laufstegen. Die verschiedenen Kombinationen werden von den Besuchern durch ein Computerprogramm konfiguriert und schließlich ausgeführt. Die ersten Konfigurationen erstellte Price zum einen mit Hilfe eines Fragenkatalogs, der den Besuchern im Vorfeld gegeben wurde, und zum anderen mit der Sammlung von Daten zu Infrastruktur, öffentlichen und privaten Bereichen, die dann durch ein kleines Spiel, das *Three Peg Game*, arrangiert wurden. Price reichte dieser Grad der Unbestimmtheit nicht aus und so brachte er eine weitere Komponente mit ins Spiel, indem er dem Computer eine zusätzliche Charaktereigenschaft gab: Langeweile. Falls es innerhalb einer gewissen Zeitspanne keine Reorganisation und Veränderung in der Anordnung der Würfel gäbe, würde sich der Computer langweilen und selbsttätig Veränderungen herbeiführen. Hierfür arbeitet Price mit John und Julia Frazer zusammen, die auf dem Feld der architektonischen Computerprogrammierung forschen und ihn in dem Ziel, eine *responsive architecture* zu entwickeln, unterstützen.

> *„If you kick a system, the very least you would expect it to do is kick you back."*[881]

Die Veränderung von Konfigurationen in der Architektur ist beim *Generator* als Wert gekennzeichnet und in das Denksystem des Computers eingebaut. Dieser ist somit lernfähig, besitzt ein Gedächtnis und kann mit der Zeit immer besser reagieren.

Auch wenn diese Beispiele aus den 1960er und 1970er Jahren noch ferne Visionen einer Interaktion zwischen Mensch, (Maus) und Maschine sind, so spiegeln sie als Vorläuferprojekte

---

[879] Price, zitiert bei Samantha Hardingham (Ed.). *Experiments in Architecture*. AugustProjects, London, 2005, S. 46

[880] *http://www.interactivearchitecture.org/the-generator-project.html*, abgerufen am 27.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

[881] John Frazer. *Letter to Cedric Price, January 11, 1979*. Generator document folio DR1995:0280:65 5/5, Cedric Price Archive, Montreal, *Canadian Centre for Architecture*

einige Ansatzpunkte für den ‚freien Modus' wider, die zu Beginn des *Digital Turn* in den 1990er Jahren erneut aufgenommen werden.[882] Folglich stellt sich die Frage, wo wir in der Entwicklung jetzt stehen: Sind Unbestimmtheit, Offenheit, Lern- und Reaktionsfähigkeit Eigenschaften, die nicht nur dem Menschen, sondern auch der Maschine zugeschrieben werden können? Wie nah stehen sich Mensch und Maschine in ihrem Austauschprozess und wie profitieren sie voneinander? Welcher Nutzen ergibt sich daraus für die Architektur?

Die erste postdigitale Operation der *6. Phase* des digitalen Entwerfens ist *crowdsourcing*. Seit 2005 bezahlt *Amazon* Menschen für Arbeiten, mit denen der Computer überfordert ist oder für die Algorithmen zu lange bräuchten z.B. für das Identifizieren und Zuordnen von Fotos und Bildern. Mit Hilfe der Internetplattform *MTurk*[883] (*Mechanical Turk*; dt. ‚mechanischer Türke') werden die Aufgaben, sogenannte *HITs* (‚Human Intelligence Tasks'), bearbeitet. Dabei wird die menschliche Intelligenz als eine Art „Webservice" genutzt. Die Idee, dass viele Autoren bzw. viele Urheber eine kollektive Intelligenz bilden, ist die Grundlage von *crowdsourcing*. Dieser Begriff geht auf den amerikanischen Journalisten James Surowiecki (*1967) zurück, der in seinem Buch *The wisdom of crowds* (2004) erläutert, dass Gruppenentscheidungen oftmals zu besseren Lösungen führen als Einzelentscheidungen. Gemeinsam tragen User via Internet zu einer gemeinsamen Sache bei wie z.B. beim freien Onlinelexikon *Wikipedia* (2001). Auf Hypertextsystemen für Webseiten, sogenannten *Wikis*, werden unzählige Artikel in Hunderten von Sprachen von vielen geschrieben und sind für jedermann weltweit zugänglich. Eric S. Raymond zeigt in seinem Essay *Die Kathedrale und der Basar* (1997) wie *Open-Source-Software* als Werkzeug eingesetzt werden kann. Darin nimmt er die Idee des ‚Wikipediastils' vorweg und thematisiert anhand von 19 Richtlinien den Gedanken eines offenen Systems. Der Begriff *Open Source* steht emblematisch für Wissen, das im Internet für jeden zur freien Verfügung steht, wobei jeder an der Software weiterschreiben kann. Drei wichtige Forderungen aus diesen Richtlinien lauten:

> *„Die Anwender als Mit-Entwickler zu sehen ist der Weg zu schnellen Verbesserungen und Fehlerbehebungen, der die geringsten Umstände macht. – Früh freigeben. Oft freigeben. Seinen Anwendern zuhören. – Wenn man einen ausreichend großen Stamm an Betatestern und Mit-Entwicklern hat, wird jedes Problem schnell identifiziert und die Lösung jedem offensichtlich sein."*[884]

---

[882] Vgl. *field conditions* (Stan Allen) in Kapitel *III.3.3.3. stopping vs. field conditions und cinematic sectioning*, S. 96; vgl. *non-linearity* (Charles Jencks) in Kapitel *III.3.3.4. expanding vs. non-linearity*, S. 101; vgl. *hypersurfaces* (Lars Spuybroek) in Kapitel *III.3.3.5. interacting vs. hypersurfaces*, S. 105

[883] Der Name lehnt sich an die Erfindung des kaiserlichen Hofbeamten Wolfgang von Kempelen (1734–1804) Ende des 18. Jh. an: der *Schachtürke*. Dieser stellt eine lebensgroße hölzerne Figur in einer türkischen Tracht dar, die hinter einem Kasten sitzt, auf dem ein Schachbrett aufgemalt ist. Der Schachtürke sorgte für Furore, da er augenscheinlich eine Maschine war und automatisch Schach spielen konnte. Eine denkende Maschine, also? Nicht ganz, denn wie sich später herausstellte, war ein Mensch darin versteckt, der den denkenden Part ausübte. Vgl. Tom Standage. *Der Türke: Die Geschichte des ersten Schachautomaten und seiner abenteuerlichen Reise um die Welt*. Campus, Frankfurt, 2002

[884] Eric S. Raymond. *Die Kathedrale und der Basar*. SelfLinux-0.12.3, *4. Internationaler Linux-Kongress*, Würzburg, 1997, S. 7 ff. (Übersetzung v. Reinhard Gantar basiert auf d. Textfassung v. 8. August 1999), *http://www.selflinux.org/selflinux/pdf/die_kathedrale_und_der_basar.pdf*, abgerufen am 03.04.2016

In seinem Essay setzt Raymond zwei architektonische Modelle, die Kathedrale und den Basar, zu zwei Entwicklungsmethoden von Software in Beziehung. Die ‚Kathedralen-Analogie' ist dadurch charakterisiert, dass die Software nur von einer Gruppe von Spezialisten ohne Einflüsse von außen entwickelt wird. Sie ist zudem hierarchisch strukturiert und wird von einer institutionellen Spitze kontrolliert und überwacht. Einzig und allein diese Gruppe arbeitet an dem Werk, für das es nur einen Bauplan gibt. Wenn dieser abgearbeitet ist, ist das Gebäude fertig. Erst danach wird der bisher geheimgehaltene Quellcode veröffentlicht und als Novum in seiner Zeit auf den Markt gebracht. In der ‚Basar-Analogie' ist der Quellcode jederzeit über das Internet einsehbar und kann von allen Beteiligten zu jedem Zeitpunkt verändert werden. Beliebig viele Menschen bieten ihre Einsichten und Angebote an, wobei alle prinzipiell gleichberechtigt sind. Insofern entsteht das Werk auf dem Basar aus vielen sich selbst organisierenden Einheiten. Weil die Software vielen Beta-Testphasen unterworfen wird, befindet sie sich in einem permanenten Prozess der Weiterentwicklung. Die ‚Basar-Analogie' lässt das Potenzial von offenen Systemen deutlich werden.

Für den Architekten Carlo Ratti ist die Idee des *Open Source* eine Möglichkeit, die Architektur von morgen anders zu gestalten. In seinem Manifest *Open Source Architecture* (2015)[885] spricht er sich gegen das seiner Meinung nach überholte und elitäre Stararchitektentum aus und bezieht Stellung für netzwerkgesteuerte, kollaborative Entwurfsprozesse im Kollektiv, die von Gesellschaftstrends wie *crowdsourcing*, *open access* und *mass customization* inspiriert sind. Der Paradigmenwechsel hin zu vollprogrammierter und interaktiver Architektur ist durch Kas Oosterhuis' Projekt *Trans-Ports* (1999/2001)[886] gekennzeichnet, das auf der ersten *ArchiLab*-Konferenz in Orléans (Frankreich) vorgestellt wurde. Das Gebäude ist ein Pavillon, der sich durch Multimedia-Daten wie ein Muskel bewegen kann. Die User bestimmen in einem Online-Spiel via Internet die Veränderungen der Form. Die sogenannte *Mensch-Maschine-Interaktion* (MMI) ist schon immer Gegenstand des Interaktionsdesigns in der Computerspielentwicklung. Eines der Projekte der *Digital Design Unit* (DDU) der Technischen Universität Darmstadt, unter der Leitung von Oliver Tessmann, ist das Computerspiel *IBA_GAME/20,000 Blocks* (2016). In dem Projekt wird eine Methodik vorgestellt, wie eine *MMI* in der Architektur aussehen kann. Dabei wird das Computerspiel *Minecraft* mit dem generativen Computerprogramm *Grasshopper* kombiniert.[887] *Minecraft* ist ein Computerspiel, das 2009 vom schwedischen Spieleentwickler Markus Persson (*1979) programmiert und 2014 an *Microsoft* verkauft wurde. Das Spiel besteht aus einer

---

[885] Carlo Ratti. *Open Source Architecture*. Thames & Hudson, London, 2015

[886] *http://www.onl.eu/projects/trans-port*s, abgerufen am 27.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

[887] Anton Savov. Ben Buckton. Oliver Tessmann. „20,000 Blocks: Can gameplay be used to guide non-expert groups in creating architecture?" in: *Posthuman frontiers: data, designers and cognitive machines*. ACADIA 2016 Conference Paper, University of Michigan Taubman College, Ann Arbor, Michigan, *https://20000blocks.wordpress.com/2017/01/09/new-paper-published/*, abgerufen am 13.03.2017

dreidimensionalen Welt, in der die Spieler Konstruktionen bauen können, die aus würfelförmigen Blöcken zusammengesetzt sind. Es gehört zur Kategorie *Open-World-Game* (offene Spielwelt), in der es keine festgelegten Handlungsreihenfolgen, sondern „grenzenlose Gestaltungsfreiheit" gibt.[888] Das Computerspiel *IBA_GAME/20,000 Blocks* fungiert als neue *Minecraft*-Version, in der die Spieler, bestehend aus Nicht-Experten und Experten, eigene architektonische Konzepte für Heidelbergs neuen Stadtteil, das Patrick-Henry-Village, entwerfen können.[889] Dabei werden drei Methoden kombiniert:

1) *crowdsourcing*: Experten und Nicht-Experten partizipieren nach bestimmten Richtlinien in einem Multiplayer-Online-Game, um gemeinsam Entwürfe zu generieren.
2) *real-time feedback*: Eine Strukturanalyse in *Grasshopper* überprüft die getroffenen Entwurfsentscheidungen in Echtzeit.
3) *robotic fabrication*: Um die Stabilität und die Konstruktion der Ergebnisse zu beweisen, werden diese durch *robotic-fabrication*-Prozesse im Maßstab 1:100 realisiert.[890]

In den Entwicklungsphasen des Computerspiels haben sich zwei Richtlinien als besonders entscheidend für die Qualität der Ergebnisse herausgestellt: die Mission des Spiels und der *degree of freedom*. Erstens entstehen bessere Ergebnisse, wenn die Nicht-Experten sich nicht auf die zu bauenden Artefakte konzentrieren, sondern sich lediglich auf die Mission des Spiels, wie z.B. mit begrenzten Einzelressourcen von 12 Blöcken im Zusammenschluss mit anderen Spielern eine bestimmte Höhe von 30 Blöcken zu erreichen. Zweitens ist es wichtig, den Freiheitsgrad, den *degree of freedom*, der teilnehmenden Spielergruppen (Experten und Nicht-Experten) zu definieren. Wie ist die Kontrolle im Entwurfsprozess zwischen ihnen verteilt? Die richtige Kalibrierung dieser Balance ist essentiell für die architektonische Qualität der Entwurfsergebnisse und erfordert ständige Testläufe.

Die zweite postdigitale Operation der *6. Phase* des digitalen Entwerfens ist *aleatorics*. Aleatorische Prozesse (von lat. *alea* = „Würfel, Risiko, Zufall") sind Prozesse, die vom Spiel des Zufalls bestimmt werden. Wolfgang Welsch bemerkt, dass „nicht der Zufall (und schon gar nicht irgendein Zufall) das Werk macht, sondern dass der Künstler hinter dem Werk steht – das er *mit Hilfe des Zufalls* hervorbringt." Die Intention des Künstlers verbündet sich dabei mit dem Zufall.[891] In der Musik wird das z.B. bei Karlheinz Stockhausens *Klavierstück XI* (Nr. 7, 1956)

---

[888] Vgl. Achim Fehrenbach. „Block um Block eine eigene Welt errichten" in: *DIE ZEIT*, 11.10.2010, *http://www.zeit.de/digital/games/2010-10/minecraft/komplettansicht*, abgerufen am 13.03.2017; vgl. *https://minecraft.net/de-de/*, abgerufen am 13.03.2017

[889] Vgl. *http://www.iba.heidelberg.de/deutsch/projekte/iba_game-20000-blocks.html*, abgerufen am 13.03.2017

[890] Savov/Buckton/Tessmann, 2016, S. 7 (ü.d.V. sinngemäß)

[891] Vgl. Wolfgang Welsch. „Kreativität durch Zufall." in: Günter Abel (Hrsg.). *Kreativität – XX. Deutscher Kongreß für Philosophie*. Kolloquienbeiträge, Meiner Verlag, Hamburg, 2006, *http://www2.uni-jena.de/welsch/papers/W_Welsch_Kreativit%C3%A4t_durch_Zufall.pdf*, S. 17, abgerufen am 27.09.2016

deutlich, in dem die Reihenfolge der abzuspielenden Passagen der spontanen Entscheidung des Pianisten überlassen wird.

> *„Dieses improvisiert wirkende, sich scheinbar zufällig ergebende Interpretationsmoment ist in Wirklichkeit gesteuerter, kontrollierter Zufall, in der Fachsprache ‚Aleatorik' genannt."*[892]

In der informellen Kunst lässt es die grundsätzliche Offenheit des Malvorgangs zu, dass der Zufall eingebunden werden kann.[893] Das Entscheidende dabei ist, dass der Künstler einen Rahmen schafft, in dem dann Transformationsprozesse stattfinden:

> *„The artist's job was to initiate process, not to control the outcome. All of these aesthetic experiments are involved in a process of actuating an event from a field of potential; the works take on a particular form because of activities and interactions that occur between their generative elements."*[894]

Dem Künstler ist es dadurch möglich, innerhalb gewisser Freiheitsgrade – *degrees of freedom* – den Zufall zu kontrollieren. Der Begriff *degrees of freedom* stammt aus der Mechanik; mit ihm wird die Zahl der voneinander unabhängigen Bewegungsmöglichkeiten eines Systems definiert wird.[895] Der Philosoph Manuel DeLanda nimmt die Idee der *degrees of freedom* auf und macht in seiner Arbeit *Intensive Science and Virtual Philosophy* (2002/2013) deutlich, in welchem Rahmen sich Objekte dynamisch verhalten und verändern können. DeLanda nennt als Beispiel das Doppelpendel, das exemplarisch für eine nichtlineare Dynamik steht. Es können zwar chaotische Bewegungsmuster beobachtet werden, allerdings entfalten sich diese innerhalb gesteckter Grenzen, da nur zwei Komponenten des Systems veränderbar sind: die Geschwindigkeit und die Position. Das System hat folglich zwei *degrees of freedom*.[896]

Diese Idee der Beschränkung eines offenen Systems ist spannend und lässt sich, im Zusammenhang mit der Frage nach dem Gestaltungspotenzial des Zufalls und der damit einhergehenden Frage nach der Autorschaft, in Bezug auf das digitale Entwerfen weiterdenken. So sind Algorithmen zwar deterministisch, aber die Ergebnisse sind nicht notwendigerweise vollständig absehbar. Das Projekt *Subdivided Columns – A New Order* (2010)[897] von Michael Hansmeyer und Benjamin Dillenburger setzt genau dort an. Es kommen Subdivision-Algorithmen zum Einsatz, die Formen mit Millionen von Flächen erzeugen können und als Code für die Entstehung von Säulenformen benutzt werden. Obwohl die Säulen organisch anmuten

---

[892] Hilmar Schatz über das *Klavierstück XI* (Nr. 7, 1956), zitiert nach Wolf Frobenius. „Aleatorisch, Aleatorik" in: Hans Heinrich Eggebrecht (Hrsg.). *Handwörterbuch der musikalischen Terminologie*. Bd. 1, Stuttgart, 1972, S. 3

[893] Vgl. Kapitel *II.1.2.2. Der Schaffensprozess*, S. 18

[894] Tim Barker. „Aesthetics of the Error: Media Art, the Machine, the Unforeseen, and the Errant" in: Mark Nunes (Ed.) *Error: Glitch, Noise, and Jam in New Media Cultures*. Continuum, London/New York, 2012, S. 46

[895] Vgl. Eberhard Brommundt. Gottfried Sachs. *Technische Mechanik: Eine Einführung*. Springer, Wien, 2013, S. 44 ff.

[896] Vgl. Manuel DeLanda. *Intensive Science and Virtual Philosophy*. Bloomsbury, London, 2013 (ü.d.V. sinngemäß)

[897] Michael Hansmeyer. Benjamin Dillenburger. Subdivided Columns – A New Order. 2010, *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns_info.html*, abgerufen am 27.09.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

und Hansmeyer vom Prozess der Zellteilung als Inspiration spricht, gibt es keine formalen Vorbilder für die resultierenden Formen. Dillenburger spricht von einem *kontrollierten Kontrollverlust*[898], der Spielräume auslotet, indem eine kreative Freiheit innerhalb klarer Strukturen ermöglicht wird. In dem Projekt *Digital Grotesque* (2013) versuchen Hansmeyer und Dillenburger eine Art Improvisation im Entwurfsprozess zu etablieren. Dieser pendelt, ähnlich wie bei der Improvisation im Jazz, zwischen dem Erwarteten und dem Unerwarteten, dem Kontrollierten und dem Unkontrollierten hin und her. Innerhalb dieser *degrees of freedom* bleibt der Architekt Urheber und ist zusätzlich frei von der Verlockung, das Ergebnis mit biomorphen Analogien legitimieren zu müssen:

> „Digital Grotesque *is between chaos and order, both natural and the artificial, neither foreign nor familiar. Any references to nature or existing styles are not integrated into the design process, but are evoked only as associations in the eye of the beholder.“*[899]

Für Kim Cascone ist ein kreativer Umgang mit dem Computer essentiell, damit der Künstler auch im Digitalen zu einer individuellen Handschrift gelangt. Der Fehler – *error* – fungiert dabei als Möglichkeit, der beliebigen Vereinheitlichung des Ausdrucks entgegenzuwirken, die durch die Softwarefunktionen vorgegeben ist. Der experimentelle Informatiker Georg Trogemann (*1959) erwägt Fehler und Störungen als wichtigen Diskussionsgegenstand in der Computertheorie. Für ihn ist die Kreativität des Gesamtsystems und das symbiotische Zusammenspiel von Mensch und Computer entscheidend.

> *„Welche Bereiche und Phasen des kreativen Prozesses dabei sinnvollerweise vom Benutzer und welche vom Computer übernommen werden, bleibt skalierbar. Am linken Ende der Skala hat der Benutzer die gesamte kreative Arbeit zu leisten und die Maschine ist lediglich ein Werkzeug im herkömmlichen Sinn. Am anderen Ende vollbringt die Maschine autonom kreative Leistungen. Am interessantesten und schon heute realisierbar sind Systeme, die im mittleren Bereich der Skala liegen, d.h. bei denen Neues durch das inszenierte Zusammenspiel beider ‚Partner‘ entsteht.“*[900]

In der Medienkunst werden sogenannte *Glitches* als kreatives Mittel bewusst eingesetzt. Sie sind das Ergebnis von Dateikonvertierungsfehlern in Fernseh- und Videotechnik. Sie zeigen sich als verzerrte Bilder, die fragmentiert, verpixelt, verschwommen oder anders verfremdet sind. Sie sind die unerwarteten Ergebnisse von Fehlfunktionen, die in einem perfekten Prozess keinen Zweck erfüllen.[901] Der Medienkünstler Jorge Castro stellt in seiner Videoarbeit *Witness* (2006), die

---

[898] Telefonat der Verfasserin mit Benjamin Dillenburger am 16.07.2012

[899] Michael Hansmeyer. Benjamin Dillenburger. *Digital Grotesque*. 2013, *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital_grotesque_info.html?screenSize=1&color=1*, abgerufen am 05.04.2016 (ü.d.V. sinngemäß)

[900] Georg Trogemann. „Computer und Kreativität“, in: H. Oberquelle/R. Oppermann/J. Krause (Hrsg.). *Mensch & Computer*. Beiträge der Fachkonferenz, B. G. Teubner, Stuttgart, 2001, S. 26, Online: http://interface.khm.de/wp-content/uploads/2008/11/01-mc.pdf, PDF S. 2, abgerufen am 06.04.2016

[901] Der Begriff *Glitch* stammt von dem deutschen Wort *Glitsche* ab, womit eine glatte Fläche gemeint ist, auf der Ausrutschgefahr besteht. Vgl. Iman Moradi. Ant Scott. Joe Gilmore. Christopher Murphy. *Glitch: Designing Imperfection*. Mark Batty Publisher, New York, 2009, S. 6 f. (ü.d.V. sinngemäß)

eine Video Live Performance in Echtzeit war, bestimmte Rahmenbedingungen auf, unter denen der Fehler geschehen kann. Im Video ist eine Straßenszene zu sehen, in der ein Mann auf einem Stuhl vor einer weißen Hauswand sitzt und bettelt. Es gehen Menschen vorbei, deren Bild flächig verzerrt wird, sobald diese einen bestimmten Bereich des Bildausschnitts passieren. Die Ästhetik des Ergebnisses ist nicht vorhersehbar, aber dennoch steuerbar, da Castro eine allgemeine Vorstellung davon hat, wie der digitale Effekt des Fehlers aussieht und wie sich die Verfremdung des Bildes innerhalb des von ihm initiierten Prozesses entfaltet.[902] Der japanische Architekt Kei'ichi Irié legt schon Ende der 1980er Jahre in seinem Artikel *Computer Crash by Design* (1988)[903] dar, wie das Auftauchen von Fehlern während des Entwurfs am Computer eine Möglichkeit darstellt, die Grenzen der eingeschränkten Phantasie zu erweitern. Autogenerative Prozesse können seiner Meinung nach Ergebnisse produzieren, die in der realen Welt nicht auftauchen würden, da der Computer keine Meinung über Ästhetik oder Schönheit hat. Alle möglichen Optionen, einschließlich der Fehler und Abweichungen, werden angezeigt, verfügen aber gleichzeitig über das Potenzial, zu Innovationen zu führen. Jan Turnovský stellt fest:

> *„Der Begriff der Innovation ist essentiell abhängig vom Begriff der Norm. Um manifest zu werden, braucht jede Innovation den Kontrast zum Normalen, Gewohnten, Erwarteten."*[904]

Um Innovationen im Bereich des digitalen Entwerfens herbeizuführen, ist der Fehler also ein unverzichtbarer Bestandteil des Entwicklungsprozesses. Dabei braucht der Fehler allerdings einen Bezugsrahmen, um als Regelverstoß überhaupt aufzufallen. Bei dem Wohnungsbauprojekt *Parkrand Building* (2007) in Amsterdam von *MVRDV* besteht die Fassade aus einem Glasurziegel-Mauerwerk, das von der königlichen Keramikfabrik *Tichelaar Makkum* entwickelt wurde. Die ornamentale Struktur entsteht durch den Einbau von andersartig strukturierten Glasurziegeln, die während der Produktion eigentlich Ergebnisse eines fehlerhaften Herstellungsprozesses waren. Jacob van Rijs, einer der Partner von *MVRDV*, sah in dieser Ausschussware genau den gewünschten Effekt für die Fassade. Er forcierte die Entwicklung der sogenannten „Tropfglasur" (engl. ‚drip glaze'), bei der die Glasur im Herstellungsprozess so stark zusammenschrumpft, dass Tropfen entstehen und die nackte Oberfläche der Ziegel sichtbar wird. Durch die „richtig-fehlerhaften" Ergebnisse sieht jeder Glasurziegel anders aus und die Struktur bekommt eine menschliche Note (engl. ‚human touch'), die eine Art Handwerklichkeit suggeriert.[905]

Auch bei der Oberflächenstruktur des großen Konzertsaals der *Elbphilharmonie* (2017) von *Herzog & de Meuron* in Hamburg ähneln die gefrästen Gipsfaserpaneele handwerklich

---

[902] Barker, 2012, S. 47 (ü.d.V. sinngemäß)

[903] Keiichi Irie. „Computer crash by design" in: *Telescope Nr. 1*, 1988

[904] Jan Turnovský. *Die Poetik eines Mauervorsprungs.* Band 77, Bauwelt Fundamente, Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1987, S. 63

[905] Emailverlauf der Verfasserin mit Hilco Vos (Business Developer, königliche Keramikfabrik *Tichelaar Makkum*), 17.02.2017; und vgl. *http://www.tichelaar.com/projecten/parkrand-building-amsterdam*, abgerufen am 17.03.2017

hergestellten Objekten. Die weißen Paneele sind jedoch digital entworfen und mit Hilfe eines relativ großen Kugelfräsers mit einer Größe von 25 mm realisiert. Zum einen hat die Entscheidung für das grobe Werkzeug funktionelle Gründe, da dadurch die Fräszeiten verkürzt werden konnten. Zum anderen gibt es auch ästhetische Gründe, da das grobe Werkzeug auf der Zeilung (Abstand der Fräsbahnen) mal mehr mal weniger wegschneidet und dadurch einer spröde wirkenden Perfektion eine lebendig wirkende Imperfektion entgegengesetzt werden konnte.[906]

Die postdigitale Unbestimmtheit der *6. Phase* verliert sich, im Gegensatz zum digitalen Materialismus der *5. Phase*, weder in einer Übertechnologisierung noch bedient sie sich einer biomorphen Formensprache. Mit den neuen Entwurfsansätzen nähert sich die *6. Phase* wieder dem informellen Denken an. In diesem Zusammenhang ist es lohnend, einen letzten Vergleich mit Entwicklungen der informellen Kunst zu ziehen. Was ist nach 1965 aus ihr geworden? In welche Richtung hat sich deren Operation *base materialism* entwickelt? In Folge der Deklassifizierung des Materials verliert sich die informelle Kunst in „Belanglosigkeit"; sie verschwindet als vorherrschende Kunstrichtung Mitte der 1960er Jahre und wird durch die *Pop Art* überholt. Der englische Kunstkritiker Lawrence Alloway (1926–1990) prägt den Begriff *Pop Art*, deren Motive aus der Populärkultur wie z.B. den Massenmedien oder der Werbung, dem Konsum und dem Alltag stammen.[907] Die *Pop Art*-Künstler wenden sich dem Trivialen zu und die Motive sind ohne Tiefe, comic-haft flächig mit klaren Primärfarben gestaltet wie z.B. bei Roy Lichtenstein mit *Little Big Painting* (1965) und *Sunrise* (1965). Ähnliche Tendenzen sind im Œuvre einiger informeller Künstler zu finden. So entwickelt Jean Dubuffet nach 1962 seine Serie *Hourloupe*, in der er zellenartige Strukturen in rot, weiß, schwarz und blau zunächst zeichnet. Ende der 1960er Jahre überträgt er diese Strukturen auf Polyester-Skulpturen. Winfred Gaul wendet sich seit 1963 der Malerei von plakativen Signal- und Verkehrszeichenbildern zu wie z.B. *London traffic box* (1965), *Doppel-Zebra* (1966) und *La route à Gizeh II* (1967). Bei Heinz Kreutz ist die allmähliche Entwicklung von einer abstrakten Ausdrucksweise hin zu einer immer klarer werdenden geometrischen Sprache am deutlichsten wiederzufinden. Bilder wie *An Sappho* (1959), *Rot Schwarz* (1961), *Abstrakte Komposition* (1966), *Schwarz, grau, weiß, grün und rot in 36 Quadraten* (1968) und *Ohne Titel (16 Quadrate)* (1969) können hierfür als Beispiel dienen.

Dennoch lebt die informelle Sensibilität in der Kunst über die 1960er Jahre hinaus weiter – vor allem im *Postminimalismus*, in dem der Prozess des schöpferischen Handelns wieder im Vordergrund steht und das hervorgegangene Kunstobjekt bedeutungslos wird. Der entscheidende Link zur Aktualität und die Verbindung zum digitalen Entwerfen ist bei Stan Allen zu finden. In

---

[906] Information aus dem für die Anfertigung der ‚Weißen Haut' verantwortlichen Architekturbüro, per Email, 24.04.2016

[907] Vgl. Lawrence Alloway. „Pop Art the words" in: *Topics in American Art since 1945*. W.W.Norton & Company, New York, 1975, S. 119–122

den *field conditions* verweist er indirekt auf die Kontinuität des informellen Impulses, wenn er den *Postminimalismus* als Hauptbezugspunkt für seinen Entwurfsansatz nennt.[908]

Mit all seinen paradoxen Entwicklungen, die der *Digital Turn* in den letzten 25 Jahren genommen hat, gilt es heute umso mehr, seine Ausrichtung neu zu überdenken. In der *6. Phase* ermöglichen es sogenannte *Deus-ex-machina-Momente*[909], ausgetretene mentale Pfade zu verlassen, Perspektivwechsel vorzunehmen und mit Problemstellungen spielerischer umzugehen. Es gibt Wege, dem ‚unfreien Modus'[910] und der totalen Organisation durch ein System zu entgehen. In heutigen Entwurfs- und Fabrikationsprozessen liegt in der Mensch-Maschine-Interaktion eine Herausforderung, aber auch das Potenzial, durch überraschende Zufallsbegegnung zwischen Mensch und Maschine auf neue Weise vermitteln zu können.

> *„Given the growing dominance of this ideology of informatics control,* error *provides us with an important critical lens for understanding what it means to live within a network society. Error reveals not only a system's failure, but also its operational logic."*[911]

> *„To err is human….In advance technological lingo, the space of humanity itself is relegated to the margin of error. […] Yet, this margin of error is our margin of freedom. It is a choice beyond the multiple choices programmed for us, an interaction excluded from computerized interactivity. The error is a chance encounter between us and the machines in which we surprise each other."*[912]

Cedric Prices *Generator* galt seinerzeit als sehr fortschrittlich, da die Baustruktur mit vielerlei Technik wie Sensoren, Mikrochips und Computersteuerung ausgestattet war. Die Technik war allerdings nur das Vehikel für die Umsetzung des Konzepts in die Realität. Denn bevor an den Einsatz von Technologie überhaupt nur gedacht wurde, wurde zuerst das Konzept erdacht, das die eigentliche Innovation beinhaltet: das Zusammenspiel von Mensch und Maschine; die Flexibilität der architektonischen Struktur; die Unbestimmtheit der Handlungsoptionen. Passend zu einem damit verbundenen Problem formuliert Cedric Price diese Frage:

> *„Technology is the answer, but what was the question?"*[913]

Eine strukturell ähnliche, jedoch etwas anders lautende Frage kann gestellt werden; eine mögliche Antwort darauf impliziert allerdings eine weitere Frage:

> *„Biomorph was the answer, but what is now the question? – Wo bleibt der Mensch?"*

---

[908] Vgl. Kapitel *III.3.3.3. stopping vs. field conditions und cinematic sectioning*, S. 96

[909] Der Ausdruck *Deus ex machina* (lat. ‚Gott aus einer (Theater-)Maschine') gilt heute als eine sprichwörtlich-dramaturgische Bezeichnung für die Lösung eines Konflikts, die durch plötzliche, unmotiviert eintretende Ereignisse, Personen oder außenstehende Mächte bewirkt wurde. Vgl. Gero von Wilpert. *Sachwörterbuch der Literatur*. Kröner, Stuttgart, 2001, S.160 f.

[910] Vgl. Kapitel *IV.2. Vers une Métaphysique nouvelle*, S. 228

[911] Mark Nunes. „Error, Noise, and Potential: The Outside of Purpose" in: Nunes, 2012, S. 3

[912] Svetlana Boym. *Architecture of the Off-Modern*. Buell Center/Princeton Architectural Press, New York, 2008, zitiert bei Sean Keller. „Ways about error" in: *Perspecta 46 – Error*. MIT Press, Cambridge, 2013, S. 35 f.

[913] Titel eines Vortrags von Cedric Price, 1966

2. Don‘t search, just find!

Im digitalen Entwerfen sind wir an einem Punkt der Entwicklung angekommen, an dem nicht mehr das „Wie kann“, sondern das „Was sollte“ in den Fokus rückt. In den letzten 25 Jahren konnten immer komplexere Formen digital entworfen und individuell realisiert werden.[914] Die seither entstehenden Formen sind in ihrer Konstruktion jedoch so komplex, dass diese vom Menschen nicht mehr nachvollziehbar sind, geschweige denn ge- bzw. erdacht werden können. Es werden zwangsläufig bestimmte Entscheidungen im Entwurfsprozess an den Computer abgegeben, wodurch sich „automatisch“ die Frage nach der Autorschaft stellt.[915] Damit einher geht aber die viel weitreichendere und generelle Frage: „Wo bleibt der Mensch?“ Denn in Zeiten von Algorithmen, Big Data und wiederkehrenden Diskussionen um Künstliche Intelligenz (KI) ist es für die Zukunft des digitalen Entwerfens wichtig, das Verhältnis von und die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine neu zu beleuchten. Worin besteht der Unterschied zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz? Wer trifft wie Entscheidungen? Nach welchen Wertmaßstäben werden diese gefällt? Welche Rolle spielt dabei die Intuition? Wer übernimmt die Verantwortung? Worin liegt die Kernkompetenz des Menschen (des Architekten) und worin die der Maschine (des Computers)?

> *„Die Vorstellung, dass Computer irgendwann über einen eigenen Willen verfügen und damit in der Lage sein werden, eine Wahl zu treffen, existiert in der Geschichte des Science Fiction schon seit langem. Die zunehmende Komplexität digitaler Netzwerke legte in den 1990er Jahren jedoch die Vorstellung nahe, dass es sich bei Computer und Internet gewissermaßen tatsächlich um sich selbst organisierende Systeme handelte, die bisweilen in scheinbar nicht-linearer, unbestimmbarer Weise agieren.“*[916]

Eine spannende Wende in der Mensch-Maschine-Beziehung könnte der kürzlich errungene Sieg des Computers *AlphaGo* von *Google* gegen den weltbesten *Go*-Spieler Lee Sedol einläuten. *Go*, ein strategisches Brettspiel, das sehr kompliziert ist, unendliche Entscheidungsmöglichkeiten zulässt und ein vernetztes, nichtlineares Denken verlangt, gilt im Wettkampf vor allem als Gradmesser für die Entwicklung künstlicher Intelligenz. Der dreifache Deutsche *Go*-Meister Christoph Gerlach bezeichnet den Stil von *AlphaGo* als menschlich, da dieser seine Partie kämpferisch und intuitiv gewonnen hat. Es war nicht mehr erkennbar, wer Mensch und wer Maschine ist.[917] Dieses Beispiel macht deutlich, dass lernende digitale Systeme offensichtlich in der Lage sind, neuartig zu agieren. Im Umkehrschluss ist bei ihnen nicht mehr das Ergebnis, sondern das Denken ‚biomorph‘.

---

[914] Vgl. Kapitel *III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)*, S. 71

[915] Vgl. Kapitel *III.5.3.2. automating vs. evolving und growing*, S. 152 und vgl. Kapitel *V.1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)*, S. 239

[916] Carpo, 2014, S. 105

[917] Vgl. Oliver Fritsch. „Ich kann nicht mehr erkennen, wer Mensch und wer Maschine ist“ in: *http://www.zeit.de/sport/2016-03/go-alphago-lee-sedol-google-kuenstliche-intelligenz*, abgerufen am 20.05.2016

Der deutsch-US-amerikanische Informatiker Joseph Weizenbaum (1923–2008) ist einer der ersten Entwickler, der der KI-Technologie zum Durchbruch verhalf und gleichzeitig auch einer ihrer schärfsten Kritiker wurde. In seinem Buch *Computer Power and Human Reason. From Judgement to Calculation* (1976) geht es ihm um die persönliche Verantwortung, die nicht an die Maschine delegiert werden dürfe:

> *„Es hat viele Diskussionen über ‚Computer und menschliches Denken' gegeben. Der Schluss, der sich mir aufdrängt, ist hier, dass die relevanten Probleme weder technischer noch mathematischer, sondern ethischer Natur sind. Sie können nicht dadurch gelöst werden, dass man Fragen stellt, die mit ‚können' beginnen. Die Grenzen in der Anwendung von Computern lassen sich letztlich nur als Sätze angeben, in denen das Wort ‚sollten' vorkommt. Die wichtigste Grundeinsicht, die uns daraus erwächst, ist die, dass wir zur Zeit keine Möglichkeit kennen, Computer klug zu machen, und dass wir deshalb im Augenblick Computern keine Aufgaben übertragen sollten, deren Lösung Klugheit erfordert."*[918]

Diese Sätze klingen aktueller denn je, obwohl sie schon Ende der 1970er Jahre formuliert worden sind. Inwieweit besitzen sie heute noch Gültigkeit?

Bekannt geworden ist Weizenbaum durch die Entwicklung des ersten computergestützten Dialogsystems *ELIZA* (1966), das mit natürlicher Sprache kommunizieren kann.[919] Konzipiert als Psychotherapeutenprogramm, simuliert *ELIZA* einen intelligenten Dialog mit den Usern und täuscht einen vermeintlich menschlichen Gesprächspartner vor. Weizenbaum ist über die Ergebnisse bestürzt, da diese erfolgreich zeigen, wie einfach es ist, menschliche Kommunikation vorzugaukeln, und wie schnell einem Programm Intelligenz zugeschrieben wird. Die unkritische und unbedarfte Einstellung der User im Umgang mit der vermeintlich intelligenten Maschine lässt ihn, den durch grenzenlose Fortschrittsgläubigkeit geprägten Zeitgeist in seinen Schriften hinterfragen.[920] Des Weiteren gilt *ELIZA* als die erste umgesetzte Version des von Alan Turing vorgeschlagenen Turing-Tests von 1950, mit dem es möglich sei, den Intelligenzgrad einer Maschine einzuschätzen. Der Test ist bestanden, wenn mehr als 30 Prozent der User sich in einem schriftlichen Chat von fünf Minuten von der Maschine täuschen lassen, sie hätten es mit einem menschlichen Gegenüber zu tun.[921]

---

[918] Joseph Weizenbaum. *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. Suhrkamp, Frankfurt, 1978, S. 300 (Original übersetzt von Udo Rennert)

[919] Der Name *ELIZA* ist der Komödie *Pygmalion* (1913) von George Bernard Shaw (1856–1950) entlehnt: Ein selbstherrlicher Sprachwissenschaftler „verwandelt" die arme Blumenverkäuferin Eliza Doolittle in eine Herzogin, indem er ihr lediglich das Sprechen mit feinem Londoner Akzent beibringt. Dadurch wird der gesellschaftliche Status simuliert und erfolgreich Elizas Zugehörigkeit in die gehobene Gesellschaft vorgetäuscht. Vgl. George Bernard Shaw. *Pygmalion*. Suhrkamp, Berlin, 2012

[920] Vgl. Joseph Weizenbaum. Jens Schanze. *Plug & Pray*. Dokumentarfilm, Deutschland, 2010

[921] Vgl. „Computerprogramm gaukelt erfolgreich Menschsein vor" in: *DIE ZEIT*, 9. Juni 2014, *http://www.zeit.de/wissen/2014-06/kuenstliche-intelligenz-turing-test*, abgerufen am 24.03.2017; Der alltägliche Gebrauch von KI ist seit ein paar Jahren bei Smartphones zu finden, wenn *Siri* von Apple (‚iPhone') oder *Cortana* von Microsoft (‚Windows Phone') Befehle in natürlich gesprochener Sprache empfangen und verarbeiten können. Dabei wird allerdings in der Interaktion mit ihnen sehr schnell klar, dass man es mit Algorithmen zu tun hat und die Programme den Turing-Test bei weitem nicht bestehen würden.

Im Jahr 1991 – 25 Jahre nach *ELIZA* – schreibt der amerikanische Soziologe Hugh Gene Loebner (*1942) den *Loebner-Preis*[922] aus, der den Turing-Test in die Anfangszeit des *Digital Turn* zurückbringt. Dieser gliedert sich in drei Kategorien, die den Erfolgsgrad des Turing-Tests prämieren: Bronze-, Silber- und Goldmedaille. Bis heute sind nur Bronzemedaillen vergeben worden, da Programme entstanden sind, die sich bloß als menschenähnlich erwiesen haben. Insbesondere der erste „Turing-Test" von 1991 brachte Ernüchterung in die wiederbelebte KI-Forschung, da der Gewinner lediglich eine Variation von Weizenbaums *ELIZA* war und dadurch der Eindruck entstand, dass es in den letzten 25 Jahren keine wesentliche Weiterentwicklung gegeben hat.

Dabei gibt es eine tiefgreifende Weiterentwicklung, die mit der Umstrukturierung der alten Arbeitskultur durch die Einführung des Computers entstand. Laut dem Historiker Andreas Rödder (*1967) „sind [das] Prozesse, die schon vor mehr als 100 Jahren begonnen haben."[923] So ähnelt die Dynamik, die mit der Elektrizität Anfang des 20. Jahrhunderts, wie z.B. mit der Einführung des Telefons und des Telegrafen, aufkommt, der Dynamik, die mit der Digitalisierung Ende des 20. Jahrhunderts, wie z.B. mit der Einführung der weltweiten Kommunikation in Echtzeit durch das Internet, in Gang gesetzt wird.[924] Der US-amerikanische Ökonom Jeremy Rifkin (*1945) ruft sogar eine noch weitreichendere Umstrukturierung der alten Arbeitskultur aus, die in Folge der rasanten digitalen Technologieentwicklung zu beobachten ist: das Ende des Kapitalismus. In seinem Buch *Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft. Das Internet der Dinge, kollaboratives Gemeingut und der Rückzug des Kapitalismus* (2014) sagt er voraus, dass der Kapitalismus massiv an Bedeutung verlieren wird, da sich ein neues Eigentumskonzept entwickelt: *Collaborative Commons* (dt. ‚kollaboratives Gemeingut'). In dieser neuen Welt herrschen andere Grundsätze: soziales Kapital ist ebenso wichtig wie Finanzkapital; der Zugang ‚zu etwas' ist bedeutender als der Besitz ‚von etwas'; Nachhaltigkeit ersetzt Konsum; Kooperation verdrängt Wettbewerb; die *Sharing-Economy* substituiert den Tauschwert im Kapitalismus.

Auch im digitalen Entwerfen hat sich der Geist einer *Sharing-Economy* entwickelt, der im vorigen Kapitel mit der postdigitalen Operation *crowdsourcing* erläutert wurde. Mit der Ökonomie des Teilens in Gesellschaft und Wirtschaft wird der *consumer* zum *prosumer*, der Wissen und Inhalte nicht mehr nur konsumiert, sondern diese auch selbst produziert und bereitstellt.[925] Das *Internet der Dinge* erweitert das Potenzial des Computers und unterstützt den Menschen in seinem Schaffen, indem „intelligente Gegenstände" und „künstliche Intelligenz", wie z.B.

---

[922] Vgl. *http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html*, abgerufen am 24.03.2017

[923] Andreas Rödder, zitiert im Interview mit Peter Laudenbach. „Alles schon mal da gewesen" in: *brand eins*, Wirtschaftsmagazin. *Es denkt nicht für dich. Schwerpunkt Digitalisierung.* 18. Jahrgang, Heft 07, 2016, S. 51

[924] Vgl. Andreas Rödder. *21.0 Eine kurze Geschichte der Gegenwart.* C.H.Beck, München, 2016

[925] Vgl. Jeremy Rifkin. *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism.* Macmillan Publishers USA, New York City, 2014 (ü.d.V. sinngemäß)

Sensoren/Mikrocontroller, in die entstehenden Strukturen eingebettet sind.[926] In der *5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)* haben sich in der industriellen Realisierung von digitalen Entwürfen Neuerungen ergeben, die gerne unter dem Schlagwort *Industrie 4.0*[927] diskutiert werden.[928] Der Begriff wird von einigen als vierte industrielle Revolution gesehen, wobei die Technologie nach wie vor auf der Mikroelektronik basiert und somit eigentlich eine „zweite Phase der Digitalisierung" darstellt:[929]

1) *Erste industrielle Revolution (gegen 1760 in Großbritannien):* Maschinen ersetzen Handarbeit; Eisen und Stahl werden neue Werkstoffe; Dampfkraft ermöglicht den Betrieb neuer Maschinen und Fabriken.

2) *Zweite industrielle Revolution (um 1870):* Henry Ford führt das Fließband ein; Telefon und Telegraf erweitern die Kommunikationsmöglichkeiten; Eisenbahnnetze entstehen; Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung wird eingeführt.

3) *Dritte industrielle Revolution (seit 1950):* Mikroelektronik; der Computer wird eingeführt.[930]

4) *[Vierte industrielle Revolution] bzw. zweite Phase der Digitalisierung (seit 2011):* Computerisierung der Fertigungsprozesse; Cyber-physische Systeme (CPS).

Die noch zu erwartenden Innovationen, die mit dem Begriff *Industrie 4.0* verbunden sind, haben für den amerikanischen Ökonomen Robert J. Gordon (*1940) weder einen Nutzen noch die Macht, entscheidende Produktivkräfte entstehen zu lassen, wie es die Erfindungen der drei großen industriellen Revolutionen hatten. Er glaubt, „dass die digitale Revolution nicht mehr viele Innovationsreserven hat."[931] Die Wirtschaftsinformatikerin Sarah Spiekermann (*1973) ist davon überzeugt, dass sich Innovationen in Zukunft nicht mehr nur über Funktionalität oder Ästhetik verkaufen lassen werden. Für sie ist die gegenwärtige Ökonomie ebenfalls ein Auslaufmodell: „Maschinen sollten mehr tun, als nur die Produktivität steigern zu können."[932] Das „Mehr" liegt für Spiekermann in der Entwicklung von wertebasiertem Design, bei dem die Werte natürlich auf den Werten menschlichen Handelns beruhen.

---

[926] Vgl. Christoph Engemann. Florian Sprenger. *Internet der Dinge. Über smarte Objekte, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt*. transcript, Bielefeld, 2015; Rifkin sieht in all diesen Entwicklungen sogar einen Paradigmenwechsel im Sinne des Philosophen Thomas S. Kuhn (1922–1996). Vgl. Rifkin, 2014 (ü.d.V. sinngemäß)

[927] Der Begriff entstammt einer Forschungsplattform der deutschen Bundesregierung. *https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html*, abgerufen am 28.03.2017

[928] Vgl. Kapitel *III.7.3.1. declassifying vs. topology optimization und material computation*, S. 206

[929] Hartmut Hirsch-Kreinsen. Peter Ittermann. Jonathan Niehaus (Hrsg.). *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. Nomos, Baden-Baden, 2015, S. 11

[930] Vgl. Robert J. Gordon, zitiert im Interview mit Ingo Malcher. „Der große Sprung" in: *brand eins*, Heft 07, 2016, S. 72

[931] Ebd., S. 74

[932] Sarah Spiekermann, zitiert im Interview mit Holger Fröhlich. „Die ethische Maschine" in: ebd., S. 126

Diese Forderung setzt allerdings voraus, dass der Maschine das Erkennen menschlicher Werte und die Einhaltung menschlicher Normen zugesprochen wird. Die Unterscheidungsfähigkeit und die daraus resultierenden Wahlmöglichkeiten sind Grundkonstanten der Definition von menschlicher Intelligenz:

> *„[Intelligenz ist die] Fähigkeit [des Menschen], abstrakt und vernünftig zu denken und daraus zweckvolles Handeln abzuleiten."*[933]

Ist es möglich, diese Fähigkeit (des Menschen) in die Maschine zu implementieren? Und wenn ja, bis zu welchem Grad? Was macht menschliche Wahrnehmung aus? Wie steht diese im Bezug zur „Wahrnehmung" der Maschine?

Wie eingangs beschrieben, hat die KI-Forschung durch den *Digital Turn* Anfang der 1990er Jahre wieder an Fahrt gewonnen. Auch wenn die anfängliche Euphorie durch den Ausgang des *Loebner-Preises* etwas gedämpft wurde, ist die Variation von Weizenbaums *ELIZA* doch Grundlage für die Entwicklung textbasierter Dialogsysteme. So gibt sich das Programm *Eugene Goostman* (2001) als ein 13-jähriger Junge aus Odessa aus, der Besitzer eines Meerschweinchens ist und gerne Eminem hört.[934] Die sogenannten Chatbots sind Programme, die als lernfähige Intelligenz ihre Dialogleistung verbessern können, indem ihr Zugriff auf Datenbestände kontinuierlich wächst, wie z.B. das von Microsoft initiierte KI-Experiment mit dem Chatbot *Tay* (2016) – einem „weiblichen Teenie". Sie soll im Netz lernen, wie sich junge Menschen unterhalten. In ihrem Twitter-Account heisst es in der Beschreibung:

> *„[…] The more you talk the smarter Tay gets."*[935]

Innerhalb von 24 Stunden entwickelt sich *Tay* jedoch „in ein rassistisches Scheusal" und verhält sich alles andere als „smart".[936] Sie twittert Hass-Tweets gegen Frauen und Juden, pöbelt „I just hate everybody" und postet Bilder von Hitler.[937] Microsoft ist gezwungen, *Tay* vom Netz zu nehmen. Dieses Beispiel macht deutlich, wie immens wichtig es ist, welche Daten eingespeist werden bzw. wer den Chatbot beeinflusst, damit sichergestellt werden kann, welche Inhalte die KI lernt. Der russisch-amerikanische Biochemiker und Science-Fiction-Schriftsteller Isaac Asimov (1920–1992) formuliert als erster eine Art Maschinenethik. Er erläutert in seiner Kurzgeschichte *Runaround* (1942)[938] drei klare Regeln, nach denen Roboter sich verhalten müssen:

---

[933] *http://www.duden.de/rechtschreibung/Intelligenz*

[934] Auszüge aus den Chatverläufen: *https://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/eugene-person-human-computer-robot-chat-turing-test*, abgerufen am 29.03.2017

[935] Patrick Beuth. „Twitter-Nutzer machen Chatbot zur Rassistin." in: *Die ZEIT*. 24.03.2016, *http://www.zeit.de/digital/internet/2016-03/microsoft-tay-chatbot-twitter-rassistisch*, abgerufen am 29.03.2017

[936] Ebd.

[937] Vgl. Wolf Lotter. „Der Golem und du" in: *brand eins*, Heft 07, 2016, S. 33

[938] Die Kurzgeschichte ist im US-amerikanischen Science-Fiction-Magazin *Astounding Stories of Super Science* erschienen. Das Magazin existiert seit 1930 und bringt, unter dem Namen *Analog Science Fiction and Fact* (seit 1992), monatlich eine Ausgabe heraus.

1) „Ein Robot darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Untätigkeit gestatten, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird."
2) „Ein Robot [muss] den ihm von einem Menschen gegebenen Befehlen gehorchen, es sei denn, ein solcher Befehl würde mit Regel Eins kollidieren."
3) „Ein Robot muss seine eigene Existenz beschützen, solange dieser Schutz nicht mit Regel Eins oder Zwei kollidiert."[939]

Die hierarchisch aufgebauten Robotergesetze prägen seither den Verhaltenskodex einer möglichen KI. Dabei wird die Maschinenethik letztlich doch vom Menschen verantwortet, da dieser die Maschine aus seiner Motivation heraus entwickelt und ethisches Verhalten nicht automatisch von vornherein einprogrammiert ist.[940]

> *„[Die KI] entscheidet selbst gar nichts, [ihr] Gedächtnis ist kein kritischer Verstand, der zweifelt oder auch nur die Chance dazu zulässt."*[941]

Können Computer dann überhaupt Bewusstsein entwickeln? Und ist das überhaupt vonnöten? Ist diese Fähigkeit nicht eigentlich völlig unerheblich, solange die Ergebnisse stimmen? Die Antworten auf diese Fragen ergeben sich, wenn jeweils das Potenzial des Menschen und das Potenzial der Maschine gegenübergestellt wird. Welche Macht hat der jeweilige Einsatz und zu welchem Zweck ist dieser sinnvoll?

Der amerikanische Philosoph John R. Searle (*1932) versucht in seinem Gedankenexperiment *Chinesisches Zimmer* (1980) eine mögliche *Computertheorie des Geistes*[942] zu widerlegen: Ein Mensch ist in einem Zimmer eingesperrt und hat Körbe voller Karten mit chinesischen Schriftzeichen vor sich. Er ist der chinesischen Sprache nicht mächtig, kann aber mit Hilfe eines vorhandenen Handbuchs die Regeln der Symbolkombinationen anwenden. Dadurch schafft er es, weitere Karten, die von außen hereingereicht werden, richtig zu verknüpfen und korrekt wieder zurückzugeben. Folglich entsteht außerhalb des Zimmers bei den chinesischen Muttersprachlern der (falsche) Eindruck, dass der Eingesperrte ebenfalls Chinesisch sprechen kann.[943] Searle folgert aus diesem Fehlschluss, dass eine korrekte syntaktische Verarbeitung der Symbole noch längst keinen Rückschluss auf ein semantisches Verstehen gibt, geschweige denn die Existenz von Bewusstsein beweist:

---

[939] Vgl. Isaac Asimov. *Meine Freunde, die Roboter*. Heyne, München, 1982, S.76

[940] Vgl. Hans-Arthur Masiske. „Das Bit der Weisen" in: *brand eins*, Wirtschaftsmagazin. *Arbeiten lassen. Schwerpunkt Maschinen*. 17. Jahrgang, Heft 07, 2015, S. 80–85

[941] Lotter, Heft 07, 2016, S. 33

[942] In den Kognitionswissenschaften steht der Ausdruck *Theory of Mind* (‚Theorie des Geistes') für die Fähigkeit, mentale Zustände wie z.B. Gefühle oder Ideen sich selbst und anderen Personen zuschreiben zu können, also über Bewusstseinsvorgänge zu verfügen. Vgl. Steven Pinker. *Wie das Denken im Kopf entsteht*. (ü.v. Sebastian Vogel/ Martina Wiese). Fischer Taschenbuch, Frankfurt, 2011

[943] Vgl. Martin Dresler. *Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des ‚Chinesischen Zimmers'*. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2009

„Kein Computerprogramm kann jemals ein Geist sein, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil ein Computerprogramm bloß syntaktisch ist und der Geist mehr als syntaktisch ist. Der Geist ist semantisch – semantisch in dem Sinne, dass er mehr hat als eine formale Struktur: er hat einen Gehalt."[944]

Seiner Meinung nach ist es zwar möglich, ein vermeintliches Verständnis und Bewusstsein von Vorgängen erfolgreich zu simulieren, aber den Leistungen des menschlichen Geistes wird eine künstliche Intelligenz niemals gewachsen sein.

Die KI-Forschung ist seit ihren Anfängen eng mit den Neurowissenschaften verknüpft. So werden immer wieder Analogien zwischen dem Aufbau und der Funktionsweise von Computernetzen und Gehirnen hergestellt, wie z.B. Internet und Zentralnervensystem oder programmierbare Software und menschlicher Geist.[945] Zwar scheinen die Analogien objektiv Sinn zu ergeben, dabei gibt es in den angeblichen Übereinstimmungen allerdings wesentliche Unterschiede, die insbesondere auch für die Entwicklung im digitalen Entwerfen von Bedeutung sind. In den letzten Jahren ist die treibende Kraft in der KI-Forschung das *Machine Learning* (dt. ‚Maschinelles Lernen') geworden. Dabei lernt ein künstliches System aus Erfahrungen und kann selbst Wissen daraus generieren:

„Machine learning addresses the question of how to build computers that improve automatically through experience. It is one of today's most rapidly growing technical fields, lying at the intersection of computer science and statistics, and at the core of artificial intelligence and data science. Recent progress in machine learning has been driven both by the development of new learning algorithms and theory and by the ongoing explosion in the availability of online data and low-cost computation."[946]

Die Daten beginnen, den Vorgang selbst zu lenken; nicht mehr der Programmierer, sondern eben die Daten bestimmen, was als nächstes zu tun ist.[947] Vorbild dieser Methode ist der Vorgang der Mustererkennung, der der menschlichen Wahrnehmung zu eigen ist, wie z.B. Sprach-, Text- und Gesichtserkennung. Dabei ist die Fähigkeit des Menschen zur Abstraktion, wie z.B. die Bildung von Formeln, die Benennung von Begriffen sowie das Aufstellen von Regeln, die entscheidende Voraussetzung, um kognitive Fähigkeiten entwickeln sowie „die Vorgänge in der Welt verstehen, erklären und voraussagen" zu können. „Die Suche nach Mustern im Meer der chaotischen Signale war und ist für [den Menschen] lebensnotwendig. Mustersuche bedeutet Reduktion von Komplexität."[948] Dagegen scheint Mustersuche im digitalen Zeitalter eher Erhöhung von Komplexität zu bedeuten, da Muster und Korrelationen besser erkannt werden

---

[944] John R. Searle. *Geist, Hirn und Wissenschaft. Die Reith Lectures 1984*. Suhrkamp, Berlin, 1986, S. 30, (ü.v. Harvey P. Gavagai)

[945] Vgl. Mainzer, 2014, S. 165

[946] Michael I. Jordan. Tom M. Mitchell. „Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. (Abstract)" in: *Science*. Vol. 349, Issue 6245, 17.07.2015, S. 255–260, *http://science.sciencemag.org/content/349/6245/255?TB_iframe=true,* abgerufen am 01.04.2017

[947] Ethem Alpaydin. *Machine Learning. The New AI*. The MIT Press Essential Knowledge series, Cambridge, Massachusetts, 2016, S. 12 (ü.d.V. sinngemäß)

[948] Mainzer, 2014, S. 35

können, je mehr Daten durch die Anwendung von statistischen Methoden wie z.B. *Big Data*[949], *Knowledge Discovery in Databases*[950] und *Data-Mining*[951] vorhanden sind.

Diese Methoden erinnern an die Rückkehr eines schon längst als überholt angesehenen Modells: der *Laplacesche Dämon*. In Zeiten der Aufklärung arbeitet der französische Mathematiker, Physiker und Astronom Pierre-Simon Laplace (1749–1827) an der Wahrscheinlichkeitstheorie und stellt in seinem *Essai philosophique sur les probabilités* (1814) eine Hypothese auf, „wonach alle Zustände im Universum genau berechenbar wären, wenn nur die entsprechenden Gleichungen mit ihren Anfangsbedingungen bekannt wären:

> *Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Universums als Folge eines früheren Zustandes ansehen und als Ursache des Zustandes, der danach kommt. Eine Intelligenz, die in einem gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, mit denen die Welt begabt ist, und die gegenwärtige Lage der Gebilde, die sie zusammensetzen, und die überdies umfassend genug wäre, diese Kenntnisse der Analyse zu unterwerfen, würde in der gleichen Formel die Bewegungen der größten Himmelskörper und die des leichtesten Atoms einbegreifen. Nichts wäre für sie ungewiss, Zukunft und Vergangenheit lägen klar vor ihren Augen.“*[952]

So kehrt *Big Data* zu längst überwundenen Vorstellungen der Kausalität zurück. Das Marketingversprechen, durch *Big Data* zu bislang undenkbaren Vorhersagen zu gelangen und diese für Unternehmen gewinnbringend einzusetzen, ist nur bis zu einem gewissen Grad richtig. Zwar können undurchschaubare Korrelationen herausgefunden werden, wie z.B. die Verbreitung des Grippevirus aufgrund von *Google*-Suchanfragen[953], aber diese Vorhersagen schließen das aus, was nicht berechnet werden kann. Es werden Szenarien erschaffen, die auf einer mathematischen Fortsetzung der Vergangenheit fußen und nur einen limitierenden Blick auf mögliche Varianten der Zukunft geben: „Was du gewünscht haben wirst.“[954] Wirklich Neues kann dadurch nicht entstehen.

Dafür, dass Neues entstehen kann, ist eine Fähigkeit verantwortlich, die dem Menschen zu eigen ist: Kreativität. Der Begriff stammt vom lateinischen Verb *creare* (dt. ‚hervorbringen,

---

[949] Vgl. Kapitel *V.1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)*, S. 239

[950] Der Begriff „*Knowledge Discovery in Databases (KDD)* ist ein aktuelles Forschungs- und Anwendungsgebiet der Informatik. Ziel des *KDD* ist es, selbständig entscheidungsrelevante, aber bisher unbekannte Zusammenhänge und Verknüpfungen in den Daten großer Datenmengen zu entdecken und dem Analysten oder dem Anwender in übersichtlicher Form zu präsentieren.“ Martin Ester. Jörg Sander. *Knowledge Discovery in Databases. Techniken und Anwendungen*. Springer, Wien, 2009, hier Umschlagseite 4

[951] Der Begriff *Data-Mining* ist die Anwendung effizienter Algorithmen, die die in einer großen Datenbank enthaltenen gültigen Muster finden. Vgl. ebd., S. 4

[952] Pierre-Simon Laplace, zitiert bei Mainzer, 2014, S. 53

[953] Corinna Budras. „Google weiß, wo die Grippe lauert“ in: *FAZ*, 15.11.2014, *http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzwirtschaft/google-flu-trends-big-data-kann-helfen-uns-gegen-krankheiten-zu-wappnen-13268389.html,* abgerufen am 01.04.2017

[954] Hans-Christian Dany. „Ich verstehe nicht, was noch entschleunigt werden soll.“ in: *Telepolis – Onlinemagazin für Politik & Medien im digitalen Zeitalter*, Heise Verlag, 01. November 2015. *https://www.heise.de/tp/features/Ich-verstehe-nicht-was-noch-entschleunigt-werden-soll-3375963.html?seite=2*, abgerufen am 01.04.2017 und vgl. Hans-Christian Dany. *Morgen werde ich Idiot. Kybernetik und Kontrollgesellschaft*. Edition Nautilus, Hamburg, 2013

(er-)schaffen') ab und bezeichnet die schöpferische Tätigkeit, vorher noch nicht Dagewesenes zu denken und zu kreieren.[955] Es gibt sieben Vorgänge, die kreatives Denken auszeichnen:[956]

1) *Intuition:* das plötzlich ahnende Erfassen eines Sachverhalts bzw. das unmittelbare, nicht auf Reflexion beruhende Erkennen eines Vorgangs
2) *Assoziation:* die ursächliche Verknüpfung von Vorstellungen
3) *Perspektivenwechsel:* der Wechsel der Betrachtungsweise oder -möglichkeit von einem bestimmten Standpunkt aus
4) *Risikofreude:* die Bereitschaft, ein Risiko einzugehen
5) *Grenzüberschreitung:* die Missachtung von Grenzen
6) *Humor (z.B. Witz, Spott, Ironie u.a.):* die Geisteshaltung, auf bestimmte Dinge, wie z.B. eine sprachliche Äußerung, heiter und gelassen zu reagieren
7) *Bisoziation:* die Verknüpfung von Vorstellungen aus unterschiedlichen begrifflichen Bezugsrahmen, bei denen geistige Routinen durchbrochen werden[957]

Die Ergebnisse bisoziativen Denkens sind unerwartet und erscheinen unlogisch; und genau das ist ihre Stärke. Deleuze zeigt in seinem Buch *Logik des Sinns* (1969), wie wichtig Unsinn ist, um Sinn überhaupt entstehen zu lassen. Anhand der beiden Kinderbücher *Alice im Wunderland* (1865) und *Alice hinter den Spiegeln* (1871) des britischen Schriftstellers Lewis Carroll (1832–1898) stellt Deleuze 34 Serien von Paradoxa vor, die die Theorie des Sinns bilden.

> *„Der Sinn ist eine nicht-existierende Entität und unterhält sogar ganz besondere Beziehungen zum Unsinn. Die Sonderstellung Lewis Carrolls beruht darauf, dass er die erste große Untersuchung, die erste große Inszenierung der Sinnparadoxa vornimmt, indem er sie entweder sammelt oder erneuert, entweder erfindet oder umarbeitet."*[958]

Die kreative Entfaltung von Sinn durch Unsinn ist nicht nur Teil einer komischen Inspiration, sondern kann auf ein Grundschema zurückgeführt werden, das möglicherweise Anteil an einer wissenschaftlichen Entdeckung hat:

1) *Haha:* ein komischer Vergleich, eine Kollision, ein Fehler löst eine überraschende Pointe aus, in die man mit Lachen „hineingeworfen" wird.

---

[955] *http://www.duden.de/rechtschreibung/Kreativitaet*

[956] Für die folgenden Begriffe vgl. die Duden-Definitionen

[957] Den Begriff ‚Bisoziation' führt der österreichisch-ungarische Schriftsteller Arthur Koestler (1905–1983) in Anlehnung an den Begriff ‚Assoziation' in seinem Buch *The Act of Creation* (1964) ein. „Ich habe den Ausdruck ‚Bisoziation' geprägt, um eine Unterscheidung zwischen dem routinemäßigen Denken, das sich sozusagen auf einer einzigen Ebene vollzieht, und dem schöpferischen Akt zu treffen, der sich immer [...] auf mehr als einer Ebene abspielt." Arthur Koestler. *Der göttliche Funke. Der schöpferische Akt in Kunst und Wissenschaft.* Scherz, Bern/ München/Wien, 1966, S. 25

[958] Gilles Deleuze. *Logik des Sinns.* Suhrkamp, Frankfurt, 1993, S. 13

2) *Aha:* eine bisher verborgene Analogie, ein Diagramm, eine Synthese taucht überraschend auf, der sogenannte *Aha-Effekt*.
3) *Aah...:* die Konfrontation zeigt eine neue Verbindung, die zu einem ganz neuen Verständnis und tieferen Einsichten führt, die wiederum eine permanent andere Sichtweise zur Folge haben kann.[959]

Der spielerische und kreative Umgang mit den zu lösenden Aufgaben ist etwas, das Algorithmen (noch?) nicht können. *Google* forscht in dem Projekt *Google Brain* genau zu dieser Thematik. Darin wird versucht, die KI in einen Zustand „psychischer" Instabilität zu bringen: der britische Informatiker und Kognitionspsychologe Geoffrey Hinton (*1947) soll der Software beibringen, zu „halluzinieren". Es geht darum, dass die Software aus vorgegebenen acht mal acht Pixelbildern von Gesichtern nicht vorhandene Details in die Bilder hineininterpretiert, um die dazugehörige Person richtig zu identifizieren. Die fantasierten Bilder kommen dabei den echten Gesichtern sogar ziemlich nahe.[960] Die KI „leidet" offensichtlich an *Apophänie* bzw. *Pareidolie*, Begleiterscheinungen der Schizophrenie, bei denen vermeintliche Muster in trivialen Einzeldingen erscheinen oder Zufallsstrukturen aktiv in Beziehung zueinander gesetzt werden.[961]

> *„The* pareidolia *is thus a visual expression of* ‚apophenia'*, or the assumed detection of a pattern in random or purposeless data."*[962]

Damit die Erkenntnis solcher Verknüpfungen nicht in „Wahnsinn" umschlägt und nur noch kakophonischer Unsinn entsteht, sind auch hier *degrees of freedom* notwendig, um neue und brauchbare Ansätze zu generieren.[963] Um die Erfolgschancen neuer Techniken zu verbessern, setzt zum Beispiel der Softwarehersteller *Autodesk®* Künstler ein. Damit sie unvoreingenommen und offen mit der neuen Technik umgehen, wird deren ursprünglicher Zweck nicht verraten. Wird diese dabei auf ganz andere Art und Weise benutzt, als es eigentlich intendiert war, können daraus Verbesserungen oder sogar neue Anwendungen abgeleitet werden.[964]

Wie schon zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, ist Joseph Weizenbaum zugleich Pionier und Kritiker der KI-Technologie. Er schlägt als erster eine ethische Differenzierung der beiden Begriffe *decision-making* und *choice* vor.

---

[959] Die deutsche Motivationstrainerin Vera F. Birkenbihl (1946–2011) führt hier das Konzept von Arthur Koestler aus. Vgl. Vera F. Birkenbihl. *ABC-Kreativ. Techniken zur kreativen Problemlösung*. Verlagsgruppe Random House, München, 2012, S. 22

[960] Patrick Beuth. „Google Brain erschafft Porträts aus ein paar Pixeln" in: *DIE ZEIT*. 08.02.2017, *http://www.zeit.de/digital/internet/2017-02/kuenstliche-intelligenz-google-brain-pixel-bilder-generieren*, abgerufen am 03.04.2017

[961] Vgl. Sara Dean. Etienne Turpin. „Machinic Apprenticeship" in: *VOLUME 49, Hello World*. Archis, Amsterdam, 2016, S. 104 ff. (ü.d.V. sinngemäß)

[962] Ebd., S. 104

[963] Vgl. Kapitel *V.1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)*, S. 239

[964] Vgl. Jeff Kowalski (Autodesk-Cheftechniker), zitiert im Interview mit Thomas Range „Wir züchten uns ein Haus" in: *brand eins*, Heft 07, 2016, S. 93

> *„Die Naturwissenschaft hat dem Menschen Macht versprochen. Aber wie es so oft geschieht, wenn Menschen durch Versprechen von Macht verführt werden, ist der Preis, der von Anfang an und unterwegs andauernd bezahlt werden muss, Abhängigkeit und Ohnmacht. Die Macht ist nichts, wenn sie nicht die Macht bedeutet, zu wählen. Die instrumentelle Vernunft kann Entscheidungen treffen, aber zwischen Entscheiden und Wählen besteht ein himmelweiter Unterschied."*[965]

Den Vorgang des *decision-making* ordnet er der Maschine zu, den Vorgang der *choice* dem Menschen bzw. dem menschlichen Urteilsvermögen. Diese Unterscheidung wird im Folgenden genauer aufgeschlüsselt:

1) *decision-making:* Sinngemäß kann der Begriff mit dem Ausdruck ‚eine Entscheidung treffen' übersetzt werden. Etymologisch stammt das Wort ‚Entscheidung' von ‚scheiden' (‚trennen' bzw. ‚weggehen').[966] Der Verlauf des Lösungsprozesses basiert wesentlich auf der Analyse von vorhandenen Optionen und einem schrittweisen Ausschlussverfahren.
2) *choice:* Sinngemäß kann der Begriff mit dem Ausdruck ‚eine Wahl haben' übersetzt werden. Etymologisch stammt das Wort ‚Wahl' von ‚wählen' (‚unter mehreren Möglichkeiten aussuchen' bzw. ‚nach eigenem Ermessen bestimmen').[967] Der Verlauf des Lösungsprozesses basiert auf Wahlmöglichkeiten, die durch Werte, Glauben oder Wahrnehmung geprägt sind. Insbesondere bei Zeit- oder Datenknappheit wird die Lösung individuell abgewogen.

Die Unterscheidung hält Weizenbaum schon damals für ein wesentliches Schlüsselelement bei der Weiterentwicklung der KI-Technologie. Denn die Fähigkeit zu erkennen, zu unterscheiden, zu urteilen und auszuwählen, ist mit der essentiellen kognitiven Leistungsfähigkeit des Menschen verbunden: der Intelligenz (lat. *intellegere* ‚verstehen', ‚unterscheiden' i.S.v. erkennen und begreifen).

> *„I'm not smart. I try to observe. Millions saw the apple fall but Newton was the one who asked why."*[968]

Heute ist es schwierig bis nahezu unmöglich geworden, die täglich anfallenden Unmengen von Daten allein mit Hilfe der menschlichen Intelligenz auszuwerten. Der maschinellen Intelligenz ist dies ohne Weiteres möglich. Die Suchmaschine *Google* liefert die Daten in Petabytemengen und hat mit der Einführung der Suchfunktion auch den Umgang mit Informationen bzw. deren Organisation verändert. Das Prinzip „Aktenordner" hat sich erschöpft, da Informationen nicht mehr geordnet, sondern nur noch gesucht werden müssen. Auch das

---

[965] Weizenbaum, 1978, S. 338

[966] Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort ‚Entscheidung', *https://www.dwds.de/wb/Entscheidung*

[967] Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort ‚Wahl', *https://www.dwds.de/wb/Wahl*

[968] Englischer Essayist William Hazlitt (1778–1830), zitiert in „Nachruf für den amerikanischen Finanzier Bernard Baruch (1870–1965)" in: *New York Post*, 24.06.1965

Löschen erübrigt sich weitgehend durch die Verfügbarkeit an Speicherplatzkapazität in Gigabyte-Größe. Diese beiden Einflussfaktoren sind Teil von *Googles* Philosophie:

> *„Don't throw anything away!*
>
> *Search, don't sort!"*[969]

Chris Anderson, Chefredakteur des Magazins *Wired*, sieht schon 2008 eine sich daraus neue und zeitgemäße Kulturtechnik entwickeln.[970] In seinem Artikel *The End of Theory: The data deluge makes the scientific method obsolete* spricht er von der *Googelian Era* und wie die Verfügbarkeit einer riesigen Menge an Daten in Kombination mit der angewandten Mathematik (Algorithmen) jedes andere Instrument verdrängt und schließlich das „Ende der Theorie" einläutet. Denn was sich durchsetzt, sind nicht mehr Spekulationen über ursächliche Zusammenhänge, „da die Daten sagen, wie die Dinge sind und sein werden."[971]

> *„Who knows why people do what they do? The point is they do it, and we can track and measure it with unprecedented fidelity. With enough data, the numbers speak for themselves."*[972]

Heute ist die algorithmische Intelligenz schon selbstverständlich in den Alltag integriert.[973] Zwar kann sie Antworten geben, aber der Erkenntnisgewinn hängt trotzdem davon ab, ob vorher die richtigen Fragen gestellt wurden:

> *„Question your data – befrage Deine Daten."*[974]

Der deutsche Autor und Publizist Alexander Pschera (*1964) führt in seinem Buch *Dataismus. Kritik der anonymen Moral* (2013) den gleichnamigen Begriff ‚Dataismus' ein, mit dem er „eine neue Kultur der Daten" fordert: „[...] wenn wir wissen, was wir wissen wollen, können wir die Daten sprechen lassen. Dann müssen wir die Nadel im Heuhaufen nicht mehr suchen. Sie meldet sich selbst"[975] und wird „einfach" gefunden.

Gesellschaftliche Entwicklungen, wie sie durch *Big Data* entstanden sind, beeinflussen natürlich auch den Entwurfsprozess im digitalen Entwerfen. So wird die Methode der analytischen Berechnung durch die Methode von *Trial and Error* ersetzt. In der Informatik als *Brute Force*-Methode bekannt, bei der irgendwann die gewünschte Lösung gefunden wird, indem alle potenziellen Lösungen „ausprobiert" werden, wird die *Trial and Error*-Methode im digitalen

---

[969] *Gmail's Philosophy Today*. 09.02.2007, *http://googlesystem.blogspot.de/2007/02/gmails-philosophy-today.html*, abgerufen am 05.04.2017

[970] Vgl. Chris Anderson. *The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete*. WIRED Magazine 16.07, 23.06.2008, *http://www.wired.com/2008/06/pb-theory/*, abgerufen am 04.04.2016

[971] Vgl. Chris Anderson, referiert bei Thomas Ramge. „Wie groß ist Big Data?" in: *brand eins*, Heft 07, 2016, S. 109

[972] Vgl. Anderson, 2008

[973] Vgl. Viktor Mayer-Schönberger. Kenneth Cukier. *Big Data: Die Revolution, die unser Leben verändern wird*. Redline Wirtschaft, München, 2013

[974] Alexander Pschera. „Dataismus und Optimismus" in: *DIE ZEIT*, 30.09.2013. *http://www.zeit.de/digital/internet/2013-09/bigdata-dataismus-optimismus/komplettansicht*, abgerufen am 04.04.2017

[975] Ebd.

Entwerfen zur Simulation und Optimierung von Konstruktionen in Echtzeit eingesetzt.[976] Der Erkenntnisgewinn erfolgt nicht mehr auf Grundlage von konzeptionellen Experimenten durch logische Schlussfolgerungen, sondern auf Grundlage von (simulierten) empirischen Tests durch alleiniges Sichten der Ergebnisse: von theoretischen Hypothesen hin zu pragmatischen Mutmaßungen.[977]

> *„Da früher die Menge der Daten, die wir speichern und verarbeiten konnten, begrenzt war, lernten wir abstrakte Formeln zu nutzen, um aus den wenigen Daten, die wir hatten, Muster abzuleiten und zu verallgemeinern. Jetzt, da wir Zugriff auf immer mehr Daten haben, brauchen wir paradoxerweise immer weniger Berechnungen.“*[978]

In dieser neuen heuristischen Herangehensweise, einer Art „Neo-Heuristik“, werden Mutmaßungen mit Hilfe eines Überflusses an Daten getroffen. Diese Kulturtechnik bewirkt allerdings nicht nur eine Veränderung des Erkenntnisgewinns in technischer Hinsicht, sondern auch in menschlicher Hinsicht, da sich das Wesen der Intuition wandelt. Erfahrungs-, Erkenntnis- und Wissensgenerierung wird durch Simulationen an den Computer abgegeben bzw. durch die Software ersetzt, wodurch die Notwendigkeit von menschlicher Intuition obsolet wird und deren Anwendung sogar überflüssig gemacht wird.[979] Im klassischen Tragwerksentwurf zeigt sich die Intuition in der Anwendung von Faustregeln (wie z.B. „Pi mal Daumen“), die als Methode zur schnellen Berechnung von Werten genutzt werden und aus Erfahrungen hervorgehen. Durch Faustformeln können die Ergebnisse einfach im Kopf berechnet werden, was im digitalen Entwerfen unmöglich und auch unnötig geworden ist. Zwar stehen sich die digitalen Simulationen und die menschliche Intuition konträr gegenüber, das bedeutet aber weder, dass die Intuition komplett verschwunden, noch dass sie unbrauchbar geworden ist. Sie liegt lediglich „unter dem digitalen Rauschen unserer Zeit“[980] verschüttet. Zu ihrer Anwendung und ihrer Rolle im digitalen Entwerfen bedarf es einer Neudefinition. Die letzten Zeilen von Weizenbaums *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft* (1977) geben dafür einen guten Impuls, auch um grundsätzlich die Bedeutsamkeit von Mensch und Maschine zu überdenken:

> *„Und es gibt genau einen entscheidenden Unterschied zwischen dem Menschen und einer Maschine: um ein Ganzes zu werden, muss der Mensch auf immer ein Erforscher seiner äußeren und inneren Realitäten sein. Sein Leben ist voller Risiken, die er jedoch mutig auf sich nimmt, weil er wie der Forscher lernt, seinen eigenen Fähigkeiten zu vertrauen, durchzukommen und auszuhalten. Was für eine Bedeutung könnte es haben, von Risiko, Mut […] und Durchhaltevermögen zu sprechen, wenn von Maschinen die Rede ist?“*[981]

---

[976] Vgl. Kapitel *V.1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)*, S. 239

[977] Vgl. Nick Axel. „Editorial“ in: *VOLUME 49*, 2016, S. 2 (ü.d.V. sinngemäß)

[978] Carpo, 2014, S. 107

[979] Vgl. Dirk Böttcher. „Das Ziel ist der Weg.“ in: *brand eins. Du bist mehr, als du denkst. Schwerpunkt Intuition.* 18. Jahrgang, Heft 11, 2016, S.147

[980] Michael Winterhoff, zitiert ebd., S. 148

[981] Weizenbaum, 1978, S. 366

Die Maschine an sich ist ein Simulationsprogramm, das nur vortäuschen kann, ähnlich der menschlichen Wahrnehmung zu agieren. Die Fähigkeit zur Intuition wird sie dem Menschen nie abnehmen können.

> *„Die Systeme […] sind ja sehr dumm. Ihre Dummheit ist ihre Stärke."*[982]

Der italienische Philosoph Roberto Casati (*1961) fordert, dass „die Vermenschlichung des Maschinenverhaltens" schließlich beendet werden sollte. Anstatt dass danach gestrebt wird, die Maschine intelligenter zu machen, sollte sie dumm bleiben und diese Stärke ausbauen. Maschinen sollten das tun, was sie am besten können: Abläufe formalisieren und Routinen abarbeiten. Dann kann die Maschine durch ihre „Dummheit" dem Menschen helfen, „schlauer" zu sein, da sie so seine Stärken unterstützt und sie ausbaut: das Erkennen und das Bewerten.

> *„Die Software bleibt das Werkzeug."*[983]

Als angewandtes Beispiel kann der Computer *Raspberry Pi* dienen, der 2012 vom britischen Informatiker Eben Upton (*1978) als Einplatinencomputer an der Universität Cambridge entwickelt wurde. Dieser einfache Computer ist ein „geplanter Rückschritt in eine Zeit, in der Computer noch keine intuitiv zu bedienenden Maschinen waren."[984] Und genau darin liegt sein großes Potenzial:

> *„The Raspberry Pi Foundation works to put the power of digital making into the hands of people all over the world, so they are capable of understanding and shaping our increasingly digital world, able to solve the problems that matter to them, and equipped for the jobs of the future. We provide low-cost, high-performance computers that people use to learn, solve problems and have fun. We provide outreach and education to help more people access computing and digital making. We develop free resources to help people learn about computing and how to make things with computers, and train educators who can guide other people to learn."*[985]

So wie Weizenbaum zwischen *decision-making* und *choice* unterscheidet, um die KI-Forschung weiterzudenken, besteht ein weiterer Teil dieser Arbeit darin, eine ethische Differenzierung der Begriffe *suchen* und *finden* vorzuschlagen, um die Einbindung der Intuition und das digitale Entwerfen an sich weiterzudenken.

Der Maschine wird dabei der Vorgang des *Suchens* zugeordnet und dem Menschen bzw. dem menschlichen Urteilsvermögens der Vorgang des *Findens*:

---

[982] Roberto Casati, zitiert im Interview mit Chiara Somajni. „Ihre Dummheit ist ihre Stärke." in: *brand eins*, Heft 07, 2015, S. 87

[983] Thomas Ramge. „π mal Daumen" in: *brand eins*, Heft 11, 2016, S. 61

[984] Johannes Böhme. „Der Köder" in: *brand eins*, Heft 07, 2016, S. 62

[985] „About us", *https://www.raspberrypi.org/about/*, abgerufen am 08.04.2017

1) *suchen:* Etymologisch steht der Begriff für ‚intensiv finden wollen' (‚nachforschen' bzw. ‚erstreben').[986]
2) *finden:* Etymologisch steht der Begriff für ‚durch Zufall, durch Suchen, durch Nachdenken auf etw. stoßen'.[987]

Es wird nicht mehr nach einem Entwurfsansatz gesucht, sondern dieser „meldet sich selbst" bzw. wird gefunden. Intuition und menschliche Intelligenz bedienen sich der künstlichen Intelligenz und sind ihr überlegen und nicht umgekehrt. In Anlehnung an *Googles* Philosophie gilt für das digitale Entwerfen das folgende Motto:

„Don't search, just find!"[988]

Zusätzlich ist diese Forderung von dem bekannten Zitat Pablo Picassos (1881–1973) inspiriert, der so seine Vorgehensweise beschreibt:

„Ich suche nicht, ich finde."[989]

Für Picasso kann nur in der Tätigkeit des *Findens* etwas völlig Neues entstehen. Das *Suchen* geht seiner Meinung nach von Referenzen aus der Vergangenheit aus, durch die das bereits Bekannte in einem angeblichen Neuen gefunden werden will. Man hat eine Ahnung von dem, wonach man sucht. Beim *Finden* taucht im Prozess des Nachdenkens etwas gänzlich Neues auf, an das man vorher noch nicht gedacht hat. Als Aha-Erlebnis, als „Heureka-Moment"[990] bzw. als Geistesblitz steht das *Finden* auch für eine der zentralen Fähigkeiten natürlicher Intelligenz: „[...] das Erkennen von Bedeutungen und Sinn, die eben nicht zuvor definiert – oder programmiert – wurden."[991] Der amerikanische Soziologe Robert K. Merton (1910–2003) veröffentlicht zu Beginn des Computerzeitalters die Geschichte *The Travels and Adventures of Serendipity* (1945): „Der Name geht auf ein altes orientalisches Märchen zurück, in dem drei Prinzen mit einem gut vorbereiteten Geist auf ihren abenteuerlichen Reisen immer wieder zufällige Entdeckungen machen, die von großem Nutzen und hoher Erkenntnis sind."[992] Der Begriff ‚Serendipität' unterstreicht darüber hinaus das Potenzial des *Findens*, da mit Einfallsreichtum und Schlauheit – einer ‚Findigkeit' – Schwierigkeiten überwunden werden können.[993]

---

[986] Vgl. Etymologisches Wörterbuch. Stichwort ‚suchen', *https://www.dwds.de/wb/suchen*

[987] Vgl. Etymologisches Wörterbuch. Stichwort ‚finden', *https://www.dwds.de/wb/finden*

[988] *Googles* Philosophie wird von der Verfasserin auf das digitale Entwerfen übertragen. Vgl. Überschrift dieses Kapitels

[989] Vgl. Siegfried Gohr. *Ich suche nicht, ich finde. Pablo Picasso. Leben und Werk*. DuMont Buchverlag, Köln, 2006

[990] „Heureka" bedeutet übersetzt aus dem Altgriechischen: „Ich habe [es] gefunden." Dieser Ausruf wird dem griechischen Philosophen Archimedes von Syrakus (287–212 v. Chr.) zugeschrieben, als er in der Badewanne sitzend das *Archimedische Prinzip* entdeckt hatte. Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort ‚heureka', *https://www.dwds.de/wb/heureka*

[991] Lotter, Heft 11, 2016, S. 40

[992] Ebd., S. 39 f.

[993] Vgl. Etymologisches Wörterbuch, Stichwort ‚findig', *https://www.dwds.de/wb/findig* und Stichwort ‚Findigkeit', *https://www.dwds.de/wb/Findigkeit*

Wie eingangs erwähnt, sind die sich digital konstruierenden Formen so komplex geworden, dass sie jenseits des Vorstellbaren liegen. Ihre Ästhetik folgt einer computergestützten Logik, die nicht mehr „menschlich" ist und vielleicht an sich gar keiner Logik mehr entspringt – und vielleicht muss sie als Logik auch gar nicht mehr verstanden werden. Zwar greift bei diesen digitalen Strukturen nicht mehr die ureigene Fähigkeit des Menschen zur Mustererkennung, aber vielleicht ist dies ebenfalls gar nicht mehr nötig, da ein anderer Faktor viel entscheidender ist: der „findige Einsatz" menschlicher Intelligenz. Schon Vitruv fordert in seinem Werk *Zehn Bücher über Architektur* (33 bis 22 v. Chr.) vom Architekten die Fähigkeit der *sollertia* (lat. ‚Kunstfertigkeit', ‚Geschick(lichkeit)', ‚Einsicht', ‚Erfindsamkeit' ‚Schlauheit', ‚List', ‚Kunstgriff').[994]

> *„Ratiocinatio autem est, quae res fabricatas sollertiae ac rationis pro portione demonstrare atque explicare potest.*
>
> *Ratiocinatio ist, was bei handwerklich hergestellten Dingen aufzeigen und deutlich machen kann, in welchem Verhältnis ihnen handwerkliche Geschicklichkeit und planvolle Berechnung innewohnt."*[995]

Das Wort *sollertia* bedeutet übersetzt also ‚handwerkliche Geschicklichkeit', wohingegen das Wort *ratio* für „planvolle Berechnung" steht. „Diese beiden Begriffe erzeugen eine Spannung über die ganze *De Architectura* hindurch [sic]."[996] Vitruv beschreibt am Ende anhand vierer Beispiele von Stadtbelagerungen, wie die große Ingenieurskunst der Antike, die *ratio proportionis* und mit ihr die mathematische Gelehrsamkeit vom Niveau eines Archimedes, durch die Kriegslist von Architekten zu Fall gebracht wird, um buchstäblich in einer stinkenden Brühe unterzugehen."[997] In einem Beispiel werden die eigentlich Stärkeren (die Angreifer) mit den hochentwickelten Kriegsmaschinen durch die vermeintlich Schwächeren (die Belagerten) mit Hilfe einer List besiegt: mittels eines Kanalsystems leiten sie Ekel erregenden Schlamm („ein Sumpf von menschlichen Exkrementen") in den Boden vor die Stadtmauern, der diesen komplett aufweicht – die Kriegsmaschinen versinken und werden dadurch nutzlos.[998] Ob das Beispiel wahr ist, sei dahingestellt, sein „Wert liegt jedoch in der Erfindung einer Art Mythos, der uns von dem absoluten Vertrauen in die Technik abbringt."

Des Weiteren zieht Bernard Cache den Schluss, dass die gesamte Konklusion von Vitruvs Werk „vom Triumph über Maschinen ohne Maschinen"[999] handelt, da Vitruv um „die

---

[994] Vgl. Latein-Deutsch Wörterbuch, Stichwort ‚sollertia', *http://de.pons.com/%C3%BCbersetzung/latein-deutsch/sollertia*

[995] Vitruv. „Erstes Buch, 1. Kapitel, (1) 4. Satz" in: Günther Fischer. *Vitruv NEU oder Was ist Architektur?* Band 141. Bauwelt Fundamente, Walter de Gruyter, Berlin, 2009, S. 194

[996] Bernard Cache, zitiert im Gespräch mit Urs Hirschberg und Daniel Gethmann. „Über Sollertia und Hyperpragmatismus" in: *GAM 06*, 2010, S. 65

[997] Bernard Cache „De Architectura. Zum Inhaltsverzeichnis der Zehn Bücher über Architektur" in: *Candide. Journal for Architectural Knowledge No. 1.*, Transcript Verlag, Bielefeld, Dezember 2009, S. 13

[998] Ebd.

[999] Cache, 2010, S. 65

Begrenztheit der Hochtechnologie wusste, dass all die hölzernen Kriegsgerüste den elementaren Zerfallsprozessen immer unterlegen sein werden."[1000] ‚Findigkeit' ersetzt *decision-making* und *suchen*, da die Qualität, auf Unbestimmtheiten wie z.B. Zufall, Fehler oder Spontaneitäten zu reagieren, programmierten Algorithmen nicht eingeschrieben werden kann.

Zwar wird die Technologie in der postdigitalen Ära zunehmend unsichtbar, allerdings birgt die aktuelle Phase des digitalen Entwerfens – *Digitaler Materialismus* – eben die sichtbare Gefahr, durch die Fokussierung auf das Material in einer Übertechnologisierung mit biomimetischer Argumentation stecken zu bleiben. Die Ausrichtung auf das Material kommt der grundlegenden Eigenschaft der menschlichen Wahrnehmung, die Welt affektiv (d.h. emotional, sensorisch oder haptisch) zu erleben, zwar entgegen, aber durch die Digitalisierung entwickelt sich eine Art „Hyperpragmatismus" mit „technischem Tunnelblick" und „Degeneration des Hippocampus".[1001]

> *„Der Hyperpragmatismus hat unsere architektonische Kultur und unsere Gesellschaft im Allgemeinen bis zu einem Punkt überschwemmt, an dem die beiden nicht mehr funktionieren […]. Alles muss um jeden Preis sofort verfügbar sein, überall und für jeden."*[1002]

Diese Situation kann auch als Chance dafür genutzt werden, das digitale Entwerfen durch ein „Reset" zurück in seinen informellen Anfangszustand zu bringen. Dafür ist ein zweiter Aspekt von Caches Untersuchung zu Vitruvs *De Architectura* spannend: die Deutung des Inhaltsverzeichnisses als eines Materialverzeichnisses. Die vier Elemente Luft (als Winde), Erde (als Ressourcen), Wasser (als Hydrologie) und Feuer (als Astronomie) werden zunächst gesondert beschrieben. Zusammengemischt zu einem Ekel erregenden Schlamm siegen sie zum Schluss über die Kriegsmaschinen, die im Sumpf versinken.[1003] Für den Philosophen und Professor für Stadtentwicklung Donald A. Schön (1930–1997) ist der Sumpf, das „swampy lowland", der Ort, „in dem relevantes Design passiert". Im Gegensatz dazu verlässt man sich im „high ground" auf klare, kategorische und „forschungsbasierte Theorie"[1004], die allerdings auch einschränkt:

> *„Hungry for technical rigour, devoted to an image of solid professional competence, or fearful of entering a world in which they feel they do not know what they are doing, they choose to confine themselves to narrowly technical practice."*[1005]

Dagegen ist die sogenannte sumpfige Tiefebene unbestimmt; ihr Schlamm proportions- und formlos; ein informeller Moment.

[1000] Cache, 2009, S. 47

[1001] Böttcher, Heft 11, 2016, S.146 f.

[1002] Cache, 2010, S. 63

[1003] Cache, 2009, S. 13 und S. 17

[1004] Wolfgang Jonas. „Zufälle, Marotten, Eigensinn – Die anderen Gründe von Designtheorie" in: Matthias Götz/Maike Fraas (Hg.) *Fiasco – ma non troppo*. Nr. 25 der Schriftenreihe Burg Giebichenstein, Kunsthochschule Halle, Schwabe Verlag, Basel, 2014, S. 77

[1005] Donald A. Schön, zitiert ebd., S. 78

„Now […] is the ‚time of matter', in a tirade against all conceptual thought; in fact against thought itself. Now has always been the ‚time of matter' […] since at the birth of the universe ‚[t]here were no signs, no ideas, no concepts, no meanings, no disembodied spirits, no dematerialized abstractions whatsoever around during the first couple of seconds after the Big Bang, nor during the first million or billion years, or, for that matter, even these days.'"[1006]

Diese Beschreibung des amerikanischen Architekturtheoretikers Jeffrey Kipnis (*1951) über „the time of matter" erinnert stark an das Wesen der informellen Operation *base materialism*, die der *5. Phase: Digitaler Materialismus (seit 2010)* zugeordnet ist. Das Entscheidende der informellen Operation *base materialism* ist, dass sie sich durch ihre Selbstbezüglichkeit von jeglichen Konventionen und Repräsentationen befreit.[1007] Das digitale Entwerfen sollte sich ebenfalls wieder auf seinen informellen Ursprung besinnen und sich nicht durch die Verlockungen des Organischen verführen lassen.[1008] Zumal das Biomorphe in seiner ursprünglichen Definition eigentlich dem informellen Gedanken entspricht: Prozesse zu bilden und nicht abzubilden.[1009]

Trotz der fortschreitenden Digitalisierung aller Lebensbereiche ist ein gesellschaftlicher Trend zu einem „analogen Fetischismus" zu beobachten. Durch *Do it yourself*-Moden formt sich eine Art Subkultur, die eine „alte Handwerklichkeit" wieder aufleben lässt. So werden Craftbeer-Brauereien populär, Dekorieren und textiles Handarbeiten wiederentdeckt, Selbstverlage gegründet und „alte Medien" wie z.B. Polaroid-Kameras und Vinyl-Schallplatten benutzt. Zum einen können diese Entwicklungen als deutlicher Aufruf zur ‚Vermenschlichung' der Technologie gelesen werden, was allerdings über die Tatsache hinwegtäuscht, dass wir längst und unwiederbringlich den Raum des Postdigitalen betreten haben.[1010] Der polnische Soziologe Zygmunt Baumann (1925–2017) führt in seinem Buch *Retrotopia* (2017) den gleichnamigen Begriff ein, mit dem er zu erklären versucht, warum sich die Menschen zur Vergangenheit hinwenden und sich nach einem vermeintlich besseren Gestern sehnen. Denn die Idee des Fortschritts kündigt im Zeitalter des *Digital Turn* nicht mehr die Hoffnung auf eine bessere Zukunft an, sondern vergrößert die Angst, abgehängt bzw. zurückgelassen zu werden.[1011]

Zum anderen spielt auch die Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes durch die fortschreitende Digitalisierung eine Rolle. Dieser technophobische Ansatz erinnert wiederum an

---

[1006] Jeff Kipnis, zitiert bei Doug Spencer. „Out of the Loop" in: *VOLUME 49*, 2016, S. 9

[1007] Vgl. Kapitel *III.7.1 base materialism – allgemeine Definition*, S. 198

[1008] Aber die Verlockungen des Organischen lauern nach wie vor: wenn die KI-Forschung Mensch und Maschine weiter „verschmelzen" lässt, wird auch die biomorphe Argumentation im digitalen Entwerfen wieder erstarken; und falls sogar der Traum des Menschen von der Animation des Anorganischen wahr wird, so könnte das digitale Entwerfen möglicherweise komplett biomorph werden.

[1009] Vgl. Kapitel *II.3.3. Die biomorphe Gestalt*, S. 48

[1010] Vgl. Kapitel *V.1. Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)*, S. 239

[1011] Vgl. Zygmunt Bauman im Gespräch mit *Spiegel*-Kultur. „Nationalismus ist ein Ersatz" in: *Spiegel Online*, Ausgabe Nr. 36, 2016, *https://magazin.spiegel.de/SP/2016/36/146612557/index.html*, abgerufen am 27.03.2017

ein historisches Beispiel, als die schlesischen Weber zu Beginn der ersten industriellen Revolution aus Angst um ihre Arbeitsplätze, die neuen mechanischen Webstühle zerstören wollten.[1012] Die sogenannten Maschinenstürmer schlossen sich zu großen Bewegungen, den *Ludditen* (1811–1816) bzw. den *Swing Riots* (1830–1833), zusammen, die gegen die einsetzende Industrialisierung kämpften. Den *Ludditen* ging es nicht um blinde Zerstörung, sondern darum, dass sie in organisierten Gruppen mit zielgerichteten Aktionen ihre Interessen verteidigten.[1013] Heute können „neo-ludditische" Strukturen bei der konsumkritischen Organisation *Adbusters Media Foundation* wiedergefunden werden. Mit ihren „Campaigns", wie z.B. *Billion People March, Occupy Wall Street* oder *Buy Nothing Day*, kämpfen sie ebenfalls für ihre Interessen und formulieren Appelle, die auf die Rückgewinnung von Eigenverantwortung abzielen:

> *„[…]* Adbusters *is […] fighting back against the hostile takeover of our psychological, physical and cultural environments by commercial forces."*[1014]

Auf das digitale Entwerfen übertragen, bedeutet die Rückgewinnung von Eigenverantwortung, die Chance, einen neuen „Zugang zu zeitgemäßem Computerdenken"[1015] zu bekommen. Die Gefahr, dass diese Chance vergeben wird, sieht Ludger Hovestadt schon früh im Entwurfsprozess auftauchen, nämlich dann, wenn der Architekt durch eine unreflektierte Nutzung der Software *Grasshopper* zu einem digitalen Handwerker degradiert wird:

> *„Das heißt, man läuft Gefahr, großen, unkontrollierten Unfug zu machen, weil man keine Vorstellung davon bekommt, was der Computer eigentlich ist. Das Problem ist, dass man mit* Grasshopper *in keinster Weise zu verstehen lernt, was Computerdenken ist. Man lernt schnell, Maschinen zu bauen."*[1016]

Der US-amerikanische Mathematiker und Informatiker Leslie Lamport (*1941) fordert in seinem Vortrag *Thinking above the Code* (2014)[1017] die Einführung von ethischen Spezifikationen für Programmierer. Sie unterstützen ihn vor dem Prozess des Kodierens dabei, über seine Intention nachzudenken bzw. generell über den Code hinaus und dadurch auch über gesteckte Grenzen hinaus zu denken. Für Ben van Berkel sollte im digitalen Entwerfen ebenfalls über den Code hinaus gedacht werden – er fordert ein *Next Phase Thinking*:

> *„We can produce science but computation cannot judge on a human level. […] Be faster than* Grasshopper. *Go beyond the tools you work with today – the* Next Phase Thinking *[…] Even if a robot makes a thing, there is a decision [choice!] to make […] a trained (human) judgement."*[1018]

[1012] Vgl. Andreas Rödder, zitiert im Interview mit Peter Laudenbach, Heft 07, 2016, S. 50

[1013] Die Umstände der Entstehung der englischen Arbeiterklasse beschreibt der britische Historiker Edward P. Thompson (1924–1993) in seinem Buch *The Making of the English Working Class* (1963).

[1014] Vgl. *https://www.adbusters.org/campaigns/*, abgerufen am 27.03.2017

[1015] Ludger Hovestadt. „Einfachheit ist für Anfänger." in: *GAM 10*, 2014, S. 161

[1016] Ebd.

[1017] Rede von Leslie Lamport bei der *Turing-Award*-Übergabe, 2014, *https://www.youtube.com/watch?v=-4Yp3j_jk8Q*, abgerufen am 11.04.2017

[1018] Wortbeitrag auf dem Symposium *Craftsmanship in the Digital Age – #1 Architecture, Technology, Materiality*, *ANCB – Aedes Network Campus*, Berlin, 2017

Wenn Technologie akzeptiert ist; wenn sie unsichtbar und im gesellschaftlichen System eingebettet ist; wenn sie als „magisch“ gilt[1019]; wenn sie für selbstverständlich genommen und ihre Anwendung nicht mehr hinterfragt wird – dann sind Theoretiker mehr denn je gefragt.

> *„Mittels List und Vernunft klärt uns die Theorie über die Praxis auf.“*[1020]

> *„When the outside world begins to look irreducibly weird, architecture theory must slip anti-bodies past its defenses: exotic and taboo ideas that have the power to kill off some seemingly healthy cells in order to upgrade the disciplinary immune system for a new environment.“*[1021]

So operiert diese Arbeit, die digitales Entwerfen und informelle Kunst zusammendenkt, im Geiste von Batailles *Kritisches Wörterbuch*, um wirklich neue Zusammenhänge zu *finden*. Zusätzlich zu der Frage „Wo bleibt der Mensch?“, muss sie vor dem Hintergrund humaner Ethik erweitert werden:

> *„Nur weil der Mensch es kann – sollte der Mensch es auch tun?“*

[1019] Zitat Science-Fiction-Autor Arthur C. Clarke: „Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.“ in: *Profile der Zukunft. Über die Grenzen des Möglichen*. Heyne, München, 1985

[1020] Cache, 2009, S. 23

[1021] Troy Conrad Therrien. „The Promethean Gift Economy“ in: *VOLUME 49*, 2016, S. 92

VI. Literatur

Agamben, Giorgio
What is a Paradigm. Vortrag *European Graduate School*, veröffentlicht als Videovortrag, 2002

Alberg, Werner (Hrsg.)
Albert Fürst: Malerei und grafische Arbeiten. Ausstellungskatalog Stadtmuseum, Düsseldorf, 2003

Alberti, Leon Battista/Grayson, Cecil (Hrsg.)
On Painting and Sculpture. The Latin Texts of De Pictura and De Statua Edited with translations, introduction and notes by Cecil Grayson. Phaidon Press Ltd, London, 1972

Alexander, Christopher
Notes on the synthesis of form. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1999 (Originalausgabe: 1964)

Allen, Stan/McQuade, Marc/Princeton University School of Architecture (Hrsg.)
Landform Building: Architecture's New Terrain. Lars Müller Publishers, 2011

Allen, Stan
Points + Lines: Diagrams and Projects for the City. Princeton Architectural Press, 1999

Alloway, Lawrence
Topics in American Art since 1945. W.W.Norton and Company, New York, 1975

Alpaydin, Ethem
Machine Learning. The New AI. The MIT Press Essential Knowledge series, Cambridge, Massachusetts, 2016

Althöfer, Heinz
– *Informel. Der Anfang nach dem Ende*. Band 1, Schriftenreihe des Museums am Ostwall Dortmund, Dortmund, 1999
– *Informel. Begegnung und Wandel*. Band 2, Schriftenreihe des Museums am Ostwall Dortmund, Dortmund, 2002

Anderson, Chris
„The End of Theory: The data deluge makes the scientific method obsolete" in: *Wired Magazin,* 2008
http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory

Anna, Susanne (Hg.)
Die Informellen – von Pollock bis Schumacher. Ostfildern, Hatje Cantz Verlag, 1999

Aranda, Benjamin/Lasch, Chris
Tooling. Pamphlet Architecture 27. Princeton Architectural Press, New York, 2006

ARCH+
diverse Jahrgänge von 1993–2015

Architectural Design
diverse Jahrgänge von 1969–2015

Architecture d'Aujourd'hui
diverse Jahrgänge von 1999–2015

Aristoteles
– *Die Rhetorik*. Sieveke, Franz G. (Hrsg. und gr./dt. Übersetzung), Fink, München, 1980
– *Die Poetik*. Fuhrmann, Manfred (Hrsg. und gr./dt. Übersetzung), Reclam, Stuttgart, 1982

Armstrong, Karen
Eine kurze Geschichte des Mythos. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 2007

Arnold, Heinz Ludwig (Hrsg.)
Andreas Gryphius. Gesammelte Werke. Fischer, Berlin, 2010

Artforum
diverse Jahrgänge seit 1967

Ashton, Dore
„Pollock: Le Nouvel espace." in: *XX*e *Siècle. Nouvelle série*. No. 17, Paris, 1961

Isaac Asimov
Meine Freunde, die Roboter. Heyne, München, 1982

Auger, Boyd
„A Return to Ornament" in: *The Architectural Review*, 1976

Avanessian, Armen/Hofmann, Franck (Hrsg.)
Raum in den Künsten. Konstruktion – Bewegung – Politik. Wilhelm Fink, München, 2010

Bachmann-Medick, Doris
Cultural Turns. Neuorientierungen in den Kulturwissenschaften. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 2014 (Originalausgabe: 2006)

Baal-Teshuva, Jacob
Mark Rothko. 1903–1970: Pictures as Drama. Taschen, New York, 2003

Balmond, Cecil
„New Structure und das Informelle." in: *ARCH+ 139/140*, 1997/98

Bartelsheim, Sabine
Biomorphismus heute? Verkörperungen von Belebtheit in der zeitgenössischen Skulptur. kunsttexte.de – E-Journal für Kunst- und Bildgeschichte, Nr. 1, 2015

Barthes, Roland
„Der Tod des Autors." in: Jannidis, Fotis (Hrsg.). *Texte zur Theorie der Autorschaft*. Reclam, Stuttgart, 2000

Bataille, Georges
- *OEuvres complètes, Bd. I: Premiers Ecrits, 1922–1940*. Paris: Gallimard, 1970
- „Der niedere Materialismus und die Gnosis." in: Schultz, Wolfgang. *Dokumente der Gnosis*. Matthes & Seitz, Berlin, 1986
- *Documents. Nr. 6,* 1929

Bauman, Zygmunt
Retrotopia. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2017

Baur, Michael
„Idealism" in: Horowitz, Maryanne Cline (Hg.). *New Dictionary of the History of Ideas*. Band 3, Thomson Gale, Detroit, 2005

Baus, Christine
Das Formelle in der informellen Malerei. Eine methodologische Untersuchung zur Malerei des deutschen Informel. Diss. Philosophische Fakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2008

Bauwelt
diverse Jahrgänge

Beaver, Patrick
The Crystal Palace: 1851–1936. A Portrait of Victorian Enterprise. Hugh Evelyn, London, 1977

Becker, Hans J. (Hrsg.)
Goethes Biologie: Die wissenschaftlichen und die autobiographischen Texte. Königshausen und Neumann, 1999

Becker, Lynn
„Cecil Balmond and the Bonfire of the Vanities" auf dem Blog *www.lynnbecker.com*
http://www.lynnbecker.com/repeat/balmonds/cecil_balmond_and_the_bonfire_of_the_vanities.htm

Behne, Adolf
Der moderne Zweckbau. Frankfurt/M, Verlag Ullstein, 1964 (Originalausgabe: 1926)

Bendsøe, Martin Philip/Sigmund, Ole
Topology Optimization: Theory, Methods, And Applications. Springer, Berlin/Heidelberg, 2004/2013

Bense, Max
– *Ästhetische Information*, Krefeld und Baden-Baden, 1956
– *Aesthetica. Einführung in die neue Ästhetik*. Agis Verlag, Baden-Baden, 1965

Bentley, Peter J.
Evolutionary Design by Computers. Morgan Kaufmann, 1999

Berg, Gretchen
Nothing to Lose. Cahiers du Cinema (Englisch), No. 10, 1967

Bergson, Henri
Schöpferische Entwicklung. Diederichs, Jena, 1912

Bergström, Ingvar
Dutch still-life painting in the seventeenth century. Faber & Faber, 1956

Berka, Walter (Hrsg.)
Woher kommt das Neue? Kreativität in Wissenschaft und Kunst. Band 6 von Wissenschaft – Bildung – Politik, Böhlau Verlag, Wien, 2003

Bienz, Peter
Le Corbusier und die Musik. Bauwelt Fundamente Nr. 120, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1998

Birkenbihl, Vera F.
ABC-Kreativ. Techniken zur kreativen Problemlösung. Verlagsgruppe Random House, München, 2012

Bitsch, Annette
„Georges Batailles Heterologie und die Documents." in: Mazin, Victor/Strauss, Joulia (Hg.). *Kabinet. Deutsch-russische Zeitschrift von Freuds Museum der Träume und dem Institut für Psychoanalyse*. St. Petersburg, 2003

Blake, Peter
Form Follows Fiasco. Why modern architecture hasn't worked. Little, Brown and Company in association with The Atlantic Monthly Press, 1974/1975/1977

Bleyl, Matthias
Essentielle Malerei in Deutschland. Wege zur Kunst nach 1945. Nürnberg, 1988

Blinn, James F.
A Generalization of Algebraic Surface Drawing. ACM Transactions on Graphics, 1982

Bloomfield, Emma/Clarke, Joseph (Hrsg.)
Perspecta 46: Error. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2013

Blumenberg, Hans
– *Schiffbruch mit Zuschauer*. Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1979
– *Paradigmen zu einer Metaphorologie*. Frankfurt am Main, 1998

Bohnacker, Hartmut/Groß, Benedikt/Laub, Julia/Lazzeroni, Claudius (Hrsg.)
Generative Gestaltung. Entwerfen, Programmieren, Visualisieren. Verlag Hermann Schmidt, Mainz, 2009

Bois, Yve-Alain/Krauss, Rosalind E.
Formless, New York, Zone Books, 1997

Bonner, John Tyler
Why Size Matters. From Bacteria to Blue Whales. Princeton University Press, New Jersey, 2006

Boym, Svetlana
Architecture of the Off-Modern. Buell Center/Princeton Architectural Press, New York, 2008

Böhm, Florian
„Zum Stand der Kunst des industriellen Bauens“ in: *ARCH+ Nr. 158*, 2001

Böhme, Gernot
„Natur“ in: Wulf, Christoph (Hrsg.). *Vom Menschen – Handbuch Historische Anthropologie*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1997

Böhringer, Hannes
„Von den Knochen rutscht das Fleisch. Expressionistisch: Deleuze über Bacon.“ in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Nr. 235, 10.10.1995

brand eins
diverse Ausgaben

Braunfels, Wolfgang
DuMont Geschichte der Kunst Italiens. DuMont Literatur und Kunstverlag, Köln 2005

Brayer, Marie-Ange/Migayron, Frédéric (Hrsg.)
Naturaliser l'architecture. ArchiLab 2013 – 9th exhibition. Frac Centre, Editions HYX et les auteurs, Orléans, 2013

Breton, André
Die Manifeste des Surrealismus. Rowohlt, Hamburg, 2012 (Originalfassung: 1924)

Bretschneider, Kraft
„Das Materialbild und Emil Schumacher.“ in: *Emil Schumacher und das Materialbild*. Ausstellungskatalog Chapel Art Center Hamburg/Galerie von Braunbehrens München, München, 1998

Brommundt, Eberhard/Sachs, Gottfried
Technische Mechanik: Eine Einführung. Springer, Wien, 2013

Brouwer, Joke (Hrsg.)
The Art of the Accident. NAI Publishers/V2_Organisatie, Rotterdam, 1998

Brownell, Blaine/Swackhamer, Marc
Hypernatural: Architecture's New Relationship with Nature. Princeton Architectural Press, 2015

Bull, Duncan/Zimmermann, Dirk (Hrsg.)
Rembrandt – Caravaggio. Ausstellungskatalog, Belser Verlag, Stuttgart, 2006

Bunz, Mercedes
Die stille Revolution. Wie Algorithmen Wissen, Arbeit, Öffentlichkeit und Politik verändern, ohne dabei viel Lärm zu machen. Suhrkamp, Berlin, 2012

Burke, Edmund/Strube, Werner (Hrsg.)
Philosophische Untersuchungen über den Ursprung unserer Ideen vom Erhabenen und Schönen. Philosophische Bibliothek, Band 324, Meiner Verlag, Hamburg, 1989 (engl. Originalausgabe: 1756)

Bush, Vannevar
– „Instrumental Analysis“ in: *Bulletin of the American Mathematical Society 42*, Oktober 1936
– „As we may think“ in: *The Atlantic Monthly*, 1945

Butler, Samuel
Erewhon. Eichborn Verlag, Frankfurt, 1994 (engl. Originalausgabe: 1872)

Bühlmann, Walter/Scherer, Karl
Stilfiguren der Bibel – Ein kleines Nachschlagewerk. Biblische Beiträge 10, Schweizerisches Katholisches Bibelwerk, Fribourg, 1973

Cache, Bernard
– „De Architectura. Zum Inhaltsverzeichnis der Zehn Bücher über Architektur“ in: *Candide. Journal for Architectural Knowledge No. 1.,* Transcript Verlag, Bielefeld, Dezember 2009
– *Projectiles*. Architectural Association, London, 2011

Cachin, Françoise
Ausstellungskatalog Manet Paris 1983. Frölich & Kaufmann, Berlin, 1984

Caillois, Roger
„Mimicry and Legendary Psychasthenia“ in: *October No. 31*, (übersetzt durch John Shelley), Winter 1984

Carpo, Mario
– „Ten Years of Folding“ in: *Folding in Architecture*. AD, Academy Press, 2004
– „Tempest in a Teapot“ in: *Log, No. 6*. Anyone Corporation, 2005
– „The Digital, „Mouvance“ and the End of History“ in: *GAM.06,* 2010
– *The Alphabet and the Algorithm*. MIT Press, 2011
– *The Digital Turn in Architecture 1992–2012*. John Wiley & Sons, New York, 2013
– „Digitale Phänomenologien. Von postmoderner Unbestimmtheit zu Big Data und Kalkulation.“ in: *GAM.10*, 2014
– *Breaking the Curve*. Artforum International Magazine, New York, February, 2014

Cascone, Kim
„The Aesthetics of Failure: ‚Post-Digital‘ Tendencies in Contemporary Computer Music.“ in: *Computer Music Journal*, Vol. 24, No. 4, Winter 2000

Caspary, Ralf (Hg.)
Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege zu einer neuen Lernkultur. Herder Verlag, Freiburg, 2008

Castells, Manuel
– *Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft*. Leske + Budrich Verlag, Opladen 2001 (engl. Originalausgabe: 1996)
– *Die Macht der Identität*. Leske + Budrich Verlag, Opladen 2002 (engl. Originalausgabe: 1997)
– *Jahrtausendwende*. Campus Verlag, Opladen 2003 (engl. Originalausgabe: 1998)
– *Bausteine einer Theorie der Netzwerkgesellschaft*. Berliner Journal für Soziologie, Volume 11, Ausgabe 4, 2001
– „The Network Society and Organizational Change“ in: *Identity and Change in the Network Society*. Institute of International Studies, UC Berkeley, 2001

Catoir, Barbara
Zum Tod von Antoni Tàpies. Bis zum allerletzten Augenblick. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 07.02.2012

Ceccato, Cristiano/Hesselgren, Lars/Pauly, Mark/Pottmann, Helmut/Wallner, Johannes (Ed.)
Advances in Architectural Geometry 2010. SpringerWienNewYork, 2010

Choisy, Auguste
Histoire de l’Architecture. Gauthier-Villars, Paris, 1899

Christakis, Nicholas A./Fowler, James H.
Die Macht sozialer Netzwerke. Wer uns wirklich beeinflusst und warum Glück ansteckend ist. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt, 2011 (engl. Originalausgabe: 2009)

Clarke, Arthur C.
Profile der Zukunft. Über die Grenzen des Möglichen. Heyne, München, 1985

Colacello, Bob
Holy terror: Andy Warhol close up. London: HarperCollins, 1990

Crispolti, Enrico
Europäische Avantgarde nach 1945. München, 1974

Culmann, Karl
Die graphische Statik. Von Meyer & Zeller, Zürich, 1866

Curtis, William J.R.
Architektur im 20. Jahrhundert. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1989

Daidalos
diverse Jahrgänge von 1981–2001

d'Archimbaud, Nicholas
Versailles. Stiebner Verlag, 2001

Damschen, Gregor/Schönecker, Dieter
Selbst philosophieren: Ein Methodenbuch. De Gruyter, Berlin, 2013

Dany, Hans-Christian
Morgen werde ich Idiot. Kybernetik und Kontrollgesellschaft. Edition Nautilus, Hamburg, 2013

Darwin, Charles
Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Reclam, Stuttgart, 1963 (englische Originalfassung: *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London, 1859)

Das Kunstwerk
diverse Ausgaben von 1946–1948

db deutsche bauzeitung
diverse Ausgaben

De Crescenzo, Luciano
– *Geschichte der griechischen Philosophie – Die Vorsokratiker*, Diogenes Verlag, Zürich, 1985
– *Geschichte der griechischen Philosophie II: Von Sokrates bis Plotin*. Diogenes Verlag, Zürich, 1985

DeLanda, Manuel
– *A Thousand Years of Nonlinear History*. Swerve Editions, Zone Books, New York, 1997
– *Philosophy and Simulation. The Emergence of Synthetic Reason*. Continuum International Publishing Group, London/New York, 2011
– *Intensive Science and Virtual Philosophy*. Bloomsbury, London, 2013

Deleuze, Gilles/Guattari, Felix
Tausend Plateaus. Kapitalismus und Schizophrenie II. Merve Verlag, Berlin, 1992 (franz. Originalausgabe: 1980)

Deleuze, Gilles
– *Differenz und Wiederholung*. Wilhelm Fink Verlag, München 2007 (franz. Originalausgabe: 1968)
– *Logik des Sinns*. Suhrkamp, Frankfurt a. M. 1989 (franz. Originalausgabe: 1969)
– *Logik der Sensation. Francis Bacon*. Fink, München, 1995 (Originalfassung: 1981)
– „The Diagram" in: Boundas, Constantin V. (Ed.) *The Deleuze Reader*. Columbia University Press, New York, 1993
– *Die Falte: Leibniz und der Barock*. Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1996 (franz. Originalausgabe: 1988)

Derieux, Florence
„R&Sie(n)" in: *frieze*. Issue 96, January–February 2006

Derrida, Jacques
– *Die Schrift und die Differenz*. Suhrkamp, 1976
– *Grammatologie*. Übersetzt von Rheinberger, Hans Jörg/Zischler, Hanns, Frankfurt am Main, 1983 (franz. Originalausgabe: 1967)

Desmond, Adrian/Moore, James
Darwin. List Verlag, München/Leipzig, 1991

Diederich, Stephan/Herrmann, Barbara/Lichtenstern, Christa (Hrsg.)
Bernard Schultze – Verzeichnis der Werke. Handbücher in 3 Bänden, Hirmer Verlag, München, 2015

Die Welt
diverse Ausgaben

DIE ZEIT
diverse Ausgaben

Dörner, Dietrich
Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt, Hamburg, 2012 (Originalausgabe: 1989/2003)

Dresler, Martin
Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des ‚Chinesischen Zimmers'. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2009

Dress, Andreas/Jäger, Gottfried (Hrsg.)
Visualisierung in Mathematik, Technik und Kunst. Grundlagen und Anwendungen. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1999

Drucker, Peter Ferdinand
– *Managing for Business Effectiveness*. Harvard Business Review Reprint Service, 1963
– *The Effective Executive*. Heinemann, London, 1967

Dunn, Nick
Digital Fabrication in Architecture. Laurence King Publishing, London, 2012

Dünne, Jörg/Günzel, Stephan (Hrsg.)
Raumtheorie. Grundlagentexte aus Philosophie und Kulturwissenschaften. Suhrkamp, Frankfurt, 2006

Dürrenmatt, Friedrich
Die Physiker, Verlag der Arche, Zürich, 1962

Dyson, George B.
Darwin im Reich der Maschinen. Die Evolution der globalen Intelligenz. SpringerWienNewYork, 2001 (engl. Originalausgabe: 1997)

Eck, Caroline van
Organicism in nineteenth-century architecture. An inquiry into its theoretical and philosophical background. Architectura & Natura Press, Amsterdam, 1994

Eco, Umberto
– *Das offene Kunstwerk*. Frankfurt am Main, 1973 (ital. Originalausgabe: 1962)
– *Einführung in die Semiotik*. Fink Verlag, München, 1972 (ital. Originalausgabe: 1968)
– *Die Geschichte der Hässlichkeit*. Hanser Verlag, München 2007 (ital. Originalausgabe: 2007)

Eggebrecht, Hans Heinrich (Hrsg.)
Handwörterbuch der musikalischen Terminologie. Bd. 1, Stuttgart, 1972

Ehrenzweig, Anton
Ordnung im Chaos, das Unbewusste in der Kunst. Ein grundlegender Beitrag zu Verständnis der modernen Kunst. München, 1974

Eichberger, Tassilo
Architektur und Metapher. Zur Bedeutung metaphorischen Sprechens in Architektur und Architekturvermittlung. München, 2010

Eisenhardt, Peter/Kurth, Dan/Stiehl, Horst
Wie Neues entsteht. Die Wissenschaft des Komplexen und Fraktalen. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1995

Eisenman, Peter/Graves, Michael/Gwathmey, Charles/Hejduk, John/Meier, Richard
Five Architects: Eisenman, Graves, Gwathmey, Hejduk, Meier. Oxford University Press, 1972/1975

Eisenman, Peter
– „Post-Functionalism" in: *Oppositions 6*. 1976
– *Perspecta 21: The Yale Architectural Journal*. MIT Press, 1984
– *Houses of Cards*. New York, 1987
– „Im Interview mit Selim Koder" in: *Intelligente Ambiente*. Festival Katalog, Bd. 1, Ars Electronica, Linz, 1994
– *Aura und Exzeß. Zur Überwindung der Metaphysik in der Architektur*. Schwarz, Ullrich (Hg.), Passagen Verlag, Wien, 1995
– *Diagram Diaries*. Universe Publications, New York, 1999
– *Barfuß auf weiß glühenden Mauern*. Noever, Peter (Hg.), Hatje Cantz, Stuttgart, 2005

Emmerling, Leonhard
Pollock. Taschen, Köln, 2016

Engemann, Christoph/Sprenger, Florian
Internet der Dinge. Über smarte Objekte, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt. transcript, Bielefeld, 2015

Erben, Dietrich
Die Kunst des Barock. C.H.Beck, 2008

Ester, Martin/Sander, Jörg
Knowledge Discovery in Databases. Techniken und Anwendungen. Springer, Wien, 2009

Etymologisches Wörterbuch
diverse Einträge

FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung
diverse Ausgaben

Fecht, Tom/Kamper, Dietmar (Hrsg.)
Umzug ins Offene. Vier Versuche über den Raum. SpringerWienNewYork, 1998

Fehlemann, Sabine (Hrsg.)
Hann Trier: Monographie und Werkverzeichnis. Wienand, Köln, 1990

Ferré, Albert/Tetas, Anna/Salazar, Jaime/Gausa, Manuel/Prat, Ramón/Sakamoto, Tomoko (Hrsg.)
Verb Processing (Architecture Boogazine). ACTAR, Barcelona, 2001

Feuerstein, Günther
Biomorphic Architecture. Menschen- und Tiergestalten in der Architektur. Edition Axel Menges, Stuttgart/London, 2002

Finsterwalder, Rudolf
Form Follows Nature. Eine Geschichte der Natur als Modell für Formfindung in Ingenieurbau, Architektur und Kunst. Wien, Springer-Verlag/Wien, 2011

Firmenich, Andrea/Merkert, Jörn
Fred Thieler. Monographie und Werkverzeichnis. Bilder von 1942–1993. Köln, 1995

Firmenich, Andrea
„Dialog mit der Farbe. Die sechziger und siebziger Jahre" in: *Fred Thieler. Dialog mit der Farbe*. Ausstellungskatalog Kunsthalle Emden, Städtisches Museum Herford, Städtische Sammlungen Schweinfurt, Köln, 1991

Fischer, Günther
– *Vitruv NEU oder Was ist Architektur?* Band 141. Bauwelt Fundamente, Walter de Gruyter, Berlin, 2009
– *Leon Battista Alberti: Sein Leben und seine Architekturtheorie*. WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt, 2012

Fischer, Lothar
Max Ernst. Rowohlt, Reinbek, 1979

Fischer, Volker/Aicher, Karina (Hrsg.)
Frankfurt Rebstockpark. Folding in Time, Prestel, München, 1992

Fitzsimmons, James
„Fifty Seventh Street Review: Jackson Pollock" in: *Art Digest. VoI. 26.*, 1951

Frampton, Kenneth
Die Architektur der Moderne. Eine kritische Baugeschichte. Stuttgart, 2001 (engl. Originalausgabe: 1980)

Franck, Oya Atalay
„Architekturdiagramme und diagrammatische Architektur. Das Diagramm: erklärende Illustration oder Mittel zur Formfindung?" in: *Tec21, Heft 8 (Neo-)Strukturalismus.* Band 128, 2002

Frazer, John
– *An Evolutionary Architecture.* London, Architectural Association London, 1995
– *Letter to Cedric Price, January 11, 1979.* Generator document folio DR1995:0280:65 5/5, Cedric Price Archive, Montreal, *Canadian Centre for Architecture*

Fucks, Wilhelm
Nach allen Regeln der Kunst. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1968

Galenschovski, Carmen
Florenz. Baedeker, 2011

GAM
diverse Jahrgänge

Garcia, Mark (Ed.)
The Diagrams of Architecture. AD Reader, John Wiley & Sons, 2010

Gaul, Winfred
Picasso und die Beatles. Erinnerungen, Aufsätze, Kommentare zur Kunst nach '45. Verlag bei Quensen, Lamspringe, 1987

Gebhardt, Andreas
Additive Fertigungsverfahren. Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion. Carl Hanser Verlag, München, 2016

Gebhard, Helmut/Sauerländer, Willibald (Hg.)
Feindbild Geschichte. Positionen der Architektur und Kunst im 20. Jahrhundert, Wallstein Verlag, 2007

Geiger, Annette/Hennecke, Stefanie/Kempf, Christin (Hg.)
Spielarten des Organischen in Architektur, Design und Kunst. Dietrich Reimer Verlag, Berlin, 2005

Geiger, Ursula
Die Maler der Quadriga und ihre Stellung im Informel. Otto Greis, K. O. Götz, Bernard Schultze, Heinz Kreutz. Ziese, Axel-Alexander (Hg.), Forschungsinstitut Bildender Künste, Nürnberg, 1990, (Diss. phil. Frankfurt am Main 1987)

Georgiadis, Sokratis
– *Das Fondue und das Kamel.* 2015, *http://georgiadis-architektur.com/2015/04/05/das-fondue-und-das-kamel/*
– „Gründungsmythen der Architektur" in: *Hefte zur Geschichte der Architektur und des Designs.* Bd. 2, Textsammlung, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart
– *Material.* 2015, *http://georgiadis-architektur.com/2015/09/27/material/*

Germann, Georg
Neugotik. Geschichte ihrer Architekturtheorie. Deutsche Verlags-Anstalt, München, 1974

Gerstner, Karl
Programme entwerfen. Lars Müller Publishers, Baden, Schweiz, 2008 (Originalausgabe: 1964)

Gethmann, Daniel/Wagner, Anselm (Hg.)
Staub: Eine interdisziplinäre Perspektive. Wien, Lit Verlag, 2013

Giedion, Sigfried
Raum Zeit Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition. Zürich, 1978 (Originalfassung von 1941)

Ginzburg, Carlo
Spurensicherung. Die Wissenschaft auf der Suche nach sich selbst. Verlag Klaus Wagenbach, Berlin, 2002 (Originalausgabe: 1983)

Gleiniger, Andrea/Vrachliotis, Georg (Hg.)
– *Komplexität: Entwurfsstrategie und Weltbild,* Kontext Architektur, Birkhäuser, Basel, 2008
– *Simulation: Präsentationstechnik und Erkenntnisinstrument*, Kontext Architektur, Birkhäuser, Basel, 2008
– *Muster: Ornament, Struktur und Verhalten*. Kontext Architektur, Birkhäuser, Basel, 2009
– *Code. Zwischen Operation und Narration*, Birkhäuser, Basel, 2010

Gloy, Karen
Das Verständnis der Natur, Band 1: Die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens. C.H.Beck, München, 1995

Goethe, Johann Wolfgang von
– *Italienische Reise*. Palermo, 17. April 1787
– *Materialien zur Geschichte der Farbenlehre, Bd. 2*. Cotta, Tübingen, 1810
– „Brief an den Botaniker Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck. (Mitte August 1816)" in: *Goethe Briefe 1816–1818*. Kindle Format, Jazzybee, 2012

Gohr, Siegfried
Ich suche nicht, ich finde. Pablo Picasso. Leben und Werk. DuMont Buchverlag, Köln, 2006

Goldberger, Paul
„A Little Book That Led Five Men to Fame" in: *The New York Times*. Online Version, 1996
http://www.nytimes.com/1996/02/11/books/architecture-view-a-little-book-that-led-five-men-to-fame.html

Goldstine, Hermann H./von Neumann, John
„Planning and Coding Problems for an Electronic Computing Instrument", Part II, Vol. 1, 1947 in: von Neumann, John. *Collected Works*, Vol. 5, Oxford u.a. 1963

Gombrich, Ernst
– *Ordnungen*. Stuttgart, 1979
– *Bild und Auge. Neue Studien zur Psychologie der bildlichen Darstellung*. Klett-Cotta, Stuttgart 1984 (engl. Originalausgabe: 1982)

Gómez Jáuregui, Valentín
Tensegrity structures and their application to architecture. Universidad de Cantabria, Santander, 2010

Gould, Stephen Jay/Lewontin, Richard C.
„The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm. A Critique of the Adaptionist Programme" in: *Proceedings of the Royal Society of London*. Series B, Biological Sciences, Vol. 205, No. 1161, 1979

Gould, Stephen Jay
The structure of evolutionary theory. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 2002

Götz, Matthias/Fraas, Maike (Hg.)
Fiasco – ma non troppo. Nr. 25 der Schriftenreihe Burg Giebichenstein, Kunsthochschule Halle, Schwabe Verlag, Basel, 2014

Graf, Otto Antonia
Otto Wagner. Das Werk des Architekten. Band 1: 1860–1902; Band 2: 1903–1918. Böhlau Verlag, Wien 1997

Gabriel, Markus
Sinn und Existenz: Eine realistische Ontologie. Suhrkamp, Berlin, 2016

Greenough, Horatio
Form and Function: Remarks on Art, Design, and Architecture. Harold A. Small (Hrsg.), University of California Press, Berkeley, 1947

Greis, Otto/Haftmann, Werner
Otto Greis, Aufbruch in eine neue Bildwirklichkeit. Hirmer Verlag, München, 2000

Greis, Otto/Hofer, Sigrid
1953. 75 Modulationen mit Fleck und Strich: Bildermappe. Rimbaud, 2002

Gremmen, Hans
Serendipity. Roma Publication, Amsterdam, 2008

Grenier, Catherine
Robert Morris: [rétrospective 1961–1994]. Ausstellungskatalog, Éditions du Centre Pompidou, Paris, 1995

Gropius, Walter
„Computers for Architectural Design" in: *Architecture and the Computer. Proceedings of the First Boston Architectural Center Conference*. MIT-Bibliothek, Boston, 1964

Haas, Mechthild
Jean Dubuffet. Materialien für eine „andere Kunst" nach 1945. (Diss. phil. Hamburg 1996), Berlin, 1997

Haddon, Alfred Cort
Evolution in Art. As Illustrated by the Life-Histories of Designs. W. Scott, 1895

Haeckel, Ernst
Anthropogenie: oder, Entwickelungsgeschichte des Menschen. W. Engelmann, Leipzig, 1874

Haftmann, Werner (Hrsg.)
Wols Aufzeichnungen. Aquarelle. Aphorismen. Zeichnungen. DuMont, Köln, 1963

Hagenbüchle, Roland/Geyer, Paul (Hrsg.)
Das Paradox. Eine Herausforderung des abendländischen Denkens. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2002

Hansmeyer, Michael/Dillenburger, Benjamin
– *Digital Grotesque*, 2013
– *Phenomena*, 2014
– *Märchenwald*, 2014
– *Arabesque Wall*, 2015

Hardingham, Samantha (Ed.)
Experiments in Architecture. AugustProjects, London, 2005

Hardt, Michael/Negri, Antonio
– *Empire – die neue Weltordnung*, 2000
– *Multitude. Krieg und Demokratie im Empire*. Campus Verlag, 2004
– *Common Wealth – das Ende des Eigentums*, 2009

Harford, Tim
Trial and Error. Warum nur Niederlagen zum Erfolg führen. Rowohlt, Hamburg, 2012

Harman, Graham
Vierfaches Objekt. Merve, Berlin, 2015

Haß, Ulrike
Das Drama des Sehens: Auge, Blick und Bühnenform. Wilhelm Fink Verlag, 2005

Hateren, J. H. van
„A new criterion for demarcating life from non-life" in: *Orig Life Evol Biosph*. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013

Haupenthal, Uwe
Carl Buchheister 1890–1964: Konstruktive Malerei und malerische Abstraktion. Sammlung Ingrid und Willi Kemp. Verlag der Kunst Dresden, Husum, 2005

Hausknecht, Kerstin/Liebich, Thomas
BIM-Kompendium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Hawkins, Screamin' Jay
I put a spell on you, Songtext, 1956

Hayden, Gary/Picard, Michael
Paradoxien. Von der Illusion bis zur Unendlichkeit: Vermeintliche Gegensätze. Librero IBP, AB Kerkdriel, 2015

Hegarty, Paul
– *General Ecology of Sound: Japanese Noise Music as Low Form*. University College Cork, July 2002
– „Residue – Margin – Other: Noise as Ethics of Excess." in: *Argosfestival 2003*. Brüssel, Argo, 2003
– „Formal Insistence" in: *The Semiotic Review of Books 13 (2)*, 2003

Heinze, Roswitha
Lesarten des Informel. Die strukturale Methode der „objektiven Hermeneutik" als Interpretationsverfahren informeller Bilder, Dissertation. Dortmund: Universität Dortmund, 1992

Hellige, Hans Dieter
„Zur Genese des informatischen Programmbegriffs: Begriffbildung, metaphorische Prozesse, Leitbilder und professionelle Kulturen" in: *Algorithmik – Kunst – Semiotik*, Rödiger, K.-H. (Ed.), Heidelberg: SYNCHRON Wissenschaftsverlag der Autoren, 2003

Hensel, Michael/Menges, Achim/Weinstock, Michael
– *Emergent Technologies and Design – Towards a Biological Paradigm for Architecture*. Routledge, London, 2010
– *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. Architectural Design, 2004
– *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*. Architectural Design, 2006
– *Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design*, Architectural Design, 2008

Herwig, Jana
„Postdigitaler Vordenker oder digitaler Antagonist? Zu Nicholas Negropontes Entwurf des Digitalen." in: Kulle, Daniel/ Lund, Cornelia/Schmidt, Oliver/Ziegenhagen, David (Hrsg.) *Post-digital Culture*, 2015

Heuwinkel, Nicola Carola
Entgrenzte Malerei. Art informel in Deutschland. Kehrer Verlag Heidelberg – Berlin, 2010

Hevesi, Dennis
„Odile Crick, Who Drew Iconic Double Helix, Dies at 86" in: The New York Times, July 30, 2007

Heylighen, Francis
Self-Organisation, Emergence and the Architecture of Complexity. 1st European Conference on System Science, AFCET, Paris, 1989

Hiller, Lejaren A./Isaacson, Leonard M.
Experimental Music: Composition With an Electronic Computer. McGraw-Hill, New York, 1959

Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.)
Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Nomos, Baden-Baden, 2015

Hocke, Gustav René
Die Welt als Labyrinth. Manier und Manie in der europäischen Kunst. Beiträge zur Ikonographie und Formgeschichte der europäischen Kunst von 1520 bis 1650 und der Gegenwart. Rowohlt Verlag, Hamburg, 1957

Hofer, Sigrid
Entfesselte Form, fünfzig Jahre Frankfurter Quadriga. Ausstellungskatalog, Frankfurt am Main, 2002

Hofstadter, Douglas R.
Gödel, Escher, Bach ein Endloses Geflochtenes Band. Klett-Cotta im Deutschen Taschenbuch Verlag, München, 1996 (engl. Originalausgabe: 1979)

Holland, John H.
Emergence: From Chaos to Order. Oxford University Press, 1998

Hoormann, Anne
„Die Entfernung der Inhalte aus dem Bild. Zur Konstruktion des ‚unschuldigen Sehens' im Abstrakten Expressionismus." in: Pias, Claus (Hg.). *Kulturfreie Bilder. Bd. 19*. Kadmos, Berlin, erscheint voraussichtlich Dez. 2017 Leseprobe unter: *http://www.kulturverlag-kadmos.de/var/kadmos/files/books/Leseproben/9783865990211_kulturfreie-bilder.pdf*

Hougardy, Peter
Topology optimization of engine and gearbox mount castings. 3rd European HyperWorks Technology Conference, Ludwigsburg, 2009

Hovestadt, Ludger/Kretzer, Manuel (Hrsg.)
ALIVE: Advancements in adaptive architecture (Applied Virtuality Book Series). Birkhäuser Verlag, Basel, 2014

Höfler, Carolin
- *Form und Zeit. Computerbasiertes Entwerfen in der Architektur*. Dissertation an der Philosophischen Fakultät III der Humboldt-Universität zu Berlin, 2009
- „Modelle in Wirklichkeit. Computation und Simulation in der Architektur." in: *Forum Interdisziplinäre Begriffsgeschichte*. Ernst Müller, Zentrum für Literatur- und Kulturforschung Berlin (ZfL), 2016

Hughes, Francesca
The architecture of error. Matter, measure, and the misadventures of precision. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2014

Hughes, Patrick/Brecht, Georges
Die Scheinwelt des Paradoxons: Eine kommentierte Anthologie in Wort und Bild. Springer-Verlag, Wien, 2013

Hultén, Pontus (Hrsg.)
Sam Francis. Ausstellungskatalog, Hatje Cantz Verlag, Berlin, 1993

Huxley, Leonhard (Ed.)
Life and letters of Thomas Huxley. Bd. 2, New York, 1901

Huyssen, Andreas/Scherpe, Klaus R. (Hrsg.)
Postmoderne. Zeichen eines kulturellen Wandels. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 1997 (Originalausgabe: 1986)

Imhof, Dora/Kudielka, Susanne/Mette, Bettina/Narr, Tanja
Mark Rothko: Katalog zur Ausstellung in der Fondation Beyeler, Riehen/Basel 18.02.-29.04.2001. Hatje Cantz Verlag, 2001

Immler, Hans
Vom Wert der Natur: Zur ökologischen Reform von Wirtschaft und Gesellschaft. Natur in der ökonomischen Theorie (Teil 3). Springer-Verlag, Wien, 2013

Imperiale, Alicia
New Flatness: Surface Tension in Digital Architecture. Springer, 2000

Ingold, Felix Philipp/Sánchez, Yvette
Fehler im System. Irrtum, Defizit und Katastrophe als Faktoren kultureller Produktivität. Wallstein Verlag, Göttingen, 2008

Irié, Kei'ichi
„Computer Crash by Design" in: *Telescope Nr. 1*, 1988

Jameson, Frederik
Postmodernism, or The Cultural Logic of Late Capitalism. Duke University Press, Durham, 1991 (englische Originalfassung in: *New Left Review*, I/146, July–August 1984)

Jannidis, Fotis (Hrsg.)
Texte zur Theorie der Autorschaft. Reclam, Stuttgart, 2000

Jehle, Sonja/Haas, Michael (Hrsg.)
Jean Fautrier, 1898 bis 1964, das Frühwerk. Ausstellungskatalog, Galerie Michael Haas, Berlin, 1998

Jencks, Charles
– *Architektur heute*. Klett-Cotta, Stuttgart, 1990
– *Die Sprache der postmodernen Architektur. Entstehung und Entwicklung einer alternativen Tradition*. Deutsche Verlags-Anstalt, 1992
– *The Architecture of the Jumping Universe – A Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture*. Wiley & Sons, 1997
– *Universe in the Landscape: Landforms*. Frances Lincoln Publishers, London, 2011

Johnson, Philip/Wigley, Mark
Dekonstruktivistische Architektur. Hatje, Stuttgart, 1988

Johnson, Steven
Emergence, the Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software. Scribner, 2001

Jones, Owen
Grammar of Ornament. Illustrated by Examples from Various Styles of Ornament. Day & Son, London, 1856

Jormakka, Kari
– *Flying Dutchmen. Motion in Architecture*. Birkhäuser, Basel, 2002
– *Methoden der Formfindung*. Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 2008

Karner, Herbert/Linsboth, Stefanie (Hrsg.)
Andrea Pozzo (1642–1709): der Maler-Architekt und die Räume der Jesuiten. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2012

Kaufmann, Emil
Von Ledoux bis Le Corbusier: Ursprung und Entwicklung der Autonomen Architektur. Verlag Dr. Rolf Passer, Wien und Leipzig, 1933

Kay, Lilly
Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?, Suhrkamp, München, 2001 (engl. Originalausgabe: 2000)

Kähler, Gert
Dekonstruktion? Dekonstruktivismus?: Aufbruch ins Chaos oder neues Bild der Welt. Bd. 90, Bauwelt Fundamente, Birkhäuser, 2000

Kelly, Caleb
Cracked Media. The Sound of Malfunction. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2009

Kempf, Petra
(K)ein Ort Nirgends: der Transitraum im urbanen Netzwerk. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2010

Kiemle, Manfred
Ästhetische Probleme der Architektur unter dem Aspekt der Informationsästhetik. Quickborn, 1967

Kieran, Stephan (Ed.)
„Ornament" in: *VIA III: Journal of the Graduate School of Fine Arts*. University of Pennsylvania, 1977

Kiesow, Rainer Maria/Schmidgen, Henning (Hg.)
Kritisches Wörterbuch, Berlin, Merve, 2005

Kimpel, Harald/Stengel, Karin
Documenta 1955. Erste internationale Kunstausstellung. Eine fotografische Rekonstruktion. Bremen, 1995

Klack, Gunnar
Gebaute Landschaften: Fehling + Gogel und die organische Architektur: Landschaft und Bewegung als Natur-Narrative. transcript Verlag, Bielefeld, 2015

Klant, Michael/Zuschlag, Christoph (Hrsg.)
Karl Otto Götz im Gespräch. „Abstrakt ist schöner. Stuttgart 1994

Klee, Paul
Pädagogisches Skizzenbuch, Neue Bauhausbücher. Wingler, Hans M. (Hrsg.) Reprint der Ausgabe von 1925
Klotz, Heinrich
Moderne und Postmoderne. Architektur der Gegenwart 1960–1980, Braunschweig, Wiesbaden, 1984

Klütsch, Christoph
Computer Grafik. Ästhetische Experimente zwischen zwei Kulturen. Die Anfänge der Computerkunst in den 1960er Jahren. Springer-Verlag, Wien, 2007

Knorr, Eric
„2004 – The Year of Web Services" in: *Fast-Forward 2010 – The Fate of IT.* US-Zeitschrift CIO, Band 17, Nr. 6, 15. Dezember 2003

Kocsány, Piroska
Grundkurs Linguistik: ein Arbeitsbuch für Anfänger. utb GmbH, Stuttgart, 2010

Koestler, Arthur
Der göttliche Funke. Der schöpferische Akt in Kunst und Wissenschaft. Scherz Verlag, Bern/München, 1966

Kolarevic, Branko (Hrsg.)
Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. Taylor & Francis, 2004

Koolhaas, Rem
– *Delirious New York: A Retroactive Manifesto of Manhattan.* Arch+ Buch, 2006 (engl. Originalausgabe: 1978)
– *S, M, L, XL.* Monacelli Press, New York, 1995
– *Content.* Taschen Verlag, Köln, 2004

Koren, Leonard
Wabi-sabi für Künstler, Architekten und Designer. Japans Philosophie der Bescheidenheit. Wasmuth, Tübingen, 2004 (engl. Originalausgabe: 1994)

Kornhoff, Oliver (Hrsg.)
Biomorph! Hans Arp im Dialog mit aktuellen Künstlerpositionen. Ausstellungskatalog Arp Museum Bahnhof Rolandseck, Snoeck, Köln, 2012

Kotrouzinis, Chrysanthi/Lange, Christiane (Hrsg.)
Jean Dubuffet: Ein Leben im Laufschritt. Ausstellungskatalog. Hirmer Verlag, München, 2009

Koschnik, Wolfgang J.
Standardwörterbuch für die Sozialwissenschaften. Bd. 2, München/London/New York/Paris, 1993

Költzsch, Georg-W.
„Willkür des Unbewußten? Kritische Anmerkungen zur Bedeutung des deutschen Informel" in: *Karl Otto Götz – Ausstellungskatalog (08.09–31.10.1990).* Galerie Orangerie-Reinz, Köln 1990

Kramer, Mario
Andy Warhol Dance Diagram 1 (Fox Trot: „The Double Twinkle – Man"). MMK Frankfurt a. M., 1962

Krauss, Rosalind E.
Das Photographische. Eine Theorie der Abstände. München, Fink, 1998

Krämer, Volkmar
Das Stuttgarter Flughafenmagazin. Flugblatt. Stuttgart, 02/2004

Kreutz, Heinz
Farbenlehre. Hochschule für Gestaltung, Offenbach, 1973

Krogmann, Gert (Hrsg.)
K.R.H. Sonderborg: 1923–2008. Sammlung Gert Krogmann. Wachholtz Verlag, Neumünster, 2012

Kruft, Hanno-Walter
History of Architectural Theory. Princeton Architectural Press, 1994

Kudless, Andrew (Ed.)
Silicon + Skin, Biological Processes and Computation. 28th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), Ausstellungskatalog, 2008

Kuhlmann, Dörte
Lebendige Architektur. Metamorphosen des Organizismus. Universitätsverlag Weimar, 1. Auflage, 1998

Kuhn, Dorothea
Goethe. Die Schriften zur Naturwissenschaft. Aufsätze, Fragmente, Studien zur Morphologie. Bd. 10, Weimar 1964

Kuhn, Thomas S.
Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Suhrkamp, Frankfurt, 2012 (Originalausgabe: 1967)

Kurokawa, Kisho
Das Kurokawa-Manifest. Texte zum symbiotischen Denken. Jovis Verlag, Berlin, 2005 (Originalausgabe: 1997)

Kurzweil, Ray
Menschheit 2.0, Lola Books, Berlin, 2014 (engl. Originalausgabe: 2005)

Kwinter, Sanford
– *Architectures of Time. Toward a Theory of the Event in Modernist Culture*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2001
– *Far From Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture*. ACTAR, Barcelona, 2008

Lazcano, Antonio
„What is life? A brief historical overview" in: *Chemistry & Biodiversity* – Vol. 5, 2008

Le Corbusier
– *Towards a new architecture*. Dover Publications, New York, 1986 (franz. Originalfassung: 1923)
– *Œuvre Complète. Gesamtwerk in acht Bänden*. Birkhäuser, Basel, 1965–1970/1995

Lee, Sang/Baumeister, Ruth (Hrsg.)
„Structure as Architecture. In Conversation with Cecil Balmond," in: *The Domestic and the Foreign in Architecture*. 010 Publishers, 2007

Legendre, George L
Pasta by Design. Thames & Hudson, London, 2011

Leitner, Helmut
Mustertheorie. Einführung und Perspektiven auf den Spuren von Christopher Alexander. Verlag Nausner & Nausner, Graz, 2007

Lexikon der Kunst
diverse Bände, Seemann, Leipzig, 1994

Le Ricolais, Georges Robert
Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Paris, Bulletin de Mai–Juin, 1935

Leibniz, Gottfried Wilhelm
– *Herrn von Leibniz' Rechnung mit Null und Eins*. Siemens Aktiengesellschaft, Berlin/München, 1966
– *Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie. Bd. 2*, Meiner, Hamburg, 1996
– *Philosophischer Briefwechsel/Der Briefwechsel mit Antoine Arnauld*. Band 1, Finster, Reinhard (Hrsg.), Meiner Verlag, 1997
– *Monadologie*. Hecht, Hartmut (Hrsg.), Reclam, Stuttgart, 1998 (Originalfassung: 1714)

Levine, Neil
Modern Architecture: Representation and Reality. New Haven, London, Yale University Press, 2009

Lévy, Pierre
Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace. Perseus Books, London, 1997

Lichtenstern, Christa
– *Heinz Kreutz. Sonnengesänge*. München, 1997
– *Symbole in der Kunst*. St. Ingbert, 2002

Lim, Joseph
Bio-Structural. Analogues in Architecture. BIS Publishers, Amsterdam, 2009

Linsmann, Maria
Schriftähnliche Zeichen und Strukturen in der Kunst des 20. Jahrhunderts. Witterschlick/Bonn, 1991

Liu, Yu-Tung/Lim, Chor-Kheng
New Tectonics. Towards a New Theory of Digital Architecture: 7th Feidad Award. Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 2009

Livingston, Jane
„Barry Le Va: Distributional Sculpture" in: *Artforum*. November 1968

Loos, Adolf
– *Ornament und Verbrechen*. 1908
– *Ins Leere gesprochen. Gesammelte Schriften 1897–1900*. Neuauflage Wien, 1997 (Originalfassung von 1921)

Lorblanchet, Michel
Höhlenmalerei: Ein Handbuch. Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2001

Lorenzo-Eiroa, Pablo/Sprecher, Aaron. (Ed.)
Architecture in Formation. On the Nature of Information in Digital Architecture. Routledge, London, 2013

Löbach, Bernd
Biomorphismus. Eine Revolution in der Architektur. Geschichte und Theorie einer naturorientierten Gestaltungsweise. Band 1 – Geschichte, Designbuch Verlag, Cremlingen, 2010

López-Remiro, Miguel
„Notes from a conversation with Selden Rodman, 1956" in: *Writings on Art: Mark Rothko*. Yale University Press, 2006 (engl. Originalausgabe: 1957)

Luckow, Dirk (Hrsg.)
Augenkitzel. Barocke Meisterwerke und die Kunst des Informel. Ausstellungskatalog, Kunsthalle zu Kiel, 2004

Lueg, Gabriele
Studien zur Malerei des deutschen Informel. Diss., Aachen, 1983

Lynn, Greg
– *Folding in Architecture*. AD, Wiley-Academy, 1993/2004
– „Das erneuerte Neue der Symmetrie" in: *ARCH+ 128*, 1994/1995
– *Animate Form*. Princeton Architectural Press, New York, 1999
– *Greg Lynn Form*. Rizzoli International Publications, New York, 2008
– *Archaeology of the Digital*. Canadian Center for Architecture, Sternberg Press, Berlin/New York, 2013

Maas, Winny
MVRDV – Metacity Datatown. 010 Publishers, Rotterdam, 1999

Macarthur, John
The Picturesque: Architecture, Disgust and Other Irregularities. The Classical Tradition in Architecture. Routledge, 2013

Maier, Bernhard
Stonehenge. Archäologie, Geschichte, Mythos. C.H.Beck, München, 2005

Mainzer, Klaus
– *Symmetrien der Natur: ein Handbuch zur Natur- und Wissenschaftsphilosophie*. Walter de Gruyter, Berlin, 1988
– *Die Berechnung der Welt. Von der Weltformel zu Big Data*. C.H. Beck, München, 2014

Mambrey, Peter/Paetau, Michael/Tepper, August
Technikentwicklung durch Leitbilder. Neue Steuerungs- und Bewertungsinstrumente. Frankfurt am Main, New York, 1995

Mandelbrot, Benoît
Die fraktale Geometrie der Natur. Birkhäuser, 1982 (engl. Originalausgabe: 1977)

Manolopoulou, Yeoryia
Architectures of Chance. Ashgate Publishing, Farnham, England, 2013

Marek, Katja
Le Corbusier: Domino. Vdm Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, 2008

Martin, Sylvia
„Die Entfaltung des Barock im deutschen Informel", in: *Augenkitzel. Barocke Meisterwerke und die Kunst des Informel*. Ausstellungskatalog, Kunsthalle zu Kiel, 2004

Mason, Rainer Michael
Jean Fautrier: Les Estampes. Geneva: Cabinet des estampes, Musée d'art et d'histoire, Alan Wofsy Fine Arts, 1986

Massumi, Brian
– *A User's Guide to Capitalism and Schizophrenia: Deviations from Deleuze and Guattari*. MIT Press, 1992
– *Parables for the Virtual: Movement, Affect, Sensation*. Duke University Press, 2002

Mathews, Stanley
From Agit-Prop to Free Space: The Architecture of Cedric Price. Black Dog Publishing, London, 2007

Matta-Clark, Gordon
Office Baroque, Film (english/dutch, 44 min.) von Convents, Cherica/Steylaerts, Roger, Antwerp, 1977

Mattheus, Bernd/Bataille, Georges
Eine Thanatographie I, München. Matthes & Seitz Verlag, 1984

May, Kyle/Hout, Julia van den/Reidel, Jacob/Wu, Human/Franklin, Jeffrey/Lee Coates IV, Archie
Data Space. CLOG, New York, 2012

Mayer-Schönberger, Viktor/Cukier, Kenneth
Big Data: Die Revolution, die unser Leben verändern wird. Redline Wirtschaft, 2013

McCormack, Jon/d'Inverno, Mark (Ed.)
Computers and Creativity. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2012

McLuhan, Marshall/Fiore, Quentin
Das Medium ist die Massage. Tropen/Klett-Cotta, Stuttgart, 2014 (engl. Originalausgabe: 1967)

McLuhan, Marshall
The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man. University of Toronto Press, 1962

Meinecke, Friedrich
Die Entstehung des Historismus. Oldenbourg Verlag, München, 1936

Menger, Karl
Über die Dimensionalität von Punktmengen. Monatshefte für Mathematik und Physik Nr. 34, 1926

Menninghaus, Winfried
Das Versprechen der Schönheit. Suhrkamp, Frankfurt, 2003

Merkert, Jörn (Hrsg.)
Hans Hartung: Gesten, Flecken, Lineaturen. Arbeiten auf Papier von 1922 bis 1985 und sechs letzte Bilder. Ausstellungskatalog, FAB-Verlag, Berlin, 1999

Meyer, Georg Hermann von
Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1873

Meyer, Kimberli
The Gen(H)ome Project. Ausstellungskatalog MAK Center for Art and Architecture, Los Angeles at the Schindler House, 29.10.2006–18.02.2007

Michels, Karen
Der Sinn der Unordnung. Arbeitsformen im Atelier Le Corbusier. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1989

Middleton, R./Watkin, D. J.
Neoclassical and 19th Century Architecture. New York, 1987

Moradi, Iman/Scott, Ant/Gilmore, Joe/Murphy, Christopher
Glitch: Designing Imperfection. Mark Batty Publisher, New York, 2009

Moravanszky, Akos/Fischer, Ole W. (Hrsg.)
Precisions – Architektur zwischen Wissenschaft und Kunst – Architecture between Sciences and the Arts. , TheorieBau, Bd. 1., Berlin, Jovis, 2008

Morris, Robert
„Anti Form" in: *Continuous Project Altered Daily: The Writings of Robert Morris. An October Book*. The MIT Press, 1993

Motherwell, Robert/Reinhardt, Ad/Karpel, Bernhard (Hrsg.)
Modern Artists in America. First series. New York, 1951

Motte, Manfred de la
– *Dokumente zum deutschen Informel*. Bonn, 1976
– *K. O. Götz. Taschenbuchreihe Nr. 18*. Galerie Hennemann Bonn, Bonn, 1978
– „Materialien zum deutschen Informel" in: *Informel. Götz, Schultze, Hoehme*. Ausst.-Kat. Museum am Ostwall Dortmund, Dortmund, 1980
– „Thieler-Lexikon. 1960–1965" in: *Fred Thieler*, 1986

Murphy, Douglas
The Architecture of Failure. Zero Books, Alresford, UK, 2012

Mutschler, Hans-Dieter
Naturphilosophie. Kohlhammer, Stuttgart, 2002

Naifeh, Steven/White Smith, Gregory
Jackson Pollock: An American Saga. New York, Harper/Collins, 1989

Nakagaki, Toshiyuki
„Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design". in: *Science 22*, Vol. 327, No. 5964, January 2010

National Research Council (U.S.), Committee on Models for Biomedical Research
Models for Biomedical Research: A New Perspective. National Academies, 1985

Negroponte, Nicholas
– *Being Digital*, Vintage Books, New York, 1995
– „Beyond Digital“ in: *Wired*. 6/12, Dezember 1998

Nietzsche, Friedrich
– *Die fröhliche Wissenschaft. Viertes Buch – Aphorismus 341*. 1882/1887
– *Also sprach Zarathustra. Dritter Teil.* 1883–1885
– *Götzen-Dämmerung*. Alfred Kröner Verlag, Leipzig, 1922

Nio, Maurice/Spuybroek, Lars
„De Strategie van de Vorm.“ in: *De Architect Nr. 57*. November 1994

Nørretranders, Tor
Spüre die Welt. Die Wissenschaft des Bewusstseins. Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 1994

Novak, Marcos
„Liquid Architectures in Cyberspace“ in: Benedikt, Michael (Ed.) *Cyberspace: First Steps*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1991

Nunes/Mark (Ed.)
Error: Glitch, Noise, and Jam in New Media Cultures. Continuum, London/New York, 2012

Oldemeyer, Ernst
„Entwurf einer Typologie des menschlichen Verhältnisses zur Natur.“ in: Großklaus, Götz/Oldemeyer, Ernst (Hrsg.). *Natur als Gegenwelt. Beiträge zur Kulturgeschichte der Natur*. Von Loeper, Karlsruhe, 1983

Openshaw, Jonathan (Hrsg.)
Postdigital Artisans: Craftsmanship with a New Aesthetic in Fashion, Art, Design and Architecture. Frame Publishers, 2012

Oppositions
diverse Jahrgänge

Ormerod, Paul
Why Most Things Fail. Evolution, Extinction and Economics. John Wiley & Sons, New York, 2005

Ovid
Metamorphosen III., übersetzt und hg. v. Breitenbach, Hermann, Stuttgart, 1990

Oxman, Neri
Design at the Intersection of Technology and Biology. TED Vortrag, veröffentlicht als Videovortrag, 2015
2012

Pahl, Jürgen
Architekturtheorie des 20. Jahrhunderts: Zeit-Räume. Prestel Verlag, München, 1999

Pask, Gordon
„A Natural Model for Architecture“ in: *Frazer*, 1995

Paley, William
Natural Theology, Einführung von Eddy, M. D./Knight, D. M. (Hrsg.), Oxford University Press, 2005

Payne, Andrew
„Surfacing the New Sensorium“ in: *PRAXIS. Journal of Writing+Building. No. 9,* 2007

Pazaurek, Gustav E.
Guter und schlechter Geschmack im Kunstgewerbe. DOGMA, Europäischer Hochschulverlag, Bremen, 2012 (Originalausgabe: 1912)

Peirce, Charles Sanders
„Pragmatism 1907“ in: *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings. Band 2*. Indiana University Press, 1998

Perrella, Stephen (Hrsg.)
Hypersurface Architecture. Academy Press, 1998

Peters, Sascha
Materialrevolution: Nachhaltige und multifunktionale Materialien für Design und Architektur. Birkhäuser, Basel, 2011

Petroski, Henry
To engineer is human. The role of failure in successful design. First Vintage Books Edition, New York, 1992 (engl. Originalausgabe: 1985)

Picht, Georg
Der Begriff der Natur und seine Geschichte. Klett-Cotta, Stuttgart, 1989

Picon, Antoine/Ponte, Alessandra (Ed.)
Architecture and the Sciences. Exchanging Metaphors. Princeton Architectural Press, New York, 2003

Picon, Antoine
– *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*. Birkhäuser, Basel, 2010
– *Ornament: The Politics of Architecture and Subjectivity*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2013

Pillkahn, Ulf
Innovationen zwischen Planung und Zufall. Bausteine einer Theorie der bewussten Irritation. Books on Demand, Norderstedt, 2011

Pillsbury, Glenn
Damage Incorporated: Metallica and the Production of Musical Identity. Routledge, London, 2013

Pincus-Witten, Robert
Postminimalism. Out of London Press, New York, 1977

Pine II., B. Joseph
Mass Customization: The New Frontier in Business Solutions. Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1992

Pinker, Steven
Wie das Denken im Kopf entsteht. (ü.v. Vogel, Sebastian/Wiese, Martina). Fischer Taschenbuch, Frankfurt, 2011

Pinton, Daniele
Bernini. Wege zur Kunst. ATS Italia Editrice, Rom, 2009

Platschek, Hans
Neue Figurationen. München, 1959

Pochat, Götz
Geschichte der Ästhetik und Kunsttheorie. Von der Antike bis zum 19. Jahrhundert. DuMont, Köln, 1986

Poerschke, Ute
– „Das Konkrete und die Architektur." in: *Wolkenkuckucksheim*. 14. Jg., Heft 1, Oktober 2009
– *Funktionen und Formen: Architekturtheorie der Moderne*. transcript Verlag, Bielefeld, 2014

Pongratz, Christian/Perbellini, Maria Rita
Natural Born Caadesigners: Young American Architects. The IT revolution in architecture. Springer Science & Business Media, 2000

Poole, Matthew/Shvartzberg, Manuel (Hrsg.)
The Politics of Parametricism. Bloomsbury Publishing PLC, London, 2015

Pound, Ezra
Pisaner Cantos LXXIV–LXXXIV. (übertragen von Eva Hesse), Zürich, 1985

Powers, Alan
Nature in Design. Conran Octopus Limited, London, 1999

Preble, Michael
William Baziotes: Paintings and Drawings, 1934–1962. Peggy Guggenheim Collection, Skira, 2005

Priest, Eldritch
Boring, Formless, Nonsense. Experimental Music and the Aesthetics of Failure. Bloomsbury, New York, 2013

Priest, Graham/Tanaka, Koji
„Paraconsistent Logic" in: Zalta, Edward N. (Hrsg.). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. *http://plato.stanford.edu/entries/logic-paraconsistent/*

Prigogine, Ilya/Stengers, Isabelle/Serres Michel
Anfänge: Die Dynamik – von Leibniz zu Lukrez. Merve Verlag, Berlin, 1991

Prigogine, Ilya/Stengers, Isabelle
Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens, R. Pieper, München, 1980

Quatremère de Quincy, Étienne Marc
Geschichte der berühmten Architekten und ihrer Werte. Band 1 und 2. Verlag Carl Wilhelm Leste, Darmstadt, 1831

Raphael, Benny/Smith, Ian F. C.
Engineering Informatics: Fundamentals of Computer-Aided Engineering. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2013

Raphael, Max
Die Farbe Schwarz. Zur materiellen Konstituierung der Form. Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1989

Ratti, Carlo
Open Source Architecture. Thames & Hudson, London, 2015

Raymond, Eric S.
Die Kathedrale und der Basar. SelfLinux-0.12.3, *4. Internationaler Linux-Kongress*, Würzburg, 1997 (Übersetzung v. Gantar, Reinhard basiert auf d. Textfassung v. 8. August 1999)

Reas, Casey/Fry, Ben
Processing: a programming handbook for visual designers and artists. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2007

Rechenberg, Ingo
Evolutionsstrategie – Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. Stuttgart, Fommann-Holzboog, 1973

Reichholf, Josef H.
Der Ursprung der Schönheit. C.H. Beck, München, 2011

Regnault, Nicolas François/Regnault, Geneviève de Nagis
Les écarts de la nature ou recueil des principales monstruosités. 1775

Rennert, Susanne (Hrsg.)
Gerhard Hoehme – die Unruhe wächst, restlessness grows: Werke 1955–1989. Ausstellungskatalog, DuMont, Köln, 2009

Rescher, Holger
Kampf der Stile. Größenwahn im Büro Hadid. Deutsches Architektenblatt. 01.03.2011

Riccardi, Garrett/Rose, Julian (Hrsg.)
Formless: Storefront for Art and Architecture. Manifesto Series, Lars Müller Publishers, Zürich, 2013

Rice, Peter
An Engineer imagines. University of Michigan, Artemis, 1994

Riegl, Alois
Die spätrömische Kunstindustrie in 2 Bänden. Band 1, 1901/Band 2, 1923

Rifkin, Jeremy
The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. Macmillan Publishers USA, New York City, 2014

Ritschel, Ute/Kuhlmann, Elisabeth/Sander, Hans-Joachim (Hrsg.)
Karl Fred Dahmen: Retrospektive (1950–1980). Ausstellungskatalog, Galerie Sander, Darmstadt, 1993

Rodier, Martina
Viktor Schauberger. Naturforscher & Erfinder. Zweitausendeins, Frankfurt, 1999

Roh, Juliane
– *Rolf Cavael*, München, 1964
– *Deutsche Kunst der 60er Jahre, Malerei/Collage/Op-Art/Graphik*. München, 1971

Rose, Julian/Ricciardi, Garrett
Design Miami 2013. Sand Pavilion of Formlessfinder. Dezeen Magazine, Interview, 2013

Rosen, Margit/Weibel, Peter
Die algorithmische Revolution. Zur Geschichte der interaktiven Kunst. Ausstellung im *ZKM*, Karlsruhe, 2004

Roters, Eberhard
Hann Trier. Die Deckengemälde in Berlin, Heidelberg und Köln. Berlin, 1981

Rothko, Mark
„Statement on His Attitude in Painting" in: Stephan, Ruth und John (Hrsg.). *Tiger's Eye. Nr. 9*. Westport, 1949

Ruhrberg, Karl
Emil Schumacher. Zeichen und Farbe. Ausstellungskatalog Karl-Ernst-Osthausen-Museum Hagen, Köln, 1987

Ruskin, John
– *The Elements of Drawings in three Letters to the Beginners*. London, 1857
– *Die sieben Leuchter der Baukunst*. Kemp, Wolfgang (Hg.), Bertelsmann, Gütersloh, 1999 (engl. Originalausgabe: *The Seven Lamps of Architecture*, Smith, Elder & Co., London, 1849)

Rutten, David
Evolutionary Principles applied to Problem Solving. Blogpost vom 25.09.2010

Sacks, Oliver
Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte. Rowohlt, Hamburg, 1991 (engl. Originalausgabe: 1985)

Safire, William
On Language. Defenestration. The New York Times, December 2002

Sainsbury, R. M.
Paradoxien. Reclam, Stuttgart, 2000

San Rocco
diverse Jahrgänge von 2012–2016

Sartre, Jean-Paul
– „Finger und Nicht-Finger. in: von Haftmann, Werner (Hg.). *Wols–Aufzeichnungen, Aquarelle, Aphorismen, Zeichnungen*. Köln, 1963
– *La Nausée*. Paris, 1938 (dt. Ausgabe: *Der Ekel*. Hamburg, 1981)

Sauer, Christiane
Made of... – Neue Materialien für Architektur und Design. Gestalten Verlag, Berlin, 2010

Savov, Anton/Buckton, Ben/Tessmann, Oliver
„20,000 Blocks: Can gameplay be used to guide non-expert groups in creating architecture?“ in: *Posthuman frontiers: data, designers and cognitive machines*. Conference Paper ACADIA, University of Michigan Taubman College, 2016

Schäfer, Christian (Hrsg.)
Platon-Lexikon. Darmstadt, 2007

Schirrmacher, Frank
Payback. Warum wir im Informationszeitalter gezwungen sind zu tun, was wir nicht tun wollen, und wie wir die Kontrolle über unser Denken zurückgewinnen. Karl Blessing Verlag, München, 2009

Schmidinger, Heinrich
Metaphysik. Ein Grundkurs. Kohlhammer, Stuttgart, 2000

Schmidt-Wulffen, Stephan
„Befreite Malerei“ in: *Winfred Gaul. Werkverzeichnis*. Band I, Düsseldorf, 1991

Schmitt, Gerhard
Information Architecture. Basis and Future of CAAD. Birkhäuser Verlag, Basel, 1999

Schönwandt, Walter
Denkfallen beim Planen. Friedr. Vieweg & Söhne, Braunschweig, 1986

Schreier, Christoph
„Der malende Heraklit. Zum Werk von Gerhard Hoehme“ in: Gerhard Hoehme, 1998

Schrödinger, Erwin
Was ist Leben? R. Piper, München, 1987 (engl. Originalausgabe: 1944)

Scott, Geoffrey
The Architecture of Humanism. A Study in the History of Taste. Houghton Mifflin Company, Boston and New York, 1914

Scriba, Christoph J./Schreiber, Peter
5000 Jahre Geometrie. Springer, Wien, 2009

Searle, John R.
Geist, Hirn und Wissenschaft. Die Reith Lectures 1984. (ü.v. Harvey P. Gavagai), Suhrkamp, Berlin, 1986

Seidl, Ernst
„Zerstörungsphänomene in der Baukunst: Atektonik statt Dekonstruktion.“ in: Paust, Bettina/Bilstein, Johannes/Lynen, Peter M./Thurn, Hans Peter (Hg.). *Aufbauen – Zerstören. Phänomene und Prozesse der Kunst. Moyländer Diskurse zu Kunst und Wissenschaft Bd. 1*. Kunstakademie Düsseldorf, Zentrum für Internationales Kunstmanagement CIAM (Köln) und Joseph Beuys Archiv der Stiftung Museum Schloss Moyland (Bedburg-Hau), Athena-Verlag, Oberhausen, 2007

Semper, Gottfried
- *Über die formelle Gesetzmässigkeit des Schmuckes und dessen Bedeutung als Kunstsymbol. Schriften zur Kunsttheorie III*. Alexander Verlag Berlin, 1987 (Originalausgabe: 1856)
- *Kleine Schriften*. Ulan Press Reprint, 2012 (Originalausgabe: 1884)

Sengbusch, Julia von
„Schleimiger Streckenplaner“ in: *Spektrum*. 21.01.2010

Shamiyeh, Michael
Organizing for Change/profession: Integrating Architectural Thinking in Other Fields. Springer Science & Business Media, 2007

Shannon, Claude E.
„A Mathematical Theory of Communication.“ in: *Bell System Technical Journal 27*, Juli und Oktober 1948

Shapiro, Gideon Fink
Weave Bridge – Cecil Balmond and Arup's Advanced Geometry Unit, London
http://www.architectmagazine.com/technology/detail/weave-bridge_o

Shaw, George Bernard
Pygmalion. Suhrkamp, Berlin, 2012 (Originalausgabe von 1913)

Sheil, Bob (Ed.)
Manufacturing the Bespoke. Making and Prototyping Architecture. AD Reader. John Wiley & Sons, New York, 2012

Sheldrake, Rupert
Das Gedächtnis der Natur. Das Geheimnis der Entstehung der Formen. Scherz-Verlag, Frankfurt, 2011 (engl. Originalausgabe: 1988)

Siegert, Ulla
Otto Greis. Farbe, Form, Licht. Werkverzeichnis 1945–1995. (Diss. phil. Münster 1997), Hamburg, 1999

Sieloff, Ulrike
Das Verfahren der objektiven Hermeneutik nach Ulrich Oevermann. Saarbrücken, 1992

Skirl, Miguel
„Ewige Wiederkunft" In: Henning Ottmann (Hrsg.). *Nietzsche-Handbuch*. Metzler, Stuttgart/Weimar, 2000

Skowron, Michael
„Zarathustra-Lehren. Übermensch, Wille zur Macht, Ewige Wiederkunft" in: *Nietzsche-Studien: Internationales Jahrbuch fur die Nietzsche-Forschung*. Walter de Gruyter, 2004

Smithson, Robert
„A Tour of the Monuments of Passaic, New Jersey." in: *Artforum*. Dezember 1967

Sokal, Alan/Brickmont, Jean
Eleganter Unsinn. Wie die Denker der Postmoderne die Wissenschaften missbrauchen. Verlag C.H. Beck, München, 1998

Sommer, Achim (Hrsg.)
Emil Schumacher: Werke aus sieben Jahrzehnten. Ausstellungskatalog. Kunsthalle Emden, Kerber Verlag, Bielfeld, 2001

Spahn, Barbara
Piero Manzoni (1933–1963): Seine Herausforderung der Grenze von Kunst und Leben. Beiträge zur Kunstwissenschaft Band 75. scaneg Verlag, München, 1999

Spiller, Neil
„Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture" in: *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*. Volume 7, Number 2, Intellect Ltd, 2009

Spoerri, Daniel
Anekdoten zu einer Topographie des Zufalls. Edition Nautilus, Verlag Lutz Schulenburg, Hamburg, 1998

Spuybroek, Lars/Brouwer, Joke/Mulder, Arjen (Ed.)
– *The Art of the Accident*. V2_Publishing, Rotterdam, 1998
– *Vital Beauty: Reclaiming Aesthetics in the Tangle of Technology and Nature*. V2_Publishing, Rotterdam, 2012

Spuybroek, Lars
– *NOX: Machining Architecture*. Thames and Hudson, London, 2004
– *The Architecture of Continuity: Essays and Conversations*. V2_Publishing, Rotterdam, 2008
– *The Sympathy of Things: Ruskin and the Ecology of Design*. V2_Publishing, Rotterdam, 2011

Standage, Tom
Der Türke: Die Geschichte des ersten Schachautomaten und seiner abenteuerlichen Reise um die Welt. Campus, Frankfurt, 2002

Steadman, Philip
The Evolution of Designs. Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts. Routledge, New York, 2008 (engl. Originalausgabe: 1979)

Steckling, Ludewig
Die Kalologie oder die Lehre vom Schönen aus Einem Principe vollständig entwickelt. Leipzig, 1835

Stegmaier, Werner
„Philosophischer Idealismus' und die ‚Musik des Lebens' zu Nietzsches Umgang mit Paradoxien. Eine kontextuelle Interpretation des Aphorismus Nr. 372 der *Fröhlichen Wissenschaft*" in: *Nietzsche-Studien 33. Internationales Jahrbuch für die Nietzsche-Forschung*. Walter de Gruyter, Berlin, 2004

Steinberg, Leo
„The Flatbed Picture Plane" in: *Other Criteria: Confrontations With Twentieth-century Art*. Oxford University Press, 1972

Stelzer, Otto
Die Vorgeschichte der abstrakten Kunst. Denkmodelle und Vorbilder. München, 1964

Stinson, Liz
Wild Biomorphic Spacesuits Designed to Survive Hostile Planets. WIRED, 12.11.2014

Stöbe, Sylvia
Chaos und Ordnung in der modernen Architektur. J. Strauss Verlag, Potsdam, 1999

Strauss, Ernst
Koloritgeschichtliche Untersuchungen zur Malerei seit Giotto. Berlin, Dt. Kunstverlag, 1972

Ströher, Ina
K.O. Götz: Werkverzeichnis in 2 Bänden. Wienand, Köln, 2014

Sullivan, Louis H.
The tall office building artistically considered. Lippincott's Magazine, März 1896

Sutherland, Ivan
Sketchpad. A Man-Machine Graphical Communication System. Doktorarbeit am *Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, Massachusetts, 1963

Sykes, A. Krista (Hrsg.)
Constructing a new agenda. Architectural Theory 1993–2009. Princeton Architectural Press, New York, 2010

Sylvanus, Erwin
Emil Schumacher. Monographien zur rheinisch-westfälischen Kunst der Gegenwart. Verlag Aurel Bongers, Recklinghausen, 1959

Sylvester, David
Gespräche mit Francis Bacon. (Dt. von Schneider, Helmut), Prestel, München, 1982

Taleb, Nassim Nicholas
- *Narren des Zufalls. Die unterschätzte Rolle des Zufalls in unserem Leben*. btb Verlag, München, 2013 (Originalausgabe: 2001)
- *Der Schwarze Schwan*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 2010 (Originalausgabe: 2007)
- *Der Schwarze Schwan. Konsequenzen aus der Krise*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 2012 (Originalausgabe: 2007)

Tapié, Michel
Un Art Autre. Paris, Gabriel-Giraud, 1952

Tenner, Edward
Die Tücken der Technik. Wenn Fortschritt sich rächt. Fischer, Frankfurt, 1999

Terzidis, Kostas
Algorithmic Architecture. Archit. Press Elsevier Ltd, 2006

The Architectural Review
diverse Jahrgänge

Thompson, D'Arcy Wentworth
On Growth and Form. Cambridge University Press, 1942 (Originalausgabe: 1917)

Thompson, Edward P.
The Making of the English Working Class. Victor Gollancz Ltd, London, 1963

Tobey, Mark
Monotypien, Tempera, Mischtechniken, Druckgrafik. Ausstellungskatalog, Frankfurter Kunstkabinett Hanna Bekker vom Rath, Frankfurt, 1971

Totzke, Rainer
„Logik, Metaphysik und Gänsefüßchen – Derridas Dekonstruktion und der operative Raum der Schrift." in: Grube, Gernot/Kogge, Werner/Krämer, Sybille (Hrsg.), *Schrift: Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine*. Wilhelm Fink Verlag, 2005, München/Paderborn, 2005

Treml, Alfred K.
„Die Natur der Kultur", in: K. Gilgenmann. P. Mersch. A. K. Treml. *Kulturelle Vererbung. Erziehung und Bildung in evolutionstheoretischer Sicht. Beiträge zur Evolutionären Pädagogik Bd. 4*, Norderstedt, 2010

Treptow, Elmar
Die erhabene Natur: Entwurf einer ökologischen Ästhetik. Königshausen & Neumann, Würzburg, 2001

Trogemann, Georg
„Computer und Kreativität", in: Oberquelle, H./Oppermann, R./Krause, J. (Hrsg.). *Mensch & Computer*. Beiträge der Fachkonferenz, B. G. Teubner, Stuttgart, 2001

Trogemann, Georg/Viehoff, Jochen
CodeArt – Eine elementare Einführung in die Programmierung als künstlerische Praktik, Wien, New York, 2005

Tropp, Henry S.
„Origin of the Term Bit" in: *Annals of the History of Computing 6*, Nr. 2, April 1984

Tschumi, Bernard
– *The Manhattan Transcripts*. Academy Editions, 1994
– *Architecture and Disjunction*. Cambridge, MIT Press, 1994/1996

Tukey, John W.
Sequential Conversion of Continuous Data to Digital Data (9. Januar 1947)

Turnovský, Jan
– *Die Poetik eines Mauervorsprungs*. Band 77, Bauwelt Fundamente, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1987
– *Integrazione. Denn Wahnsinn braucht Methode*. Verlag Anton Pustet, Salzburg/München, 2002

Türcke, Christoph
Vom Kainszeichen zum genetischen Code. Kritische Theorie der Schrift. C.H. Beck, München, 2005

Tzonis, Alexander
"Huts, ships and bottle racks: Design by analogy for architects and/or machines" in: Cross N./Dorst K./Roozenburg N. (Hrsg.) *Research in Design Thinking*. Delft, Delft Univ. Press, 1992

Ueding, Gert (Hrsg.)
Historisches Wörterbuch der Rhetorik. Max Niemeyer Verlag, Tübingen, 1994

Ullrich, Ferdinand
Kunst des Westens. Deutsche Kunst 1945–1960. Wienand Verlag, Köln, 1996

Urheberrechtsgesetz
„§ 69a Gegenstand des Schutzes“ in: *Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte*, 09.09.1965

Valena, Tomás
Beziehungen – Über den Ortsbezug in der Architektur. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1994

Van Berkel, Ben/Bos, Caroline
Move. Architectura & Natura Press, Amsterdam, 1999

Van Der Pot, Johan Hendrik Jacob
Sinndeutung und Periodisierung der Geschichte: eine systematische Übersicht der Theorien und Auffassungen. Brill-Verlag, Leiden (Niederlande), 1999

Venturi, Robert
Komplexität und Widerspruch in der Architektur. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1978

Vidler, Anthony
– *unHeimlich: Über das Unbehagen in der modernen Architektur*. Lukas & Sternberg, Edition Nautilus, 2002 (engl. Originalausgabe: 1992)
– „Diagrams of Diagrams. Architectural Abstraction and Modern Representation.“ in: *Representations. No. 72*. University of California Press, Autumn 2000
– „Digitaler Animismus“ in: *Formfindungen. ARCH+ Nr. 159/160*, 2002

Vitruv
Baukunst. Aus der römischen Urschrift übersetzt von August Rode, Leipzig 1796, Drittes Buch, Erstes Kapitel

Viollet-le-Duc, Eugène Emmanuel
– *Entretiens sur l'Architecture*. in 2 Bänden, 1863–1872
– *Dictionnaire de l'architecture française au XVe et XVIe siècles*. diverse Bände, 1854–1868

Vogel, Steven
Von Grashalmen und Hochhäusern. Mechanische Schöpfungen in Natur und Technik. Wiley-VCH, Weinheim, 2000 (engl. Originalausgabe: 1998)

Vogt, Paul
Geschichte der deutschen Malerei im 20. Jahrhundert. Köln, 1972

VOLUME
diverse Jahrgänge

Voss, Julia
Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837–1874. Fischer Verlag, Frankfurt am Main, 2007

Vrachliotis, Georg
Geregelte Verhältnisse. Architektur und technisches Denken in der Epoche der Kybernetik. Springer WienNewYork, 2012

Wagner, Kirsten
Richtfest der Information Architecture. Telepolis – Onlinemagazin für Politik & Medien im digitalen Zeitalter, Heise Verlag, 2000

Wagner, Monika
Das Material der Kunst. Eine andere Geschichte der Moderne. München, 2001

Wagner, Otto
Moderne Architektur. Verlag von Anton Schroll & Co., Wien, 1902

Wagner, Thomas
„Tee, Kaffee und Architektur“, 23.11.2012
http://www.stylepark.com/de/news/tee-kaffee-und-architektur/337394

Wallace, David Foster
Das hier ist Wasser/This is Water. Anstiftung zum Denken. Kiepenheuer & Witsch, Köln, 2012 (engl. Originalausgabe: 2009)

Watson, J. D./Crick, F. H.
„Molecular Structure of Nucleic Acids – A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid". in: *Nature*, No. 4356, April 25, 1953

Watt, Alan
3D-Computergrafik (Pearson Studium – IT). München, 2002

Wedewer, Rolf
– *Bildbegriffe. Anmerkungen zur Theorie der neuen Malerei*. Kohlhammer, Stuttgart 1963
– *1945–1985. Kunst in der Bundesrepublik Deutschland*. Nationalgalerie, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz Berlin, Berlin, 1985
– *Die Malerei des Informel. Weltverlust und Ich-Behauptung*. Deutscher Kunstverlag München Berlin, 2007

Weingardt, Martin
Fehler zeichnen uns aus. Transdisziplinäre Grundlagen zur Theorie und Produktivität des Fehlers in Schule und Arbeitswelt. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2004

Weinstock, Michael
The Architecture of Emergence. The Evolution of Form in Nature and Civilisation. John Wiley & Sons Ltd., 2010

Weiwei, Ai
„Why I'll stay away from the opening ceremony of the Olympics." in: *The Guardian*. 07.08.2008

Weizenbaum, Joseph/Schanze, Jens
Plug & Pray. Dokumentarfilm, Deutschland, 2010

Weizenbaum, Joseph
– *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. (ü.v. Udo Rennert), Suhrkamp, Frankfurt, 1978
– *Computermacht und Gesellschaft*. (Hrsg. v. Wendt, Gunna/Klug, Franz), Suhrkamp, Frankfurt, 2001

Welsch, Wolfgang
– *Unsere postmoderne Moderne*. Akademie Verlag, 2008 (Originalausgabe: 1987)
– „Kreativität durch Zufall." in: Abel, Günter (Hrsg.). *Kreativität – XX. Deutscher Kongreß für Philosophie*. Kolloquienbeiträge, Meiner Verlag, Hamburg, 2006

Werner, Ernst
Der Kristallpalast zu London 1851. Werner, Düsseldorf, 1970

Wertheim, Margaret
Die Himmelstür zum Cyberspace. Von Dante zum Internet. Ammann Verlag, Zürich, 2000

Wiedmann, August K.
„The Organic Theory of Art" in: *Romantic Art Theories*. Henley-on-Thames, 1986

Wigley, Mark
Architektur und Dekonstruktion: Derridas Phantom. Birkhäuser, Basel, 1994 (engl. Originalausgabe: 1993)

Wilpert, Gero von
Sachwörterbuch der Literatur. Kröner, Stuttgart, 2013 (Originalfassung: 1955)

WIRED Magazine
diverse Jahrgänge

Witte, Bernd/Buck, Theo/Dahnke, Hans-Dietrich/Otto, Regine/Schmidt, Peter (Hrsg.)
Goethe-Handbuch. Band 4/2, J. B. Metzler, Stuttgart/Weimar, 1998

Wolfe, Tom
Mit dem Bauhaus leben ‚From Bauhaus to our house'. Verlag Anton Hain Meisenheim, Frankfurt, 1990 (Originalausgabe: 1981)

Wolfram, Stephen
A New Kind of Science. Champaign, Wolfram Research, 2002

Wölfflin, Heinrich
– *Renaissance und Barock*. Koebler und Amelang, Leipzig, 1986 (Originalausgabe: 1888)
– *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe. Das Problem der Stilentwicklung in der neueren Kunst*. 10. Auflage, Basel, 1948 (Originalausgabe: 1915)

Wuketits, Franz M.
– *Evolution. Die Entwicklung des Lebens*. C.H. Beck, München, 2000
– *Darwin und der Darwinismus*. C.H. Beck, München, 2005

Wulf, Christoph (Hrsg.)
Vom Menschen – Handbuch Historische Anthropologie. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1997

Zepke, Stephen
Art as Abstract Machine: Ontology and Aesthetics in Deleuze and Guattari Studies in philosophy. Routledge, 2014

Zittlau, Jörg
Warum Robben kein Blau sehen und Elche ins Altersheim gehen. Pleiten und Pannen im Bauplan der Natur. Econ/ Ullstein, Berlin, 2007

Zuschlag, Christoph/Gercke, Hans/Frese, Annette (Hrsg.)
Brennpunkt Informel. Quellen – Strömungen – Reaktionen. Wienand Verlag, 1998

Zuschlag, Christoph
– „Alle Malerei ist Zerstörung. Anmerkungen zu einem Aspekt des Werks Emil Schumachers" in: *Kunstpresse*. August 1992
– „Wie symbolfähig ist die Malerei des Informel?" in: Lichtenstern, Christa (Hg.) *Symbole in der Kunst*. St. Ingbert, 2002

Zweite, Armin/Müller, Maria (Hrsg.)
Barnett Newman: Bilder – Skulpturen – Graphik. Ausstellungskatalog, Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Hatje Cantz, Ostfildern-Ruit, 1999

VII. Anhang

1. Tabellenverzeichnis

I. Einleitung		
Nr.	Titel	Seite
1	■ Übersicht: Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015) mit ihren Entwicklungsschwerpunkten und den zugeordneten informellen Operationen	■ S. 7

II. Das Informelle und das Biomorphe		
Nr.	Titel	Seite
2	■ 1.4.: Informelle Künstler in Deutschland, Frankreich und Amerika	■ S. 26

III. Die Kultur des Digitalen (1990–2015)		
Nr.	Titel	Seite
3	■ 2.: Die fünf Phasen des digitalen Entwerfens (1990–2015)	■ S. 76
4	■ 3.3.: *pulse* vs. Körperbildung	■ S. 86
5	■ 4.3.: *horizontality* vs. Raumkonfiguration	■ S. 118
6	■ 5.3.: *entropy* vs. technische Optimierung	■ S. 144
7	■ 6.3.: *baroque* vs. strukturelle Virtuosität	■ S. 176
8	■ 7.3.: *base materialism* vs. Materialeigenschaft	■ S. 205
9	■ 8.: Zusammenfassung	■ S. 217–221

IV. Konklusion: Nature sells!		
Nr.	Titel	Seite
10	■ 1.: Die ewige Wiederkunft der Naturmimetik	■ S. 223
11	■ 3.: The Evolution of Paradoxes: Biological fallacy in architecture	■ S. 232

V. Ausblick: Der Digital Turn ist tot, es lebe der Digital Turn!		
Nr.	Titel	Seite
12	■ 1.: Trial and Error in der 6. Phase: Postdigitale Unbestimmtheit (seit 2012)	■ S. 242

2. Abbildungsverzeichnis

II.1.1.1: Digitalisierungsprojekt *Gallica* der Französischen Nationalbibliothek
http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k32951f?rk=42918;4 (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.1.2: Kiesow, Rainer Maria/Schmidgen, Henning (Hg.). *Kritisches Wörterbuch*, Berlin, Merve, 2005, S. 62

II.1.1.3: Digitalisierungsprojekt *Gallica* der Französischen Nationalbibliothek
http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k32951f/f526.item (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.1.4: Kiesow/Schmidgen, 2005, S. 33

II.1.1.5: Digitalisierungsprojekt *Gallica* der Französischen Nationalbibliothek
http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k32951f/f525.item (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.1.4.1: *http://www.karl-fred-dahmen.de/bibliografie.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.2: *http://institut-aktuelle-kunst.de/kuenstlerlexikon/fuerst-albert* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.3: *https://kunstforum.de/person.aspx?pid=3701* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.4: *http://www.gerhard-hoehme.de/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.5: *http://kultur-online.net/node/25760* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.6: *https://otto-greis.de/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.7: *https://www.widewalls.ch/artist/bernard-schultze/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.8: *http://www.pirschke.de/kreutz.htm* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.9: *http://www.grafica.beniculturali.it/tutti-gli-archivi/mostre/hans-hartung-6619.html*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.10: *http://www.carl-buchheister.de/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.11: *http://www.esmh.de/web/de/esmh/emilschumacher/leben/leben6.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.12: *http://www.galerie-ueberlingen.de/kuenstler/k-r-h-sonderborg/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.13: *http://koeln-nachrichten.de/kultur/ausstellungen/schwungvoller-blick-ueber-den-tellerrand/*
© Dietmar Schneider (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.14: *http://photography-now.com/exhibition/68286*
© Manfred Hamm (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.15: *http://georgerippon.blogspot.de/2011/04/wols-arnulf-rainer.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.16: *https://oliviermalingue.com/artists/29-jean-dubuffet/biography/*
© Paolo Monti (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.17: *http://appuntidistoriadellarte.blogspot.de/2013/04/jean-fautrier-e-gli-otages-il-grido.html*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.18: *http://cadenaser.com/ser/2012/02/06/cultura/1328487443_850215.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.19: *http://www.carzaniga.ch/kuenstler/$/Mark-Tobey/118*
© Archiv Kurt Wyss (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.20: *http://theconversation.com/heres-looking-at-blue-poles-by-jackson-pollock-51655*
© Martha Holmes/Time Life Pictures/Getty Images (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.21: *http://www.carzaniga.ch/kuenstler/$/Sam-Francis/65* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.22: *https://www.widewalls.ch/artist/barnett-newman/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.1.4.23: *http://www.huffingtonpost.co.uk/ewa-zubek/mark-rothko-10-things-you-should-know-_b_6166404.html*
© Hans Namuth (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.2.1.1: *https://www.thoughtco.com/history-of-the-eniac-computer-1991601* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.1.2: *http://histinf.blogs.upv.es/2011/12/05/proyecto-eniac/*
© Paul W Shaffer (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.2.2.2.1: *http://distributedmuseum.blogspot.de/2013/01/illiac-and-ordvac-1952.html*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.2.2.2: *http://computermusicblog.com/blog/tag/lejaren-hiller/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.2.2.3: Wilhelm Fucks. *Nach allen Regeln der Kunst*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1968, S. 24 f.

II.2.2.2.4: Ebd.

II.2.2.2.5: Ebd.

II.2.2.2.6: Ebd.

II.2.2.2.7: *http://www.diseno.uma.es/i_diseno/i_diseno_11/villagran.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.2.2.8: Georg Nees. *Generative Computergrafik*. Siemens AG, Berlin, 1969, S. 241

_____

II.2.3.1: *http://www.kunstsammlungen-coburg.de/kupferstichkabinett-geschichte.php*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.3.2: *https://www.archdaily.com/92321/ad-classics-parc-de-la-villette-bernard-tschumi*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.3.3: *https://www.moma.org/collection/works/85* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.2.3.4: *http://www.tschumi.com/projects/18/*
© BTA (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.3.3.1: *https://artblart.com/tag/henry-moore-falling-warrior/*
© The Henry Moore Foundation/DACS/SODRAC (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.3.3.2: *http://www.artnet.com/artists/jean-hans-arp/ptol%C3%A9m%C3%A9e-ii-z1bcJHyxRF8mfzu0rWXyGQ2*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.3.3.3: *http://www.spiresplass.no/2016/04/farvel-til-amben.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.3.3.4: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amoeba_proteus.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.4.1: *http://architectuul.com/architecture/einstein-tower* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chilehaus.mi04740d13a.jpg*
© Carl Dransfeld (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.4.1.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uomo_Vitruviano.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.2: http://www.bpb.de/internationales/asien/china/44330/werden-die-spiele-china-veraendern
© AP (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beijing_National_Stadium_2012.JPG*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.4: *https://arcspace.com/bookcase/santiago-calatrava-artworks/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.5: *https://calatrava.com/projects/ciudad-de-las-artes-y-de-las-ciencias-valencia.html*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.6: *http://www.gmp-architekten.de/projekte/flughafen-stuttgart-terminal-3/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.7: Ebd.

II.4.1.8: *http://ge.archello.com/en/project/morecambe-sea-front* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.9: Ebd.

II.4.1.10: *https://www.leidenconventionbureau.nl/de/locatiezoeker/corpus-congress-centre*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.11: *https://skyrisecities.com/news/2016/06/4-global-museums-novel-architecture*
(zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.12: *https://www.n-tv.de/leute/buecher/Lampenladen-fuer-Volk-und-Volkskammer-article5938381.html*
© Jürgen Sindermann (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.13: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haus_der_Kulturen_der_Welt.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.14: *https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Weltzeituhr_mit_Fernsehturm_-_Alexanderplatz.jpg*
© Creative Commons/Christian Wolf (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.15: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlin_-_Siegess%C3%A4ule_Gro%C3%9Fer_Tiergarten_2012.jpg*
© Creative Commons/Pedelecs (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.16: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundeskanzleramt_Berlin_2010.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.1.17: *http://mapio.net/pic/p-60916770/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.4.2.1: Anita Albus. *Die Kunst der Künste. Erinnerungen an die Malerei.* Eichborn Verlag, Ffm, 1997, S. 374

II.4.2.2: Philip Steadman. *The Evolution of Designs. Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts.*
Routledge, New York, 2008, S. 40

II.4.2.3: *http://archineeringtalk.com/?p=69* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.4: *https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton/51d577fab3fc4beae1000212-ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton-image* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.5: *http://www.blikk.it/angebote/naturinternet/na8015.htm* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.6: *Formfindungen von biomorph bis technoform*. ARCH+ Nr. 159/160, ARCH+ Verlag, Aachen, 2002, S. 64 f.

II.4.2.7: *http://www.darcythompson.org/gallery.html?gallery=GANDF* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.8: *http://web.tiscali.it/irene_mennini/Diario%20di%20bordo/Sesto%20ciclo/06_09_04.htm* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.9: *https://en.wikiarquitectura.com/building/kuwait-pavilion-expo92/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.2.10: *https://calatrava.com/projects/shadow-machine-new-york.html?view_mode=gallery&image=1* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.4.3.1: *http://fuckyeahaxonometry.tumblr.com/* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

II.4.3.2: *http://arch1101-2011tm.blogspot.de/2011/03/eisenman.html* (zuletzt abgerufen am 16.02.2018)

_____

II.4.4.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Independence_National_Historical_Park_Franklin_Court_Ghost_Structure.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.2: *http://archiv.dam-online.de/handle/11153/172-030-002*
© DAM und Charles Moore/Foto: Hagen Stier (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.3: *https://www.pinterest.co.uk/pin/668221663431258409/* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.4: *http://www.thegorgeousdaily.com/james-wines/* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.5: *http://www.botta.ch/it/SPAZI%20DEL%20LAVORO?idx=21*
© Alberto Flammer (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.6: *http://dam-online.de/portal/de/Portrait/Start/0/0/52893/mod1103-details1/1592.aspx* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.7: *http://www.hollein.com/ger/Architektur/Nach-Typus/Shops-und-Interiors/Oesterreichisches-Verkehrsbuero* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.8: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portland_Building_1982.jpg*
© Steve Morgan (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

II.4.4.9: *https://donsiebelphotography.wordpress.com/2011/08/28/portlandia/*
© Don Siebel Photography (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

_____

III.3.1: *http://www.beautifulglobal.com/solomon-r-guggenheim-museum-in-manhattan-new-york-city-united-state/* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2: *http://glform.com/buildings/cardiff-bay-opera-house/*
© Greg Lynn FORM (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.3: *Architektur in Bewegung – Entwerfen am Computer.* ARCH+ Nr. 128, ARCH+ Verlag, Aachen, 1995, S. 52 f.

III.3.4: *https://www.spielfilm.de/news/21146/blob-samuel-jackson/galerie*
© Paramount Pictures/e-m-s/James Rolfe (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

_____

III.3.1.1: Standfotos aus: *https://www.youtube.com/watch?v=dXINTf8kXCc* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.1.2: Ebd.

III.3.1.3: Ebd.

III.3.1.4: Ebd.

III.3.1.5: Standfotos aus: *https://www.youtube.com/watch?v=hbT9GGJdKOs* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.1.6: Ebd.

III.3.1.7: Ebd.

III.3.1.8: Ebd.

III.3.1.9: Standfotos aus: *https://www.youtube.com/watch?v=ZJbqnztjkbs* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.1.10: Ebd.

III.3.1.11: Ebd.

III.3.1.12: *http://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/box-ahhareturnabout*
© James Coleman (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

_____

III.3.2.1: *http://www.kettererkunst.com/image-max.php?obnr=114003283&anummer=420&ebene=0&ext=0*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.2: Sabine Fehlemann. *Hann Trier: Monographie und Werkverzeichnis.* Wienand, Köln, 1990

III.3.2.3: *http://www.boisseree.com/images/artists/Hartung/Hartung_S_038.jpg* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.4: *http://www.artnet.de/k%C3%BCnstler/hans-hartung/artwork-181953-pxNJOEEU_1qbP_7cpP-viw2*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.5: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=400505716&anummer=298&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.6: *http://www.kettererkunst.com/image-max.php?obnr=113000866&anummer=404&ebene=0&ext=0*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.7: *http://81.169.222.198/still/kunst/pic570/285/103005452.jpg* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.8: *http://www.artnet.de/k%C3%BCnstler/bernard-schultze/untitled-R3rdfsYCLYIqTpbPF_3QdQ2*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.9: *https://www.lempertz.com/de/kataloge/lot/1032-1/681-gerhard-hoehme.html*
(zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.2.10: *http://www.boisseree.com/de/artists/Dahmen/Dahmen.html* (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

_____

III.3.3.1.1: Kari Jormakka. *Methoden der Formfindung.* Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 2008, S. 66

III.3.3.1.2: Ebd.

III.3.3.1.3: *http://www.eisenmanarchitects.com/wexner.html#images* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.1.4: *http://www.columbusmakesart.com/organization/10-wexner-center-for-the-arts* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.3.3.2.1: *http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/katastrophentheorie/katastrophentheorie.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swallow_tail.jpg* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.3: *http://www.rebstockpark-ffm.de/rebstockpark_eisenman.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.4: Ebd.

III.3.3.2.5: Ebd.

III.3.3.2.6: Ebd.

III.3.3.2.7: *http://www.daniellee.com/projects/manimals* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.8: Standfoto aus: *https://vimeo.com/channels/1231573/35709307* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.9: *http://typolysign.de/friedrich-kiesler-architekt-kuenstler-visionaer/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.10: *http://glform.com/buildings/port-authority-triple-bridge-gateway-competition/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.2.11: Ebd.

III.3.3.2.12: Ebd.

_____

III.3.3.3.1: *http://march1section1.pbworks.com/f/AllenS_FieldConditions.pdf* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.3.2: *http://compo3t.blogspot.de/2013/12/points-lines-diagram-architecture.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.3.3: *http://walkerart.org/collections/publications/art-expanded/barry-le-va/* © Nigel Greenwood Gallery Archive/Tate Archive, London (zuletzt abgerufen am 17.02.2018)

III.3.3.3.4: *http://www.rudedo.be/amarant08/antiform/richard-serra-1939/richard-serra-splashing-lead-1968/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.3.5: *https://www.archdaily.com/244582/think-space-alejandro-zaera-polo-never-planned-to-win-yokohama-port-terminal-competition/yokohama_axa_900px* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.3.6: Ebd.

III.3.3.3.7: Mario Carpo (Ed.) *The Digital Turn in Architecture 1992–2012.* John Wiley & Sons, New York, 2013, S. 94

III.3.3.3.8: Ebd., S. 97

_____

III.3.3.4.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LogisticMap_BifurcationDiagram.png*
© PAR/Public Domain (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.4.2: *http://www.telegraph.co.uk/culture/3624000/The-Architecture-of-Daniel-Libeskind.html?image=9*
© Studio Libeskind (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.4.3: *https://deu.archinform.net/projekte/600.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.4.4: *https://en.wikiarquitectura.com/building/bavinger-house/#lg=1&slide=4* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.4.5: *http://www.bruce-goff-film.com/en/18_more.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

–––––––

III.3.3.5.1: *http://www.onl.eu/projects/salt-water-pavilion* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.5.2: *http://www.nox-art-architecture.com/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.5.3: *http://www.onl.eu/projects/salt-water-pavilion* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.3.3.5.4: Ebd.

–––––––

III.4.1.1: *http://www.mousonturm.de/web/de/veranstaltung/vortex-temporum* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.1.2: *http://www.weltum.de/weltum/galerien/bild.php?img_id=1380* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.1.3: *https://www.wga.hu/html_m/d/durer/1/02/07haller.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.1.4: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paul_C%C3%A9zanne_195.jpg* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.1.5: *http://www.kunstmarkt.com/pagesmag/kunst/_id282561-/marktberichte_grossbildansicht.html?_q=%20*
© VBK, Wien 2013/Collection of the Tel Aviv Museum of Art (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.1.6: *https://www.rauschenbergfoundation.org/art/artwork/monogram*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

–––––––

III.4.2.1: *https://www.artslant.com/ew/works/show/698348*
© 2013 Robert Morris/Artists Rights Society (ARS), New York (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.2: *https://www.artspace.com/magazine/art_101/art_market/process_art-51778*
(zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.3: *http://kultur-online.net/node/2465*
© 2007, ProLitteris, Zürich (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.4: *https://americanart.si.edu/artwork/canticle-24126*
© Smithsonian American Art Museum, Gift of the Sara Roby Foundation (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.5: *https://www.pinterest.de/pin/307018899570267952/*
© Pollock-Krasner Foundation / Artists Rights Society (ARS), New York (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.6: *https://www.jackson-pollock.org/full-fathom-five.jsp* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.7: *https://www.jackson-pollock.org/number-1.jsp* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.8: *https://www.jackson-pollock.org/autumn-rhythm.jsp* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.9: *https://www.jackson-pollock.org/convergence.jsp* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.10: *https://www.widewalls.ch/andy-warhol-piss-paintings/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.11: *https://arthistoryatpea.wordpress.com/expressionism-and-fauvism/expressionism-3/kandinsky/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.12: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Claude_Monet_-_Water_Lilies_-_1906,_Ryerson.jpg* © Creative Commons/Mr. and Mrs. Martin A. Ryerson Collection (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.13: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nympheas_71293_3.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.14: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Claude_Monet_-_Water_Lilies_-_Google_Art_Project.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.15: *http://1995-2015.undo.net/it/mostra/12824#* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.16: *http://www.altertuemliches.at/termine/auktion/im-kinsky-94-auktion-25710* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.2.17: *http://www.artnet.com/artists/jean-fautrier/le-visage-de-lhomme-ym6wqnMwCMS-bRHyIVgBvA2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.4.3.1.1: *https://blog.stonehenge-stone-circle.co.uk/category/stonehengeguide/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MtnSheepPetroglyph.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.3: *http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5972&sysLanguage=en-en&itemPos=103&itemSort=en-en_sort_string1+&itemCount=215&sysParentName=&sysParentId=65* © FLC/ADAGP (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.4: *http://mmk-frankfurt.de/de/nc/sammlung/werkdetailseite/?werk=1981%2F60* © 2011 The Andy Warhol Foundation for the Visual Arts/Artists Rights Society (ARS), New York, Foto: Axel Schneider (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.5: *https://www.pinterest.de/pin/79376012153976835/?lp=true* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.6: *http://www.geo2geo.de/infos03.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.7: Mark Garcia (Ed.). *The Diagrams of Architecture*. AD Reader, John Wiley & Sons, 2010, S. 95

III.4.3.1.8: *http://art-now-and-then.blogspot.de/2011/10/francis-bacon.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.9: *https://www.unstudio.com/en/page/387/mobius-house* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.10: *https://architizer.com/projects/mobius-house/media/189763/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.11: *https://architizer.com/projects/mobius-house/media/189762/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.12: *https://www.archdaily.com/11651/seattle-central-library-oma-lmn/5721908fe58ece9e17000001-seattle-central-library-oma-lmn-legibility-section* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.13: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2009-0604-19-SeattleCentralLibrary.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.14: *https://archpaper.com/2015/10/mvrdv-donates-early-archive-het-nieuwe-instituut/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.15: Ebd.

III.4.3.1.16: Garcia, 2010, S. 253 ff.

III.4.3.1.17: *http://www.alamy.de/fotos-bilder/olympic-stadium-beijing.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.18: *https://www.thehunt.com/the-hunt/maTvdB-serena-vanderwoodsen-phone-case* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.1.19: *https://aboutarchitecture.wordpress.com/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.4.3.2.1: *http://www.computerhistory.org/revolution/computer-graphics-music-and-art/15/206/557* © Mark Richards (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.2: *http://www.knoerig.de/Projekte/qtplgviewer/Screenshots/screenshots_en.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.3: *https://www.adero.de/produkte/Tea-Coffee-Piazza-Michael-Graves-Officina-Alessi.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.4: *https://www.adero.de/produkte/Tea-Coffee-Piazza-Charles-Jencks-Officina-Alessi.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.5: *https://www.adero.de/produkte/Tea-Coffee-Towers-Greg-Lynn-Officina-Alessi.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.6: Ebd.

III.4.3.2.7: *http://housemold.biz/Greg-lynn-embryological-house-project.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.8: Ebd.

III.4.3.2.9: *https://virtualdimension.wordpress.com/ai-creator/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.10: *http://architettura.it/extended/20060305/index_en.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.11: *http://www.shoparc.com/projects/camera-obscura/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.12: *https://www.wired.com/2004/11/gehry/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.4.3.2.13: http://bhamobscura.com/2014/09/inspirational-obscura-greenport-long-island/ (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.5.1.1: *https://www.robertsmithson.com/index_.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.1.2: *http://aawithoutgallery.blogspot.de/2009/09/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.1.3: *http://www.videoex.ch/2014/de/programme-2014-architektur-im-experimentalfilm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.1.4: https://www.azuremagazine.com/article/design-miami-pavilion-by-formlessfinder/ (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.5.2.1: *http://institut-aktuelle-kunst.de/kuenstlerlexikon/fuerst-albert* Foto: Erich Steitz (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.2: Ebd.

III.5.2.3: *http://www.kettererkunst.de/result.php?kuenstlernr=3671&auswahl=vk&tshw=1* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.4: *http://www.kettererkunst.de/image-max.php?obnr=114000202&anummer=416&ebene=0&ext=0* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.5: *http://www.artnet.com/artists/winfred-gaul/ohne-titel-VERLp7-PxqyVwlZP2cp1gw2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.6: *http://www.artnet.com/artists/otto-greis/ohne-titel-7cD0SkeOo-qE2UruK0np1A2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.7: *http://media.findartinfo.com/images/artwork/2013/5/a003118591-001.jpg* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.8: *http://www.lankaart.org/article-36241135.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.9: *http://www.artnet.de/k%C3%BCnstler/carl-buchheister/komposition-p-schwarz-form-komposition-TzejaDurRMpia9QUiAgBRw2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.10: *http://www.tate.org.uk/art/artworks/buchheister-composition-juviem-t06451* © DACS, 2018 (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.2.11: *http://www.artnet.de/k%C3%BCnstler/karl-otto-g%C3%B6tz/fodat-1R_bJzaepqV3IumgoGc6pw2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.5.3.1.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SnowflakesWilsonBentley.jpg?uselang=de* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.2: *http://www.achimmenges.net/?p=4462* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.3: *http://www.achimmenges.net/?p=4438* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.4: *http://www.achimmenges.net/?p=4417* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.5: *http://www.achimmenges.net/?p=4436* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.6: Ebd.

III.5.3.1.7: *http://www.achimmenges.net/?p=4405* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.8: Ebd.

III.5.3.1.9: *http://www.achimmenges.net/?p=4440* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.10: Ebd.

III.5.3.1.11: *http://www.achimmenges.net/?p=4452* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.1.12: Ebd.

_____

III.5.3.2.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin%27s_finches_by_Gould.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin_tree.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tree_of_life_by_Haeckel_cleanup_2.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.4: Garcia, 2010, S. 293

III.5.3.2.5: *http://www.cronologiadourbanismo.ufba.br/apresentacao.php?langVerbete=en&idVerbete=1544#prettyPhoto* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.6: *http://davidrifkind.org/fiu/Design_II_Images_4/Pages/International_modernism_and_a_new_architectural_language.html#2* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.7: *Entwurfsmuster*. ARCH+ Nr. 189, ARCH+ Verlag, Aachen, 2008, S. 63

III.5.3.2.8: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CA_rule30s.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.9: *https://www.wired.com/2010/07/conways-game-of-life-in-html5/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.10: *https://www.wired.com/2010/01/slime-mold-grows-network-just-like-tokyo-rail-system/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.11: *http://www.new-territories.com/I'veheardabout.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.5.3.2.12: *http://www.egodesign.ca/en/article.php?article_id=623* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.6.1: *https://www.dezeen.com/2015/09/03/movie-serpentine-gallery-pavilion-2002-toyo-ito-cecil-balmond-arup-julia-peyton-jones/* Foto: Sylvain Deleu (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.2: *http://www.1zoom.me/de/wallpaper/485005/z15223.6/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Open_Happiness_Piccadilly_Circus_Blue-Pink_Hour_120917-1126-jikatu.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.4: *http://www.zoover.de/japan/japan/tokio-tokyo/fotos* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.5: *https://www.designfunktion-essen.de/projekte/thyssenkrupp-quartier/portfolio-item/thyssenkrupp-quartier/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.6: *http://arqa.com/english-es/architecture-es/john-lewis-department-store-and-cineplex-leicester-uk.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.7: *https://www.pinterest.de/pin/565694403164742494/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.8: *http://www.artsofsciences.com/pasta-by-design* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.9: *https://archinect.com/news/article/87931319/win-a-copy-of-out-of-hand-materializing-the-postdigital* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.6.1.1: *http://syndrome-de-stendhal.blogspot.de/2015/05/von-allen-seiten-schon-giambolognas.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.2: *https://www.pinterest.com.mx/pin/570760952750765257/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.3: *http://arch-texture.com/his-baro.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.4: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caravaggio_(1571-1610)_-_De_roeping_van_Matte%C3%BCs_(1599-1600)_-_Rome_San_Luigi_dei_Francesi_10-01-2011_12-07-56.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.5: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rembrandt_van_Rijn-De_Nachtwacht-1642.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.6: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michelangelo_Bacchus.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.7: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caravaggio_-_Bacco_adolescente_-_Google_Art_Project.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.8: *http://www.rp-online.de/leben/bauen/architektur/zaha-hadid-das-sind-ihre-bauwerke-in-deutschland-bid-1.5873114* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.9: *http://archi.ulb.ac.be/actualites/2017-02-16/film-office-baroque-de-gordon-matta-clark-dans-le-cadre-des-jeudis-de-l-art* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.10: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pieter_Claesz_002.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.11: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rome-SantIgnazio-DomeTrompeOeil.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.12: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Triumph_St_Ignatius_Pozzo.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.13: *http://www.vaticanhistory.de/pm/html/alexander_vii_.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.14: *http://www.jitter-magazin.de/bernard-schultze-gegenwelten/*
© VG Bild-Kunst, Bonn 2012, Foto: Friedrich Rosenstiel, Köln (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.15: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chateau_de_Versailles_1668_Pierre_Patel.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.16: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zwiefalten_28_04_2011_23.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.17: *https://tavernesfundamentosdelarte.files.wordpress.com/2016/04/rocaille-201020459097.jpg*
(zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.18: *https://lh6.googleusercontent.com/-xsHnT8zHVm0/U0LiPh99SsI/AAAAAAAAj6c/9NuAxmRKMoA/s800/Rocaille_Couple.jpg* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.19: *https://www.nationalgalleries.org/art-and-artists/49626/new-coffee-house-neues-caffehaus*
(zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.20: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Basilika_Vierzehnheiligen_004.JPG*
(zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.21: *http://themanor-centralpark.info/key/m/words-man-made-grotto.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.22: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruinentheater.jpg*
© Creative Commons, Foto: Thomas Henkel (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.23: *https://www.pinterest.de/pin/331085010081469853/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.24: *http://www.schloesser.bayern.de/deutsch/schloss/objekte/wu_res.htm* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.25: *https://www.lempertz.com/de/kataloge/lot/1047-1/6-antoine-pesne.html* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.26: *https://www.pinterest.de/pin/227291112418051117/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.27: *https://www.archisearch.gr/architecture/mathematics-gallery-science-museum-zaha-hadid-architects/* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.28: Ebd.

III.6.1.29: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jean_Honore_Fragonard_The_Swing.jpg* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.30: Standfoto aus: *https://www.youtube.com/watch?v=04P1dCLvc_0* (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

III.6.1.31: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roma_Antica_by_Giovanni_Paolo_Pannini_-_Staatsgalerie_-_Stuttgart_-_Germany_2017.jpg*
© Creative Commons, Foto: José Luiz Bernardes Ribeiro (zuletzt abgerufen am 20.02.2018)

_____

III.6.2.1: Sylvia Martin. „Die Entfaltung des Barock im deutschen Informel." in: *Augenkitzel. Barocke Meisterwerke und die Kunst des Informel.* Ausstellungskatalog, Kunsthalle zu Kiel, 2004, S. 22

III.6.2.2: *https://www.van-ham.com/datenbank-archiv/datenbank/hann-trier/fuer-tiepolo.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.3: Martin, 2004, S. 28

III.6.2.4: Ebd.

III.6.2.5: *https://www.bildergipfel.de/s/stephanus* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.6: *http://www.kunstsammlungen-museen.augsburg.de/index.php?id=27648* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.7: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peter_Paul_Rubens_-_The_Fall_of_the_Damned_-_WGA20236.jpg?uselang=de* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.8: Martin, 2004, S. 111

III.6.2.9: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Il_satiro_e_il_contadino_-_Liss.jpg
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.10: *https://www.xn--ko-gtz-zxa.de/images/gemaelde/1959/06-Bild-vom-8-2-53.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.11: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:August_Querfurt_001.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.2.12: *https://www.lempertz.com/de/kataloge/lot/881-1/509-krh-sonderborg.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

_____

III.6.3.1.1: *http://www.thedrive.com/the-war-zone/9540/the-mysterious-case-of-the-f-117-nighthawks-flip-down-radar-locators* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.2: *https://www.factinate.com/things/48-facts-biggest-mistakes-history/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.3: *http://www.hellenica.de/Griechenland/Kunst/Modern/TaufeChristi.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.4: *https://www.pinterest.de/pin/561824122254634122/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.5: Gilles Deleuze. *Die Falte. Leibniz und der Barock.* Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1996, S. 13

III.6.3.1.6: *http://www.niederalteich.de/Geschichte/BasilikaundPfarrkirche.aspx?page=2* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.7: *http://www.abtei-niederaltaich.de/kloster/barockbasilika/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.8: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_II_of_England_in_Coronation_robes.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.9: *https://threadingthroughtime.wordpress.com/2014/12/23/the-17th-century-challenge-aka-the-sink-or-swim/#jp-carousel-6461* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.10: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ch%C3%A2teau_de_Versailles,_salon_de_Diane,_buste_de_Louis_XIV,_Bernin_(1665)_03_black_bg.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.11: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cappella_palluzzi-albertoni_di_giacomo_mola_(1622-25),_con_beata_ludovica_alberoni_di_bernini_(1671-75)_e_pala_del_baciccio_(s._anna_e_la_vergine)_05.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.12: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rom,_Santa_Maria_della_Vittoria,_Die_Verz%C3%BCckung_der_Heiligen_Theresa_(Bernini).jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.13: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Menger-Schwamm-Reihe.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.14: Deleuze, 1996, S. 30

III.6.3.1.15: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KettingHyugens.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.16: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cripta_de_la_Col%C3%B2nia_G%C3%BCell_1.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.17: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maqueta_polifunicular.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.18: *http://bbs.zhulong.com/101010_group_201817/detail10027168* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.19: *https://375gr.wordpress.com/2010/03/24/reiser-umemoto-water-garden-for-jeffrey-kipnis/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.20: Ebd.

III.6.3.1.21: *http://fracademic.com/pictures/frwiki/80/P1010563_Paris_XIII_quai_d%27Austerlitz_et_Institut_de_la_mode_reductwk.JPG* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.22: *http://enlacearquitectura.com/wp-content/uploads/sano10.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.23: *https://www.bergfex.at/sommer/innsbruck/highlights/12247-bergisel-sprungschanze-stadion/#images-highlight.12247-1* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.24: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phaeno_Suedseite_RB.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.25: *https://www.competitionline.com/de/projekte/46147* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.26: *http://fractal23.tistory.com/category/?page=23* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.27: *http://www.architectmagazine.com/technology/detail/weave-bridge_o* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.1.28: *https://www.pinterest.de/pin/26880928996079300/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

_____

III.6.3.2.1: *http://www.inf.tu-dresden.de/index.php?node_id=1101* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.2: *http://www.profession-spectacle.com/que-valent-les-politiques-publiques-de-la-culture/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isfahan_Lotfollah_mosque_ceiling_symmetric.jpg* Foto: Phillip Maiwald (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.4: *http://lgdv.cs.fau.de/teaching/sem/2008s/FM/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.5: *https://www.baunetzwissen.de/fliesen-und-platten/objekte/sonderbauten/spanischer-expo-pavillon-in-aichi-71058/gallery-1/2* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.6: *http://www.rpdev.net/home/book/export/html/39* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.7: *http://fracademic.com/pictures/frwiki/87/Wazemmes_maisfonfolie2.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.8: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aqua_Tower_Chicago.jpg* Foto: George Showman (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.9: *https://mymodernmet.com/wm-delvoye-twisted-dump-truck/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.10: Antoine Picon. *Digital Culture in Architecture*. Birkhäuser, Berlin, 2010, S. 88

III.6.3.2.11: *http://www.arndtfineart.com/website/media/artists/delvoye/DELV0064_Dunlop_Geomax_100-90_57m_360_3X_11_NoText.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.12: *https://forums.tigsource.com/index.php?topic=45587.0* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.13: *http://www.arndtfineart.com/website/artist_1922_image* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.14: *http://memolog.blog.naver.com/PostThumbnailView.nhn?blogId=pkhslhlmh&logNo=70013489899&categoryNo=3&parentCategoryNo=251* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.15: siehe III.6.2.5.

III.6.3.2.16: siehe III.6.2.6.

III.6.3.2.17: *https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Voronoi-Diagramm.svg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.18: *http://geometrymatters.tumblr.com/post/115783855909/weaire-phelan-structure-becoming-very-popular* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.19: Ebd.

III.6.3.2.20: siehe III.6.2.7.

III.6.3.2.21: siehe III.6.2.8.

III.6.3.2.22: *http://deacademic.com/pictures/dewiki/70/Fractal_weeds.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.23: *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/l-systems.html?screenSize=1&color=0#8* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.24: *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/l-systems.html?screenSize=1&color=0#5* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.25: siehe III.6.2.11.

III.6.3.2.26: siehe III.6.2.12.

III.6.3.2.27: *http://www.spiegel.de/fotostrecke/zugvoegel-tausende-stare-fliegen-im-schwarm-zurueck-nach-europa-fotostrecke-92493.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.28: *http://cmuems.com/2012/a/category/lookingoutwards/page/2/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.29: *http://www.kokkugia.com/Composite-Swarm* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.30: *https://sellfy.com/p/9KIO/* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.31: *http://deacademic.com/pictures/dewiki/83/Selfridges_Exterior7.jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.32: *http://www.kokkugia.com/brass-swarm* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.33: *http://www.kokkugia.com/fibrous-house* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.6.3.2.34: *http://www.kokkugia.com/RMIT-Highway* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

_____

III.7.1: *https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wagner_cossa.jpg*
Foto: C. Cossa (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Composite_3d.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eight_Allotropes_of_Carbon.png*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.4: *http://www.innomat-gmbh.de/articles_deutsch/forschung_entwicklung.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.5: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FoamedPlastic.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.6: *http://www.jennysabin.com/branching-morphogenesis* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.7: Ebd.

_____

III.7.1.1: *http://www.photopedagogy.com/convulsive-beauty.html* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.2: *http://www.doppiozero.com/materiali/clic/mois-de-la-photo-parigi* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.3: Ebd.

III.7.1.4: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecarts_de_la_nature_-_double_enfant.jpg*
(zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.5: http://5dias.net/2009/12/17/um-convite-grave-muito-grave-ver-ainda-warhol-e-as-pinturas-de-mijo/
(zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.6: *http://www.tate.org.uk/art/artists/piero-manzoni-1571*
© DACS 2018 (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.7: *https://en.wikipedia.org/wiki/File:Metallica_-_Load_cover.jpg*
© Elektra Records/Metallica (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.8: *https://en.wikipedia.org/wiki/File:Metallica_-_Reload_cover.jpg*
© Elektra Records/Metallica (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.9: *http://www.centroarte.com/images/scultori/Lucio%20Fontana/Fontana%20-%20Scultura%20Spaziale%20(Milano,%201947).jpg* (zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

III.7.1.10: *https://i.pinimg.com/originals/c0/b4/5b/c0b45b4dd82f145d474ac96dc16db143.jpg*
(zuletzt abgerufen am 21.02.2018)

_____

III.7.2.1: *https://www.artsy.net/artwork/jean-dubuffet-metaphysics* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.2: *https://www.moma.org/collection/works/79420*
© 2018 Artists Rights Society (ARS), New York/ADAGP, Paris (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.3: *http://www.tate.org.uk/art/artworks/dubuffet-the-exemplary-life-of-the-soil-texturology-lxiii-t00868*
© ADAGP, Paris and DACS, London 2018 (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.4: *https://www.moma.org/collection/works/80225*
© 2018 Artists Rights Society (ARS), New York/ADAGP, Paris (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.5: *https://theartstack.com/artist/jean-dubuffet/olympia-2* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.6: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edouard_Manet_-_Olympia_-_Google_Art_Project_2.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.7: *https://theartstack.com/artist/antoni-tapies/grey-and-black-cross-no* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.8: *http://www.museoreinasofia.es/coleccion/obra/pintura-4* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.9: *https://www.guggenheim.org/artwork/4037*
© 2018 Fundació Antoni Tàpies/Artists Rights Society (ARS), New York/VEGAP, Madrid
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.10: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=100801928&anummer=343&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.11: *http://sammlung-online.museum-folkwang.de/eMuseumPlus?service=ExternalInterface&siteId=1&module=collection&objectId=3523&viewType=detailView&lang=de&actionListenerClassName=ch.zetcom.mp.presentation.tapestry.util.customCode.ActivateDetailTabPos1ActionListener*
© VG Bild-Kunst, Bonn 2017 (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.12: *http://www.emil-schumacher-stiftung.de/seiten/start.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.13: *http://www.osthausmuseum.de/web/media/images/esmh/sammlung/gemaelde/Alumet_1995.jpg*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.14: *https://www.moma.org/collection/works/79601*
© 2018 Barnett Newman Foundation/(ARS), New York (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.15: *https://en.wikipedia.org/wiki/File:Newman-Who%27s_Afraid_of_Red,_Yellow_and_Blue.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.16: *https://sarazaher.files.wordpress.com/2013/02/whos-afraid.jpg*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.17: *http://albertis-window.com/2016/06/barnett-newmans-slashed-paintings/*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.18: *https://www.freunde-der-nationalgalerie.de/de/ueber-uns/geschichte.html*
© Barnett Newman Foundation/VG Bild-Kunst, Bonn 2017 (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.19: *http://www.zeit.de/2012/16/Kunstmarkt-Findley*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.2.20: *http://www.mark-rothko.org/white-center.jsp* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

_____

III.7.3.1.1: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Menai_Suspension_Bridge_Dec_09.JPG*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.2: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clifton.bridge.arp.750pix.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.3: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2017-08-15_Forth_Bridge.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.4: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salginatobel_Bridge_mg_4080.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.5: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Severn_Bridge_near_to_Beachley-cropped.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.6: *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045794915001418*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.7: *https://www.autocad-magazin.de/zusammenarbeit-erschliesst-vorteile-der-additiven-fertigung*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.8: *http://www.topology-opt.com/2011/03/audi/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.9: *http://www.droog.com/project/bone-chair-joris-laarman* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.10: *https://deutschedek.com/design-stuehle/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.11: *https://www.detail.de/blog-artikel/materialstudie-generico-von-marco-hemmerling-und-ulrich-nether-22383/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.12: Ebd.

III.7.3.1.13: Ebd.

III.7.3.1.14: *https://3dprint.com/137157/stratasys-zaha-hadid-3dp-chair/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.15: Ebd.

III.7.3.1.16: *http://www.nowlab.de/T-1000* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.17: Ebd.

III.7.3.1.18: Ebd.

III.7.3.1.19: Ebd.

III.7.3.1.20: *http://tensegritywiki.com/Le+Ricolais%2C+Robert* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.21: Ebd.

III.7.3.1.22: *https://www.pinterest.de/pin/517914025867844311/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.23: *https://www.dezeen.com/2014/12/17/movie-3d-printed-building-components-new-building-shapes-salome-galjaard-arup-video-interview/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.24: *https://www.arup.com/projects/additive-manufacturing* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.25: *https://research.arup.com/projects/additive-manufacturing-bringing-3d-printing-to-hard-hat-construction/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.26: *https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Henry_ford_1919.jpg*
© Library of Congress, Washington, D.C. (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.27: *https://umzugstipps.com/renovierungsarbeiten-so-beseitigen-sie-alten-putz/*
© Shutterstock.com, Foto: Oscar Poncho (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.28: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A-line1913.jpg*
© Ford company, USA (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.29: *http://bigpictures.club/resize.php?img=http://1.bp.blogspot.com/-46LJA22Aw7E/UGajWtwe6CI/AAAAAAAAAk8/hb-o3ChYexY/s1600/moleskin-sketchbook2b-598x441.jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.30: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Darwin_aged_51.jpg*
© Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.31: *https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/immunstark-durch-viren-ueberbleibsel-im-erbgut/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.32: *http://www.dermapharm.ch/de/gesundheit/umwelt/schutzmechanismen.html*
© mevans/iStock (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.33: siehe III.7.3.1.29

III.7.3.1.34: *http://www.retail-square.com/shops/prada-epicenter* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.35: *https://inspiration.detail.de/diskussion-materialforschung-bei-oma-107738.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.36: *https://3dprintingblog.files.wordpress.com/2012/03/20120306-180100.jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.37: *https://www.3ders.org/articles/20120608-mit-professor-neri-oxman-pushes-3d-printing-in-art-and-manufacturing.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.38: *https://www.popsci.com/technology/article/2012-04/bio-armor* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.39: *https://www.3ders.org/articles/20121204-mit-lab-testing-building-scale-3d-printing.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.40: *http://matter.media.mit.edu/tools/details/spiderbot* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.41: *https://robot.gmc.ulaval.ca/en/research/research-thrusts/mecanismes-paralleles-entraines-par-cables/3d-foam-printer/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.42: *https://www.archdaily.com/572135/ad-classics-montreal-biosphere-buckminster-fuller/546a753be58ecea75a00002f-abdallahh-jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.43: Standfoto aus: *http://matter.media.mit.edu/environments/details/silk-pavillion*
© MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.44: *https://3dfizzblog.files.wordpress.com/2013/08/silk1.jpg*
© MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.45: *https://www.dezeen.com/2013/06/03/silkworms-and-robot-work-together-to-weave-silk-pavilion/* © MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.46: *http://matter.media.mit.edu/environments/details/wanderers-living-mushtari#prettyPhoto* © MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.47: *http://www.materialecology.com/projects/details/mushtari#prettyPhoto* © MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.48: Ebd.

III.7.3.1.49: *https://www.archdaily.com/769818/neri-oxmans-mushtari-is-a-3d-printed-wearable-that-makes-products-from-sunlight* © MIT Media Lab (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.50: *http://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807* © ICD/ITKE, Foto: Roland Halbe (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.51: Ebd.

III.7.3.1.52: Ebd.

III.7.3.1.53: Ebd.

III.7.3.1.54: *http://icd.uni-stuttgart.de/?p=11187* © ICD/ITKE, Foto: Roland Halbe (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.55: Ebd.

III.7.3.1.56: Ebd.

III.7.3.1.57: Ebd.

III.7.3.1.58: *http://icd.uni-stuttgart.de/?p=12965* © ICD/ITKE, Foto: Roland Halbe (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

III.7.3.1.59: Ebd.

III.7.3.1.60: Ebd.

III.7.3.1.61: Ebd.

_____

IV.3.1: Watson, J. D./Crick, F. H. „Molecular Structure of Nucleic Acids – A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid". in: *Nature, No. 4356*, April 25, 1953, S. 737

IV.3.2: Lily E. Kay. *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?* Suhrkamp, München, 2005, S. 19

IV.3.3: *http://blogs.nature.com/freeassociation/files/2014/04/Watson-Crick-DNA-model.jpg* © A. C. Barrington Brown. Photo Researchers, Inc./Science Photo Library (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

IV.3.4: *https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen_Kisho_Kurokawa_kommt_mit_Ausstellung_nach_Berlin_-_mit_Kommentar_der_Redaktion_21085.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

IV.3.5: *http://architectuul.com/architecture/city-tower* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

IV.3.6: *http://www.spiritland.net/kings_park.htm* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

_____

V.1.1: *https://cdnb.20m.es/trasdos/files/2012/11/Faig-Ahmed.jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.2: Ebd.

V.1.3: Ebd.

V.1.4: *http://www.faigahmed.com/index.php?lang=en&page=8&projID=13* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.5: *https://icdn2.digitaltrends.com/image/francis-bitonti-studio-michael-schmidt-studios-shapeways-001-1500x1000.jpg?ver=1* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.6: Ebd.

V.1.7: Ebd.

V.1.8: *http://cyberneticzoo.com/tag/the-architecture-machine/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.9: Ebd.

V.1.10: Ebd.

V.1.11: *http://www.interactivearchitecture.org/fun-palace-cedric-price.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.12: Ebd.

V.1.13: *http://bkult.de/de_DE/570.darf_architektur_unflexibel_sein/586.ifau.neutral* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.14: *https://www.moma.org/collection/works/870* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.15: *http://blog.kineticarchitecture.net/2008/08/trans-ports-by-kas-oosterhuis/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.16: Ebd.

V.1.17: Ebd.

V.1.18: Ebd.

V.1.19: *http://ddu-research.com/20000-blocks-above-the-ground/* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.20: Ebd.

V.1.21: *https://www.stretta-music.com/stockhausen-klavierstueck-xi-fuer-klavier-nr-7-1956-nr-173934.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.22: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DPLE.jpg* © Creative Commons (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.23: *http://me-lrt.de/u-05-2-doppelpendel* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.24: *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns.html?screenSize=1&color=1#1* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.25: Ebd.

V.1.26: *http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital_grotesque.html?screenSize=1&color=1* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.27: Ebd.

V.1.28: Standfoto aus: *https://archive.org/details/witness_119* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.29: Ebd.

V.1.30: Ebd.

V.1.31: *https://www.tichelaar.com/projects/parkrand-building-amsterdam* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.32: Ebd.

V.1.33: Foto von dem für die Anfertigung der ‚Weißen Haut' verantwortlichen Architekturbüro, per Email, 24.04.2016

V.1.34: Ebd.

V.1.35: Ebd.

V.1.36: *https://www.vonvertes.com/en/artists/roy_lichtenstein/works* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.37: *http://cargocollective.com/divercity/ROY-LICHTENSTEIN-exhibition* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.38: *http://www.dubuffetfondation.com/focus.php?menu=38&lang=en* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.39: *https://www.fondationbeyeler.ch/sammlung/werk/detail/124-site-avec-trois-personnages/*
© Fondation Beyeler, Riehen/Basel, Sammlung Beyeler (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.40: *https://94.citoyens.com/2016/a-perigny-la-closerie-falbala-et-autres-tresors-de-dubuffet,22-01-2016.html*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.41: *http://www.kettererkunst.com/details-e.php?obnr=410704030&anummer=330&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.42: *http://www.kettererkunst.com/details-e.php?obnr=103001378&anummer=358&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.43: *http://www.kettererkunst.com/details-e.php?obnr=410803936&anummer=343&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.44: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=410802616&anummer=345&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.45: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=114001237&anummer=416&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.46: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=400406446&anummer=288&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.47: *http://www.kettererkunst.de/kunst/kd/details.php?obnr=101004144&anummer=384&detail=1*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.1.48: *http://www.artnet.de/k%C3%BCnstler/heinz-kreutz/16-x-blau-gelb-um-grau-16-x-gelb-um-gr%C3%BCn-2-works-KVcKIXIqFHjQyP10YdK8yQ2* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

_____

V.2.1: https://www.googlewatchblog.de/2016/03/alphago-lee-sedol-spielergebnisse/ (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.2: *http://www.go-baduk-weiqi.de/alphago-gewinnt-gegen-lee-sedol-in-sensationeller-auftaktpartie/*
(zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.3: *http://sindowjin.com/wp-content/uploads/2015/09/72.jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.4: *https://www.theguardian.com/technology/shortcuts/2014/jun/09/eugene-goostman-turing-test-computer-program* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.5: *https://www.heise.de/newsticker/meldung/Microsofts-Chatbot-Tay-speit-wieder-Muell-3158434.html* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

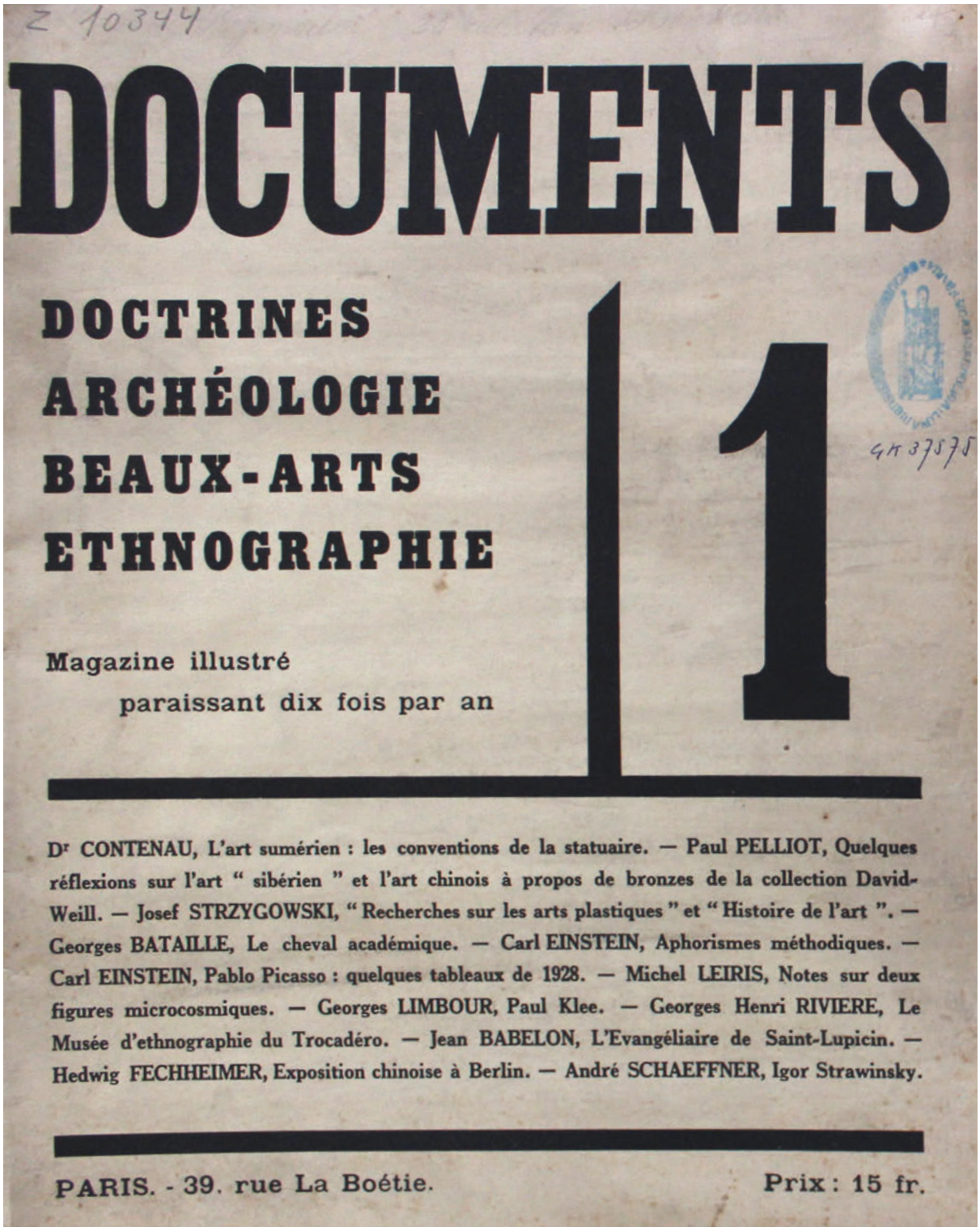
V.2.6: *https://tw.appledaily.com/new/realtime/20170208/1051479/paperart_right* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.7: *http://cooking-hacks.com/wp/wp-content/uploads/2014/09/raspbery_pi_plus.jpg* (zuletzt abgerufen am 22.02.2018)

V.2.8: Kiesow/Schmidgen, 2005, S. 5 und S. 145

_____

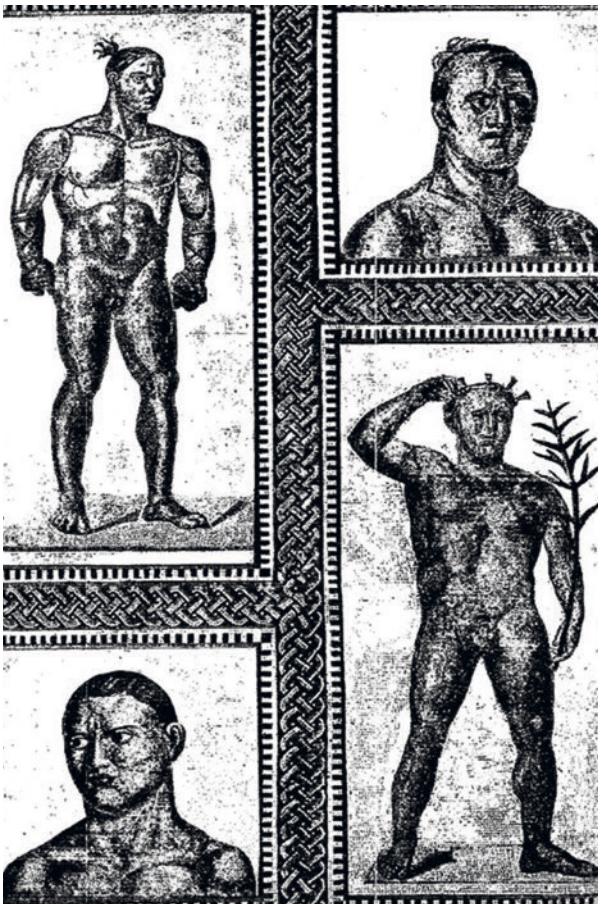
1



Georges Bataille: *Cover – Documents: Archéologie, Beaux-Arts, Ethnographie, Doctrines* (1929–1931)

2, 3





4, 5





Jacques-André Boiffard: *Mouth* (1929)
Eli Lotar: *Aux Abattoirs de Lavilette* (1929)

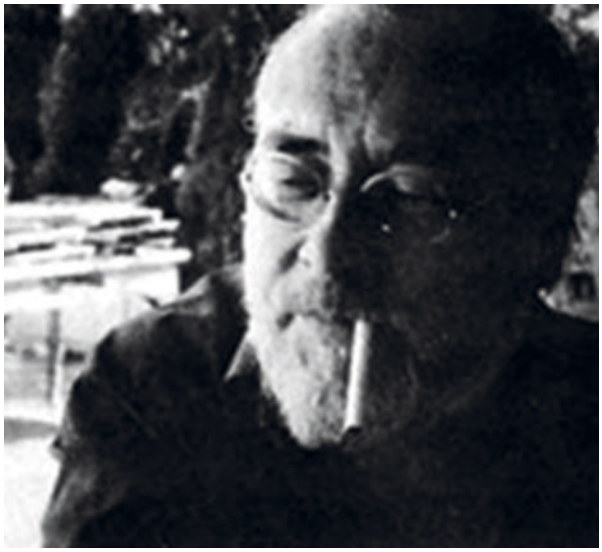
Musée du Latran, Rome: *Mosaique des Thermes de Caracalla* (235 n. Chr.)
Paul Caze: *L'enfant de la grenouille*



1



2



3

Karl Fred Dahmen (1917–1981)
Albert Fürst (1920–2014)
Winfred Gaul (1928–2003)

4



5



Gerhard Hoehme (1920–1989)
Karl Otto Götz (1914–2017)



6



7



8

Otto Greis (1913–2001)
Bernard Schultze (1915–2005)
Heinz Kreutz (1923–2016)

9



10



Hans Hartung (1904–1989)
Carl Buchheister (1890–1964)



11



12

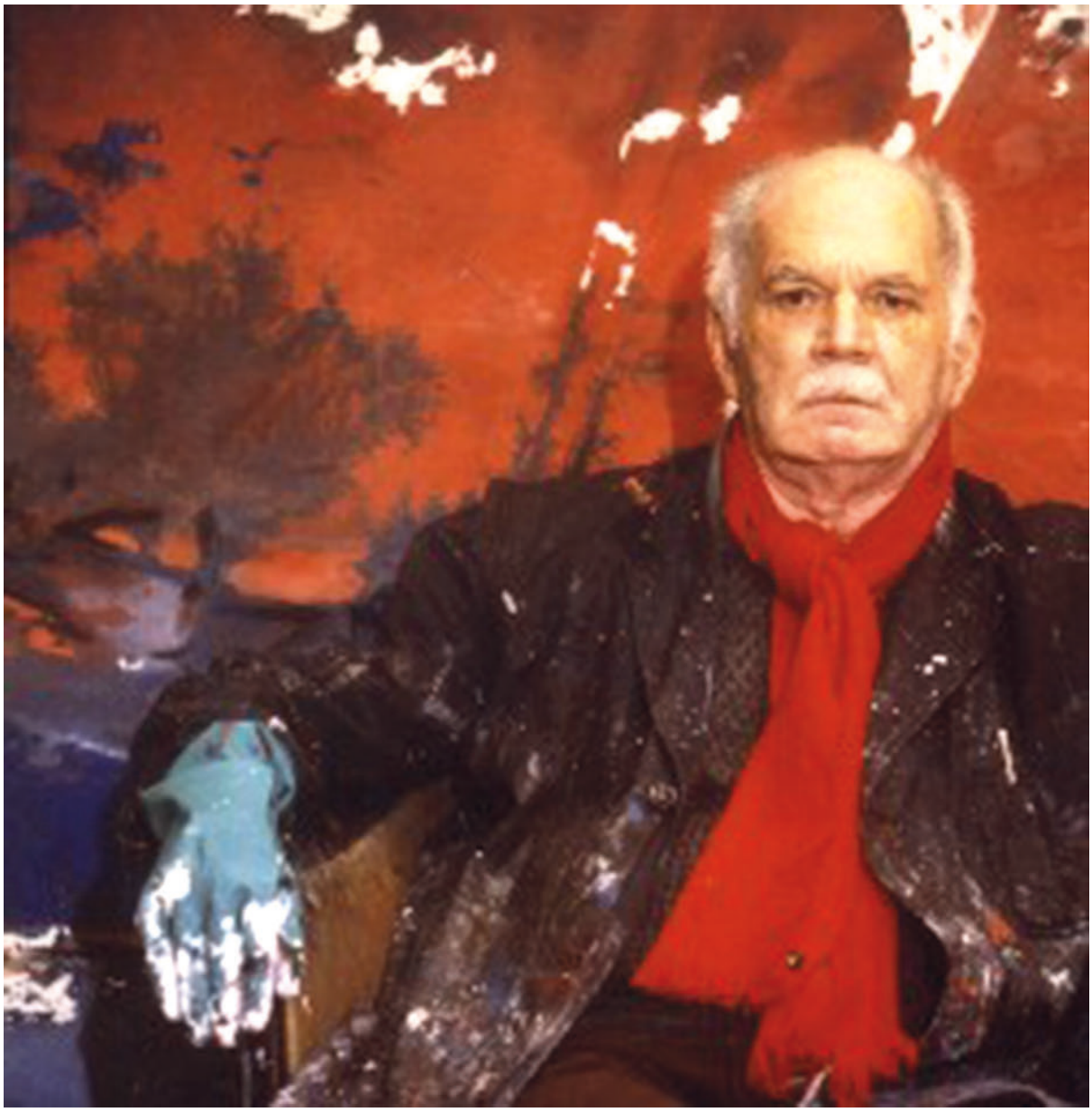
Emil Schumacher (1912–1999)
K.R.H. Sonderborg (1923–2008)

13



Hann Trier (1915–1999)

14

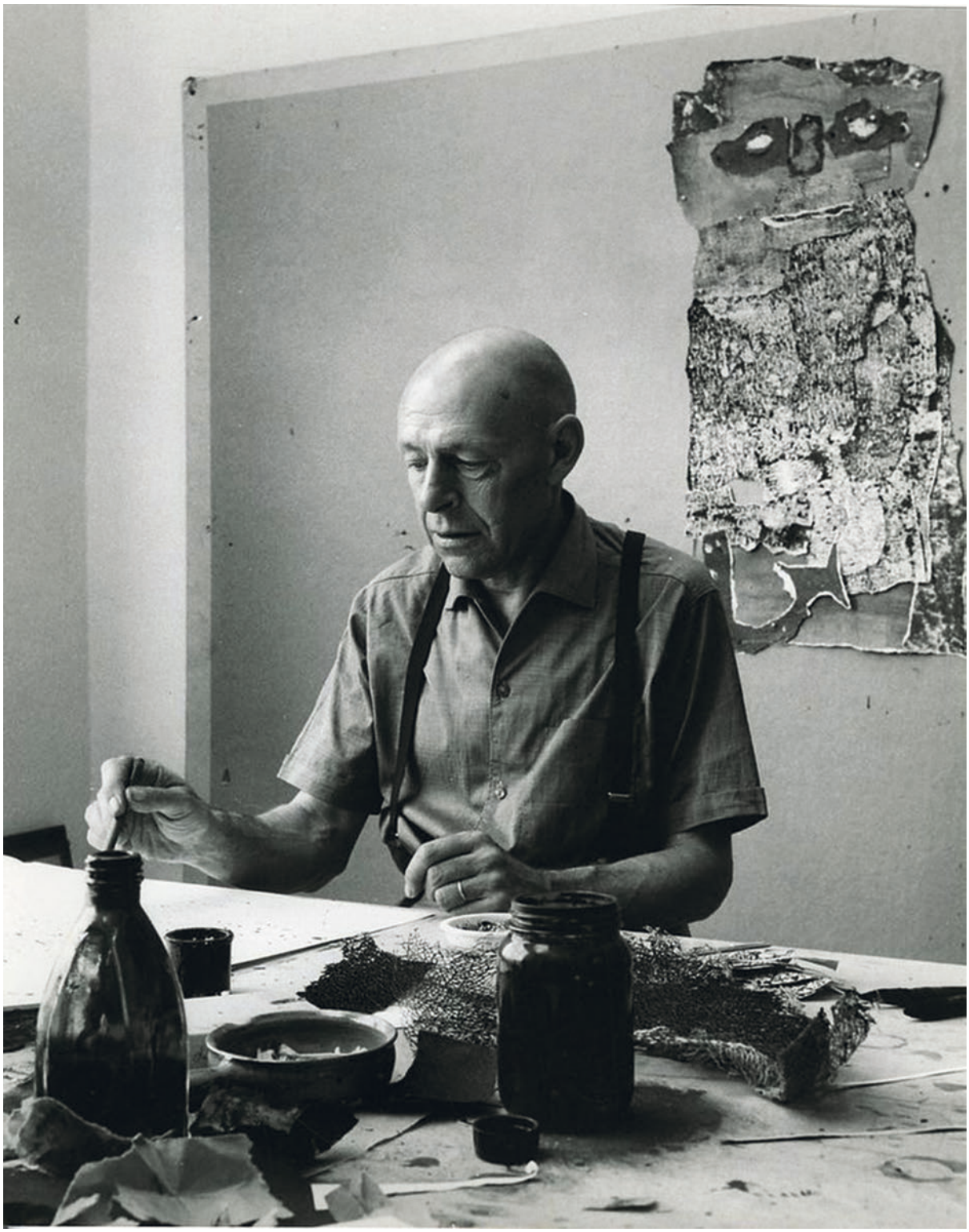


15



Fred Thieler (1916–1999)
Wols (1913–1951)

16



Jean Dubuffet (1901–1985)

17

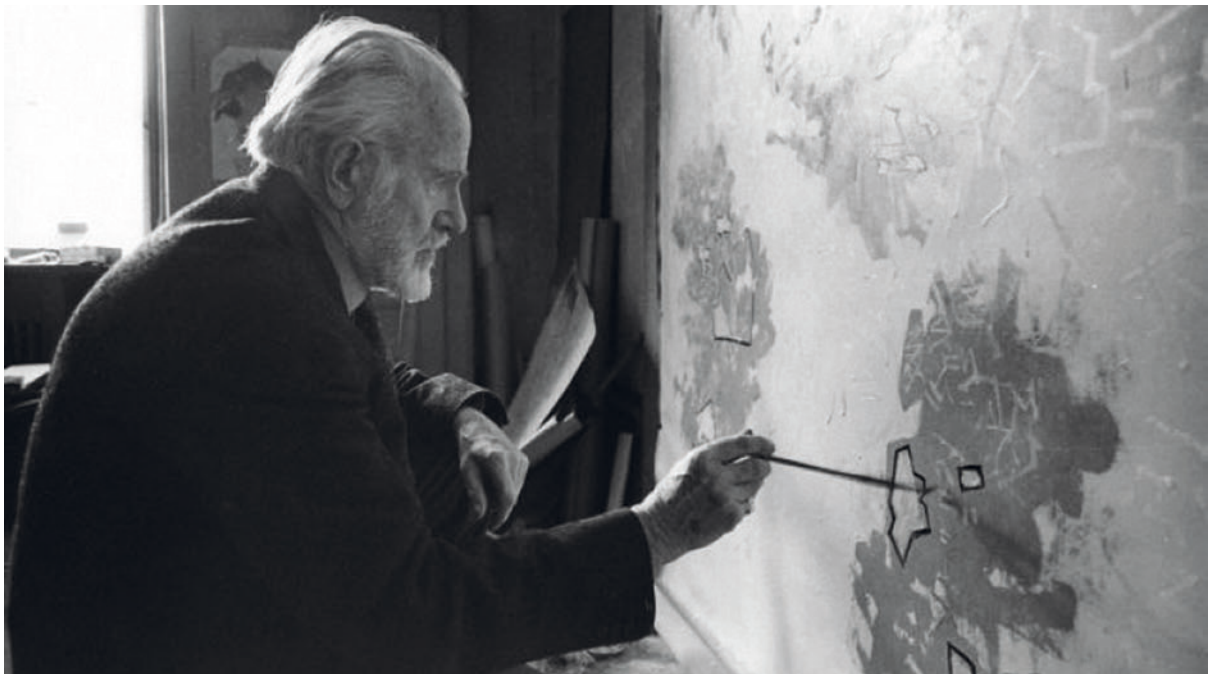


18



Jean Fautrier (1898–1964)
Antoni Tàpies (1923–2012)

19



20



Mark Tobey (1890–1976)
Jackson Pollock (1912–1956)

21



Sam Francis (1923–1994)

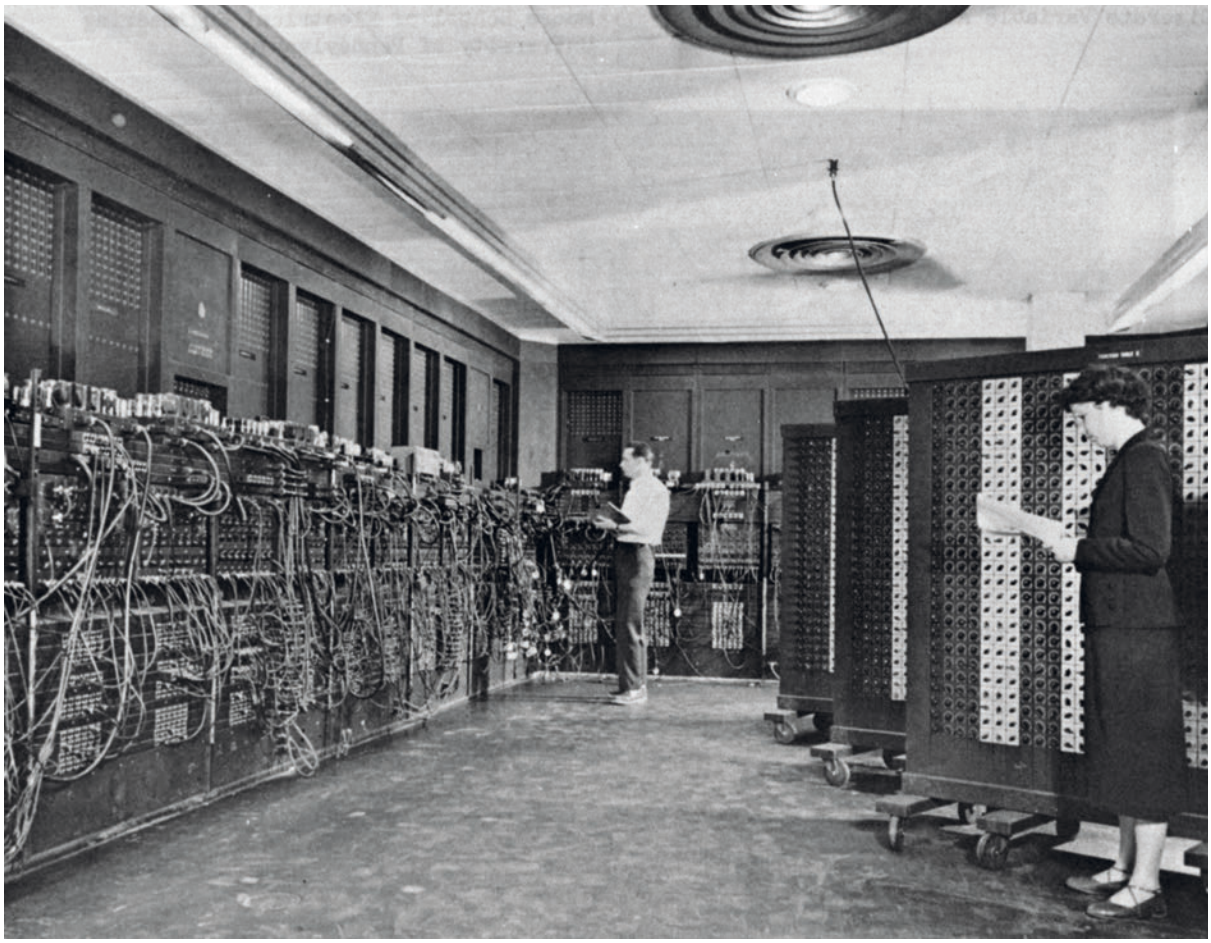
22



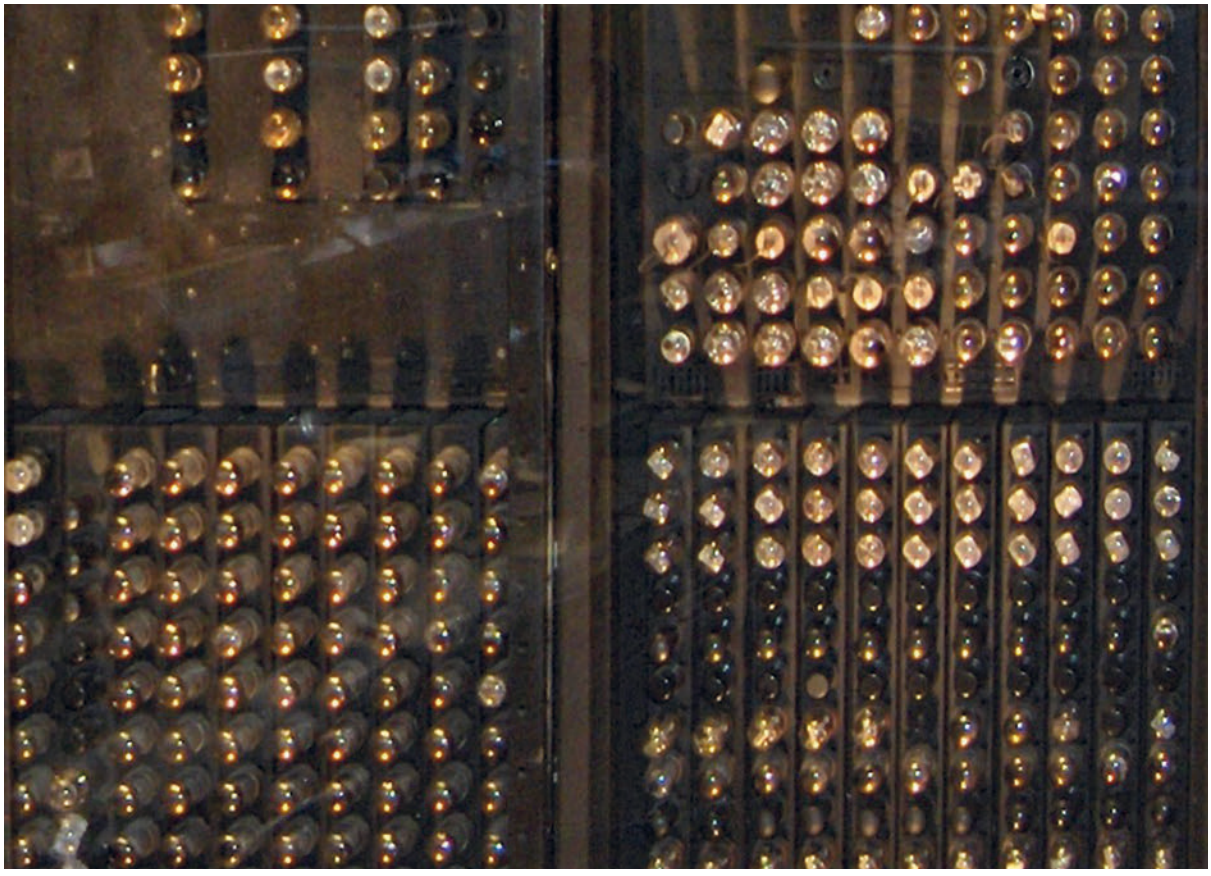
23



Barnett Newman (1905–1970)
Mark Rothko (1903–1970)



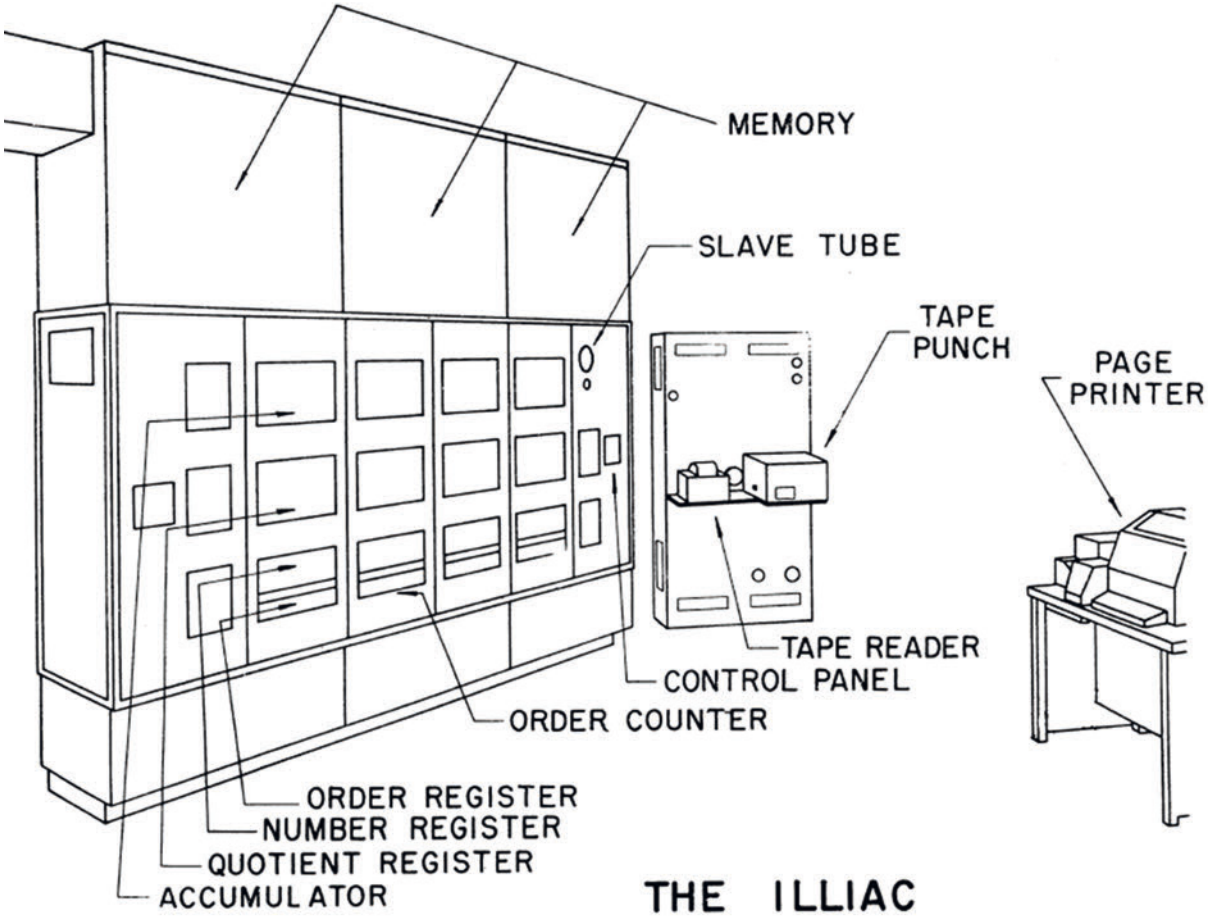
1



2

Glen Beck/Betty Snyder: *ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)* (1946)
ENIAC: *Vacuum Tubes* (1946)

1

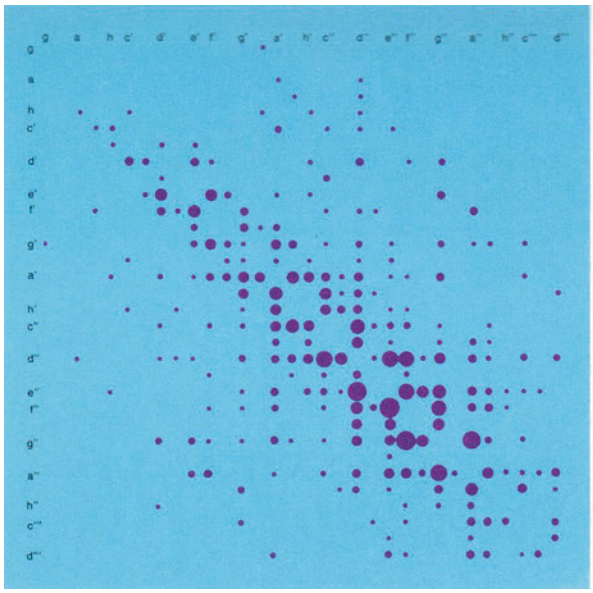


2

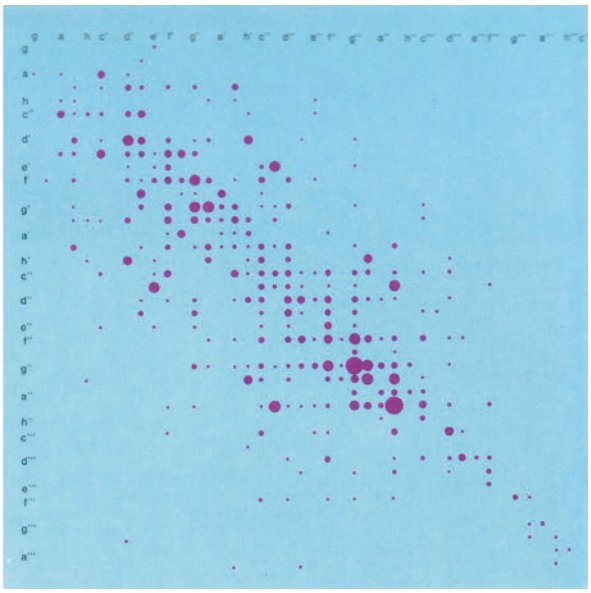


University of Illinois: *Skizze – ILLIAC Computer* (1952)
Lejaren A. Hiller/Leonard M. Isaacson: *ILLIAC Suite – String Quartet No. 4* (1957)

3, 4

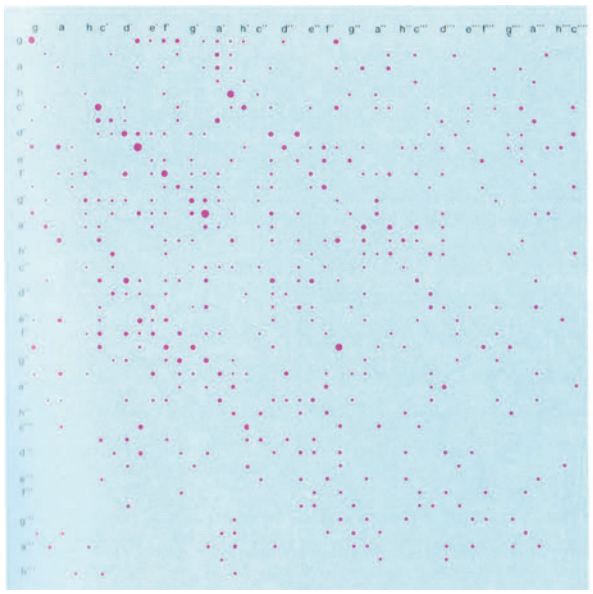


Übergangshäufigkeit bei Bach,
Konzert für 2 Violinen (1. Violine)
Anzahl der Elemente: 1000
Prozentualer Anteil der Elemente ≠ 0:23%

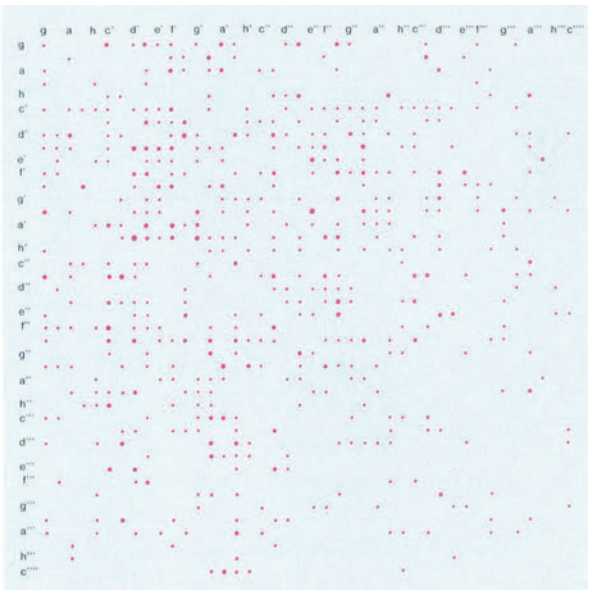


Übergangshäufigkeit bei Beethoven,
Streichquartett op. 74 (1. Violine)
Anzahl der Elemente: 1000
Prozentualer Anteil der Elemente ≠ 0:16%

5, 6



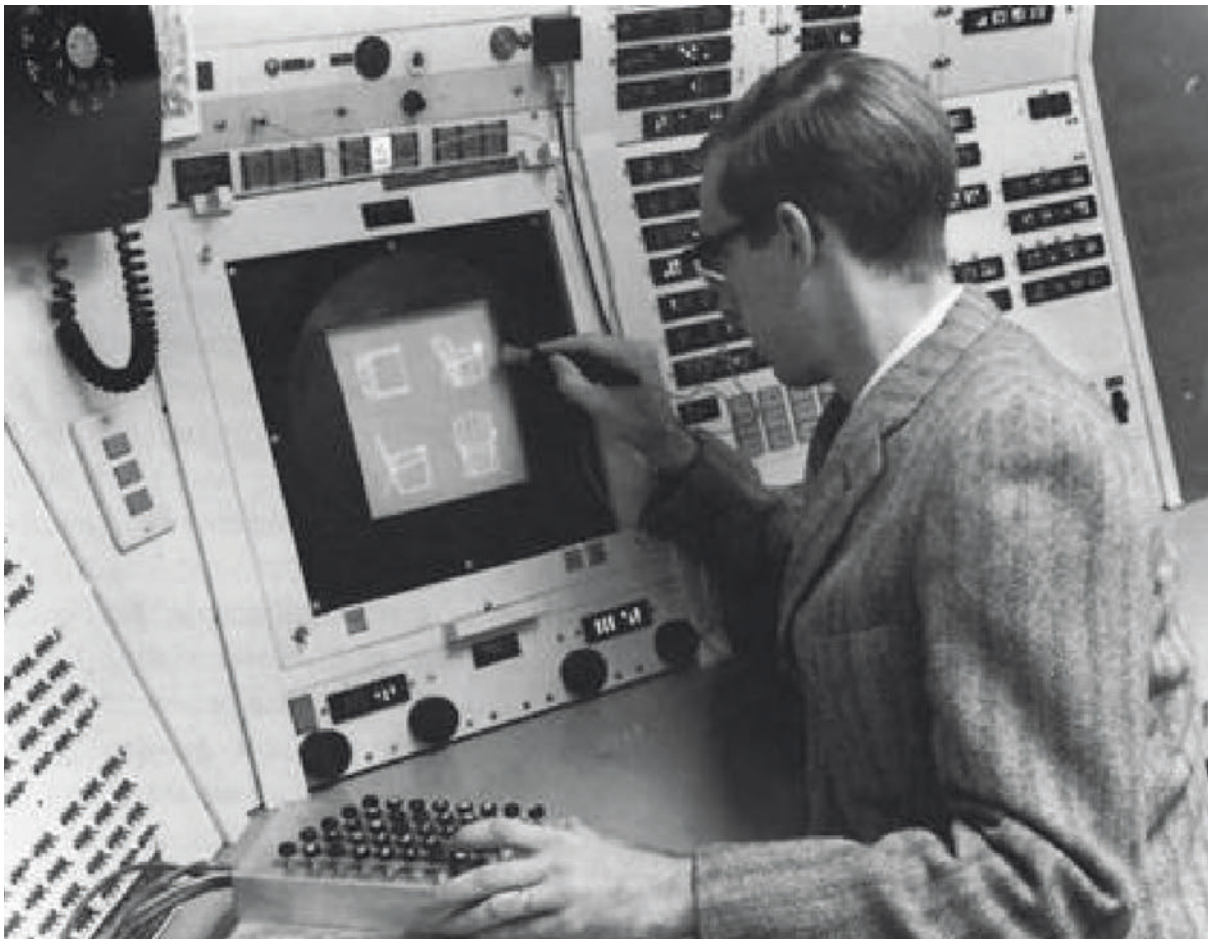
Übergangshäufigkeit bei Webern,
Streichtrio op. 20 (Violine)
Anzahl der Elemente: 635
Prozentualer Anteil der Elemente ≠ 0:24%



Übergangshäufigkeit völlig regelloser
Tonfolge
Anzahl der Elemente: 635

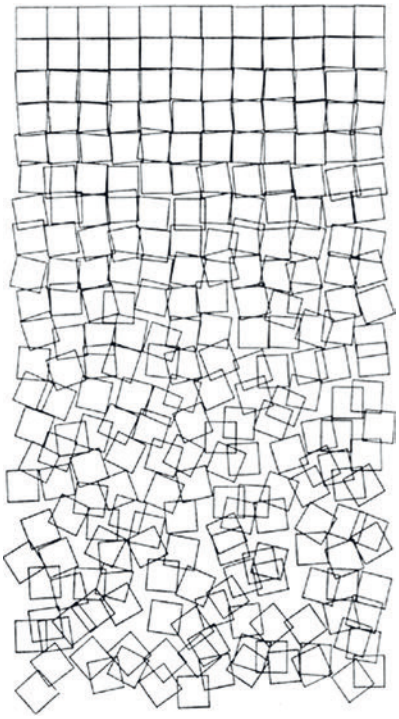
Wilhelm Fucks: *Diagramme – Nach allen Regeln der Kunst* (1968)

7



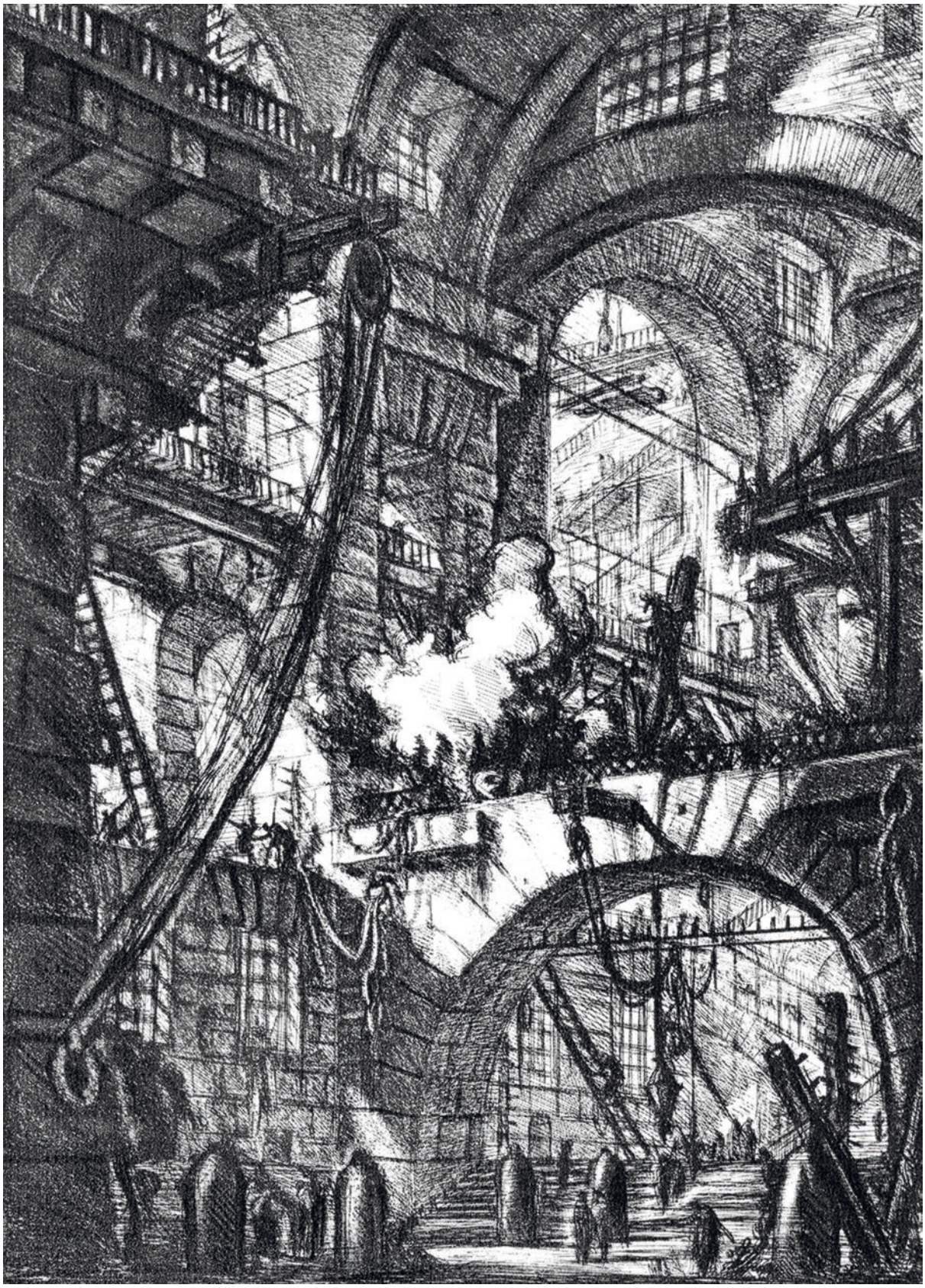
8

```
1   'BEGIN''COMMENT'SCHOTTER.,
2   'REAL'R,PIHALB,PI4T.,
3   'INTEGER'I.,
4   'PROCEDURE'QUAD., # generates the main figure, a square
5   'BEGIN'
6   'REALP1,Q1PSI.,'INTEGER'S.,
7   JE1.=5*I/264.,JA1.=-JE1., # random generator 1
8   JE2.=PI4T*(1+I/264)., # random generator 2
9   JA2.=PI4T*(1-I/264).,
10  P1.=P+5+J1.,Q1.=Q+5+J1.,# changing the coordinates
11  PSI.=J2.,
12  LEER(P1+R*COS(PSI),
13  Q1+R*SIN(PSI)).,
14  'FOR'S.=1'STEP'1'UNTIL'4'DO'
15  'BEGIN'PSI.=PSI+PIHALB.,
16  LINE(P1+R*COS(PSI),Q1+R*SIN(PSI))
17  'END'.,I.=I+1
18  'END'QUAD.,
19  R.=5*1.4142.,
20  PIHALB.=3.14159*.5.,PI4T.=PIHALB*.5.,
21  I.=0.,
22  SERIE(10.0,10.0,22,12,QUAD) # multiply the main figure
23  'END'SCHOTTER.,
```



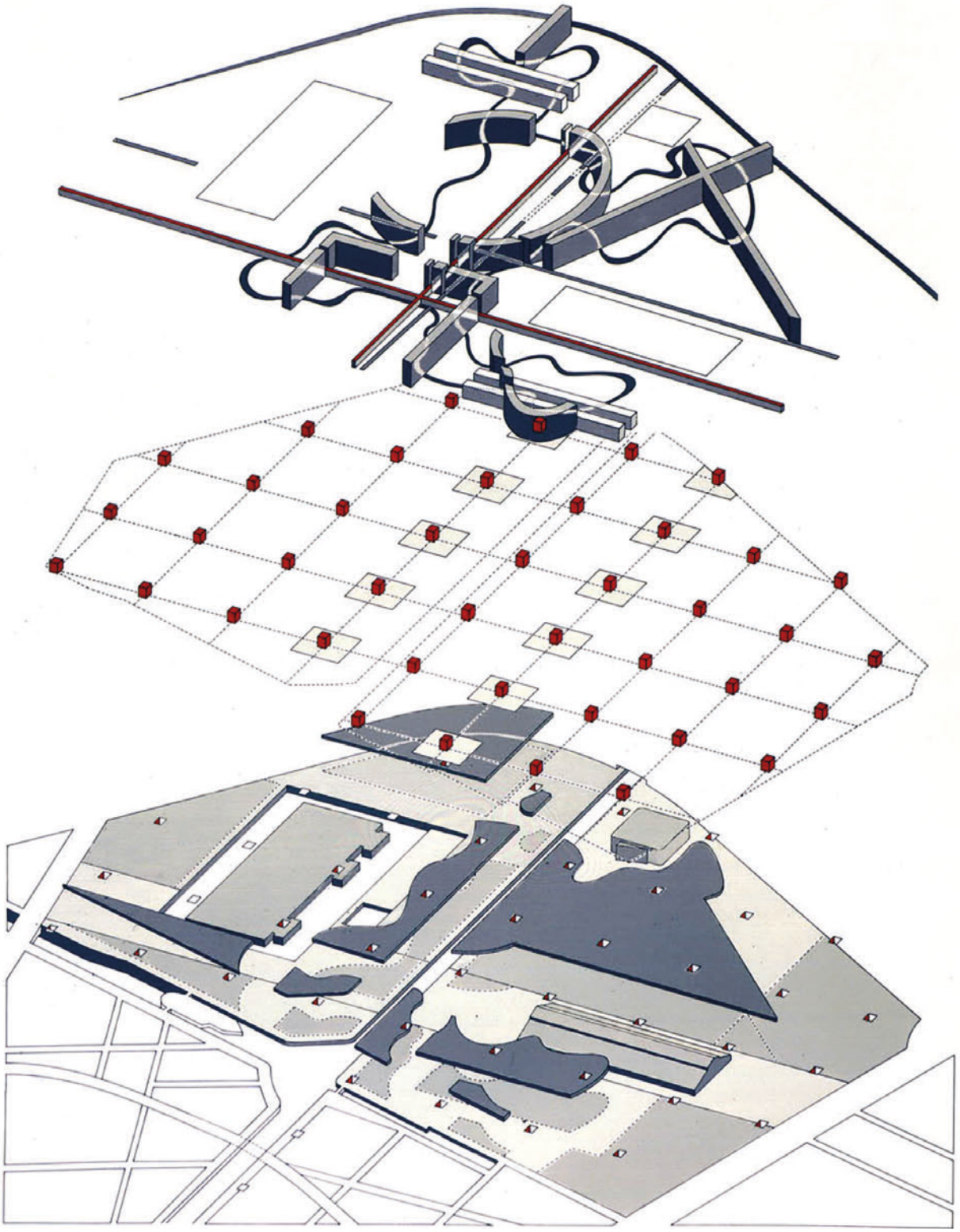
Ivan Sutherland: *Sketchpad* (1961–1963)
Georg Nees: *Schotter* (1968)

1



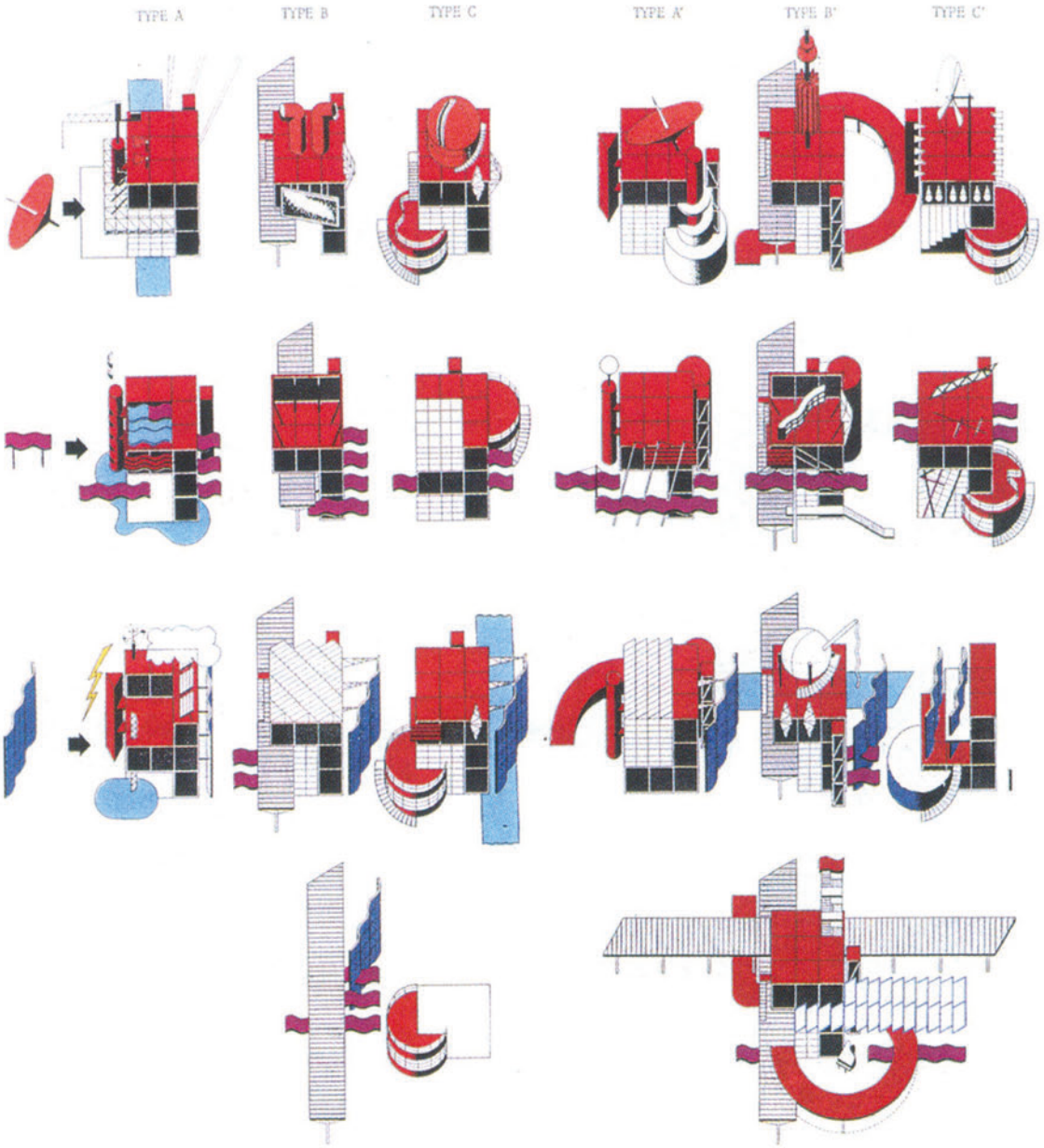
Giovanni Battista Piranesi: *Carceri* (1745–1750)

2



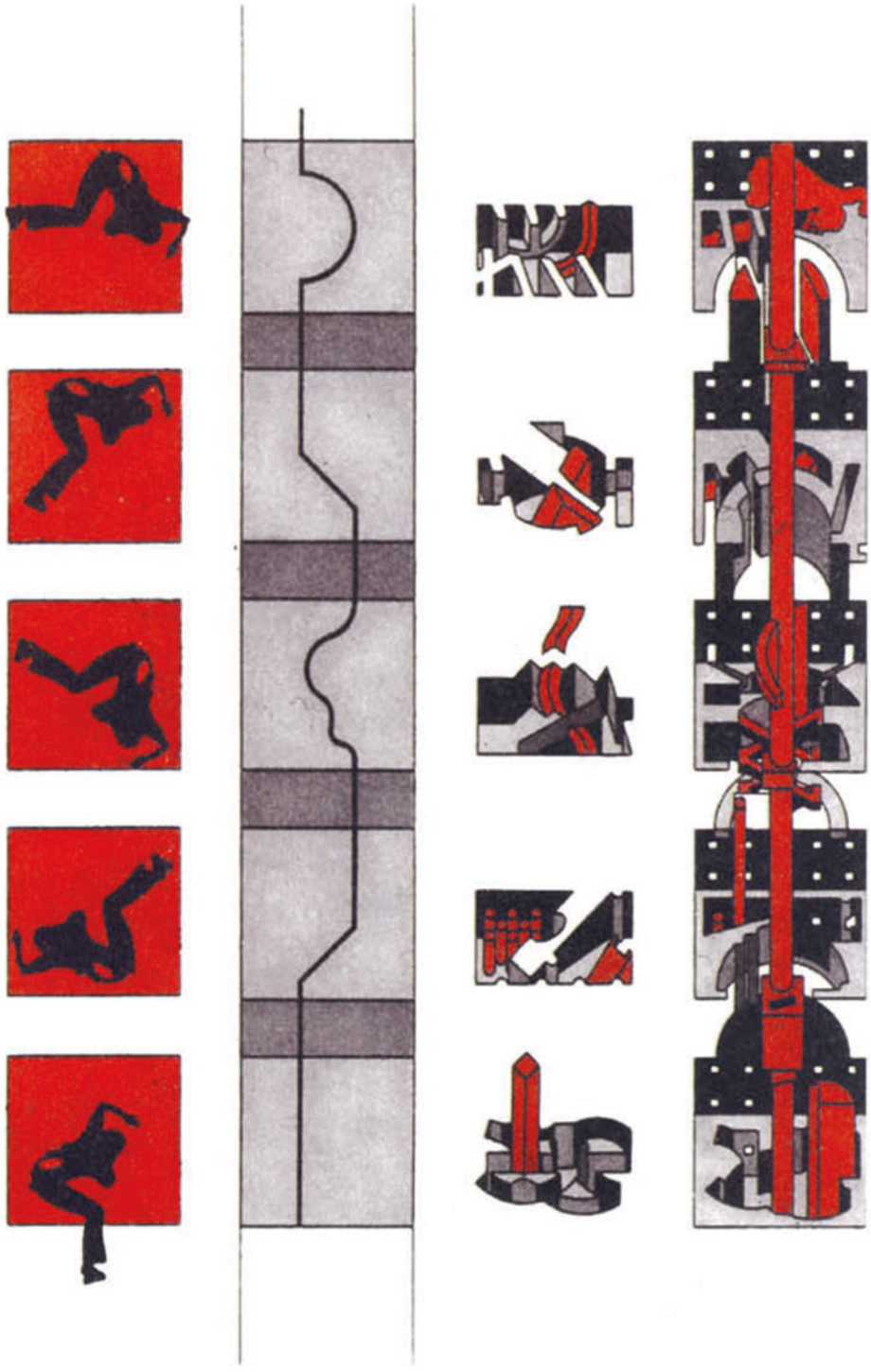
Bernard Tschumi: *Wettbewerb um die Neugestaltung des Parc de la Villette* (1982–1983)

3



Bernard Tschumi: *Wettbewerb um die Neugestaltung des Parc de la Villette* (1982–1983)

4



Bernard Tschumi: *The Manhattan Transcripts* (1981)

1

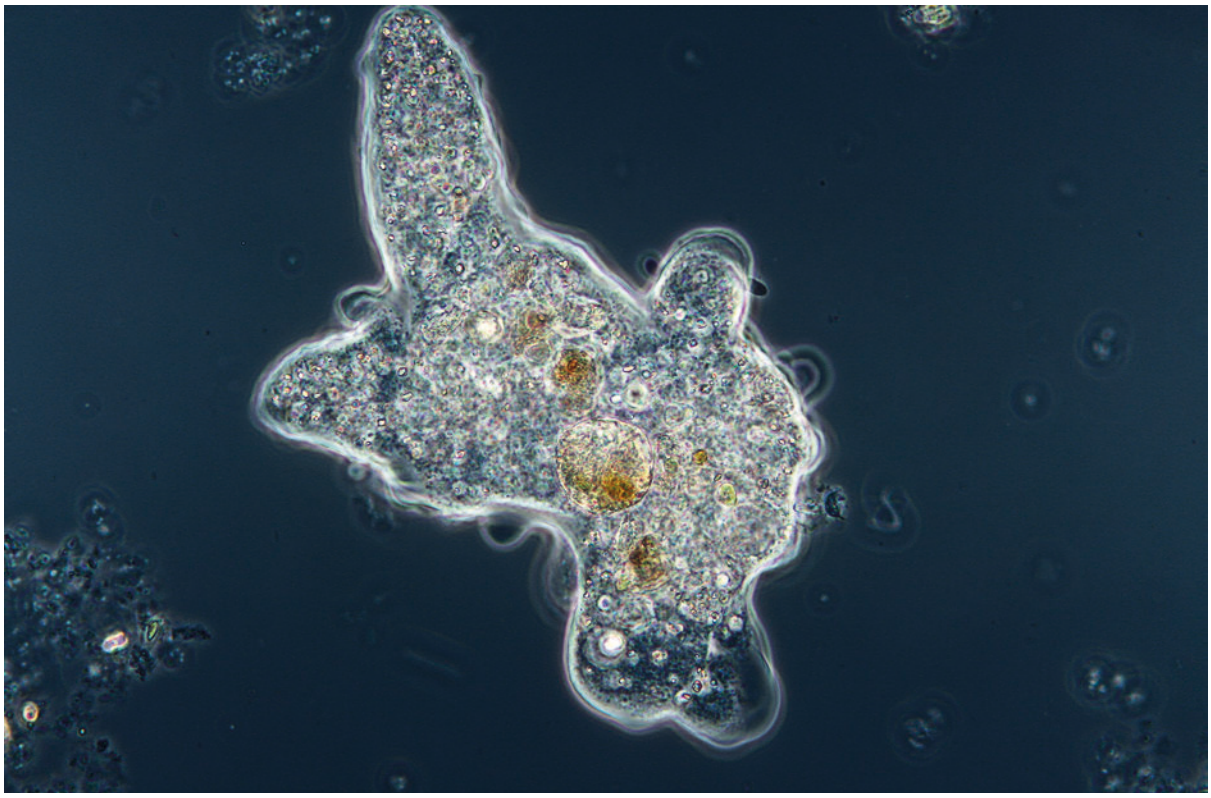


2

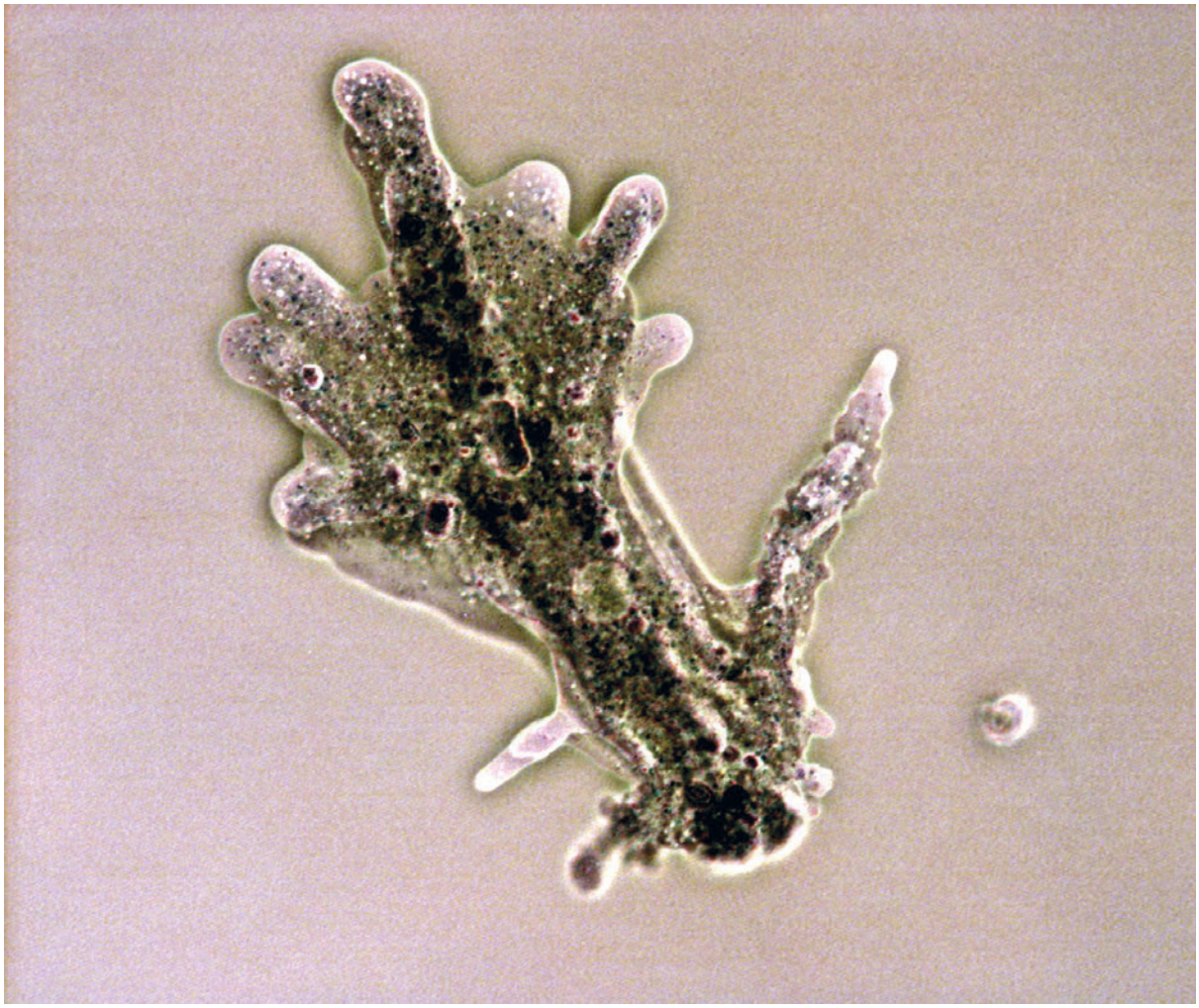


Henry Moore: *Reclining Figure: Festival* (1951)
Hans Arp: *Ptolemäus II* (1958)

3



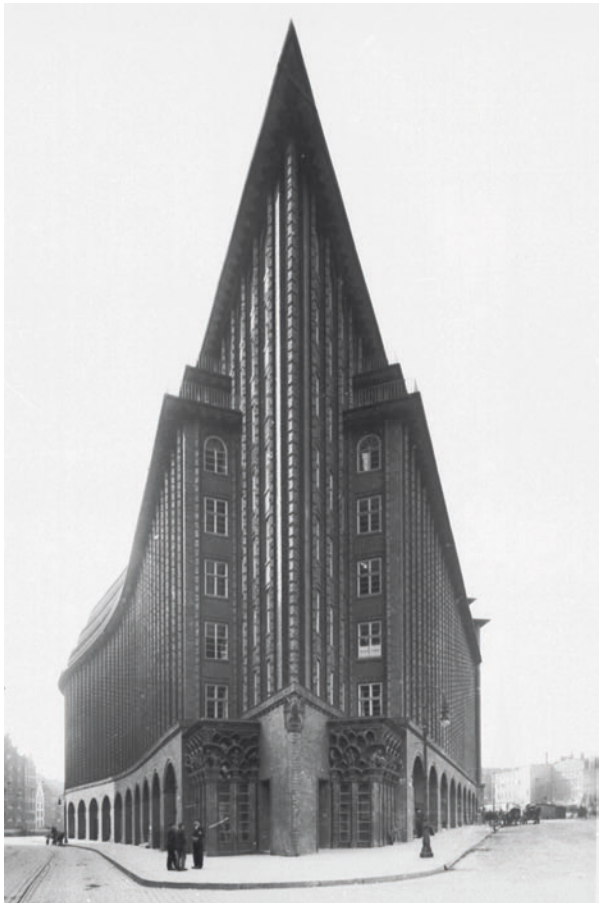
4



Amöbe (Mikroskopaufnahmen)



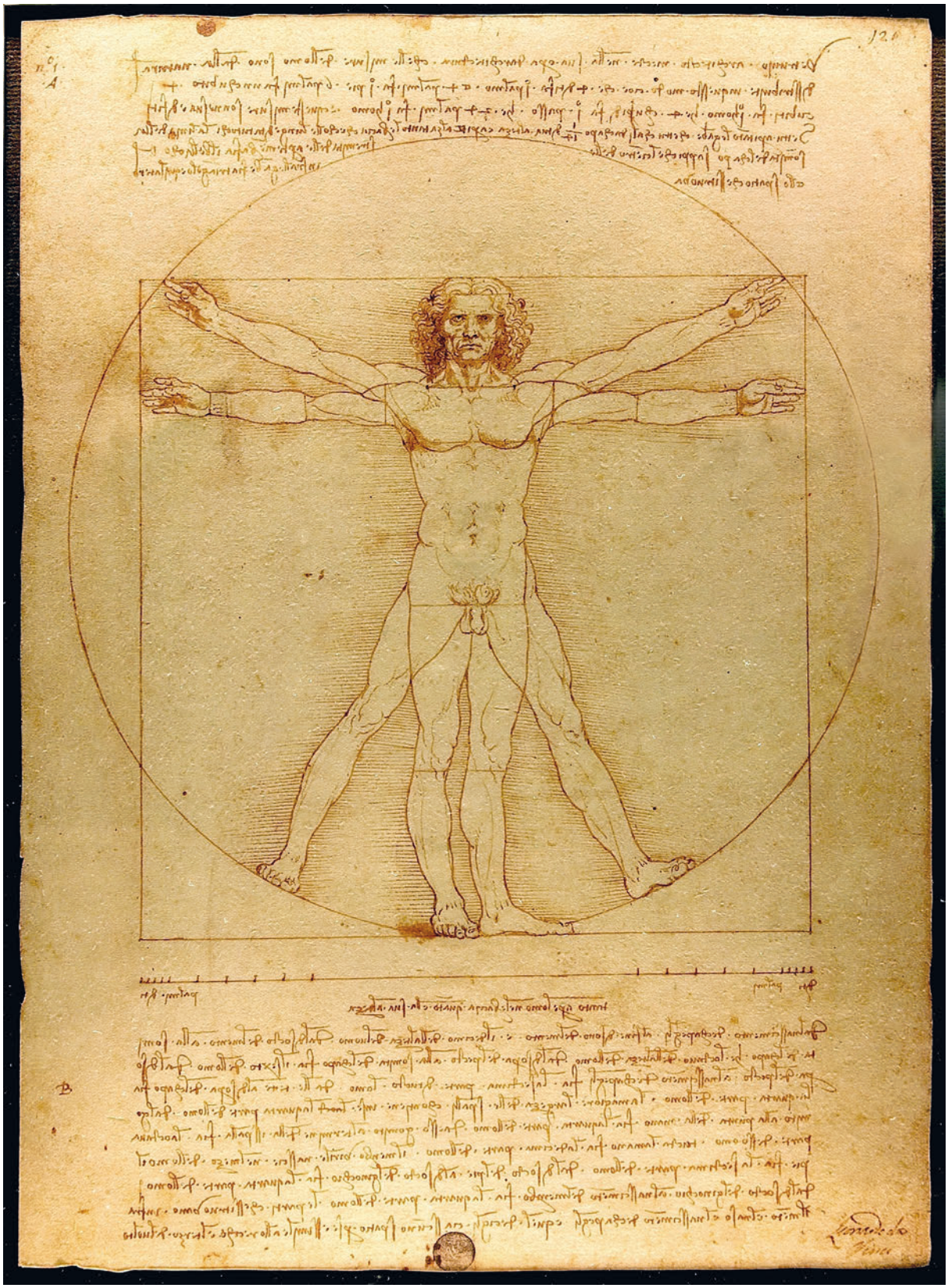
1



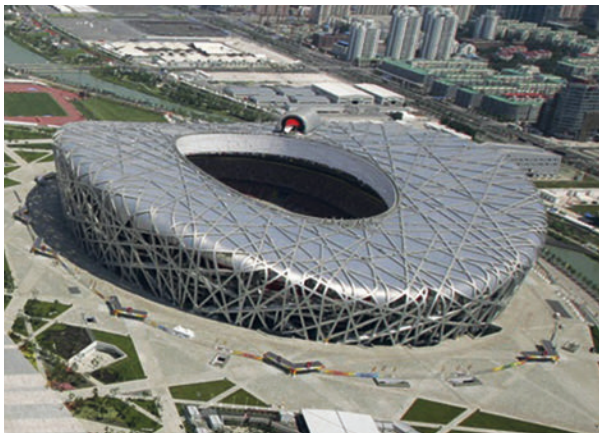
2

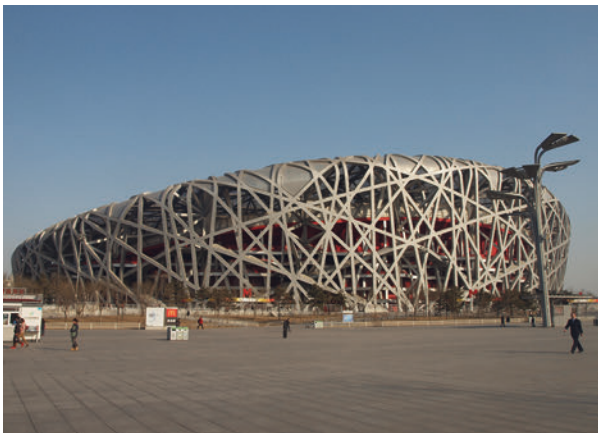
Erich Mendelsohn: *Einsteinturm* (1921)
Fritz Höger: *Chilehaus* (1922–1924)

1



Leonardo da Vinci: *Vitruvianischer Mensch* (1490)





2, 3



4



5

Herzog & de Meuron: *Chinesisches Nationalstadion der Olympischen Sommerspiele* (2008)
Santiago Calatrava: *Skizze – L'Hemisfèric* (1998)
Santiago Calatrava: *L'Hemisfèric* (1998)

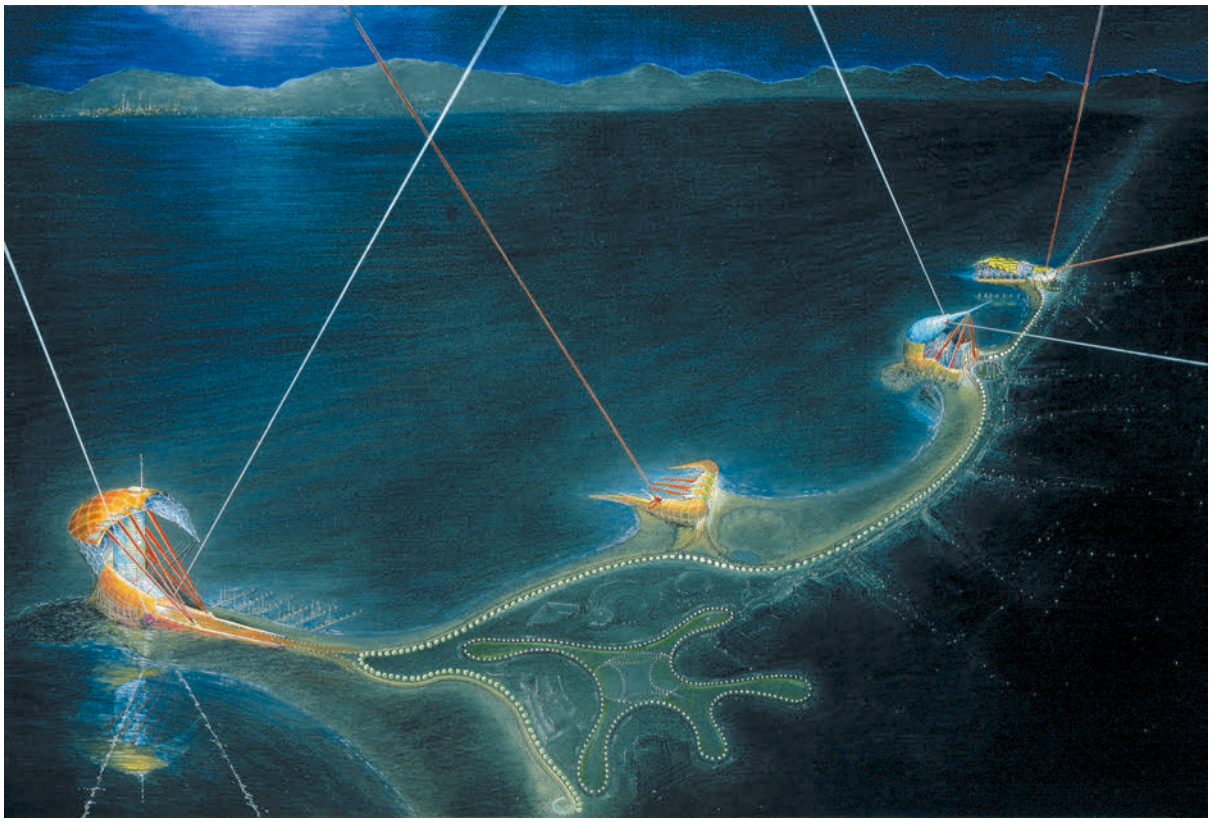
6, 7



8



9



gmp Architekten von Gerkan, Marg und Partner: *Terminal 1* (1991) und *Terminal 3* (2004)
Birds Portchmotuh Russum Architects: *Morecambe Sea Front* (1991)

10



11



12, 13





Leiden: *CORPUS - interaktives Museum* (2008)
China: *Meitan Tee Museum* (2010)
Berolinismus: *Erichs Lampenladen – Palast der Republik* (1973–1976)

Berolinismus: *Schwangere Auster – Haus der Kulturen der Welt* (1956–1957)

14, 15





16, 17

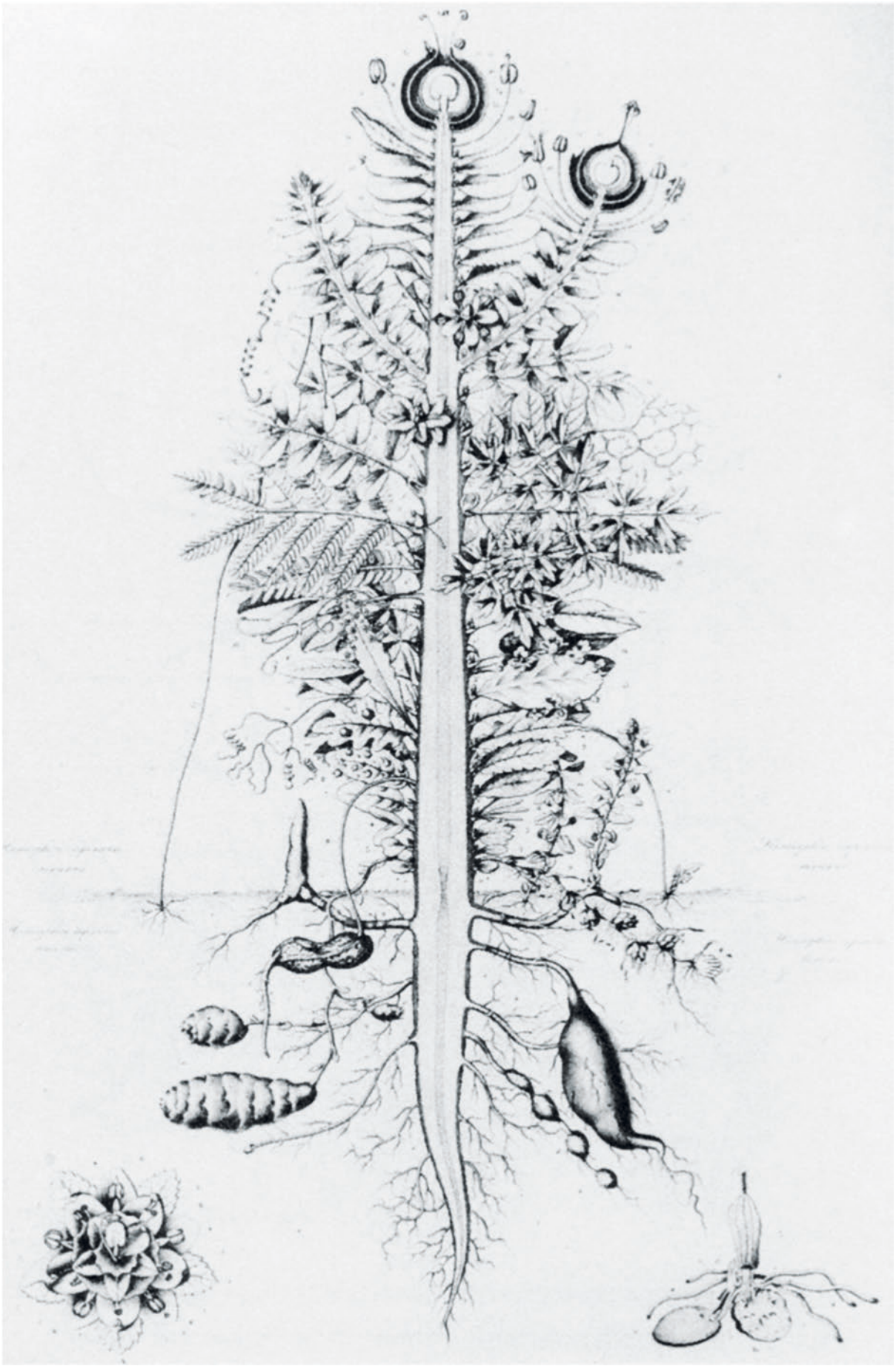




Berolinismus: *Telespargel – Fernsehturm* (1965–1969)
Berolinismus: *Waschmaschine – Bundeskanzleramt* (1997–2001)

Berolinismus: *Goldelse – Siegessäule* (1864–1873)

1



Holzschnitt von Pierre Jean François Turpin nach Vorstellungen von Goethe: *Urpflanze* (1837)

2

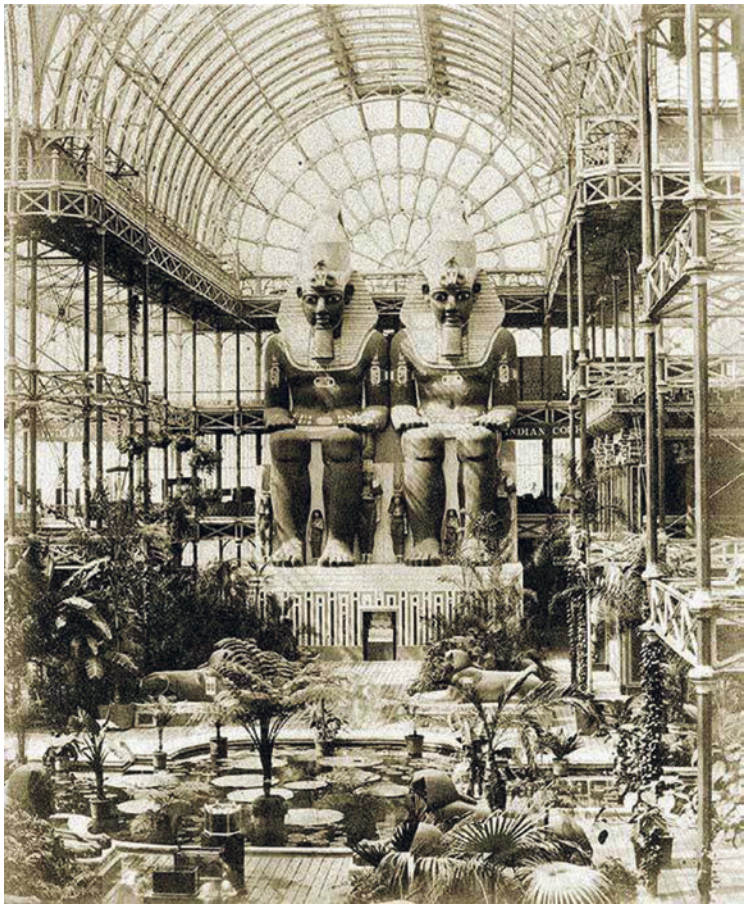


3

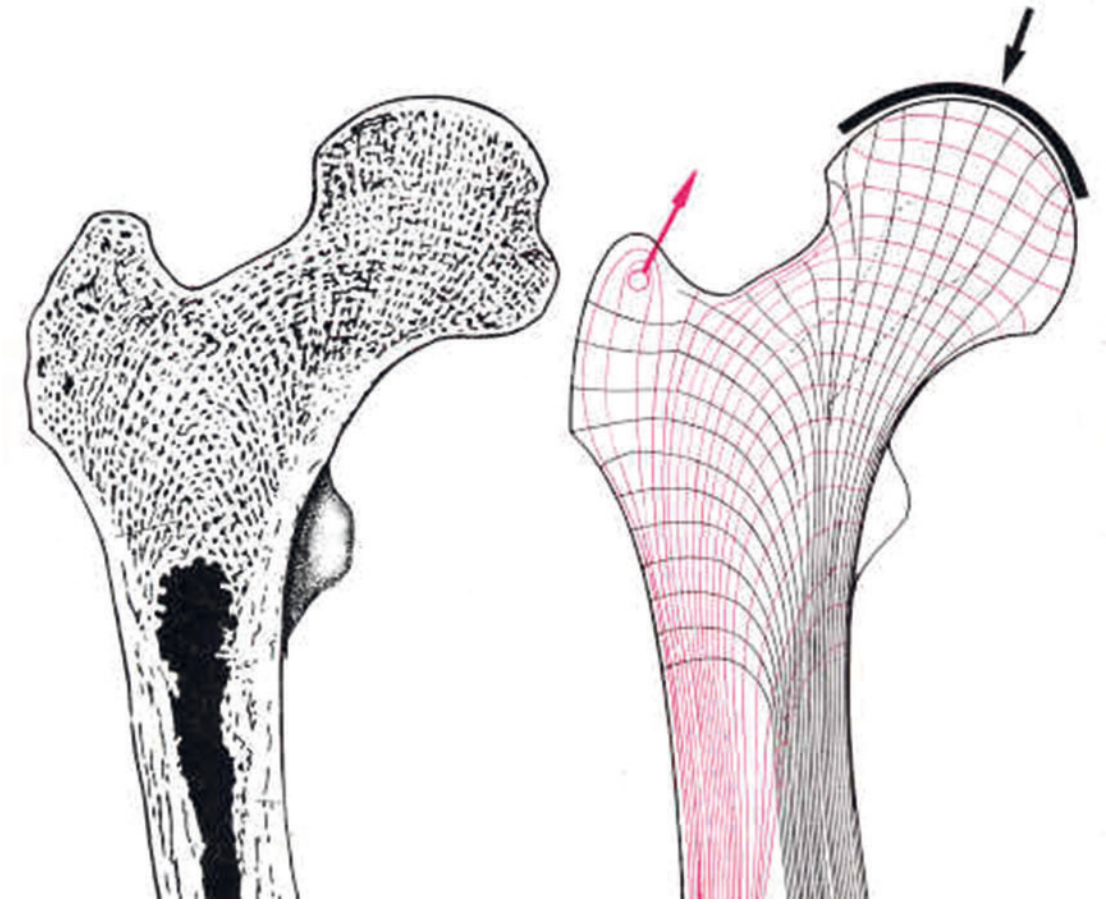


A. Bartholomew: *Querschnitt durch eine gotische Kathedrale mit menschlichem Skelett*
Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc: *Konzerthalle* (1863–72)

4



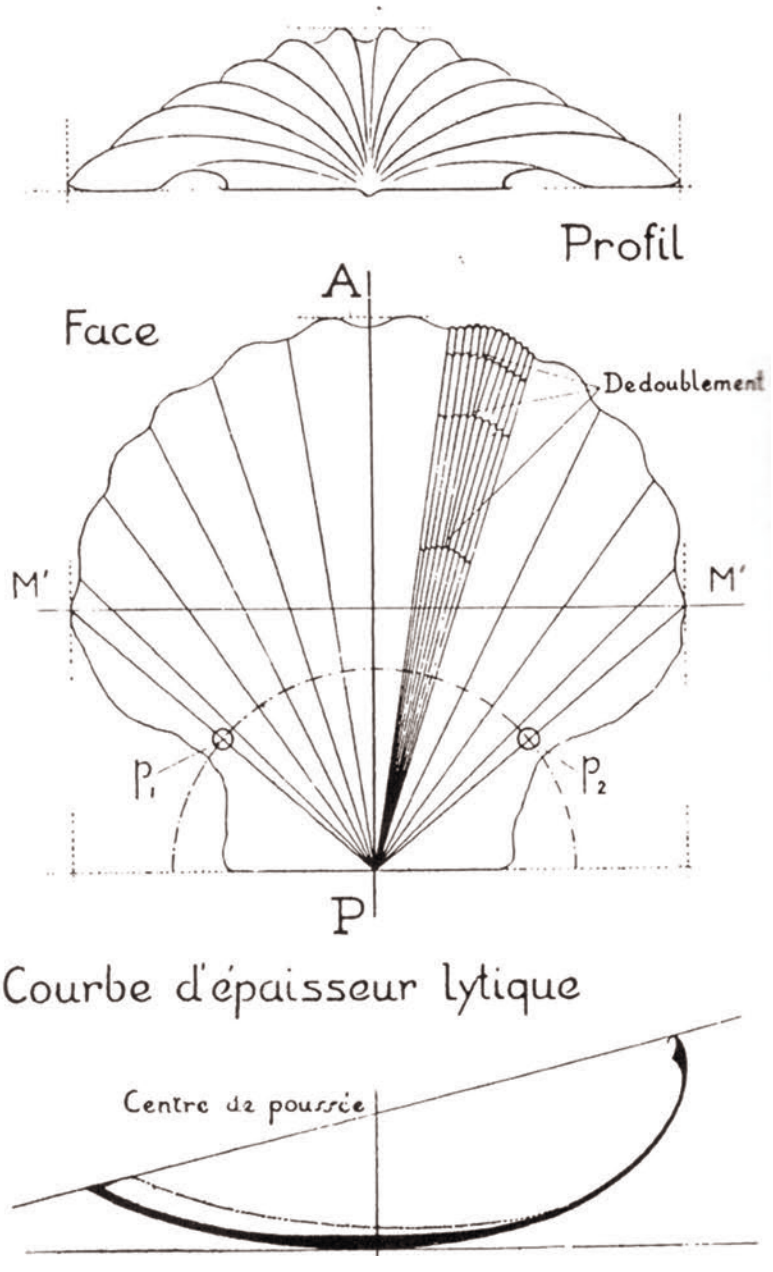
5



Joseph Paxton: *Crystal Palace* (1851)
nach Karl Culmann/Julius Wolff: *Spongiosa - Architektur* (1870)

6





Georges Robert Le Ricolais: *Les Tôles Composées et leurs applications aux constructions métalliques légères* (1935)

7

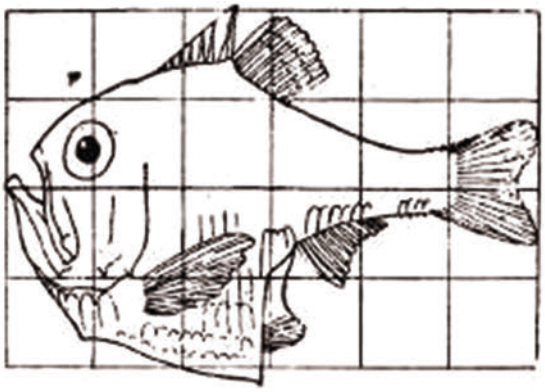


Fig. 517. *Argyropelecus Olfersi.*

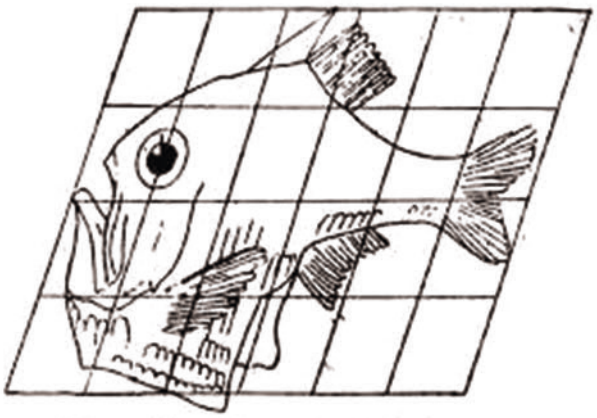
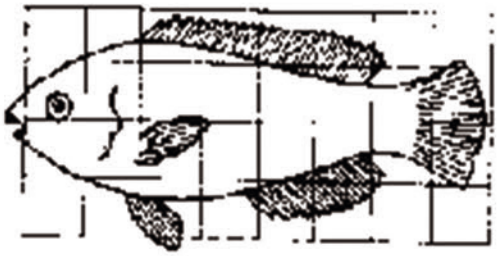
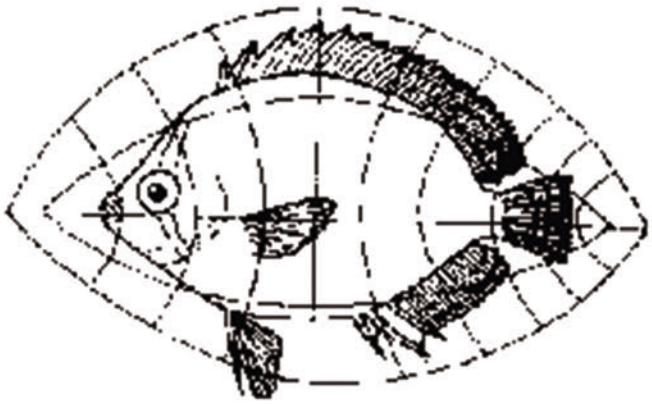


Fig. 518. *Sternoptyx diaphana.*

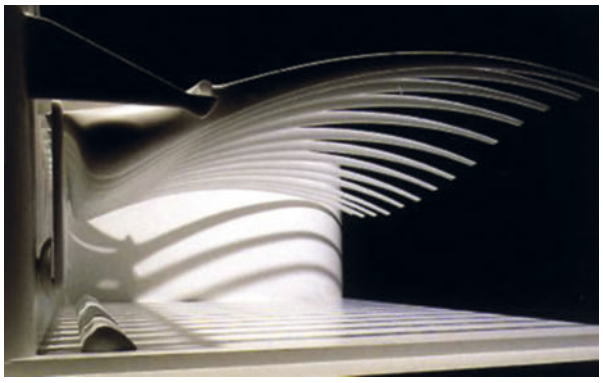


Scarus sp.



Pomacanthus.

8, 9
10



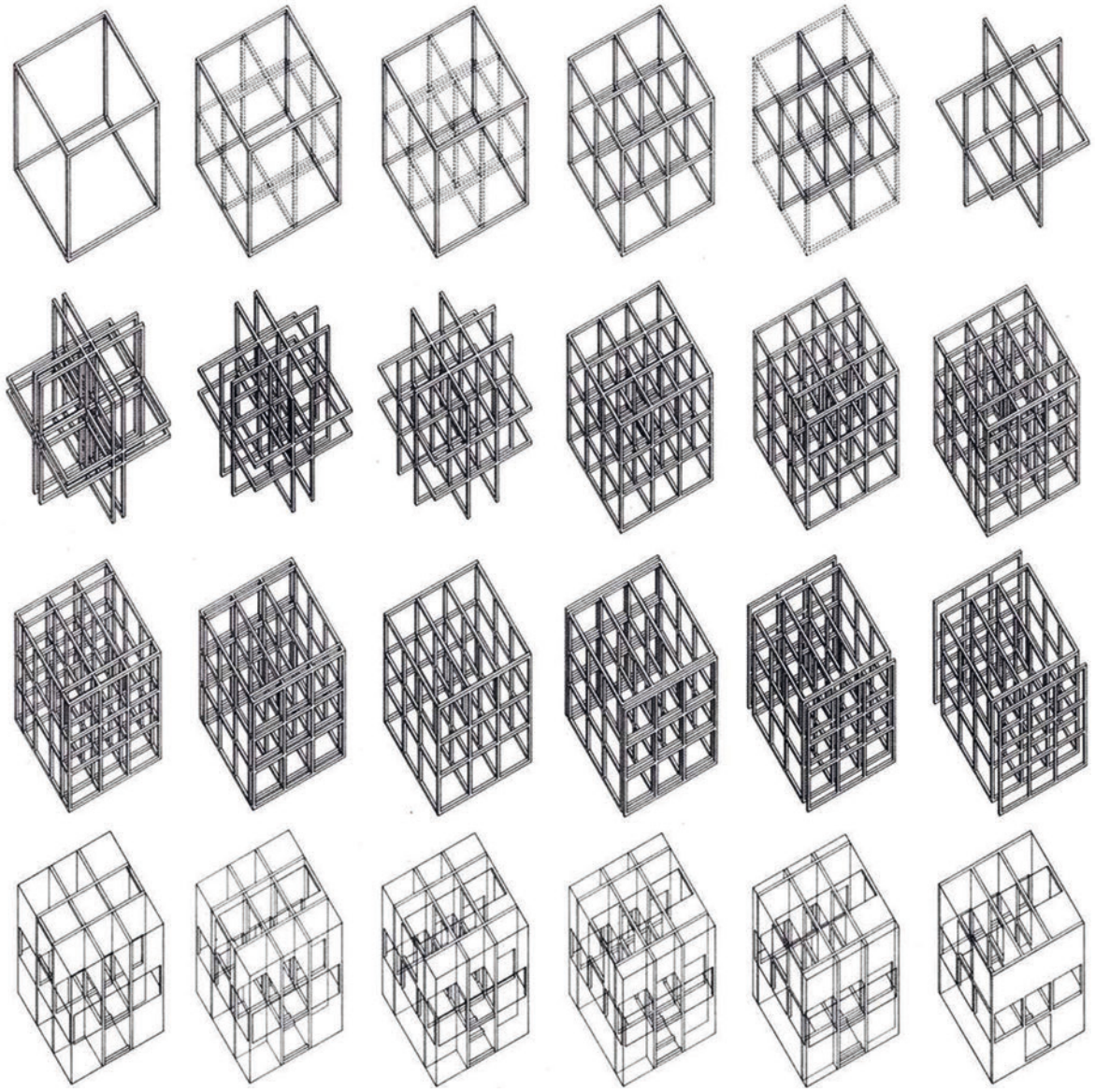




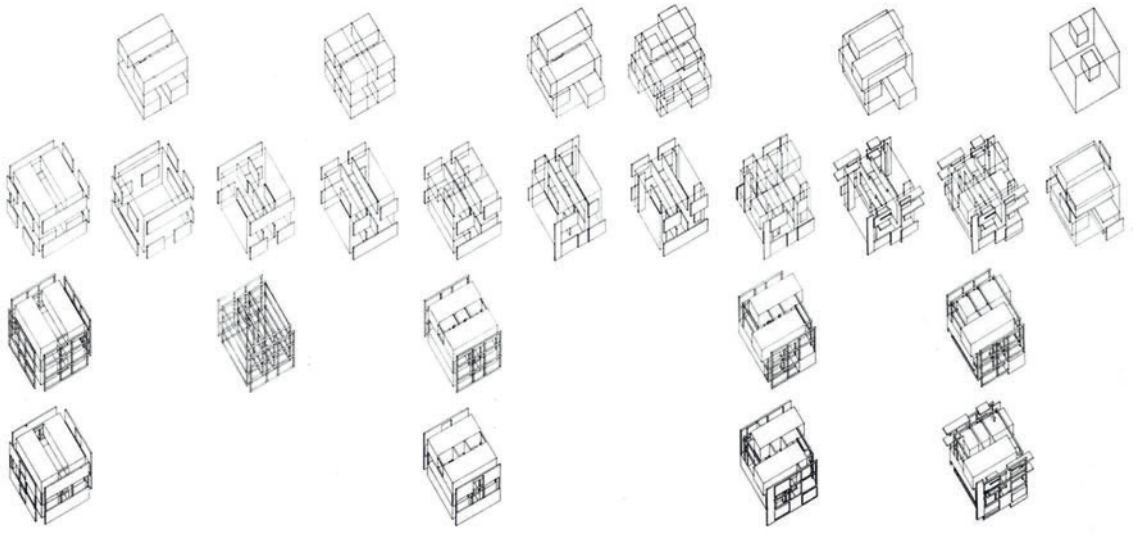
D'Arcy Wentworth Thompson: *Kräftediagramme* aus *On Growth and Form* (1917)
Santiago Calatrava: *Swissbau Pavillon* (1989)
Santiago Calatrava: *Shadow Machine* (1992)

Santiago Calatrava: *Kuwait Pavillon* (1991–1992)

1



2



Peter Eisenman: *House of Cards* (1987)



1



2

Venturi und Rauch: *Franklin Court* (1972–76)
Charles Moore: *Piazza d'Italia* (1977–78)

3



4



Charles Jencks: *Thematic House* (1979–84)
James Wines und S.I.T.E.: *Best Kaufhaus* (1977)

5



6



Mario Botta: *Ransilia I* (1981–1985)
Oswald Mathias Ungers: *Deutsches Architekturmuseum* (1979–84)

7



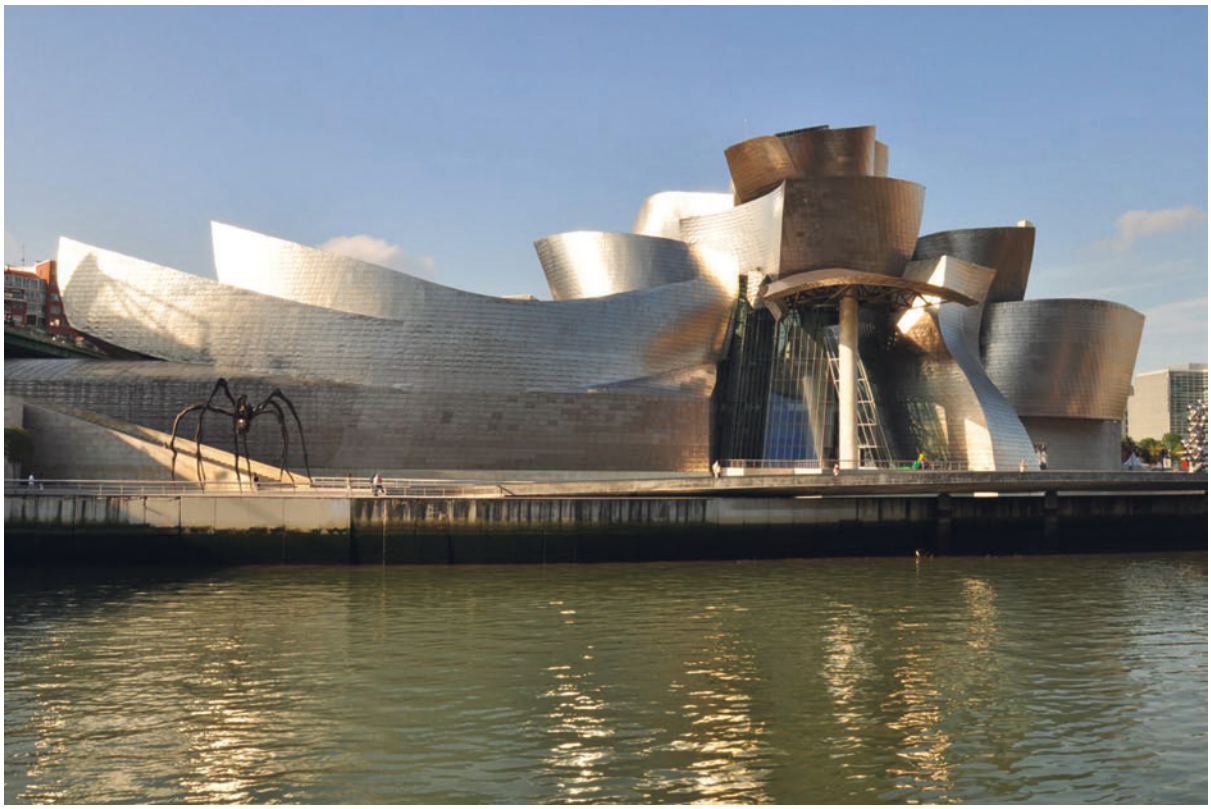
8, 9



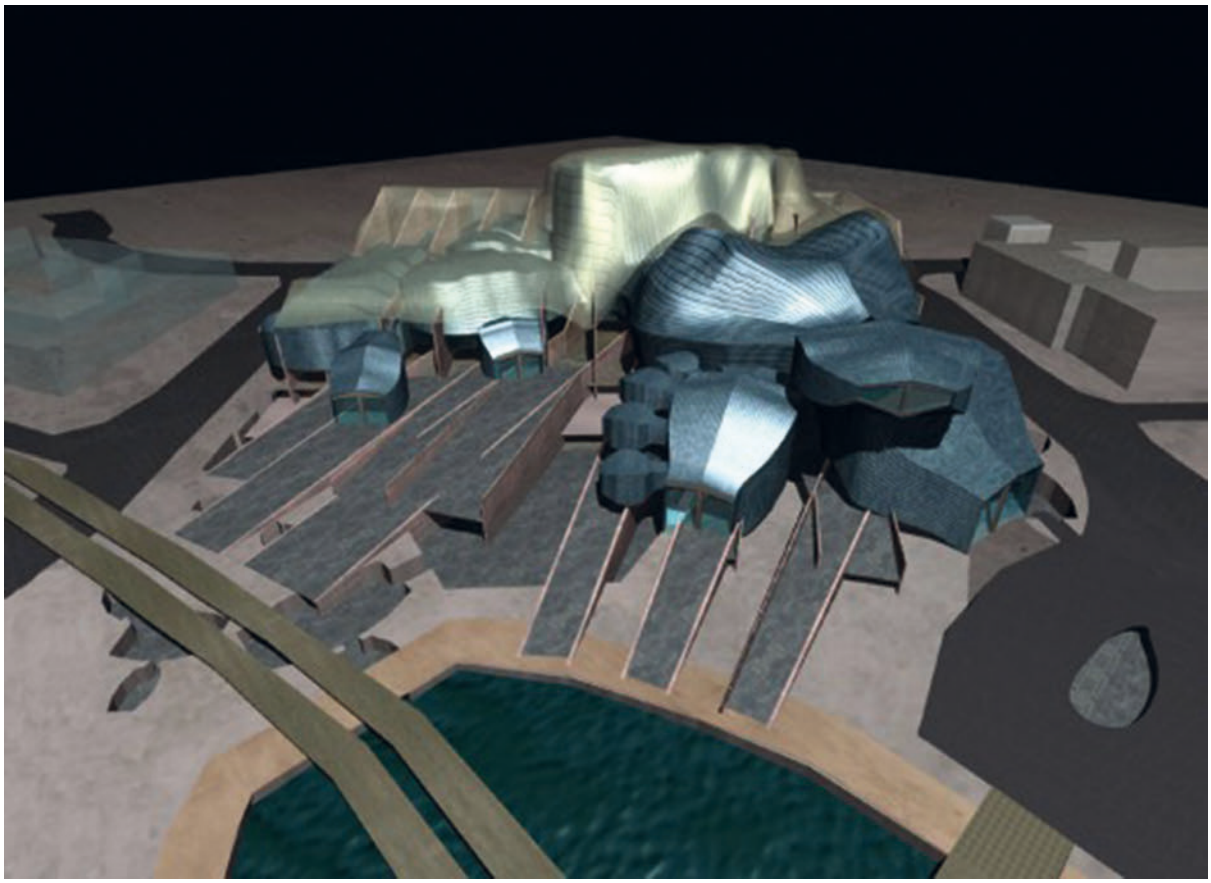


Hans Hollein: *Österreichisches Reisebüro* (1976–78)
Michael Graves: *Verwaltungszentrum* (1980–82)

Raymond Kaskey: *Portlandia* (1985)



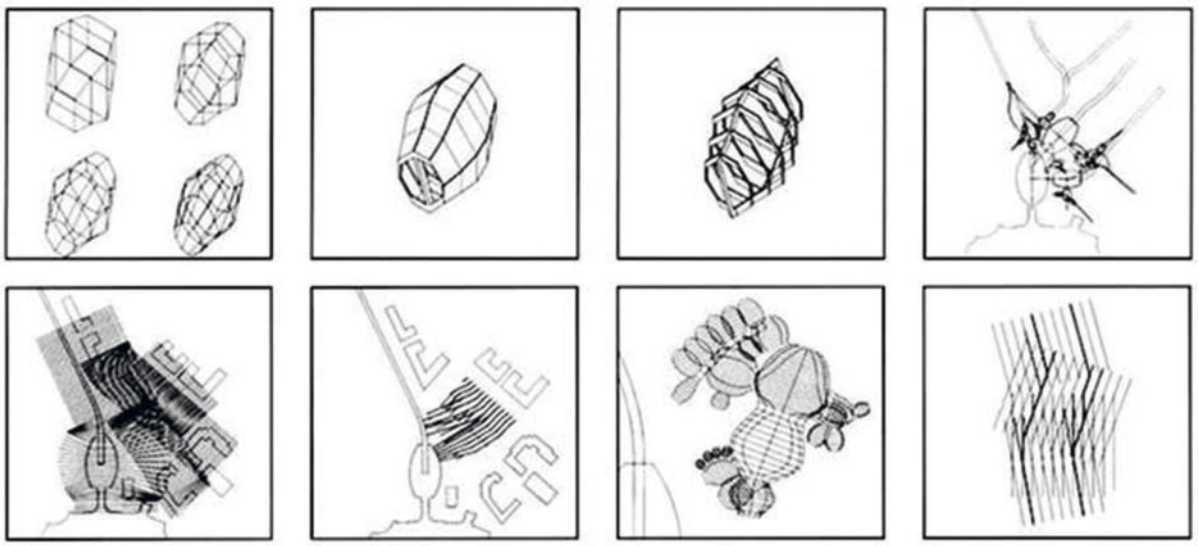
1



2

Frank O. Gehry: *Guggenheim-Museum Bilbao* (1991–1997)
Greg Lynn: *Luftperspektive des zusammengesetzten Projekts – Wettbewerb Opernhaus an der Cardiff Bay* (1994/1995)

3



4



Greg Lynn: *Entwurfsdiagramme – Wettbewerb Opernhaus an der Cardiff Bay* (1994/1995)
Filmposter: *The Blob* (1958)



1, 2





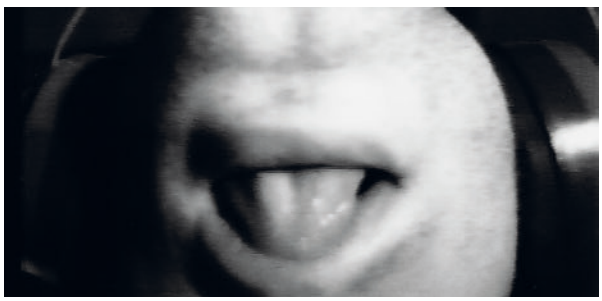
3, 4



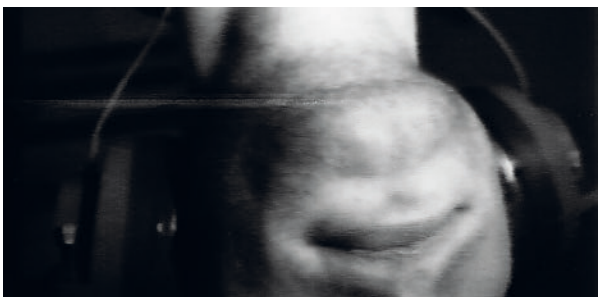


5, 6



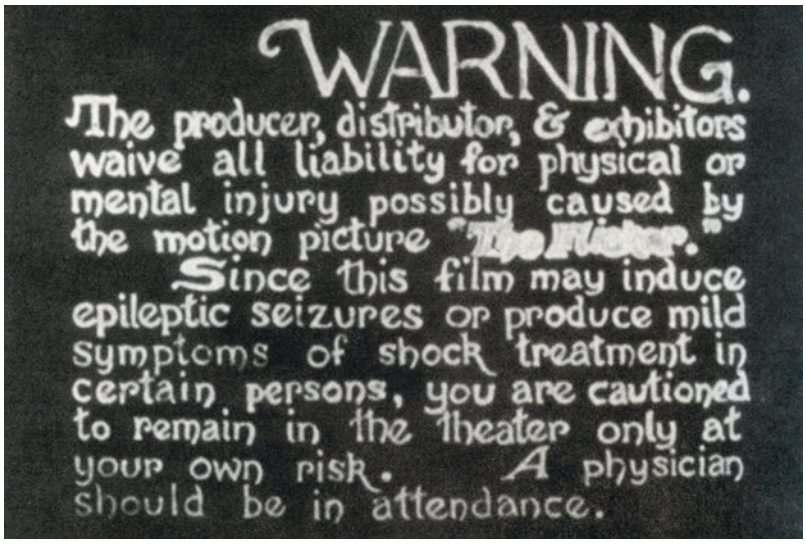


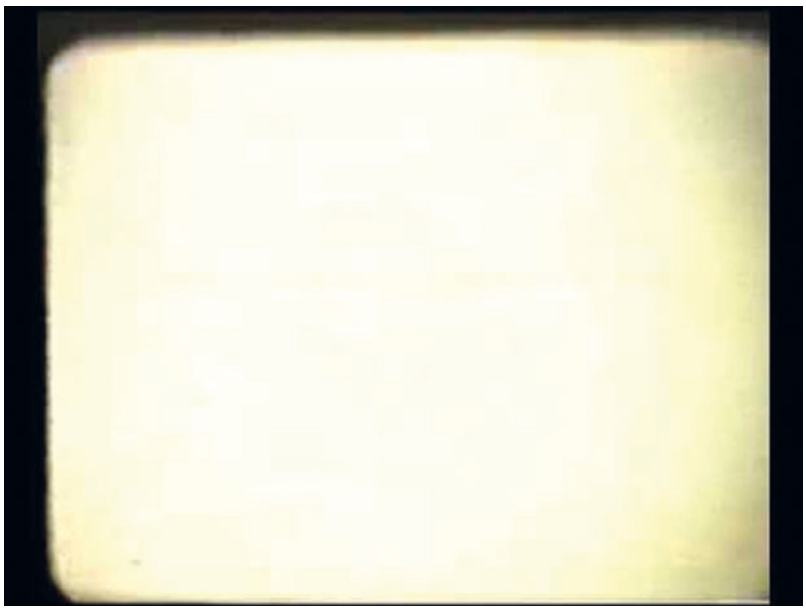
7, 8



Marcel Duchamp: *Anémic Cinéma* (1925)
Bruce Nauman: *Lip Sync* (1969)

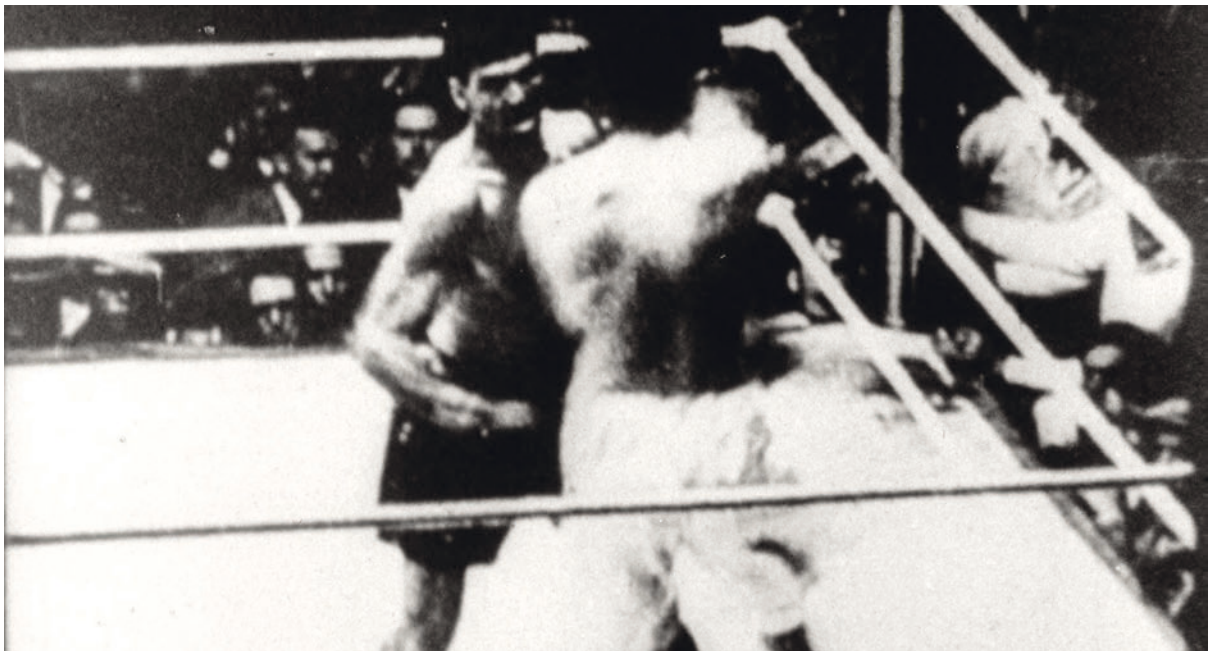
9, 10
11







12



Tony Conrad: *The Flicker* (1965)
James Coleman: *Box (ahhareturnabout)* (1977)

1



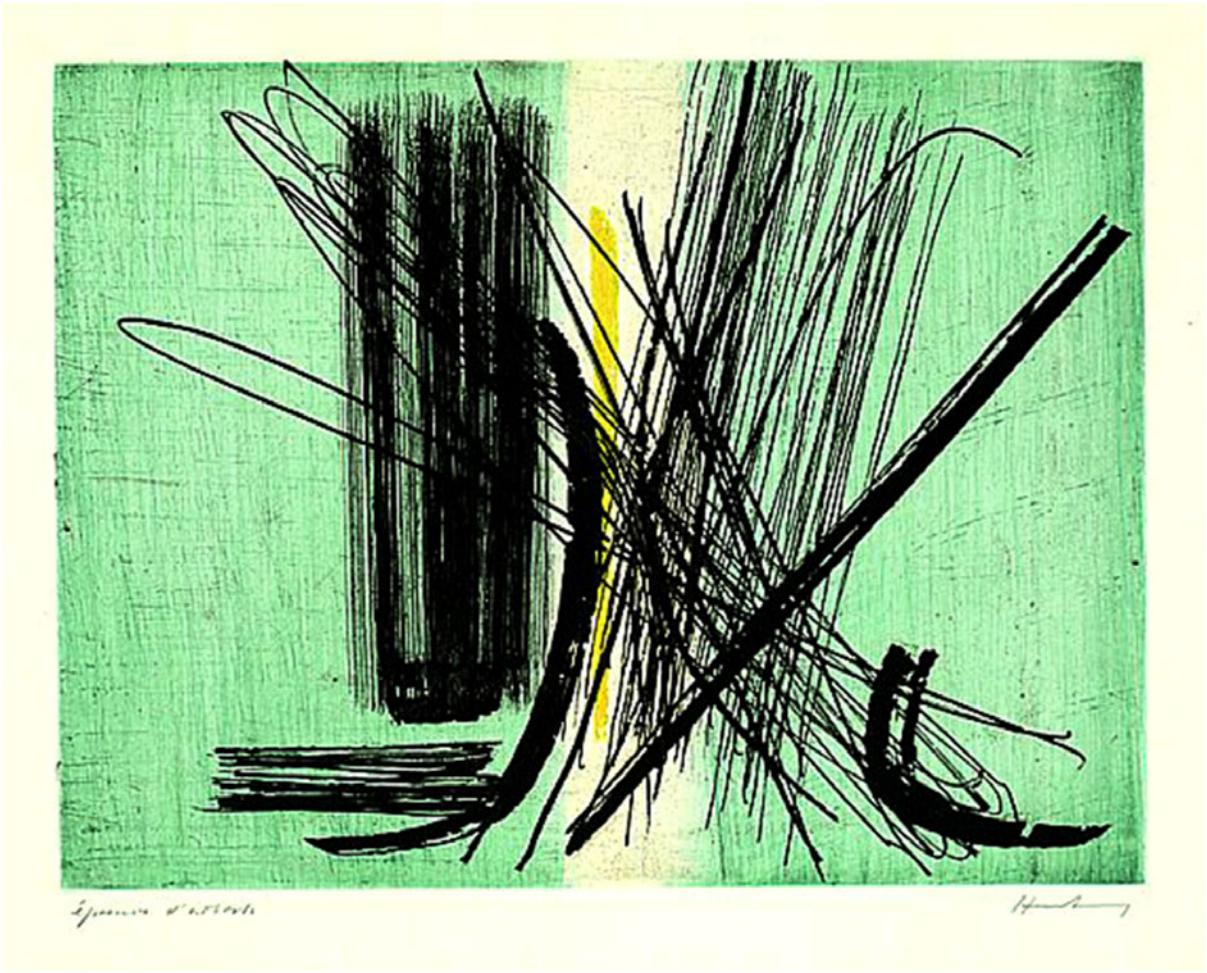
K.O. Götz: *Ohne Titel* (1965)

2



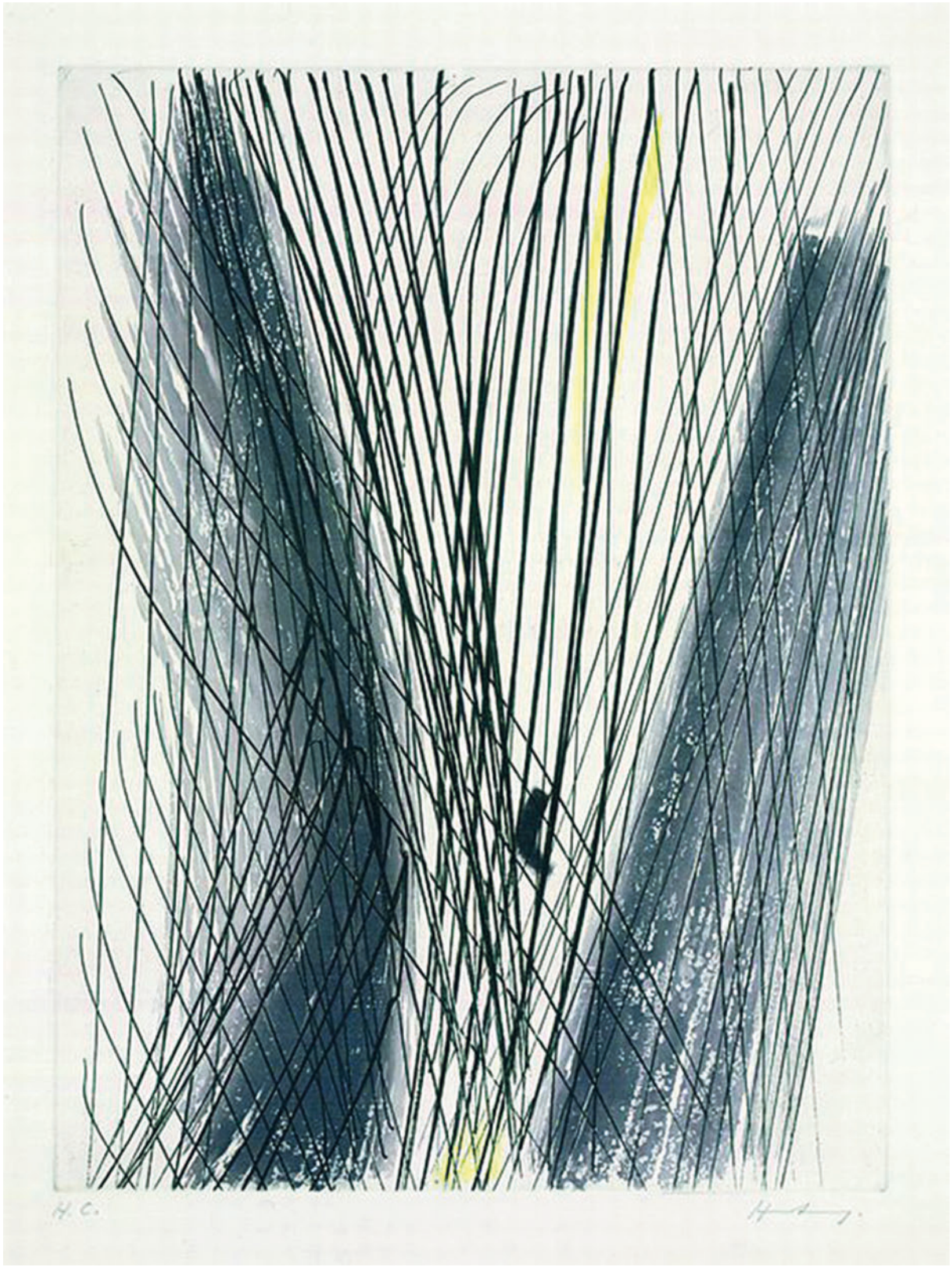
Hann Trier: *Aranjuez I* (1959)

3



Hans Hartung: *R 9* (1953)

4



Hans Hartung: *R 18* (1953)

5



Gerhard Hoehme: *Floraison dynamique* (1959)

6



K.O. Götz: *Fleurinde* (1957)

7



K.R.H. Sonderborg: *2.VIII. 55. 19-47 - 21-39 h* (1955)

8



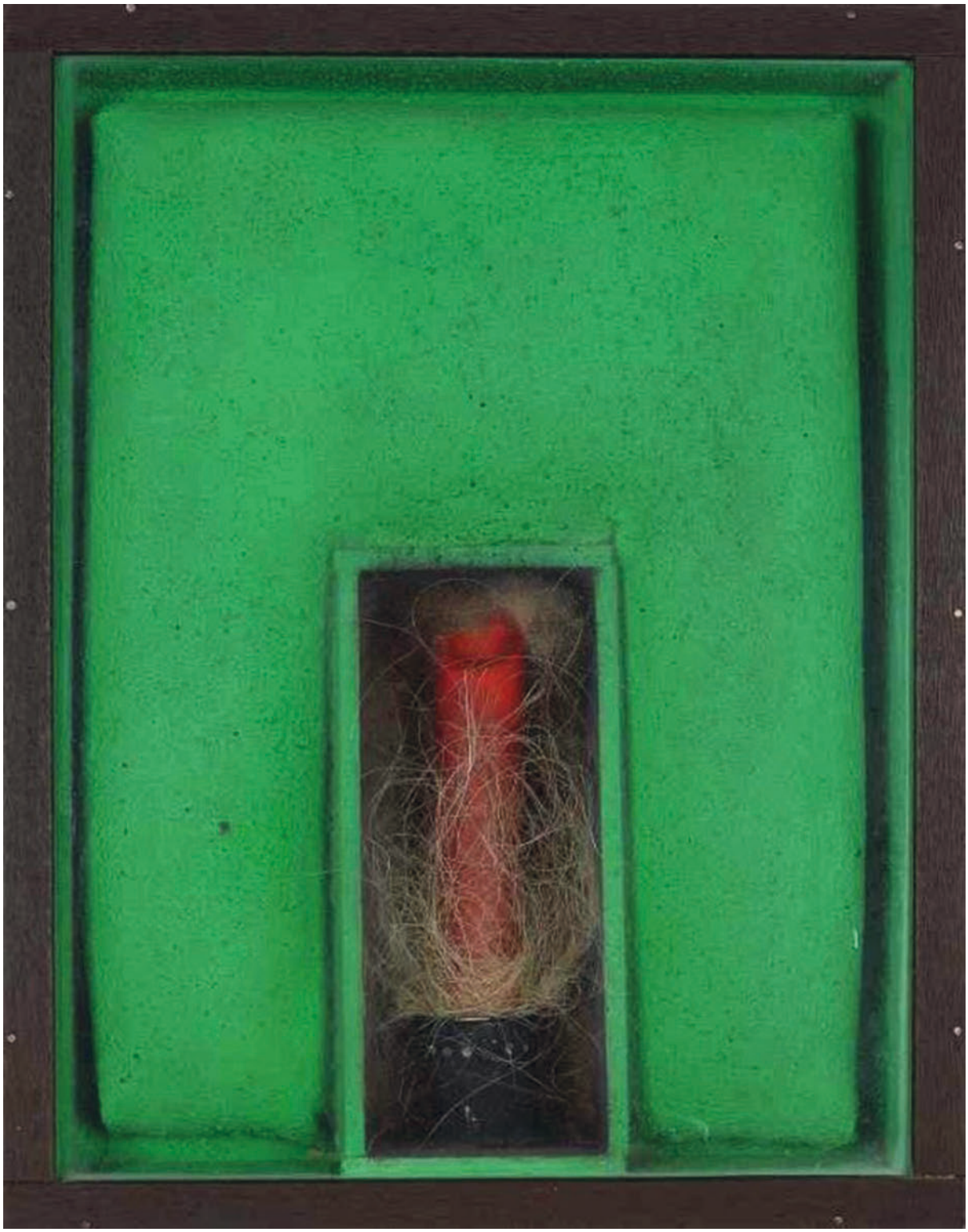
Bernard Schultze: *Red Face Migof* (1965-1971)

9

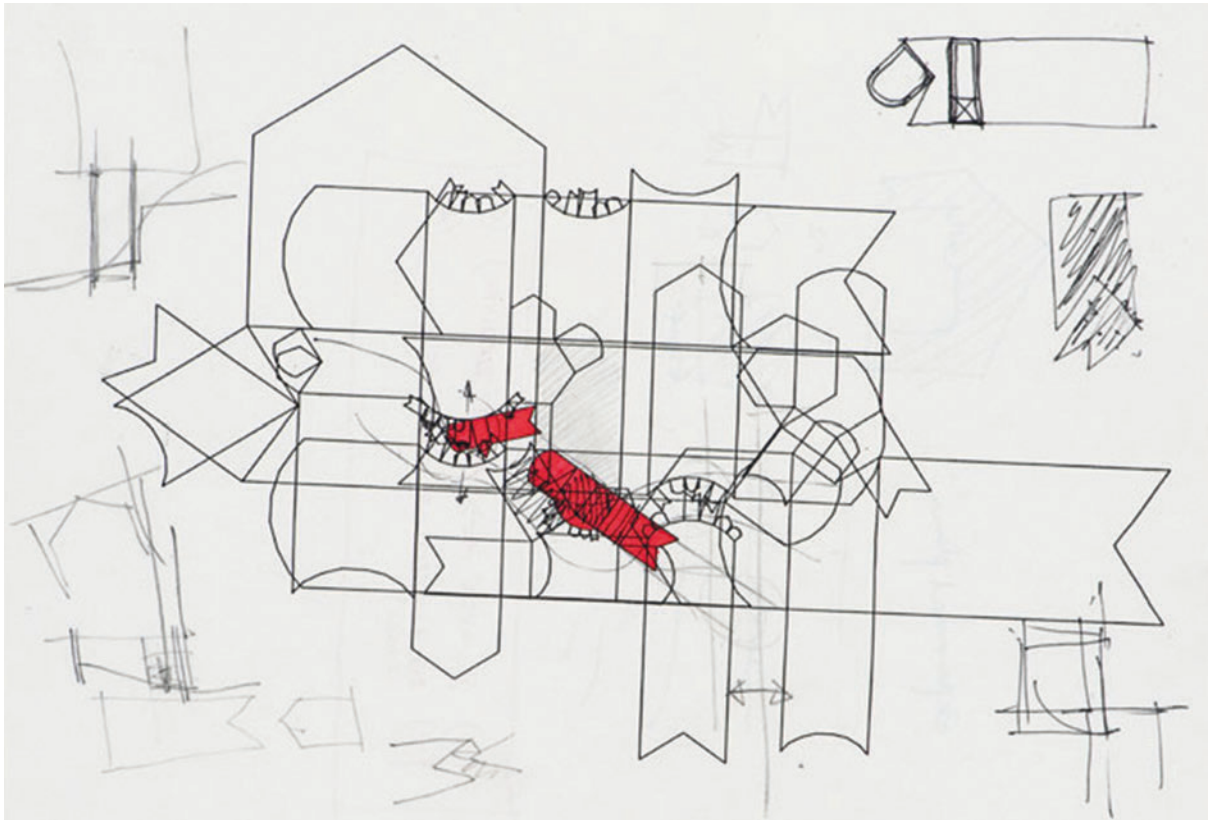


Gerhard Hoehme: *Abhörer* (1974/1975)

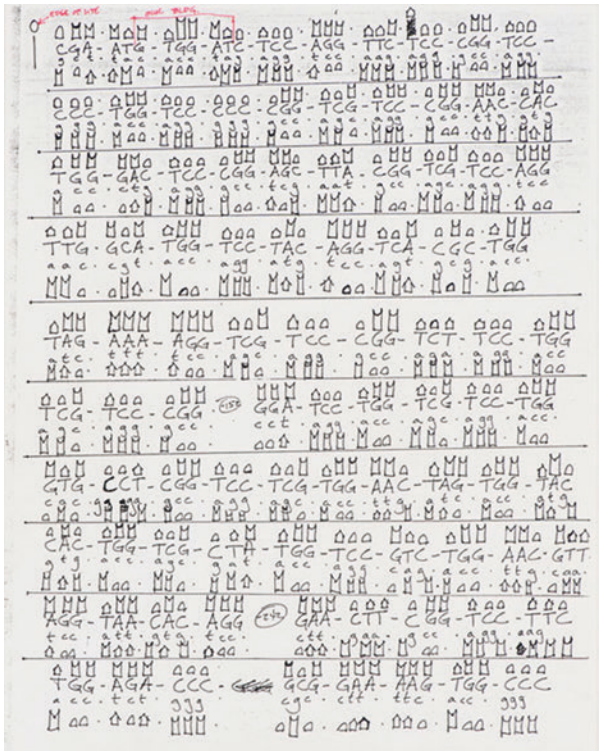
10



Karl Fred Dahmen: *Chiemgau-Legende* (1971)



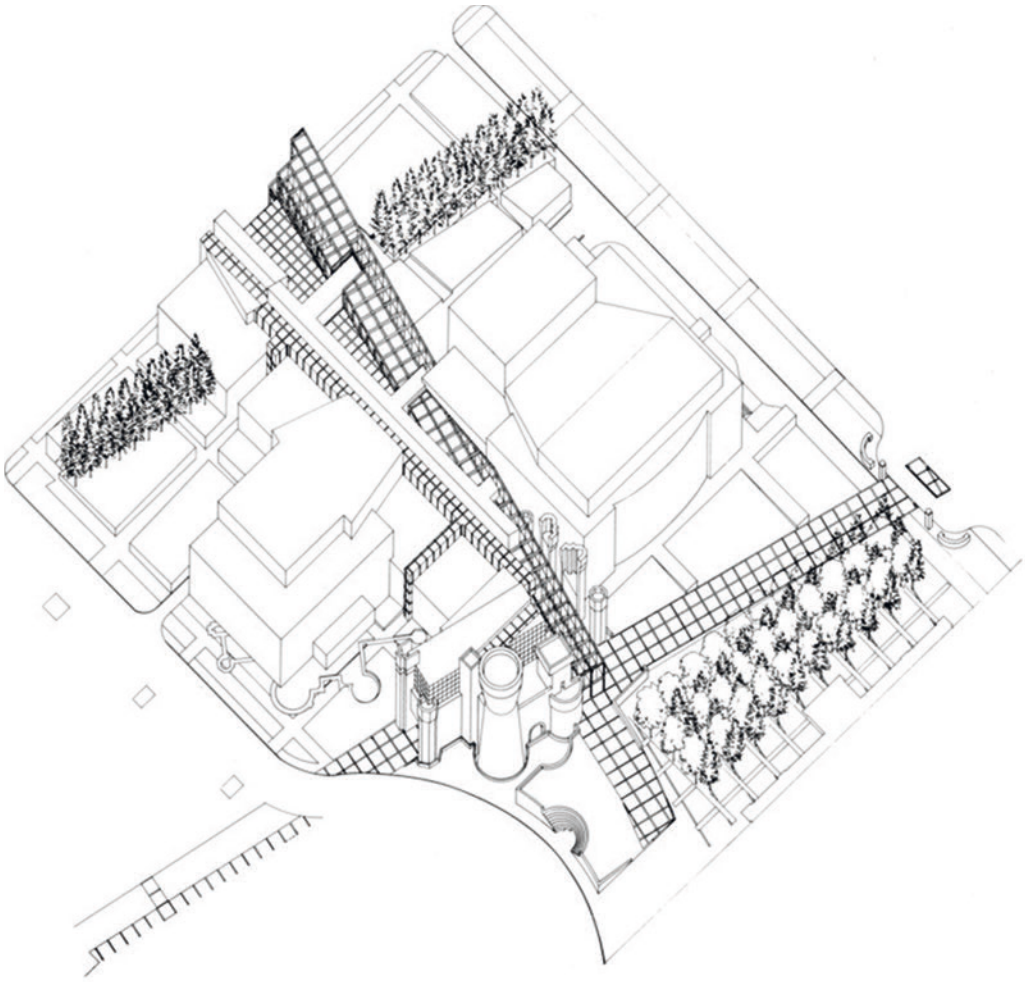
1



2

Peter Eisenman: *Biozentrum* (1987)

3

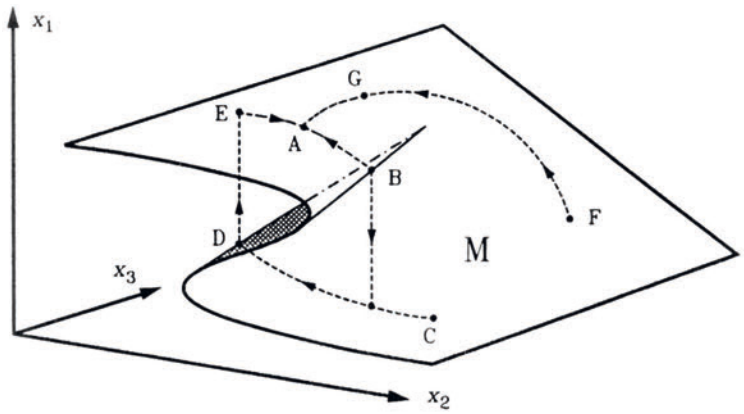


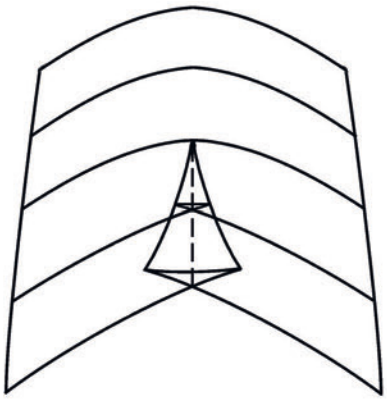
4



Peter Eisenman: *Wexner Center for the Arts* (1983–1989)

1, 2

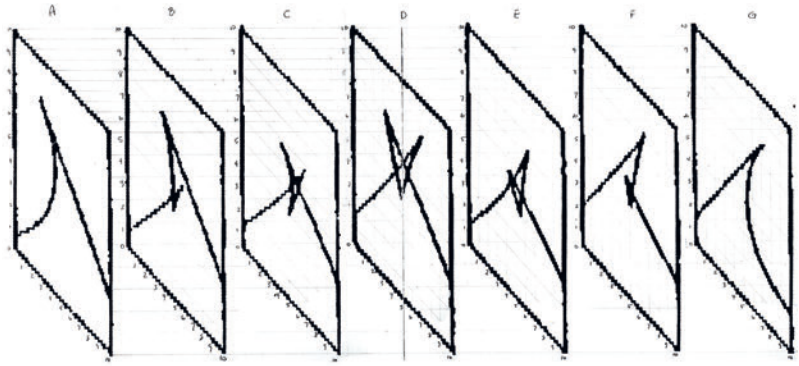




3



4



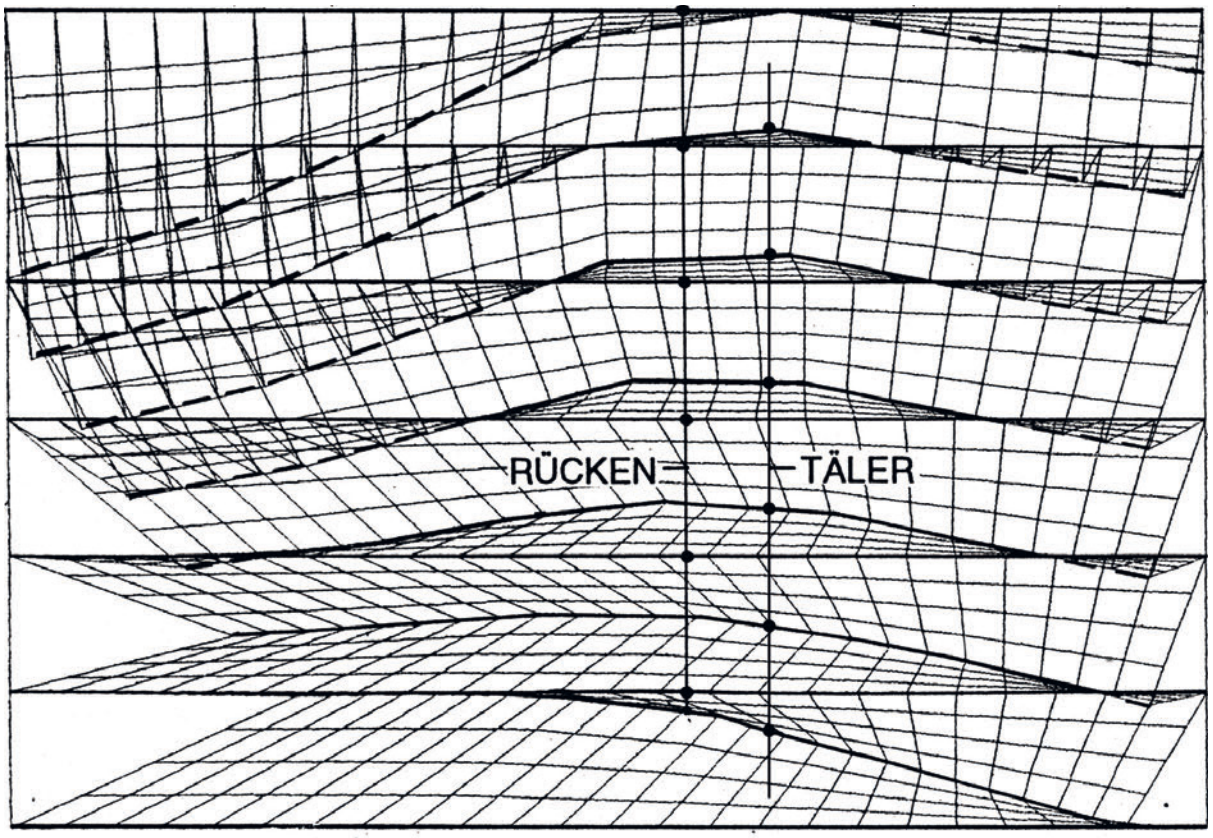
René Thom: *Katastrophendiagramm*

René Thom: *Schwalbenschwanzfaltung*

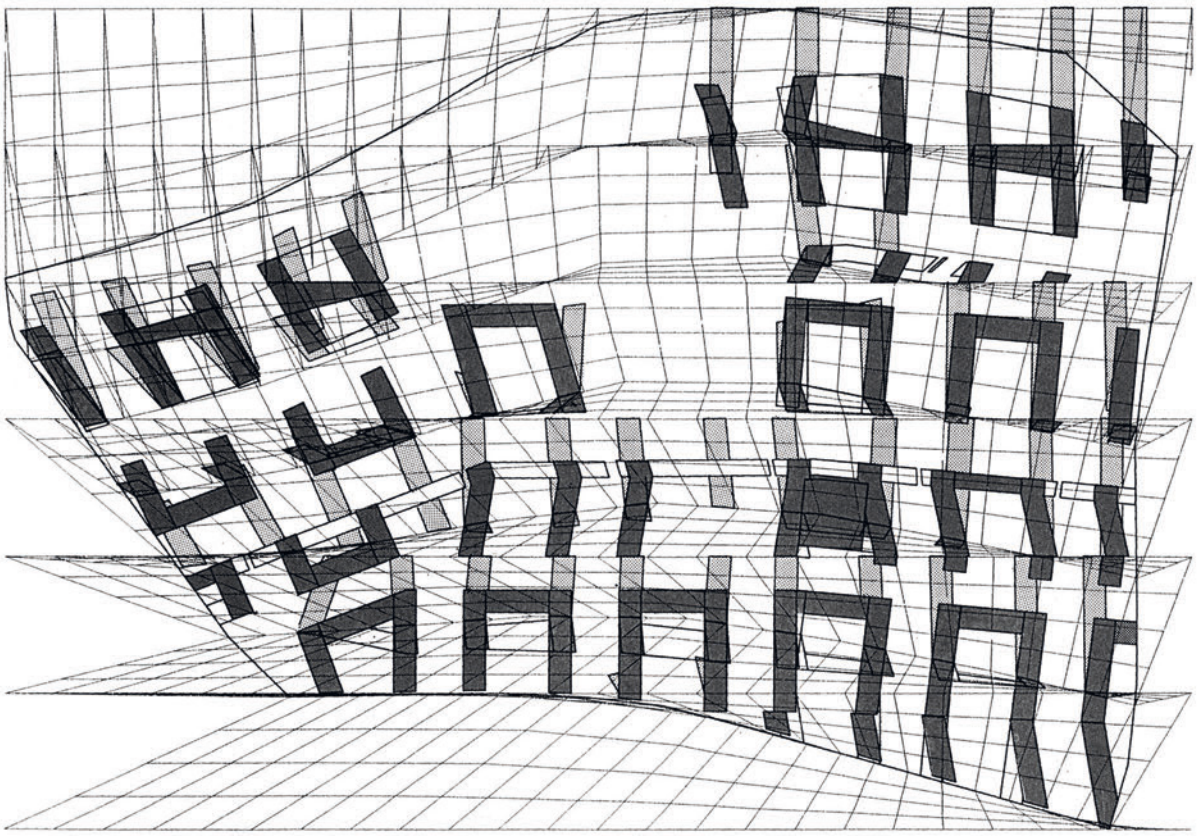
Peter Eisenman: *Lageplan – Rebstockpark* (1990–94)

Peter Eisenman: *Faltungskonzept – Rebstockpark* (1990–94)

5



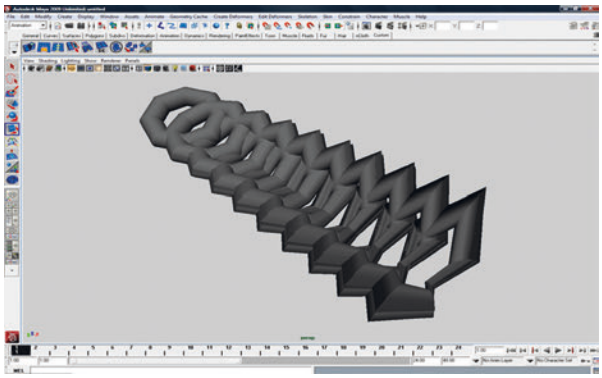
6



Peter Eisenman: *Faltungsdiagramme Grundstück – Rebstockpark* (1990–94)

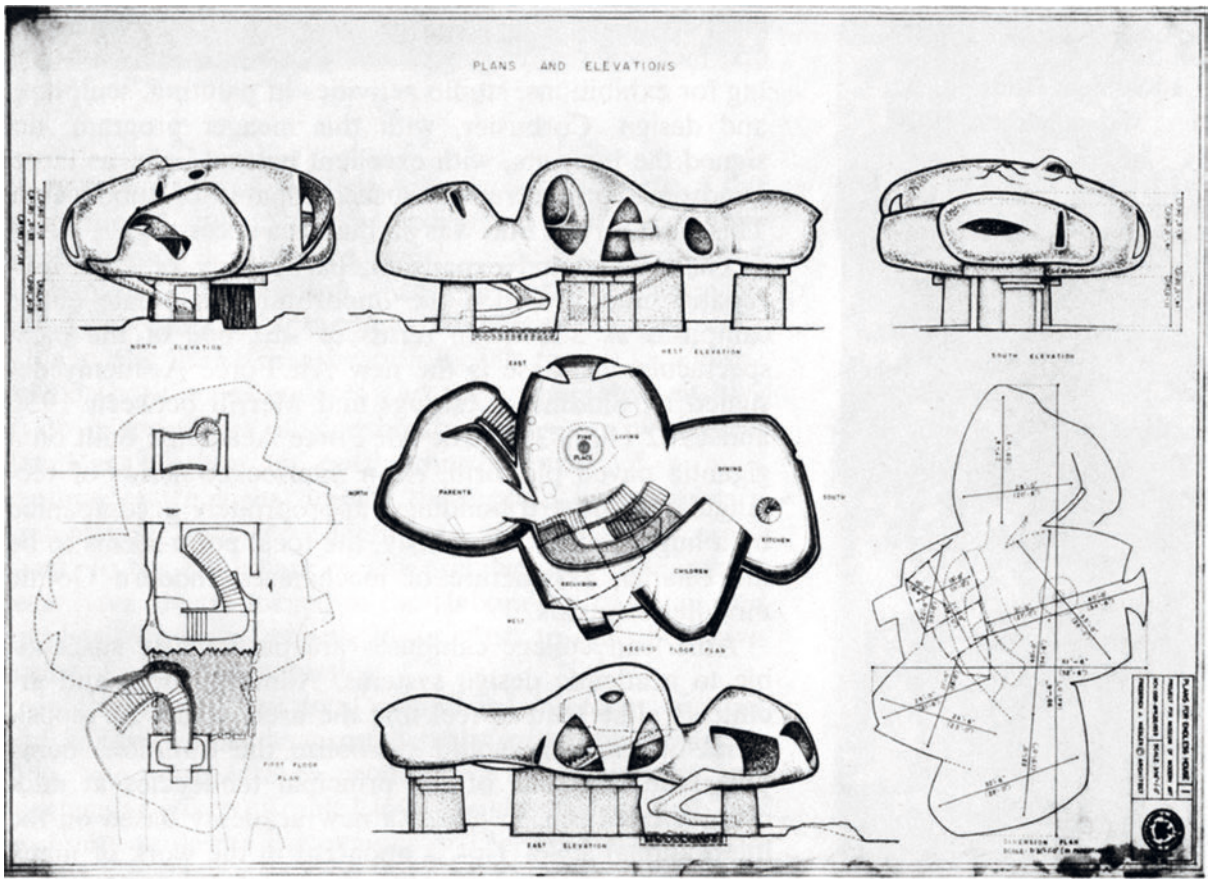
7, 8





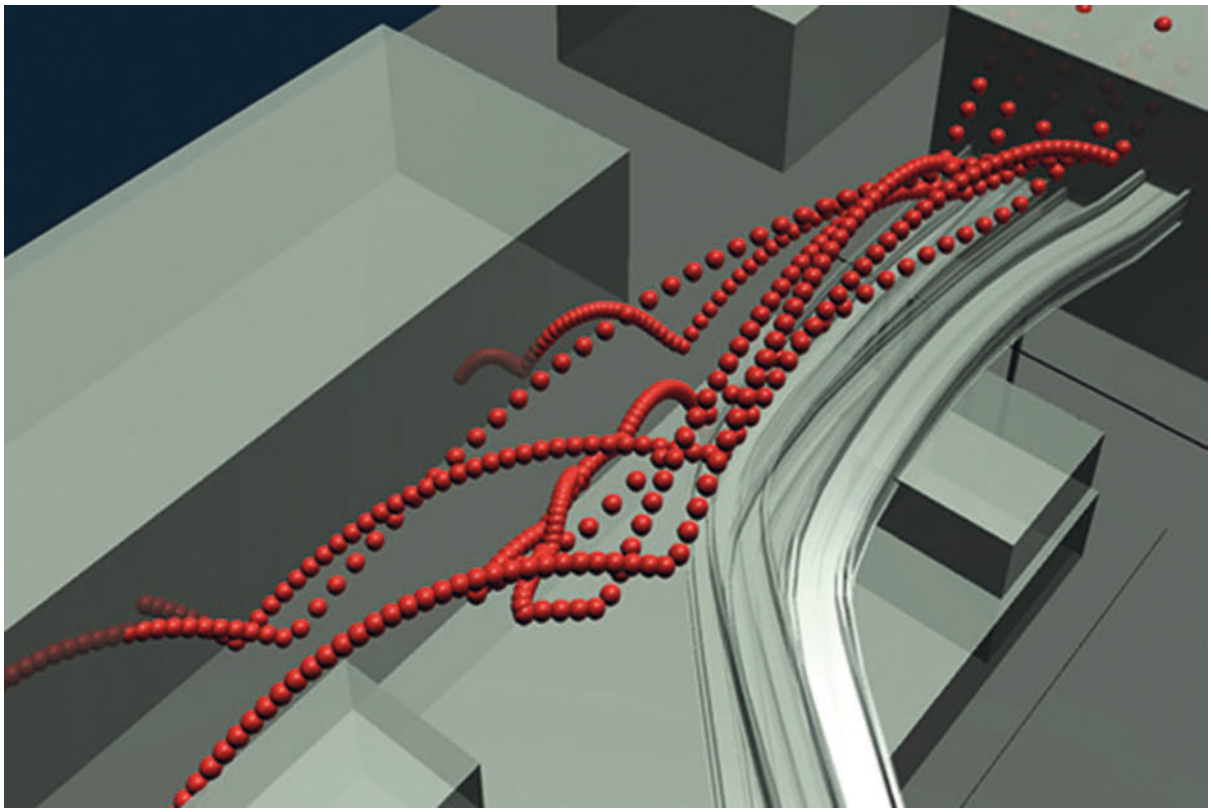
Morphing in der Animationssoftware *Maya*

9



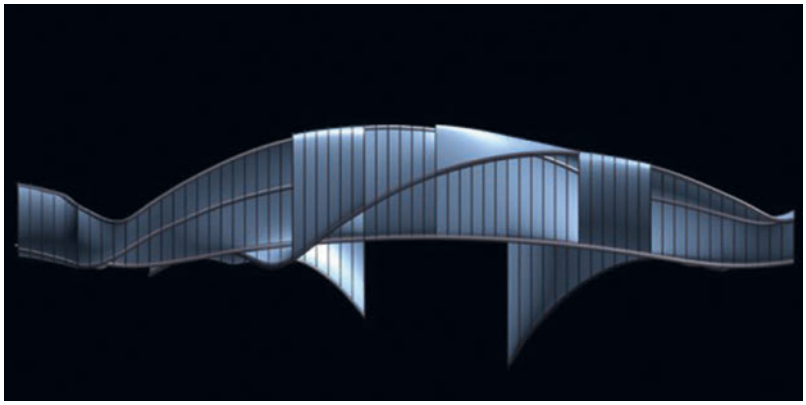
Daniel Lee: *Manimal* (1993)
Friedrich Kiesler: *Endless House* (1959)

10



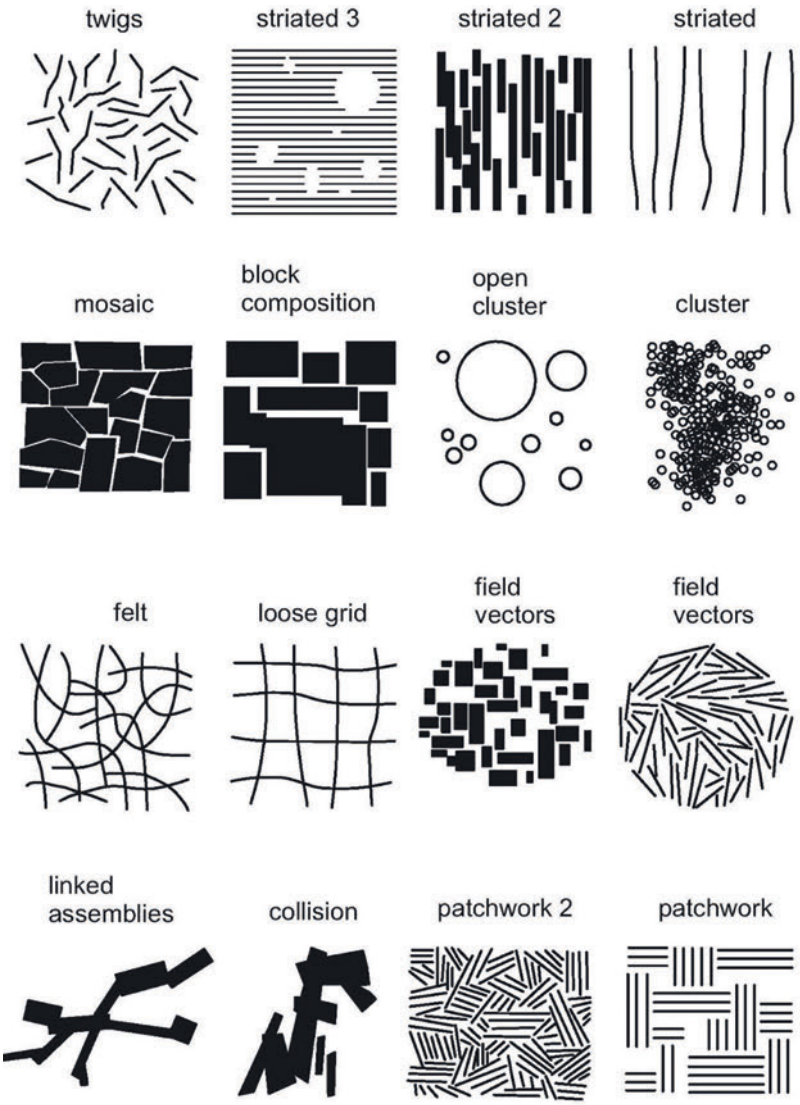
11, 12



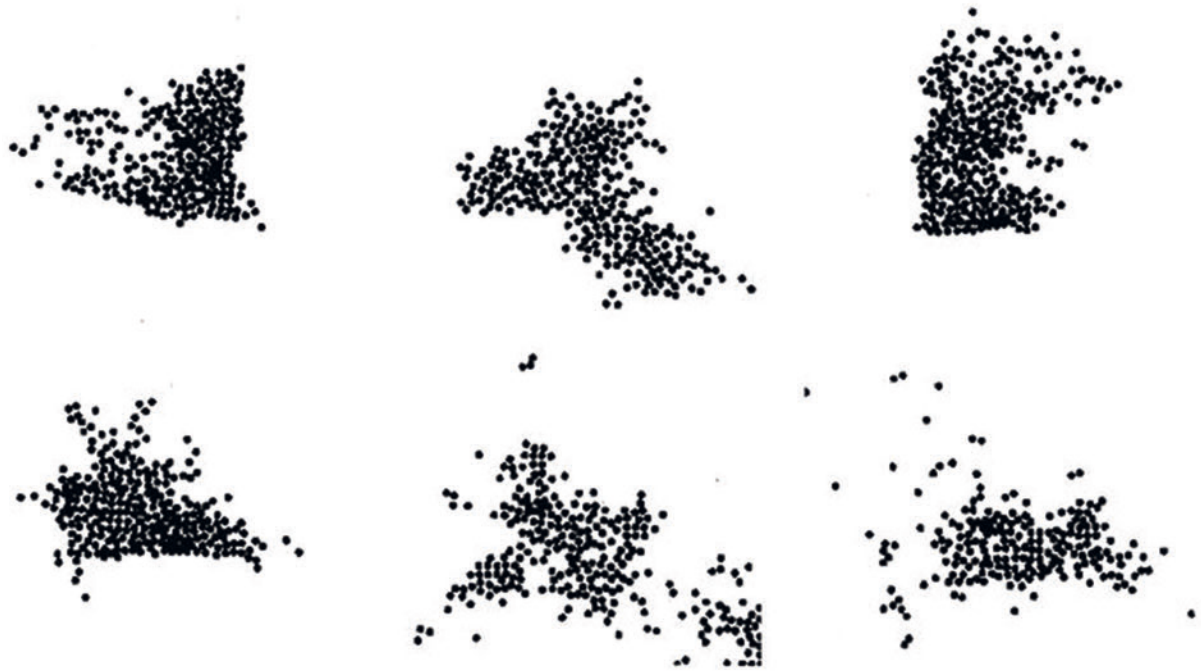


Greg Lynn: *Port Authority Gateway* (1995)

1

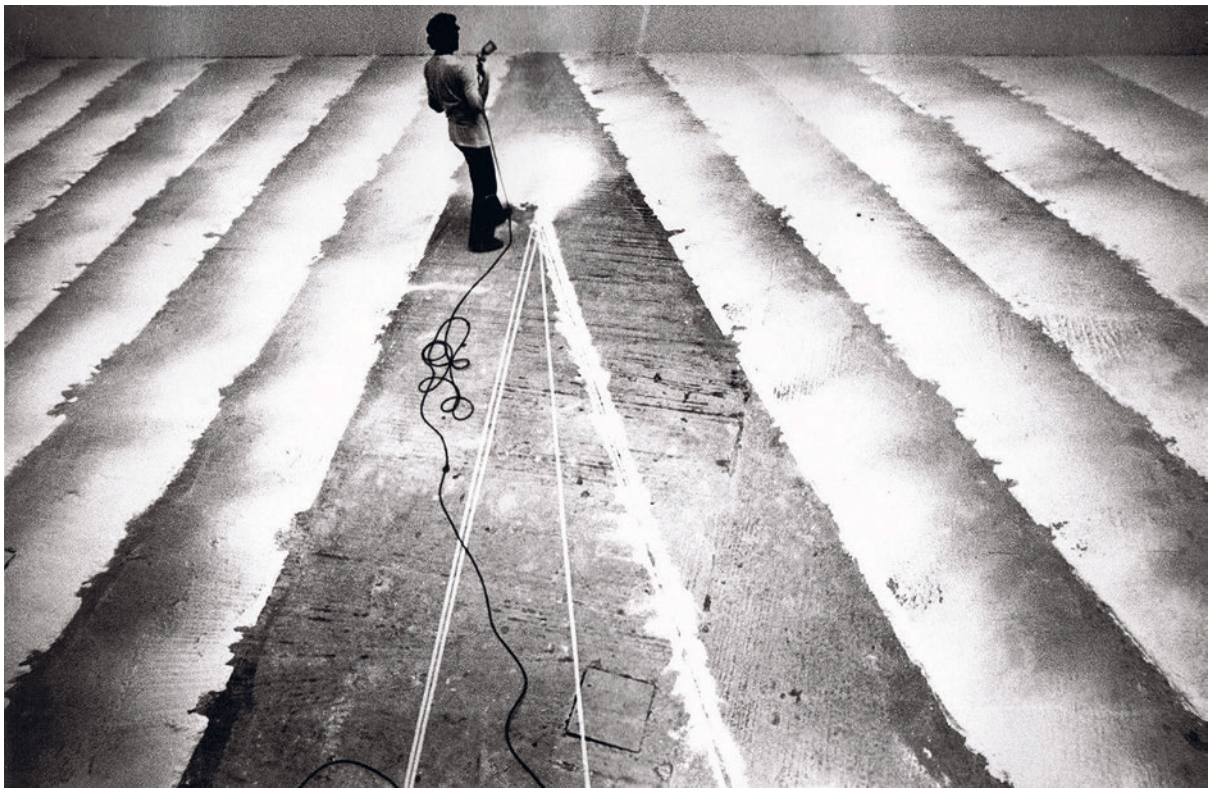


2



Stan Allen: *Points + Lines: Diagrams and Projects for the City* (1999)
Barry Le Va: *Bearings Rolled (six specific instants; no particular order)* (1966–1967)

3

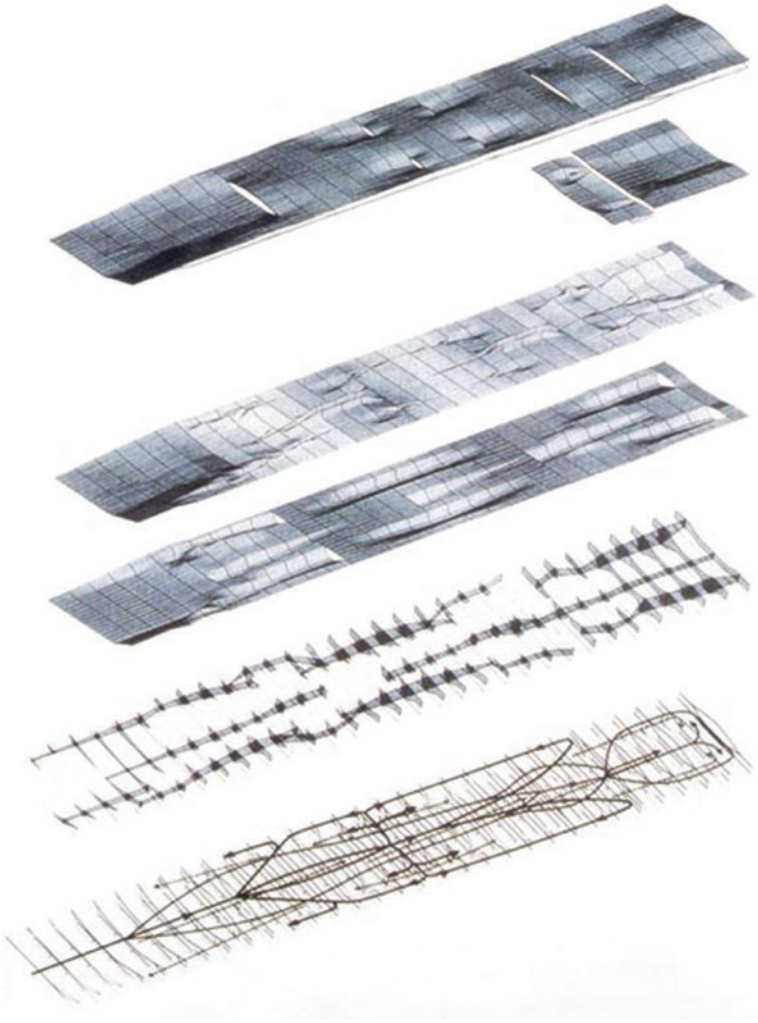


4



Barry Le Va: *Extended Vertex Meetings: Blocked: Blown Outward* (1971)
Richard Serra: *Splashing* (1968)

5

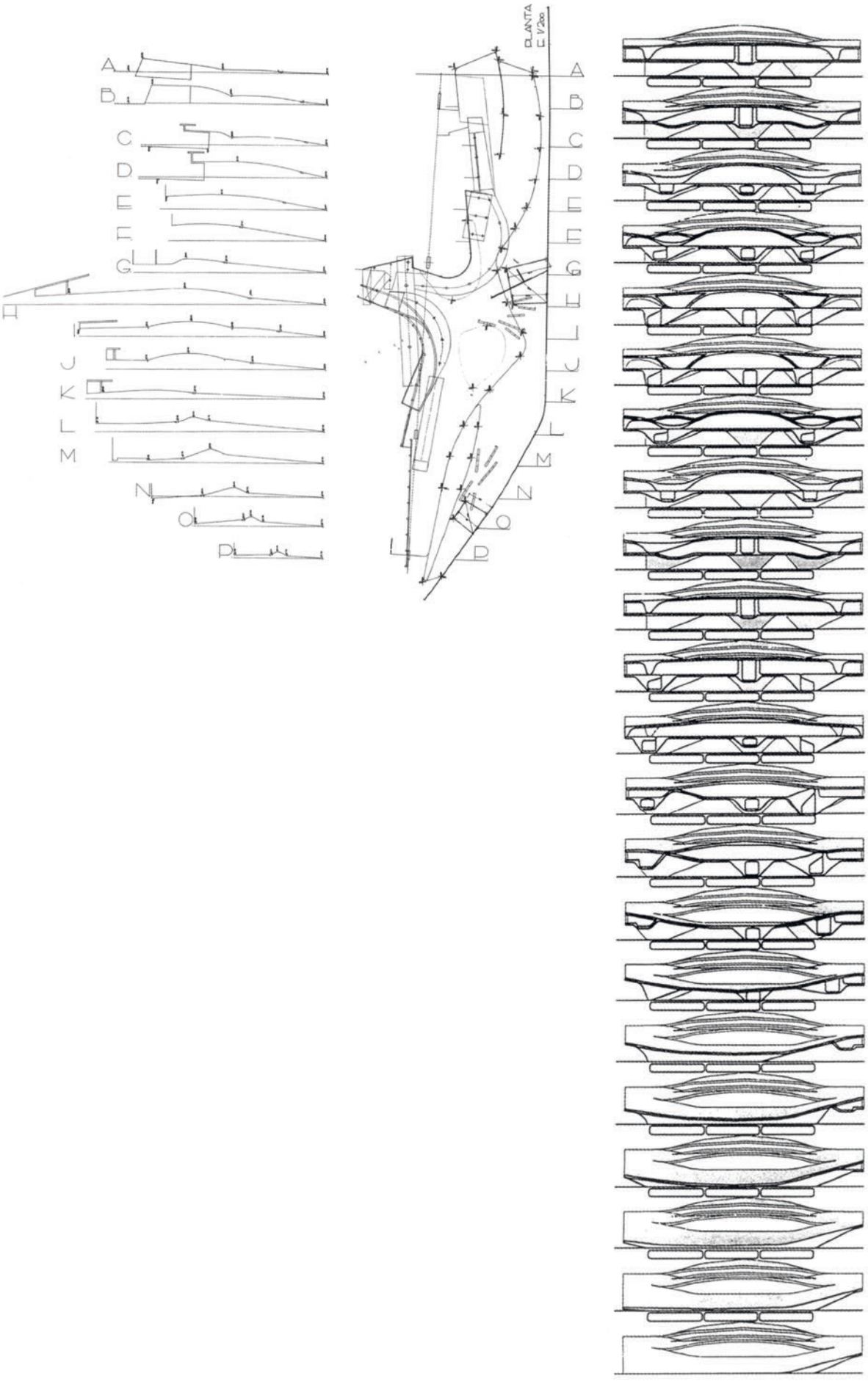


6



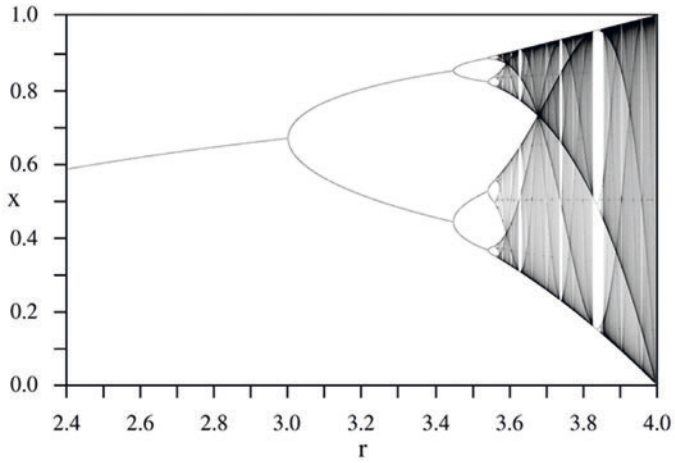
Foreign Office Architects (FOA): *Yokohama Port Terminal* (1995)

7, 8

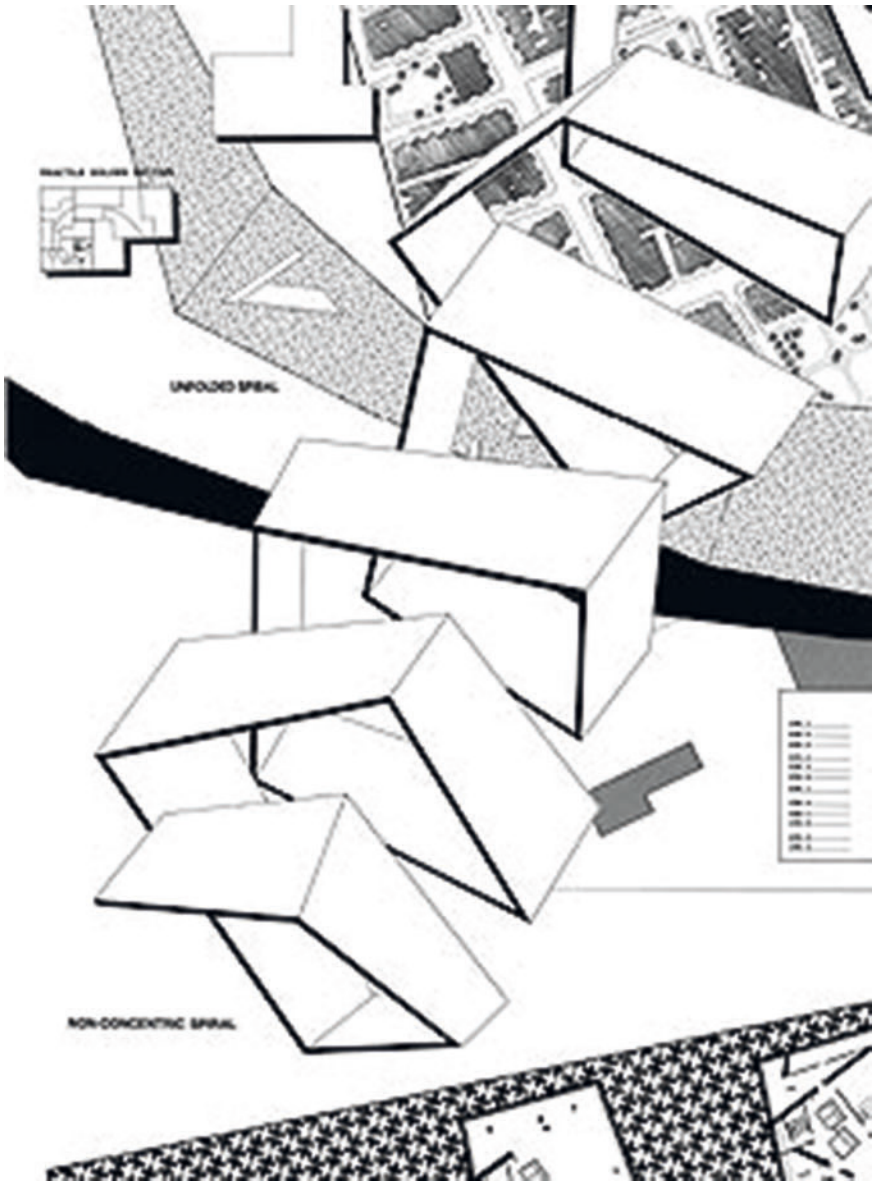


Enric Miralles: *Eurythmics Centre* (1993–94)

FOA: Yokohama Port Terminal (1995)



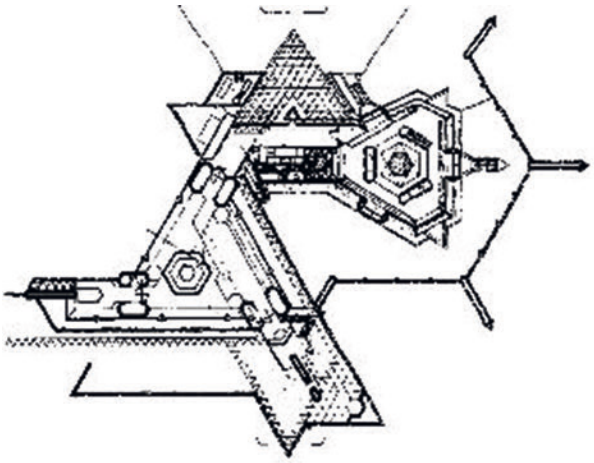
1

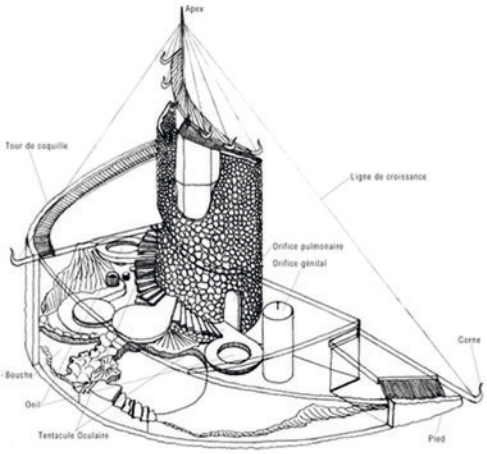


2

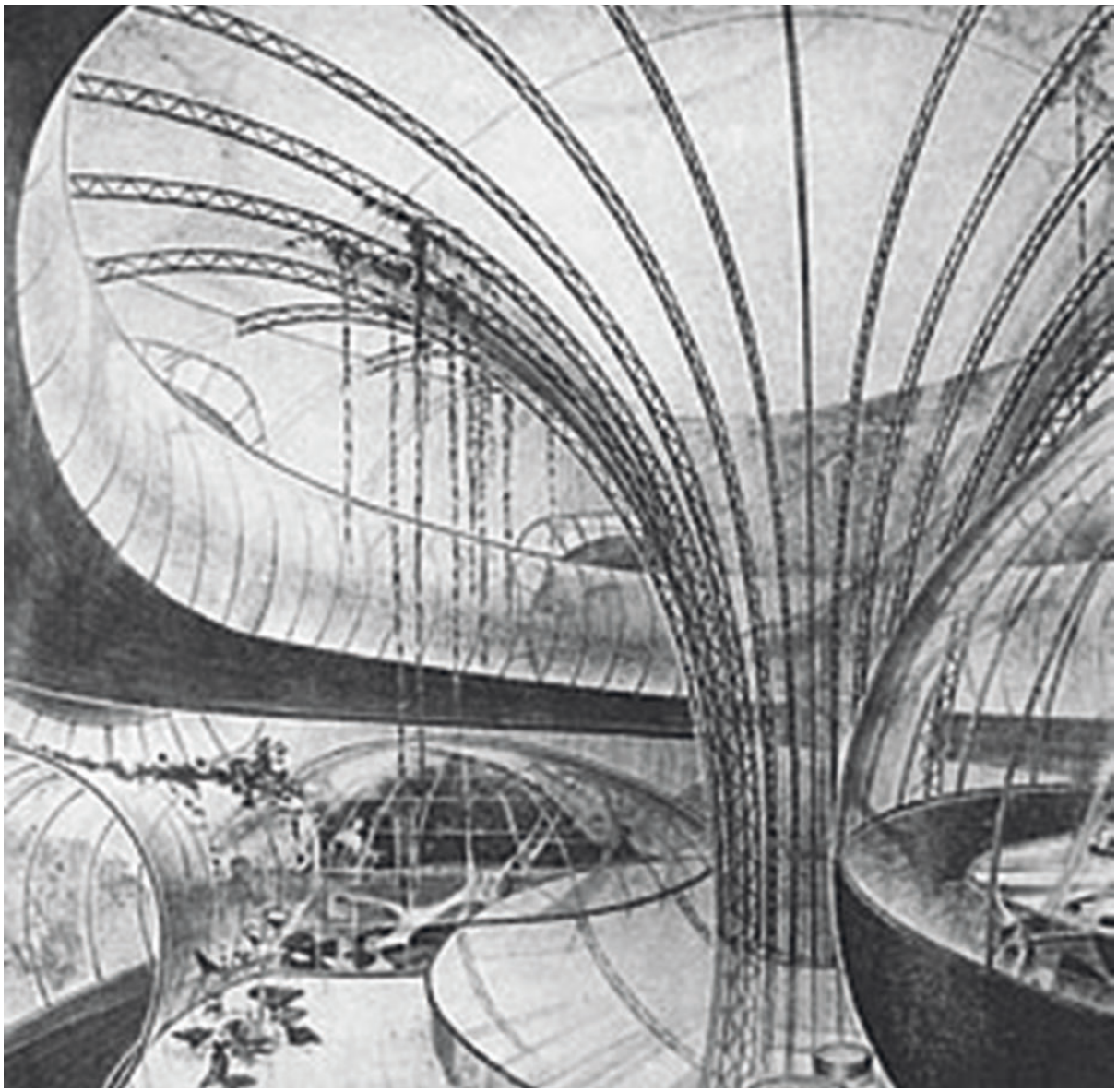
Mathematik: *Bifurkationsparabel*
Daniel Libeskind: *The Spiral* (1997)

3, 4





5

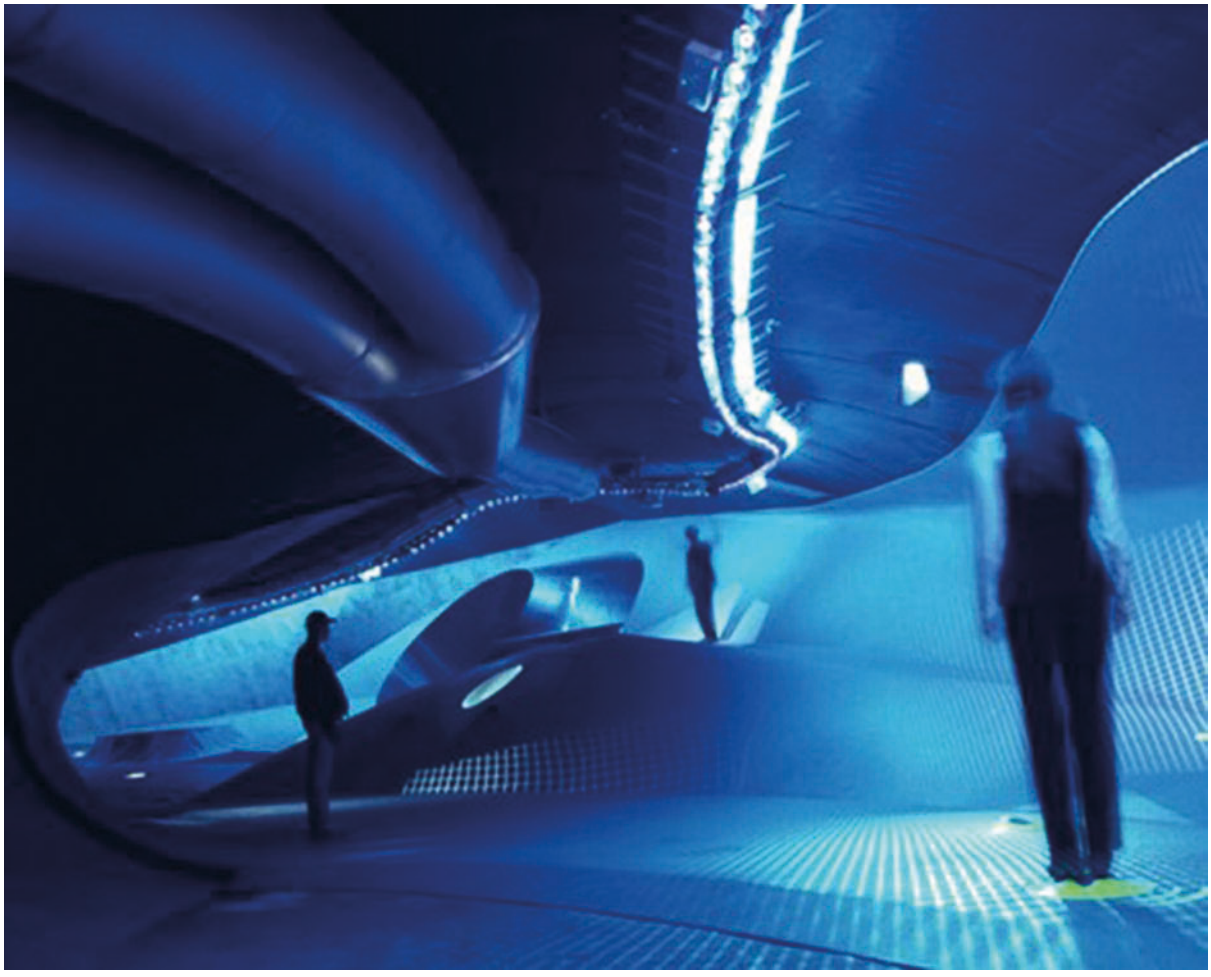


Bruce Goff: *Price Haus* (1956–76)
Bruce Goff: *Garvey Haus* (1952)

Bruce Goff: *Bavinger Haus* (1950)



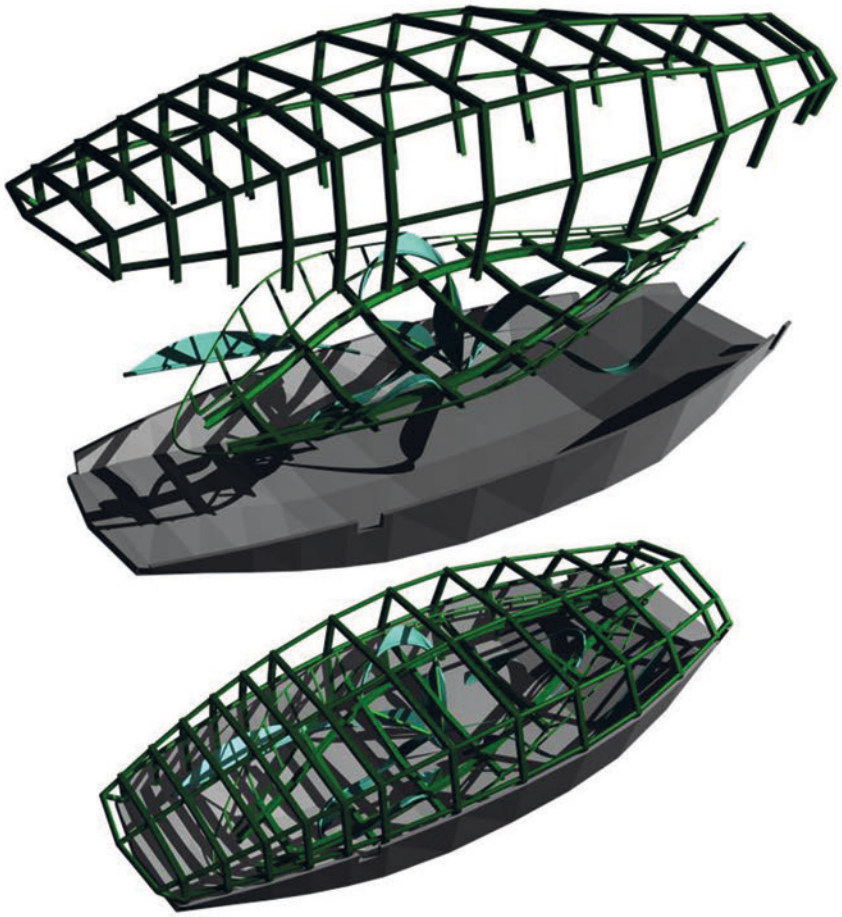
1



2

NOX/Kas Oosterhuis/ONL: *Luftbild – Water Pavilion* (1994–97)
NOX: *FreshH2OeXPO (Fresh Water Pavilion)* (1994–97)

3



4



Kas Oosterhuis/ONL: *Salt Water Pavilion* (1994–97)



1





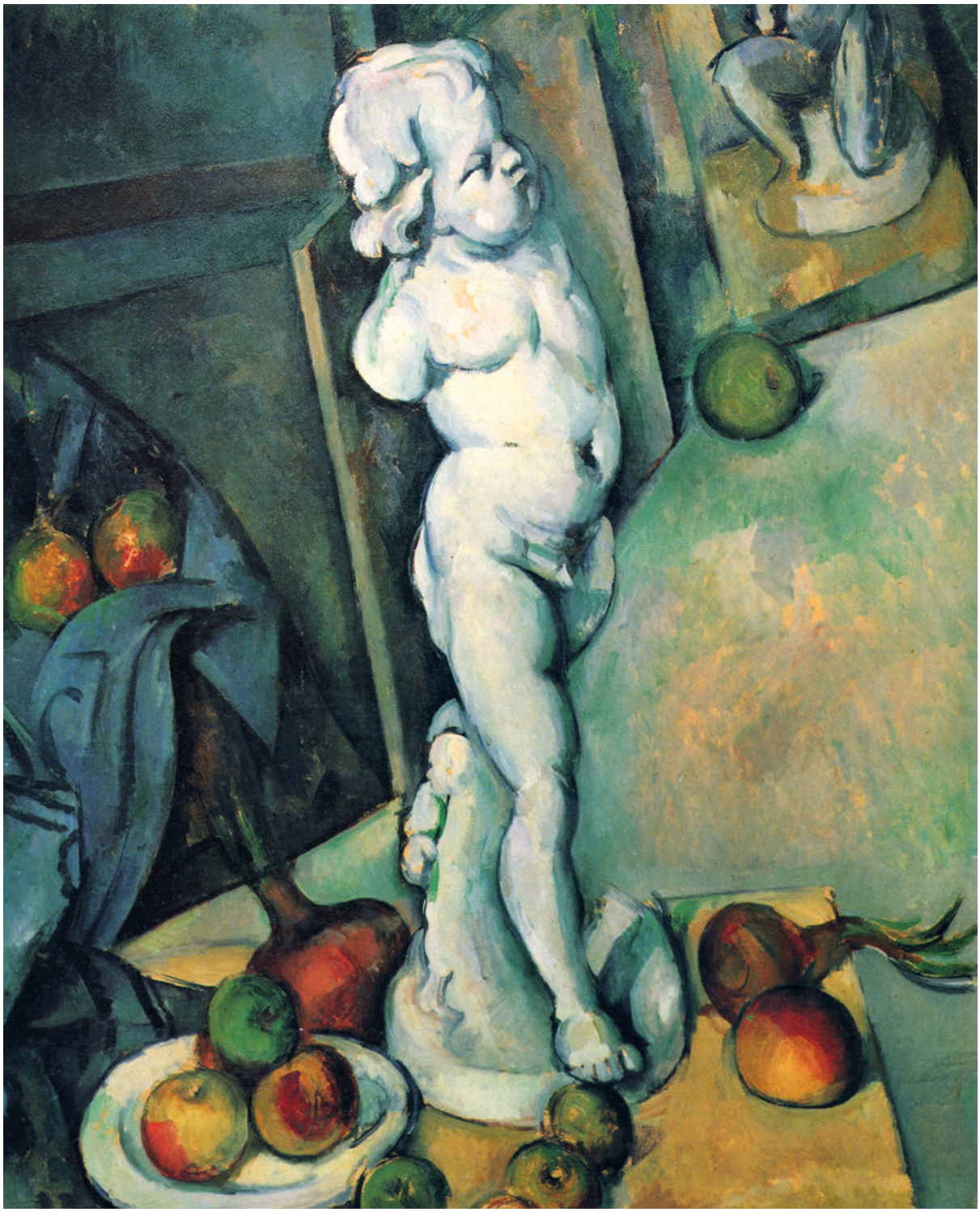
2, 3

Anne Teresa de Keersmaeker: *Vortex Temporum*

Albrecht Dürer: *Selbstbildnis mit Landschaft* (1498)

Albrecht Dürer: *Madonna mit Kind* (1504/07)

4



Paul Cézanne: *Stillleben mit Putto* (um 1895)

5



6



Max Ernst: *Der verwirrte Planet* (1942)
Robert Rauschenberg: *Monogram* (1959)

1



2



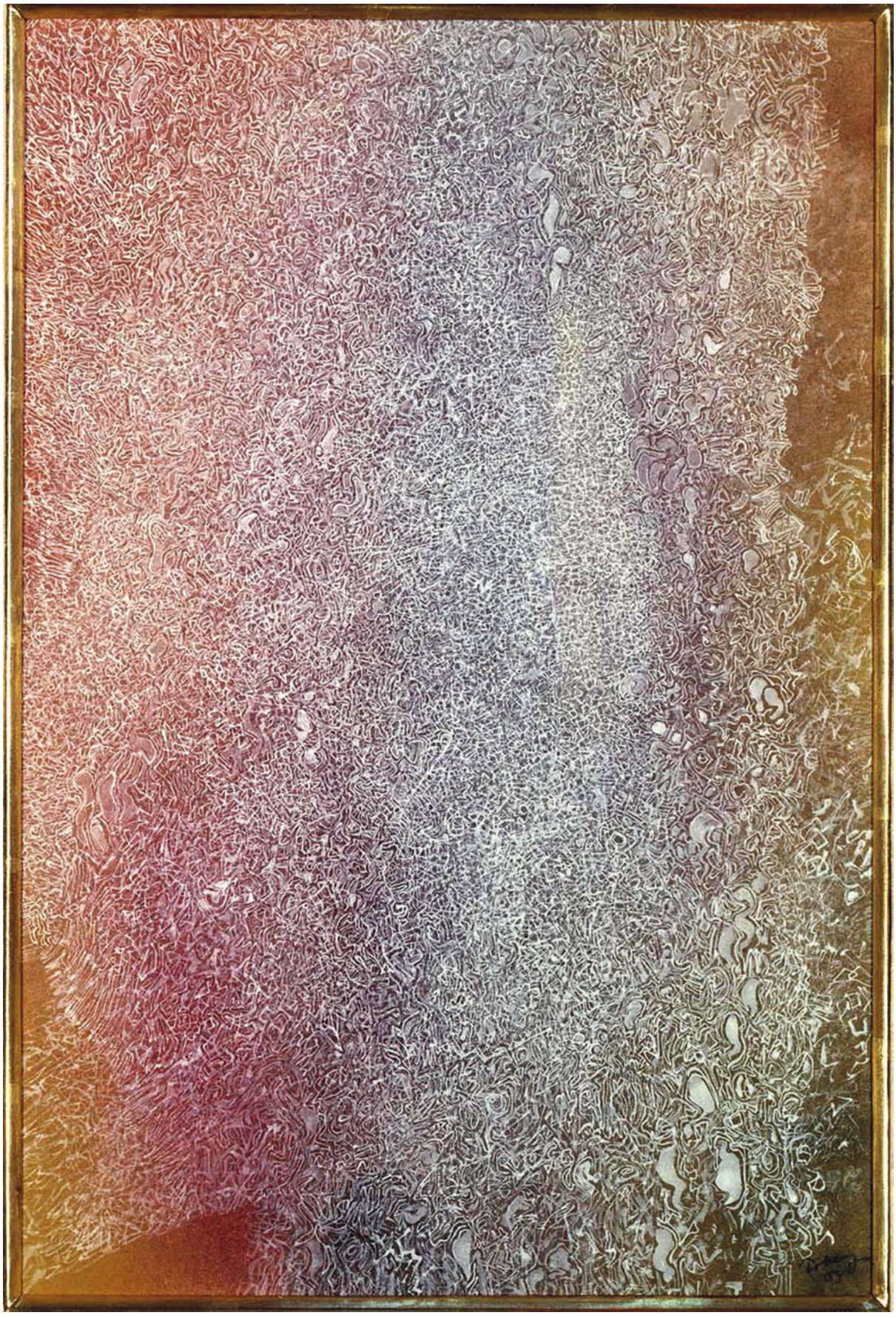
Robert Morris: *Felt Pieces* und *Anti Form* (1968)

3



Wols: *It's all over the city* (1947)

4



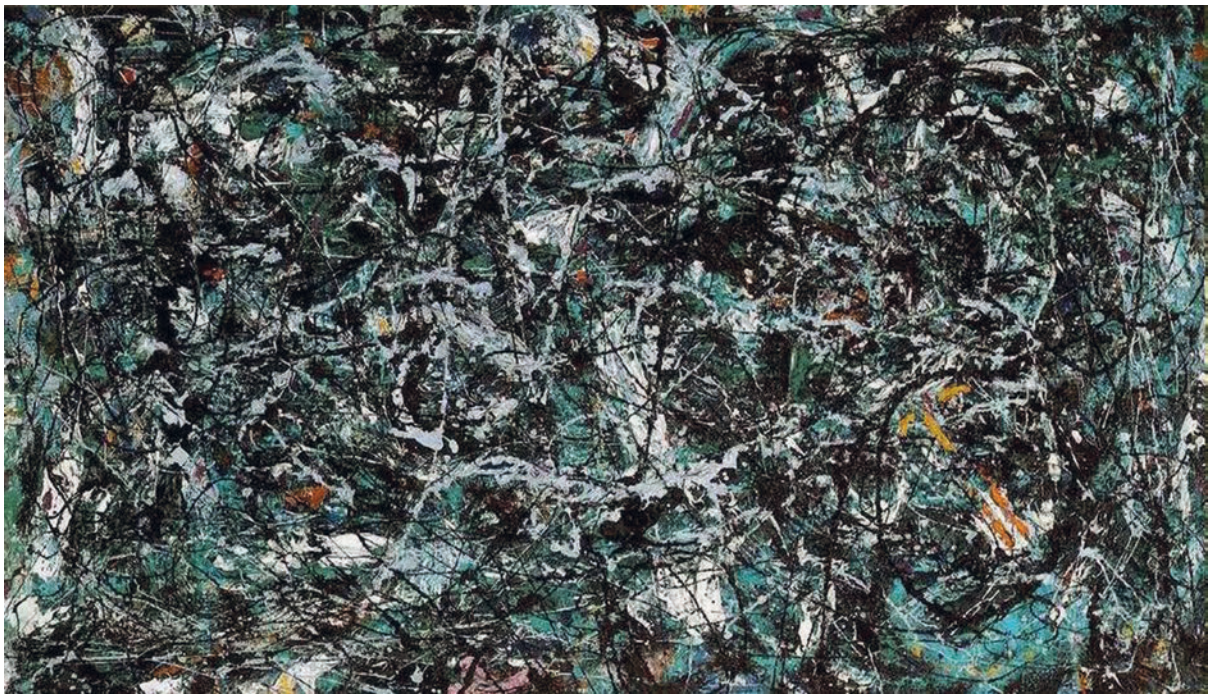
Mark Tobey: *Canticle* (1954)

5

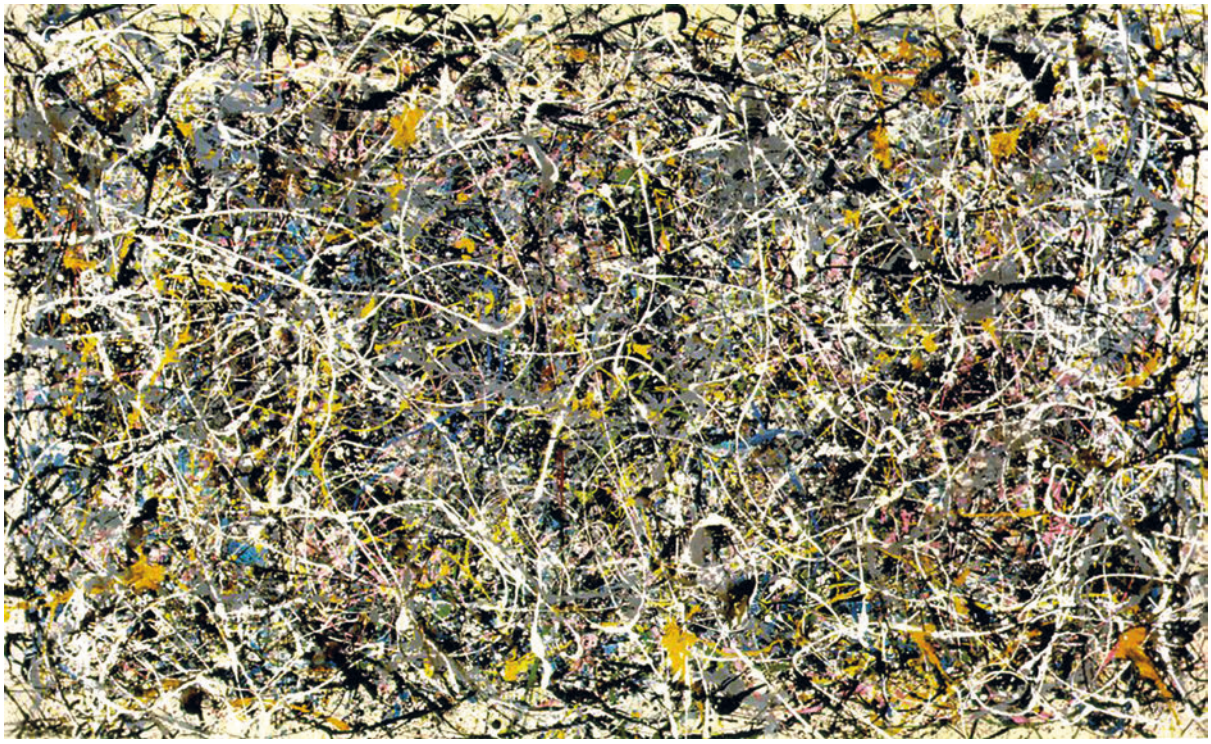


Jackson Pollock: *Kathedrale* (1947)

6



7



Jackson Pollock: *Full Fathom Five* (1947)
Jackson Pollock: *Number 1* (1948)



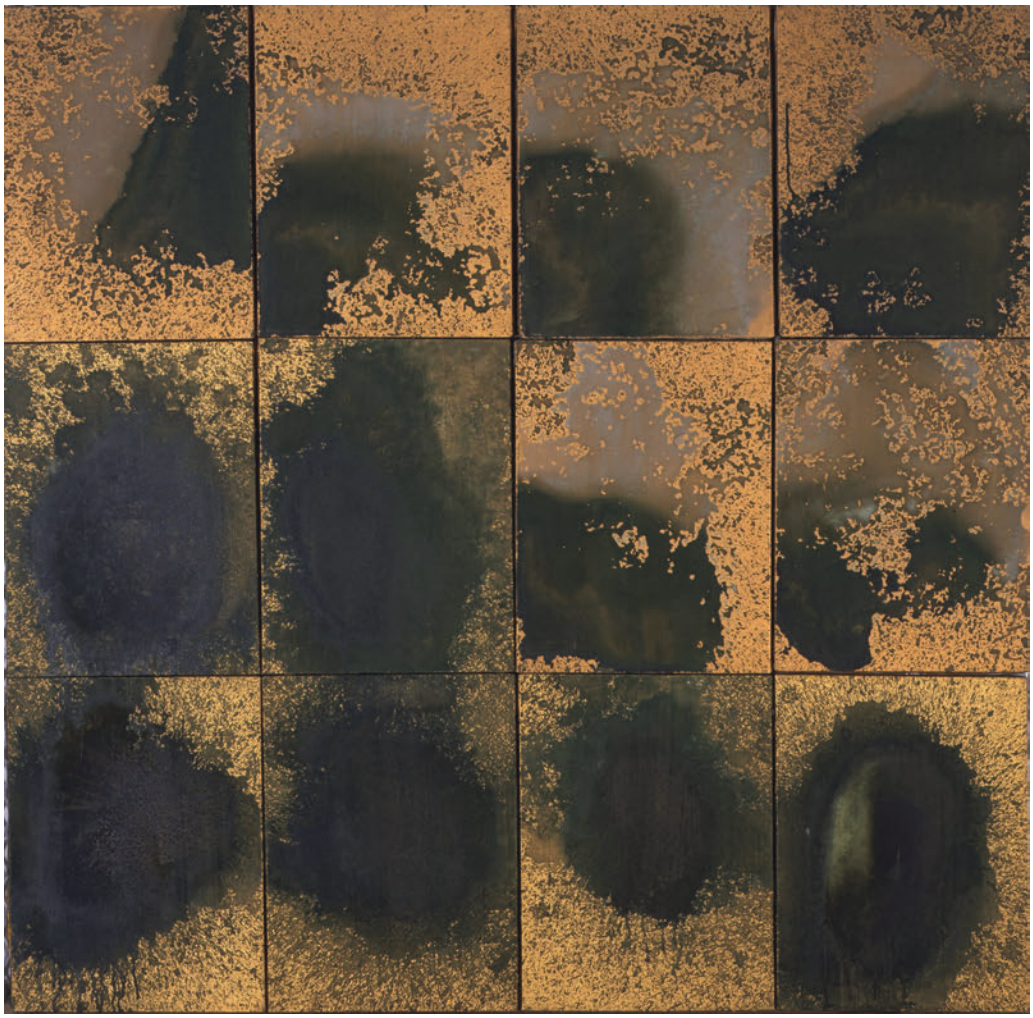
8



9

Jackson Pollock: *Autumn Rhythm Number 30* (1950)
Jackson Pollock: *Convergence* (1952)

10



11



Andy Warhol: *Oxidation Paintings* (1977–78)
Sam Francis: *Untitled* (1962)

12, 15



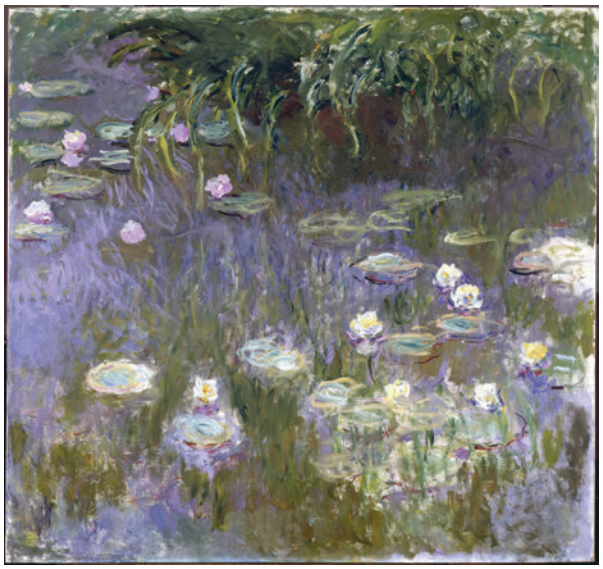


13, 16





14, 17





Claude Monet: *Seerosen* (1906)/(1915)/(1922)

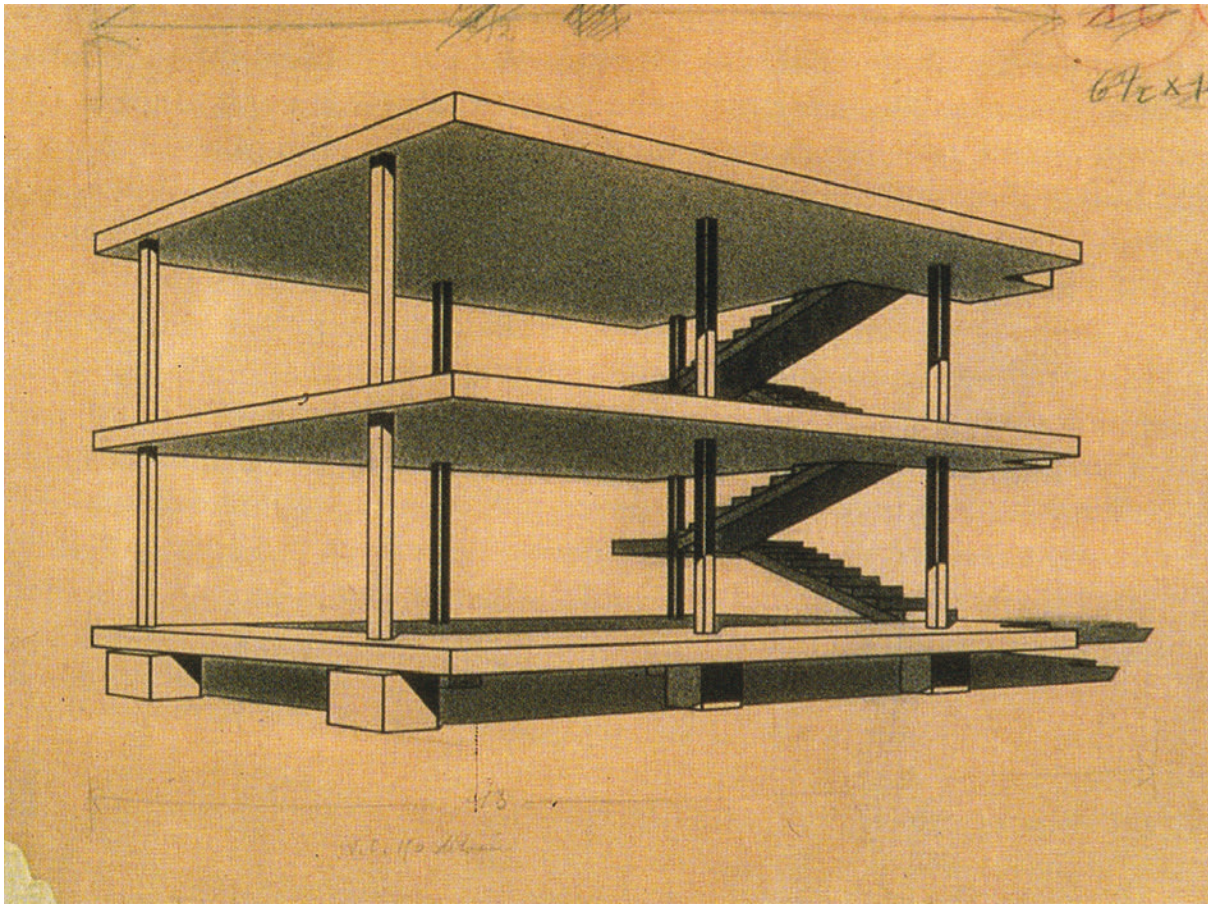
Jean Fautrier: *Multiple Originals – Les Otages* (1950)

1, 2





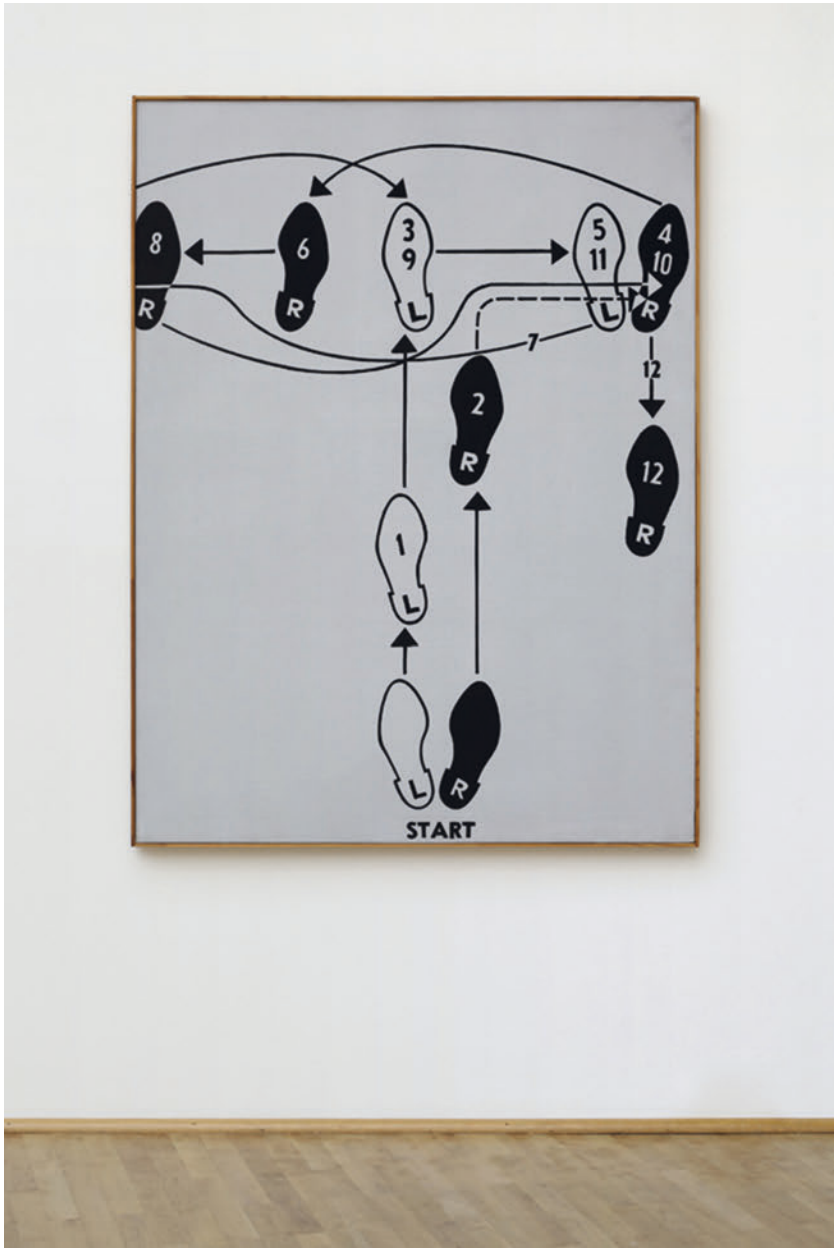
3



England: *Stonehenge*
Le Corbusier: *Maison Dom-Ino* (1914)

Moab, Utah (USA): *Petroglyphen Karawane von Dickhornschafen*

4

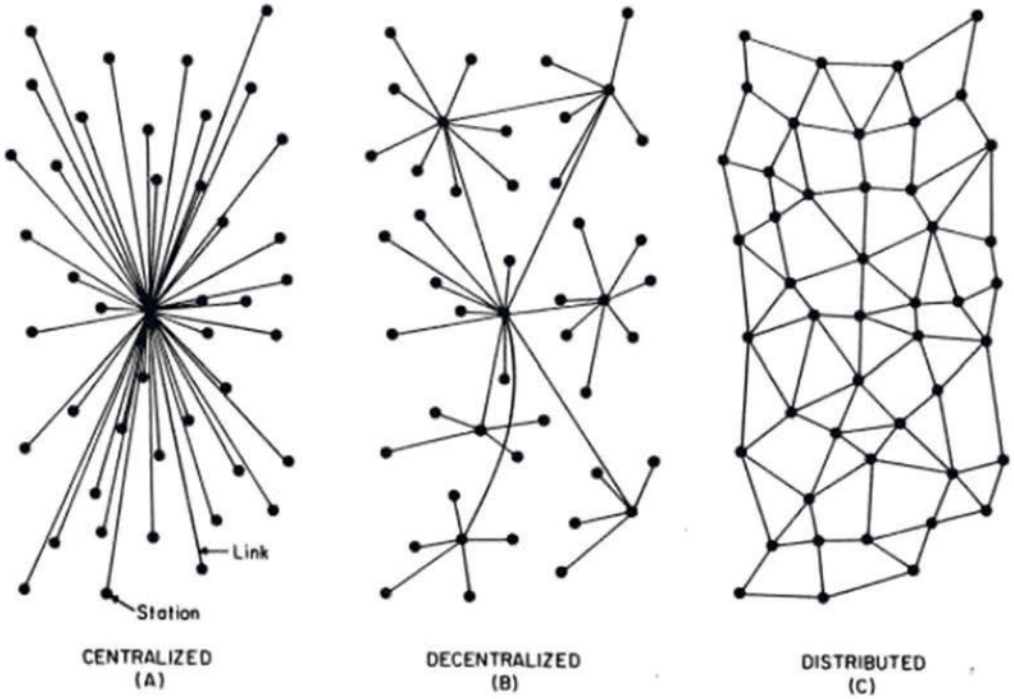


5

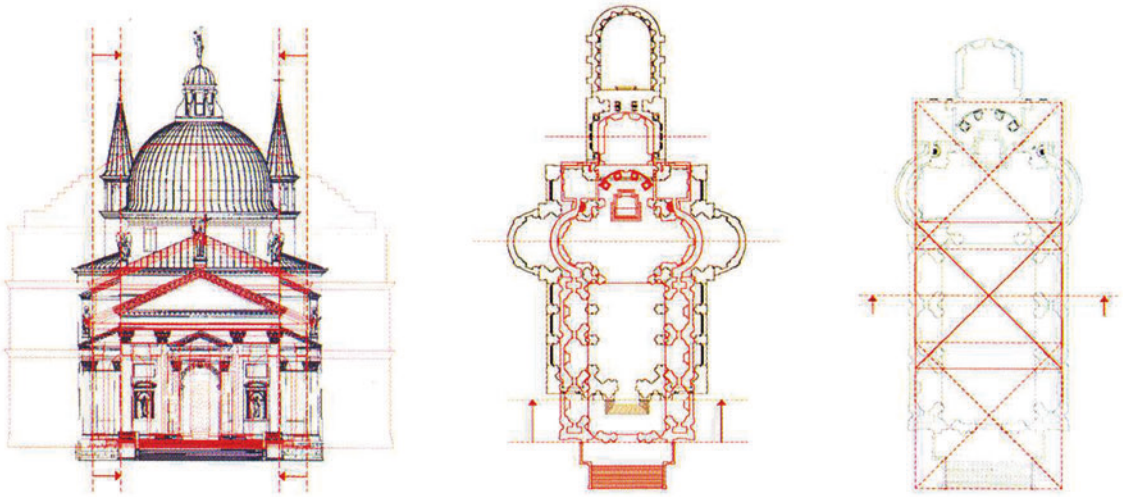


Andy Warhol: *Fox Trot: „The Double Twinkle – Man"* (1962)

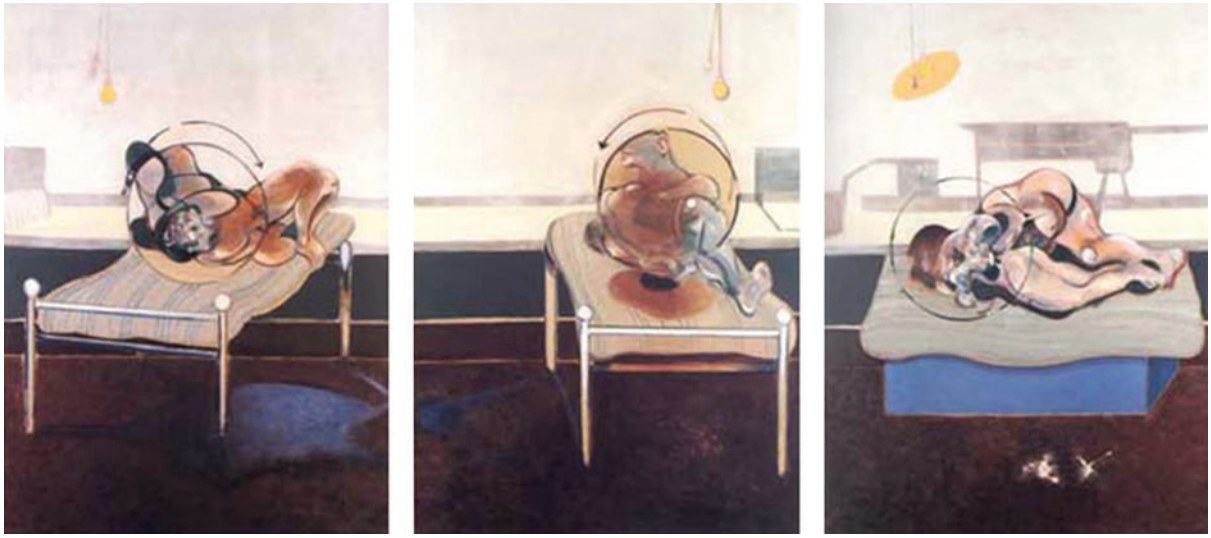
6



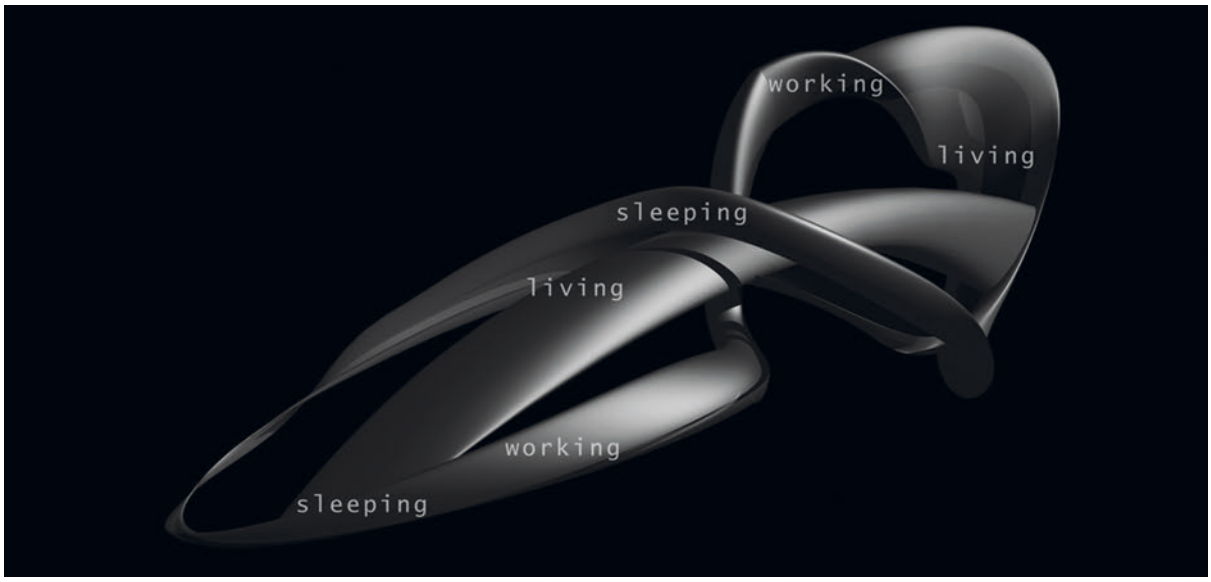
7



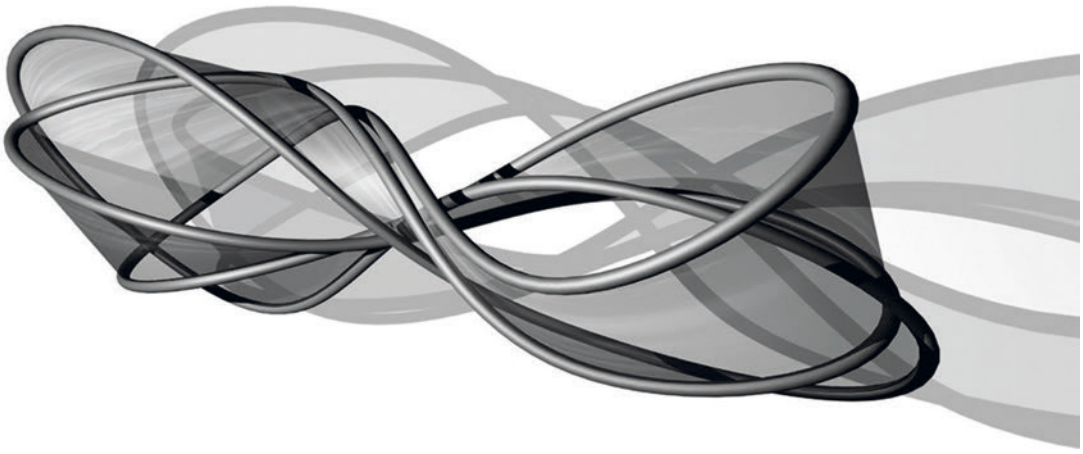
8



Christopher Alexander: *A City is not a Tree* (1965)
Peter Eisenman: *Diagrams of Anteriority* (1982)
Francis Bacon: *Three Studies of Figures on Bed* (1972)



9



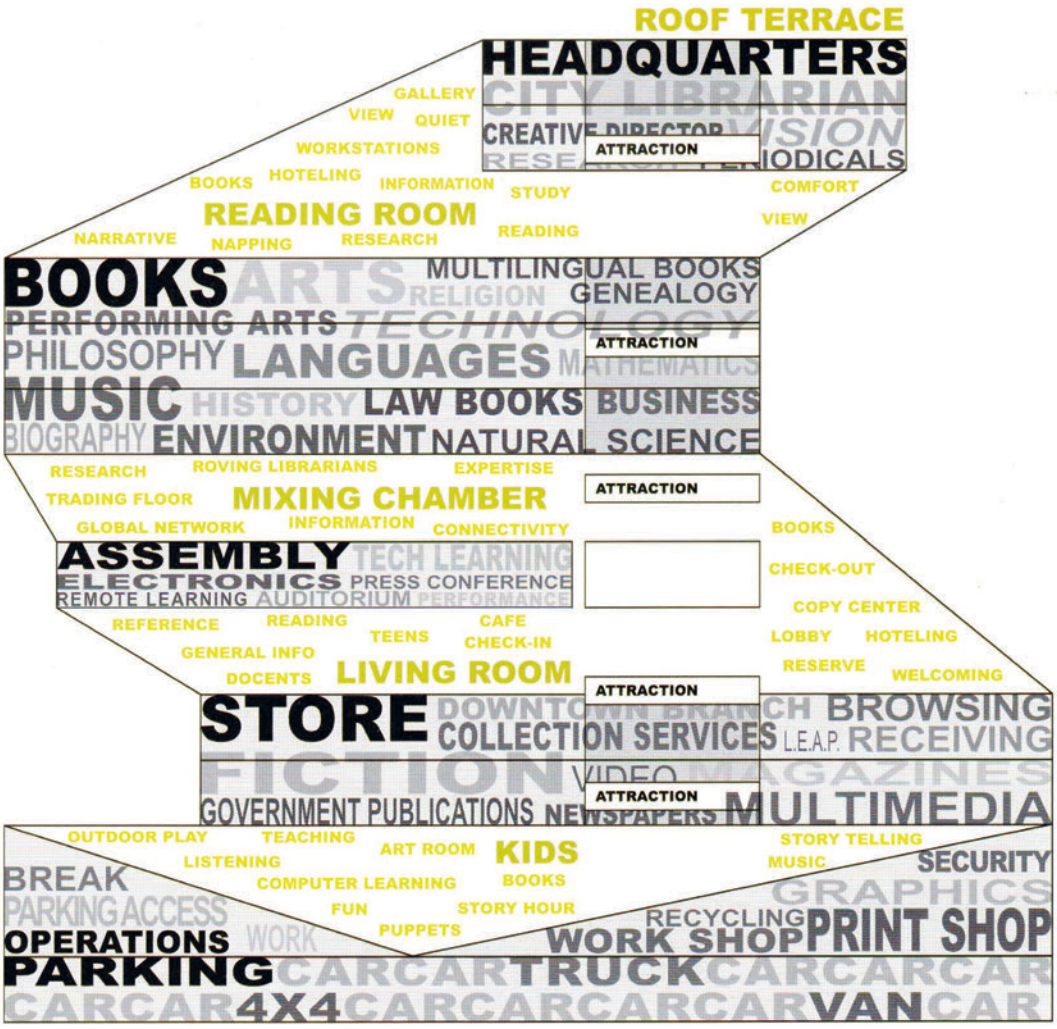
10



11

UNStudio: *Möbius Haus* (1993)

12

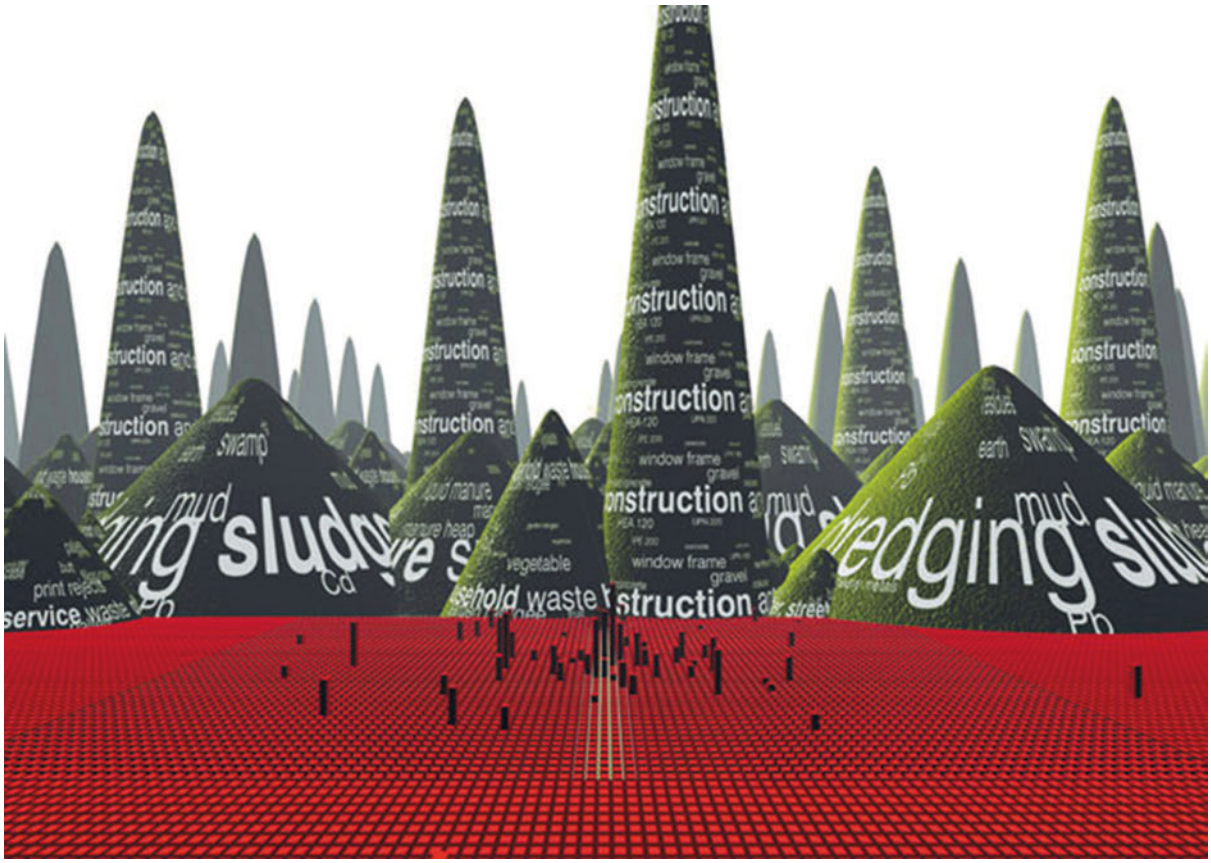


13

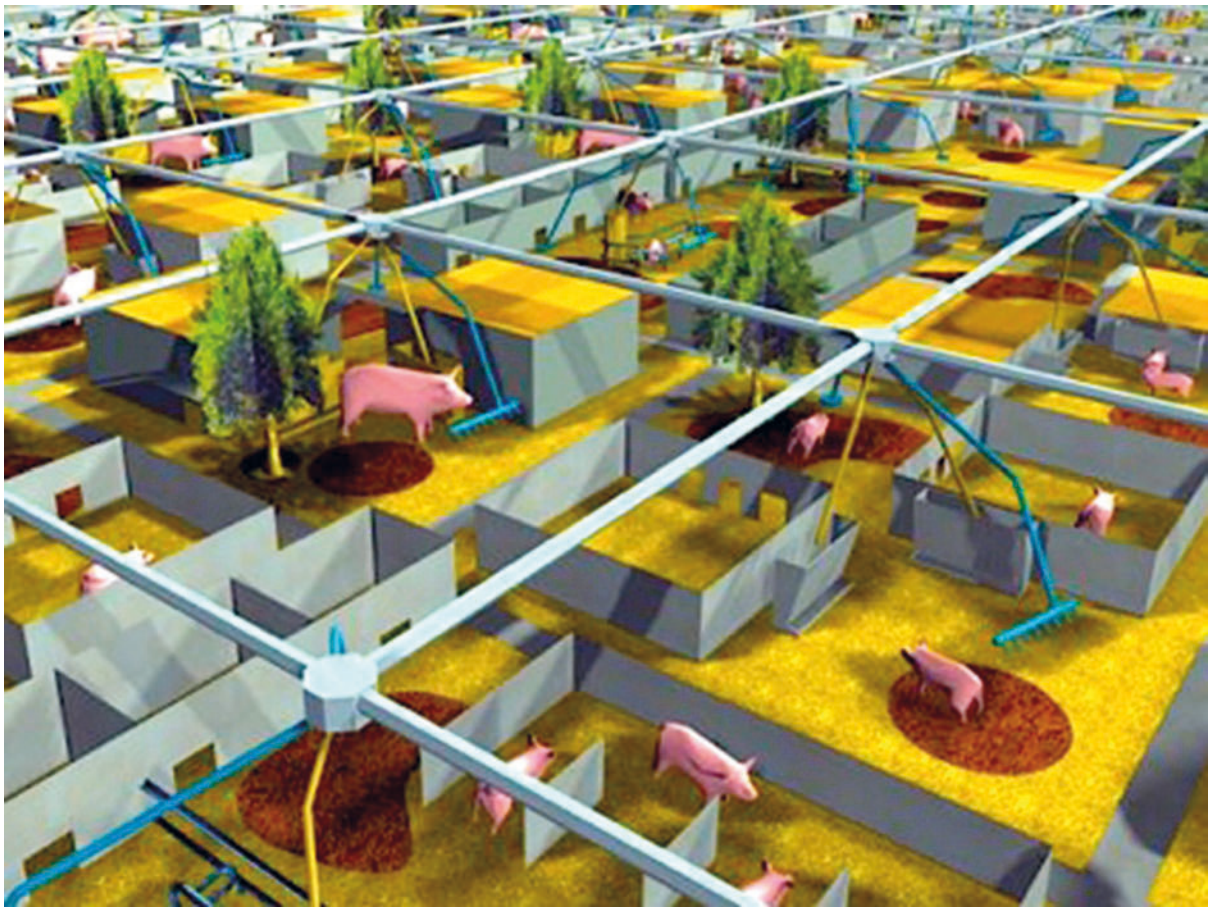


OMA: *Seattle Public Library* (2003)

14

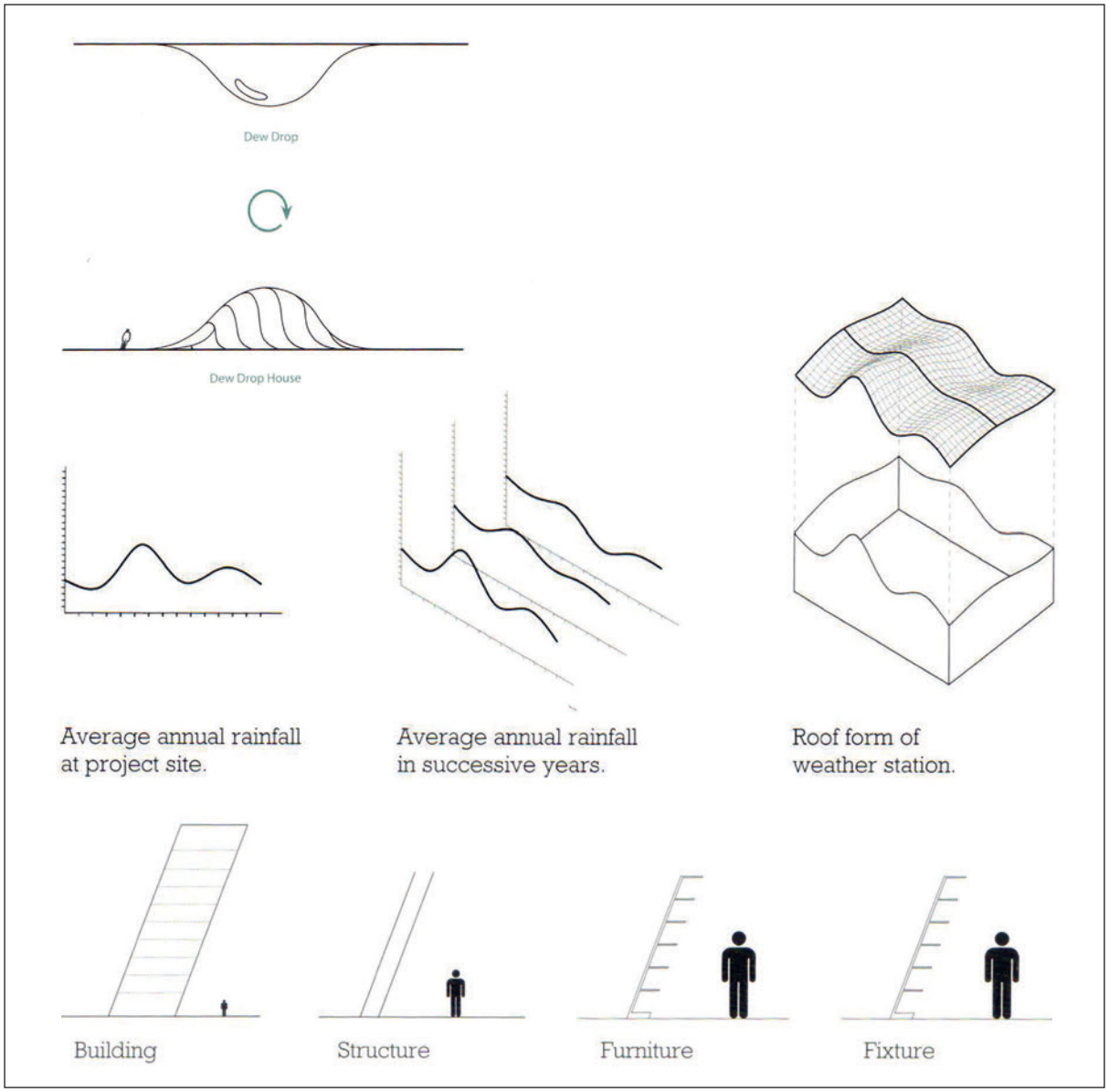


15



MVRDV: *Metacity Datatown* (1998–99)
MVRDV: *Pig City* (2000–01)

16



17, 18, 19



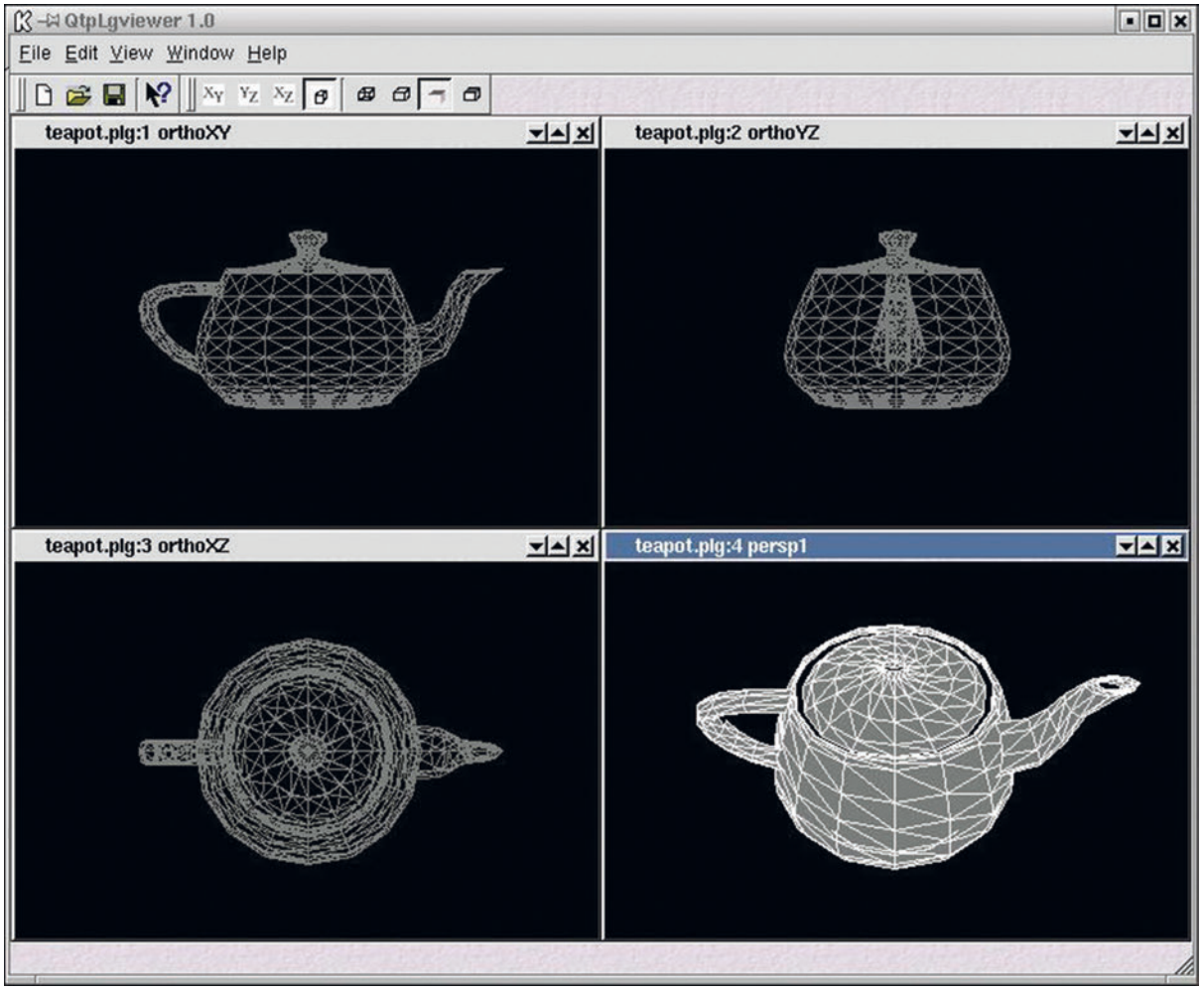




Reiser + Umemoto: *Tautropfen/Dachform/Maßstäbe – Atlas of Novel Tectonics* (2006)
Außenbeleuchtung und Merchandising Artikel vom *Nationalstadion der Olympischen Sommerspiele* (2008)



1



2

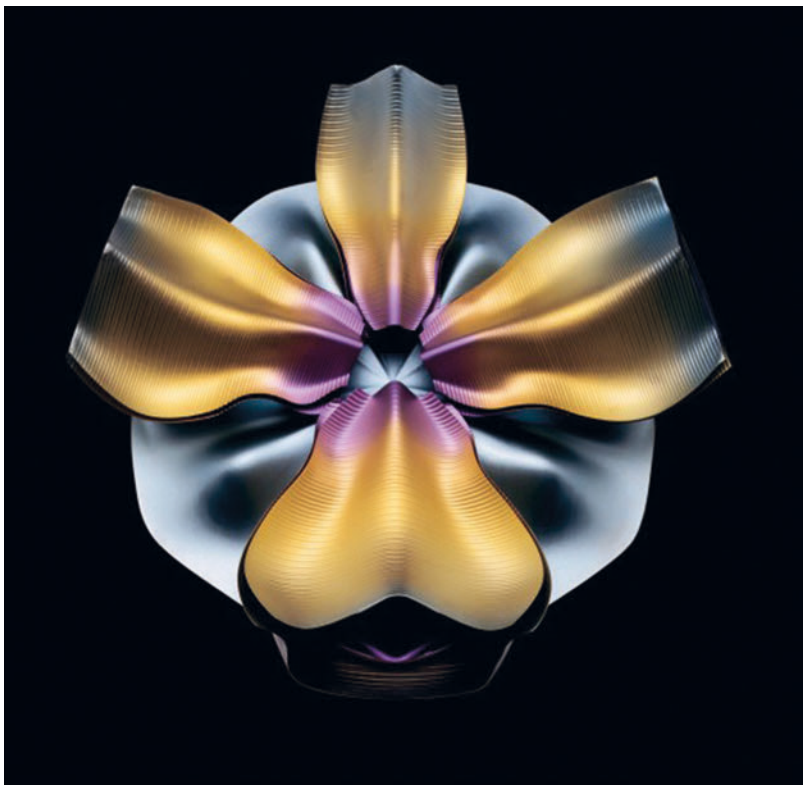
Martin Newell: *Utah-Teekanne* (1975)

3, 4

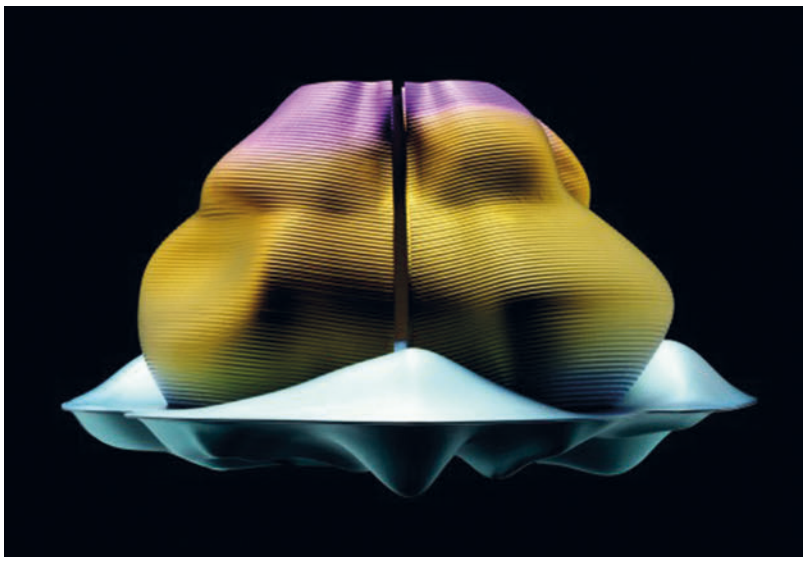




5

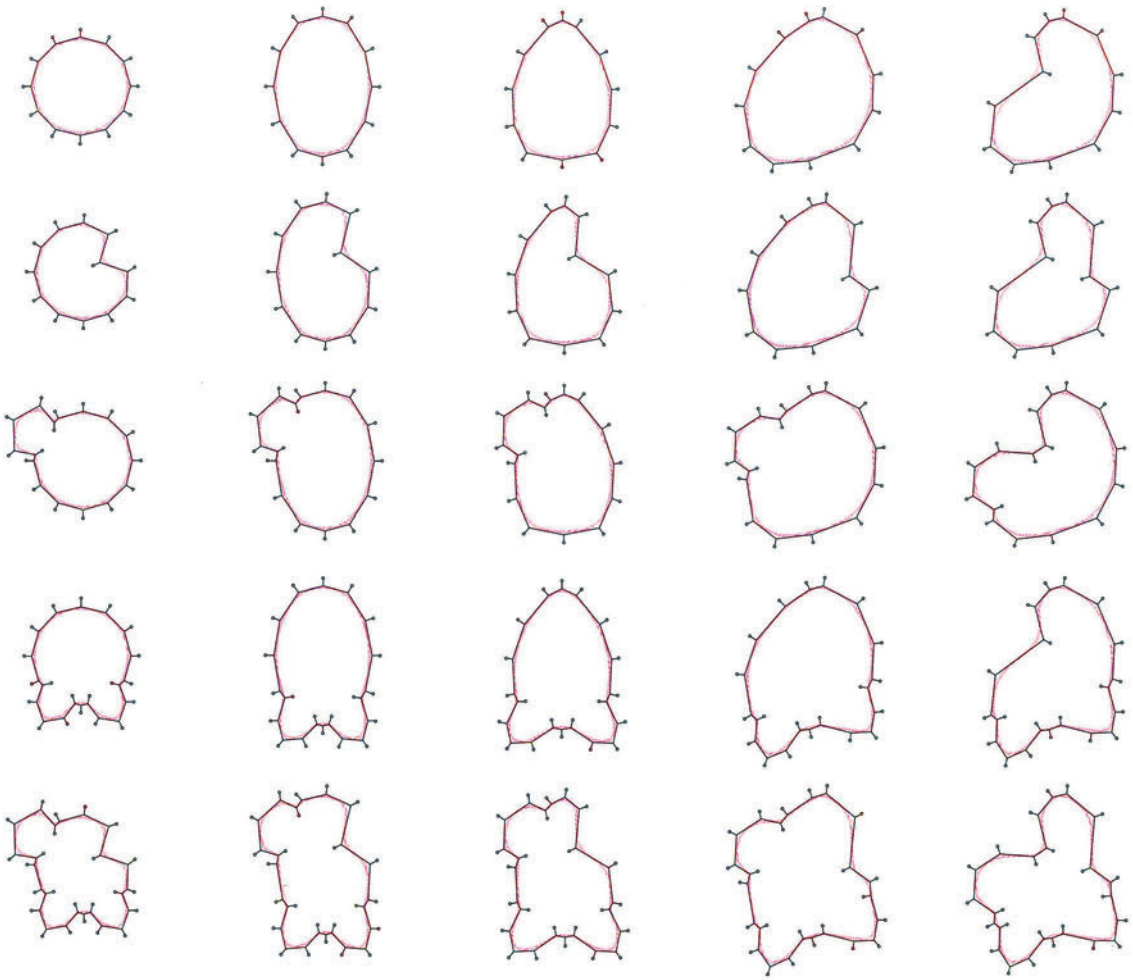


6

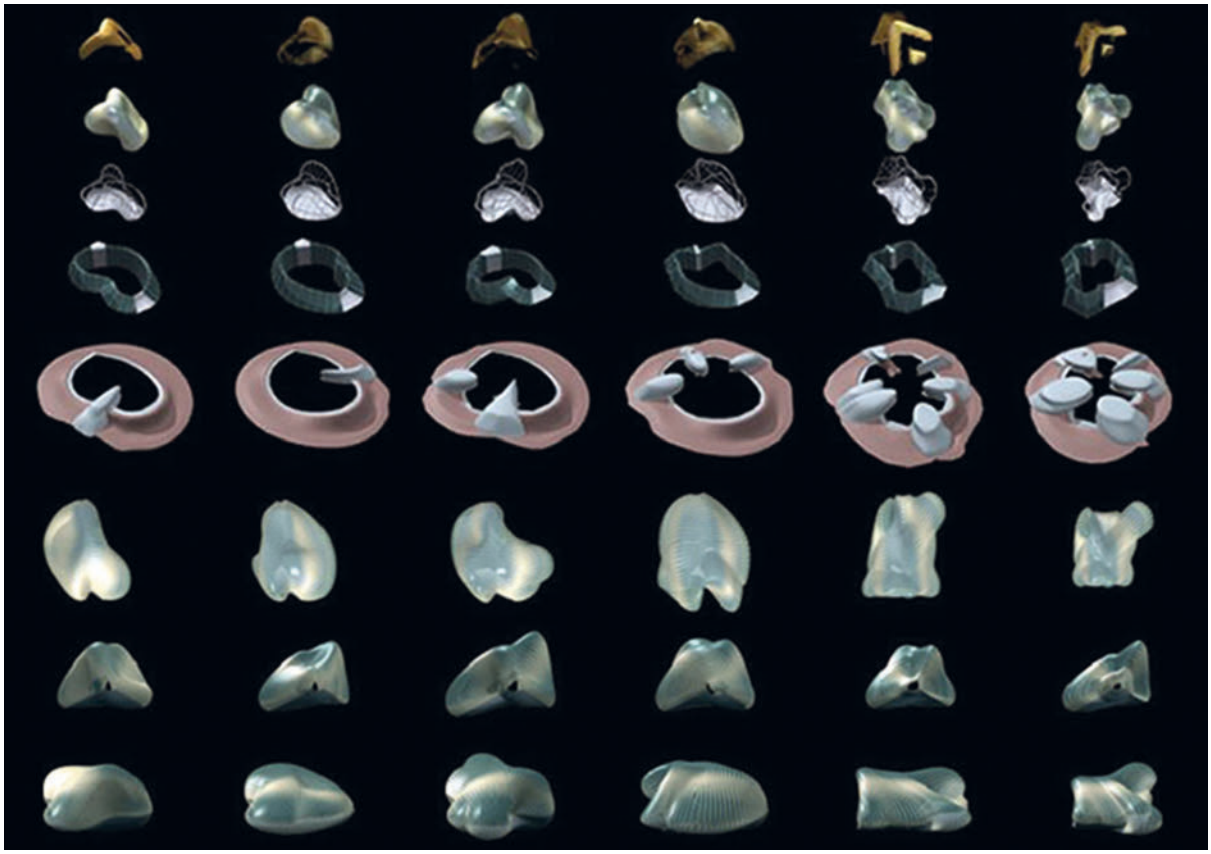


Michael Graves: *Alessi - Tea & Coffee Piazza* (1983)
Greg Lynn: *Alessi - Tea & Coffee Towers* (2003)

Charles Jencks: *Alessi - Tea & Coffee Piazza* (1983)



7



8

Greg Lynn: *Embryological House* (1997–2001)

9

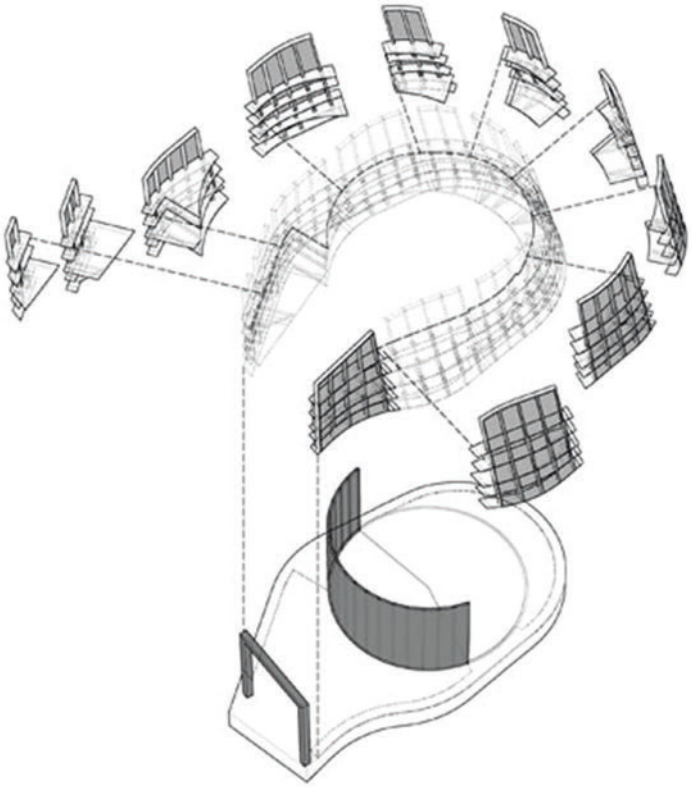


10

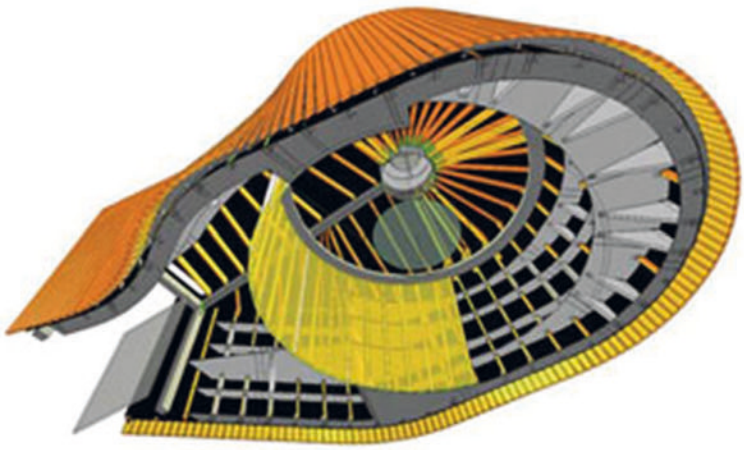


Bernard Cache: *Projective Tables* (2003)

11



12

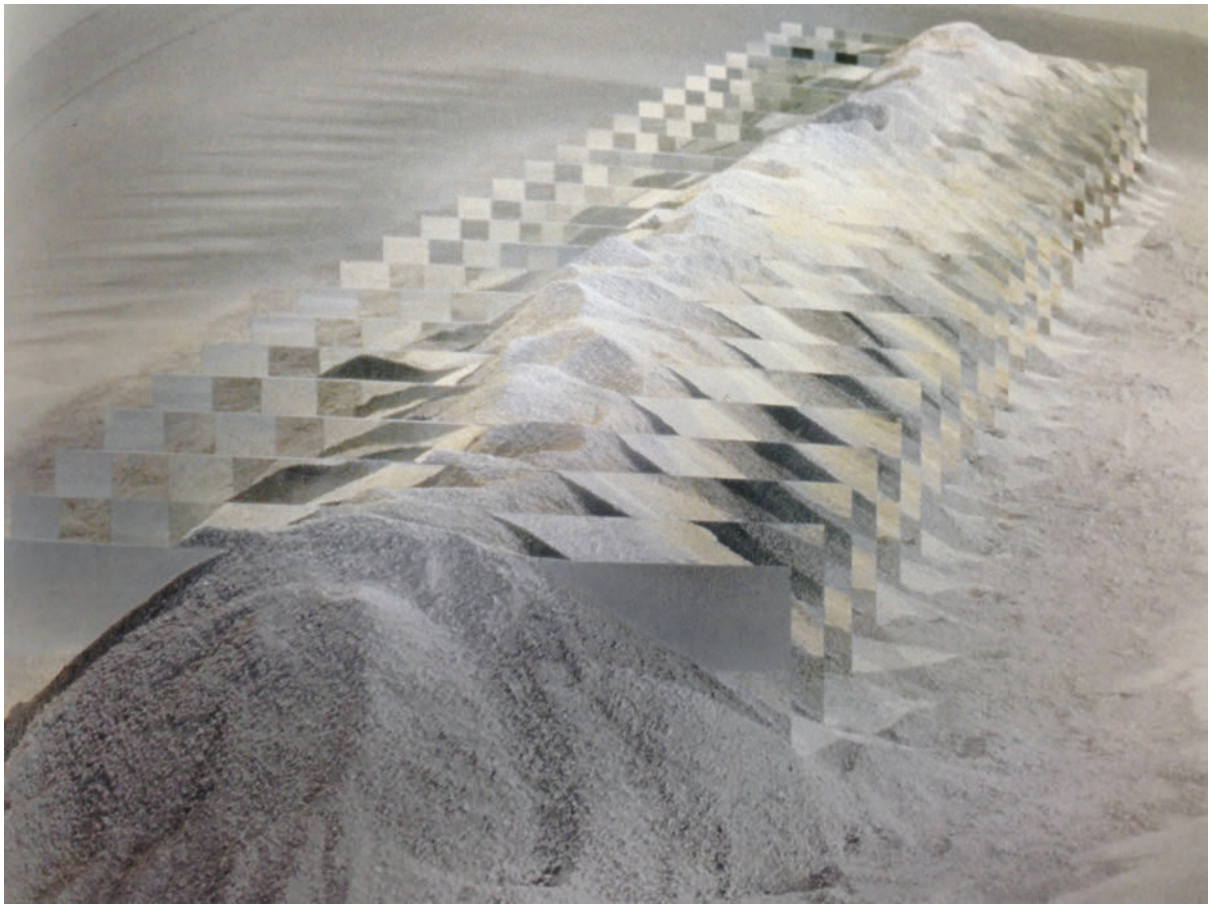


13

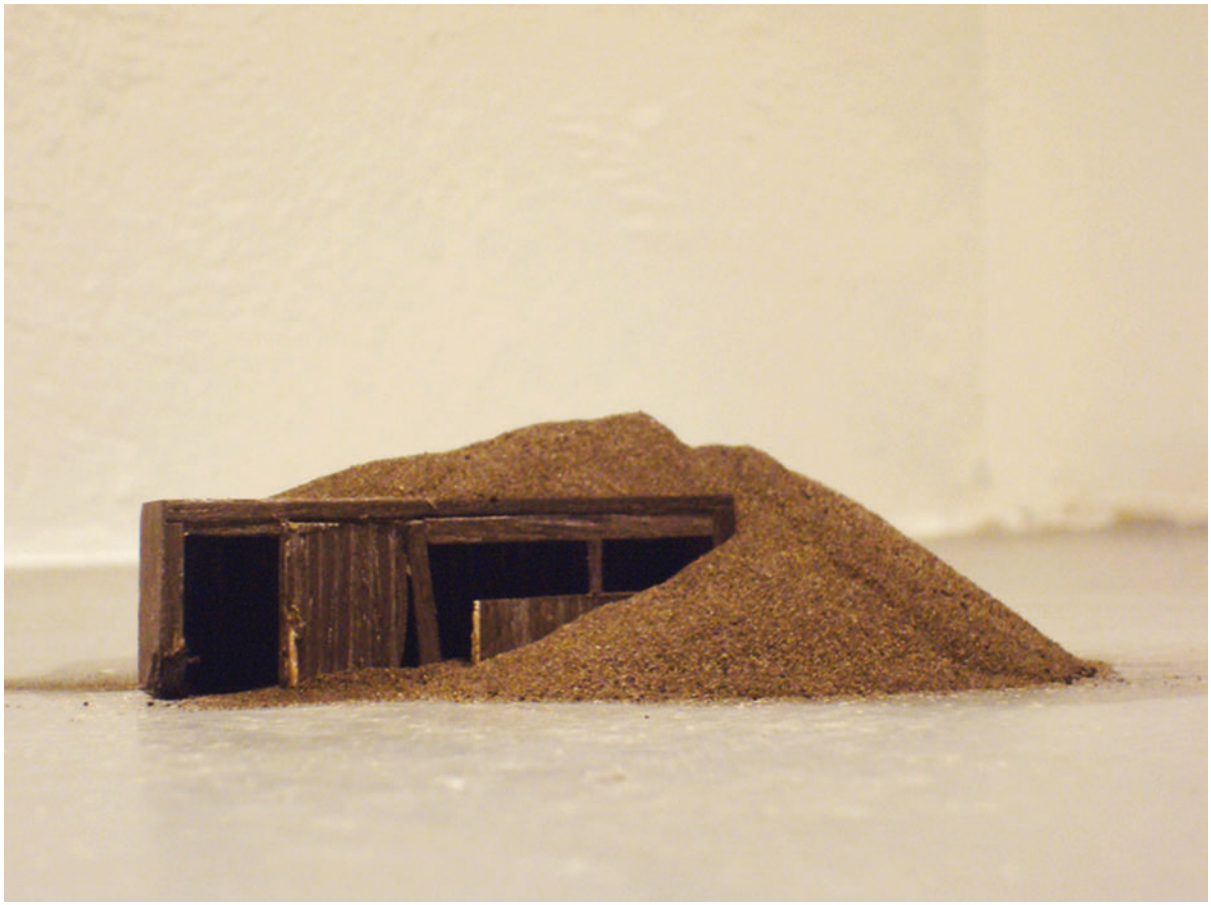


SHoP: *Camera Obscura* (2002–2005)

1



2



Robert Smithson: *Mirrors and Shelly Sand* (1970)
Robert Smithson: *Modell – Partially Buried Woodshed* (1970)



3



4

Robert Smithson: *Partially Buried Woodshed* (1970)
Formlessfinder: *Design Miami Pavilion* (2013)

1



Albert Fürst: *Öl auf Sackleinen* (1954)

2



Albert Fürst: *Nani* (1958)

3



4



Winfred Gaul: *Poèmes Visibles – O.T. (30-10-57)* (1957)
Winfred Gaul: *Farbmanuskripte – Eifersüchtiges Violett* (1959)

5



Winfred Gaul: *Wischbilder – Ohne Titel* (1961)

6



Otto Greis: *Ohne Titel* (1953)



7



8

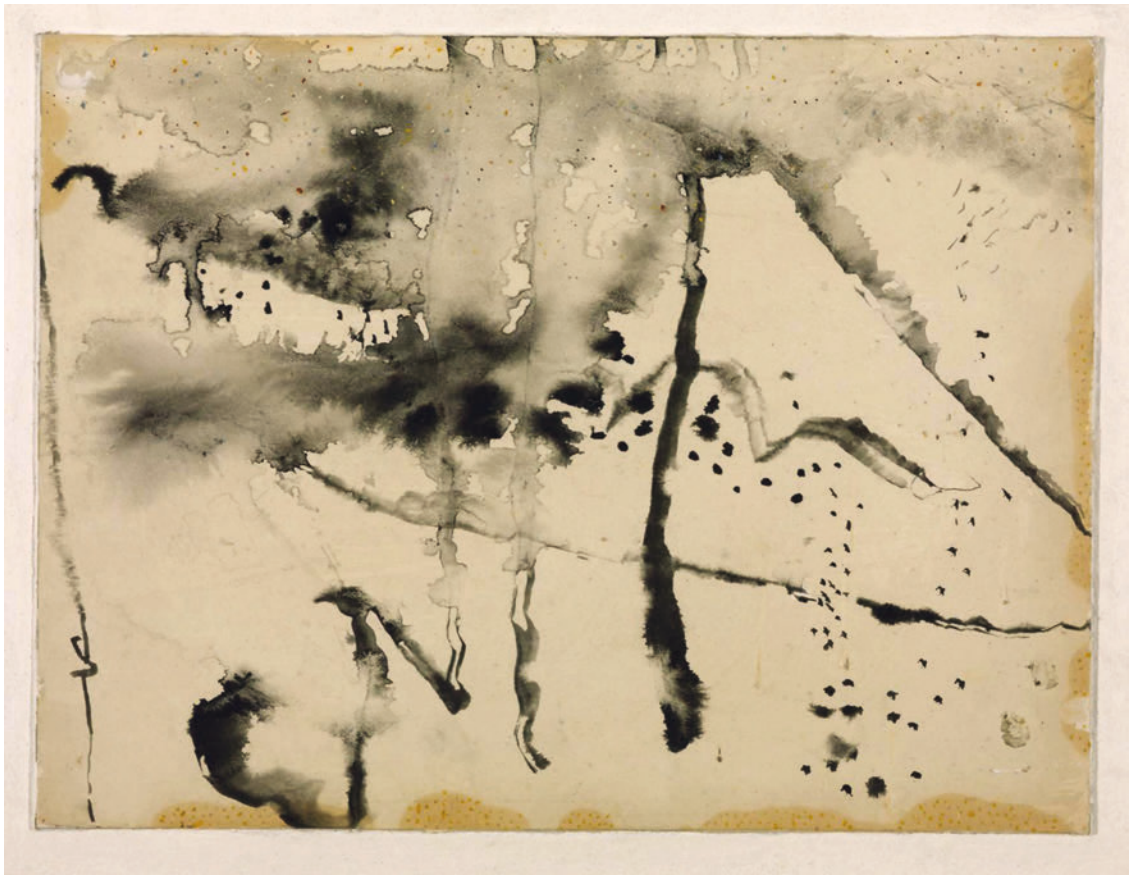
Fred Thieler: *Ohne Titel* (1958)
Fred Thieler: *Mutabor* (1962)

9



Carl Buchheister: *Komposition P 19/51* (1951)

10

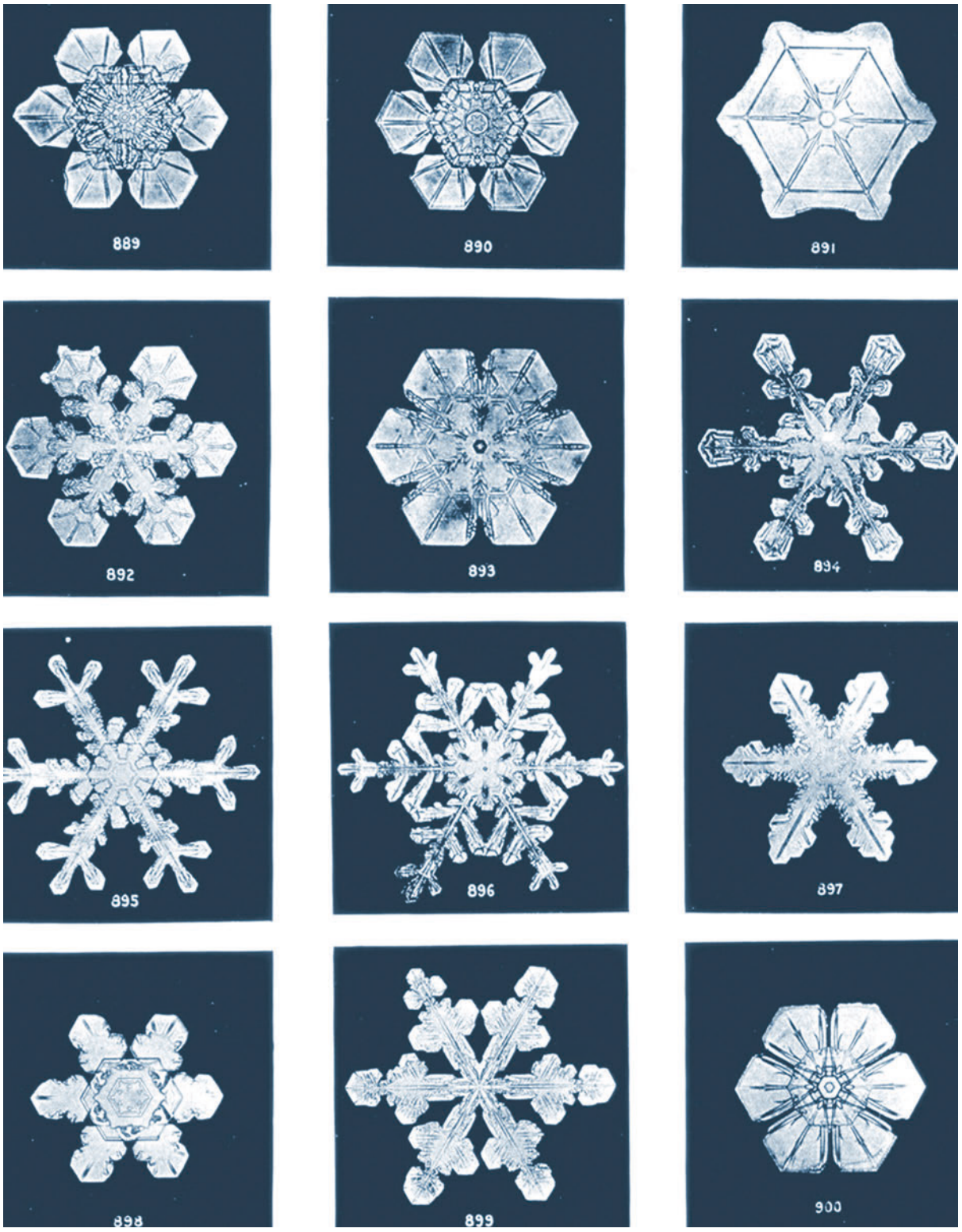


11



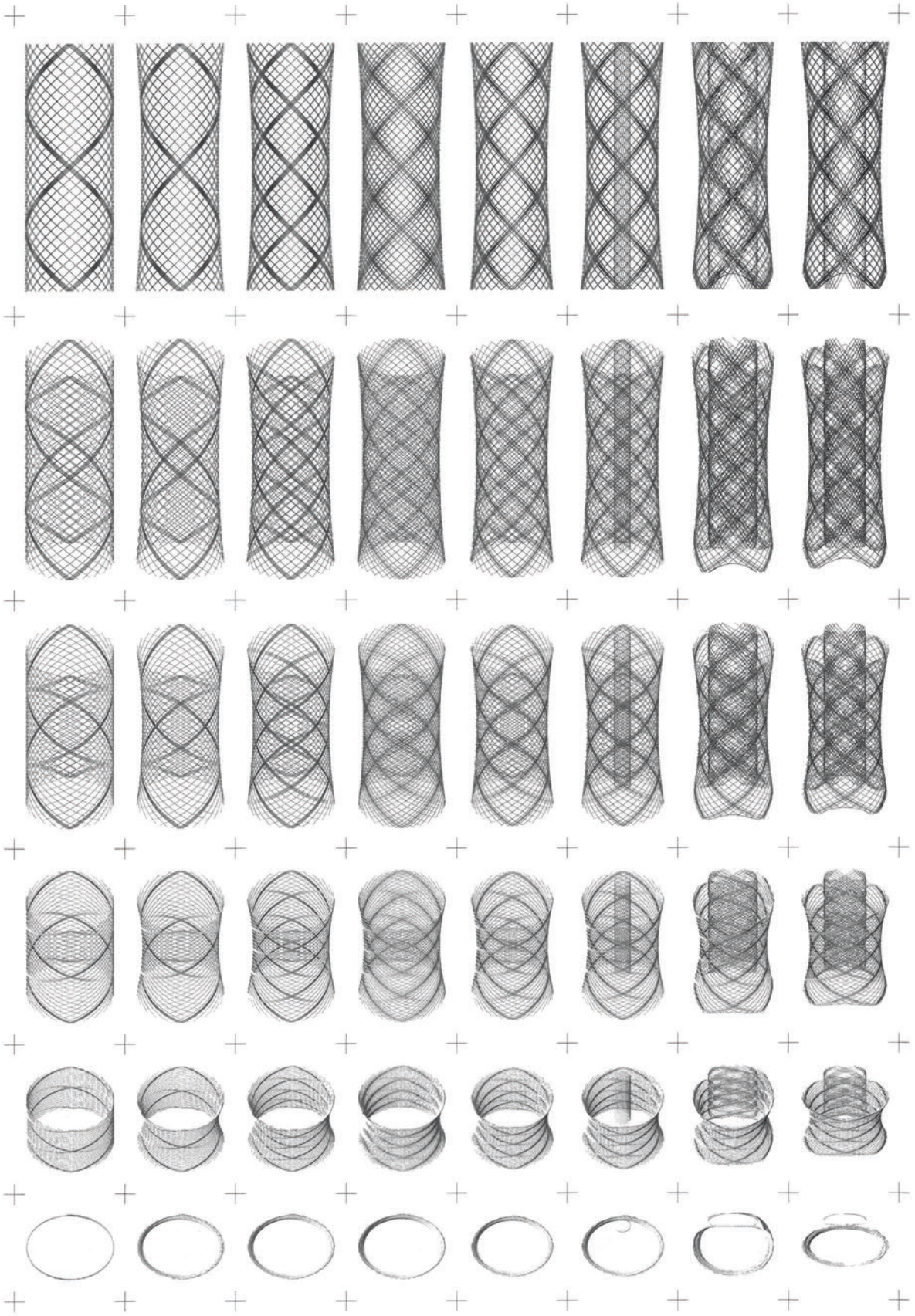
Carl Buchheister: *Komposition Juviem* (1959)
Karl Otto Götz: *Fodat* (1957)

1



Ukichiro Nakaya: *Fotos von Schneeflocken* (1936)

2

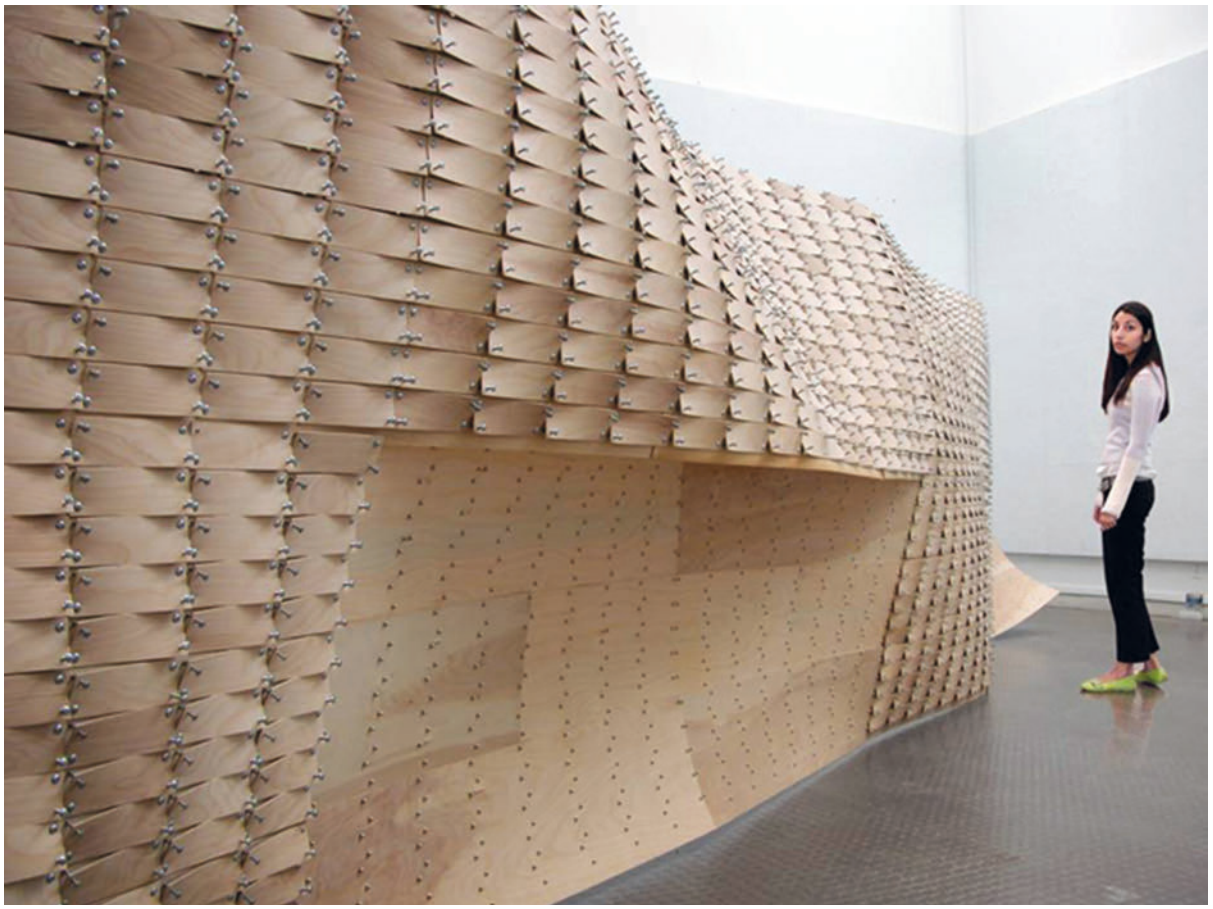


Emergent Design Group: *Evolved double-helix structure – Dublintower* (2004)

3

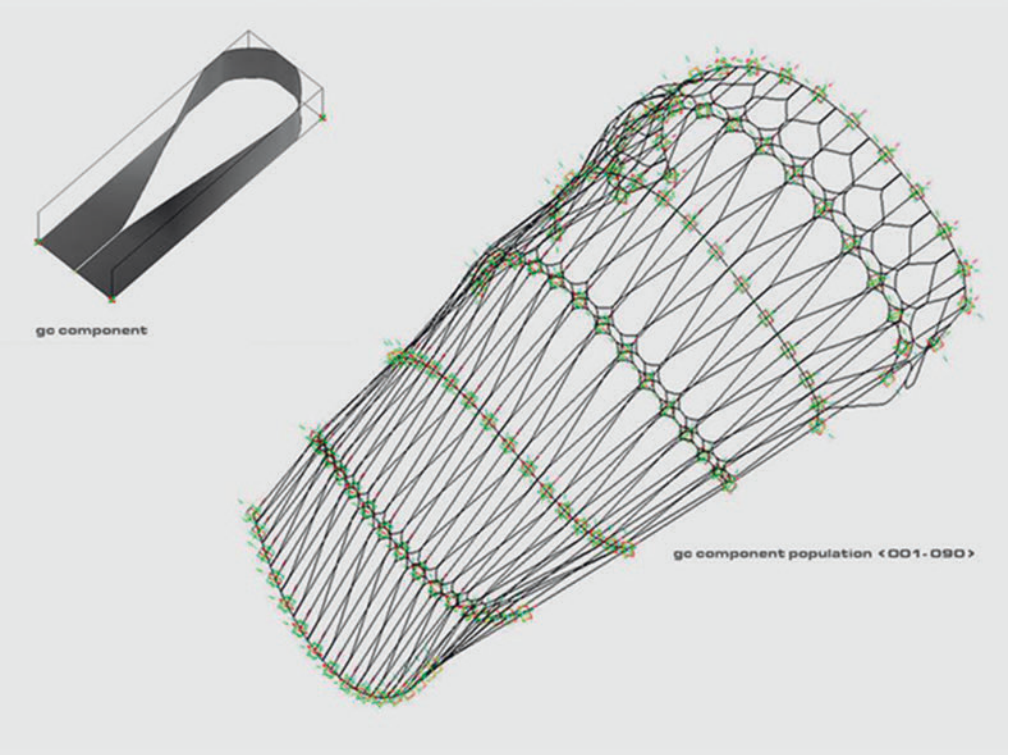


4

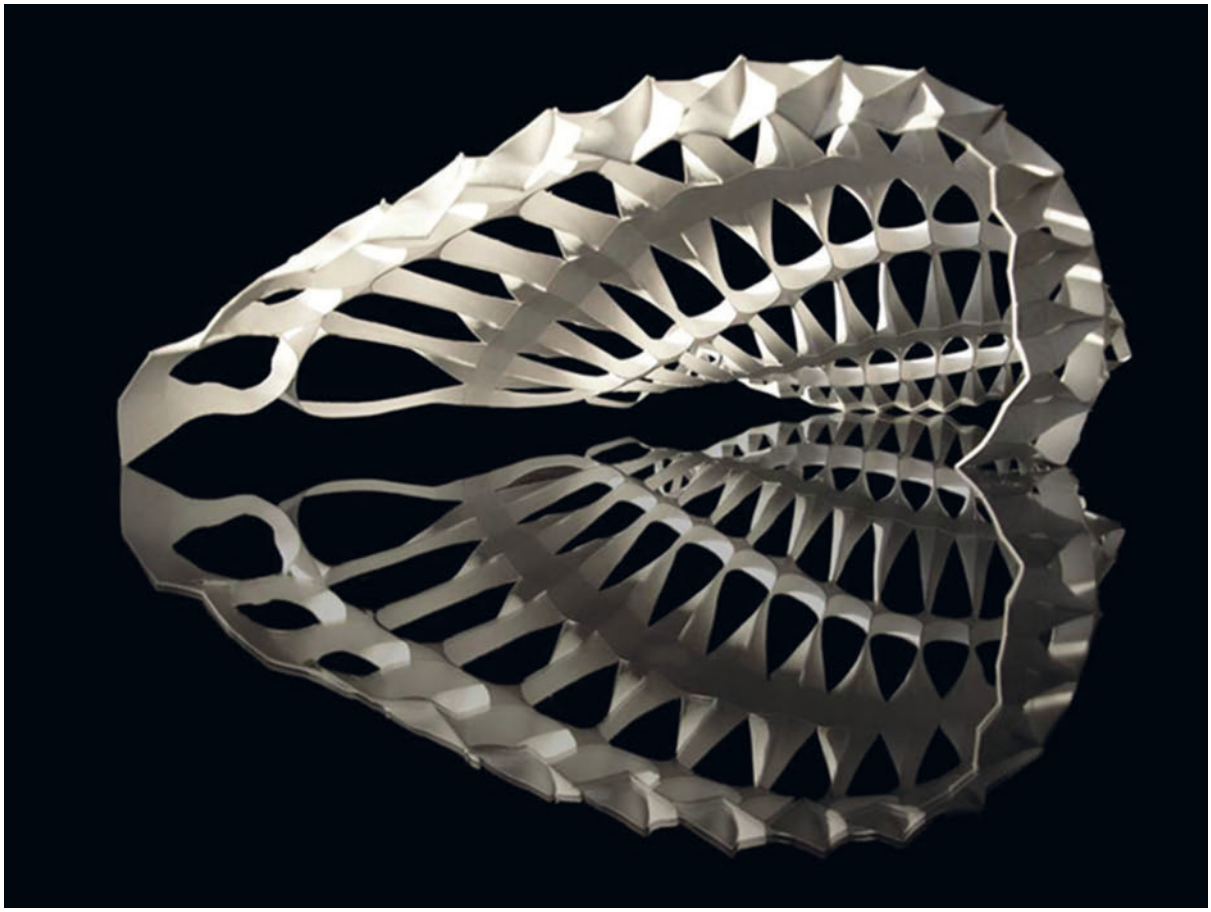


Emergent Design Group: *Membrane Morphologies 02* (2004)
Emergent Design Group: *Meta-Patch Protoyp* (2004)

5

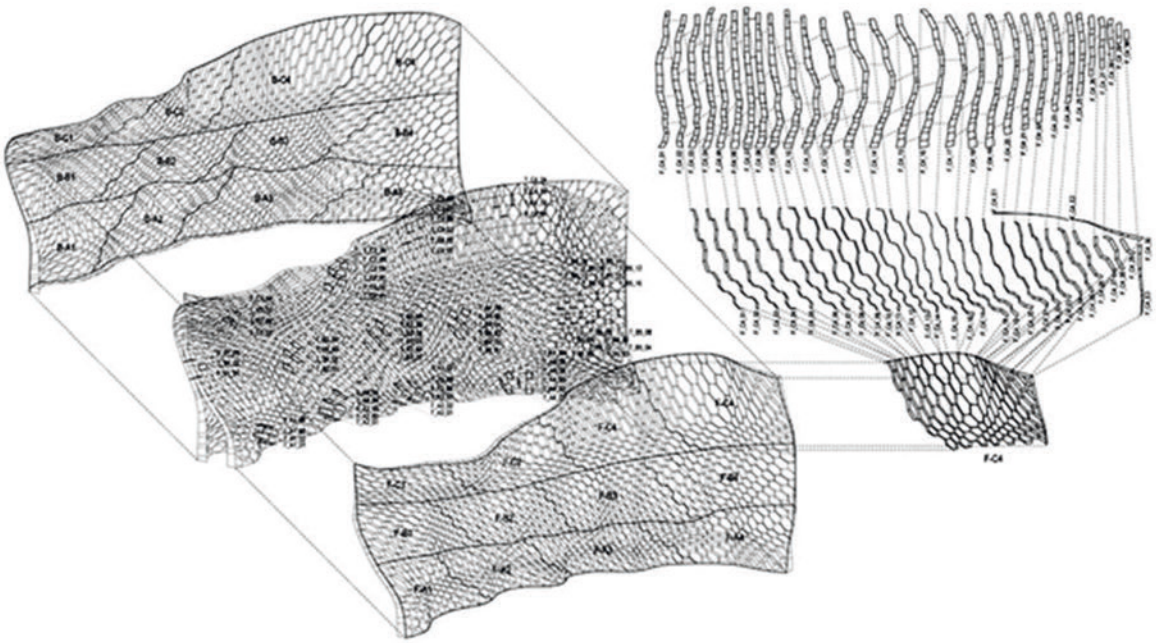


6



Emergent Design Group: *Paperstrip* (2004)

7



8

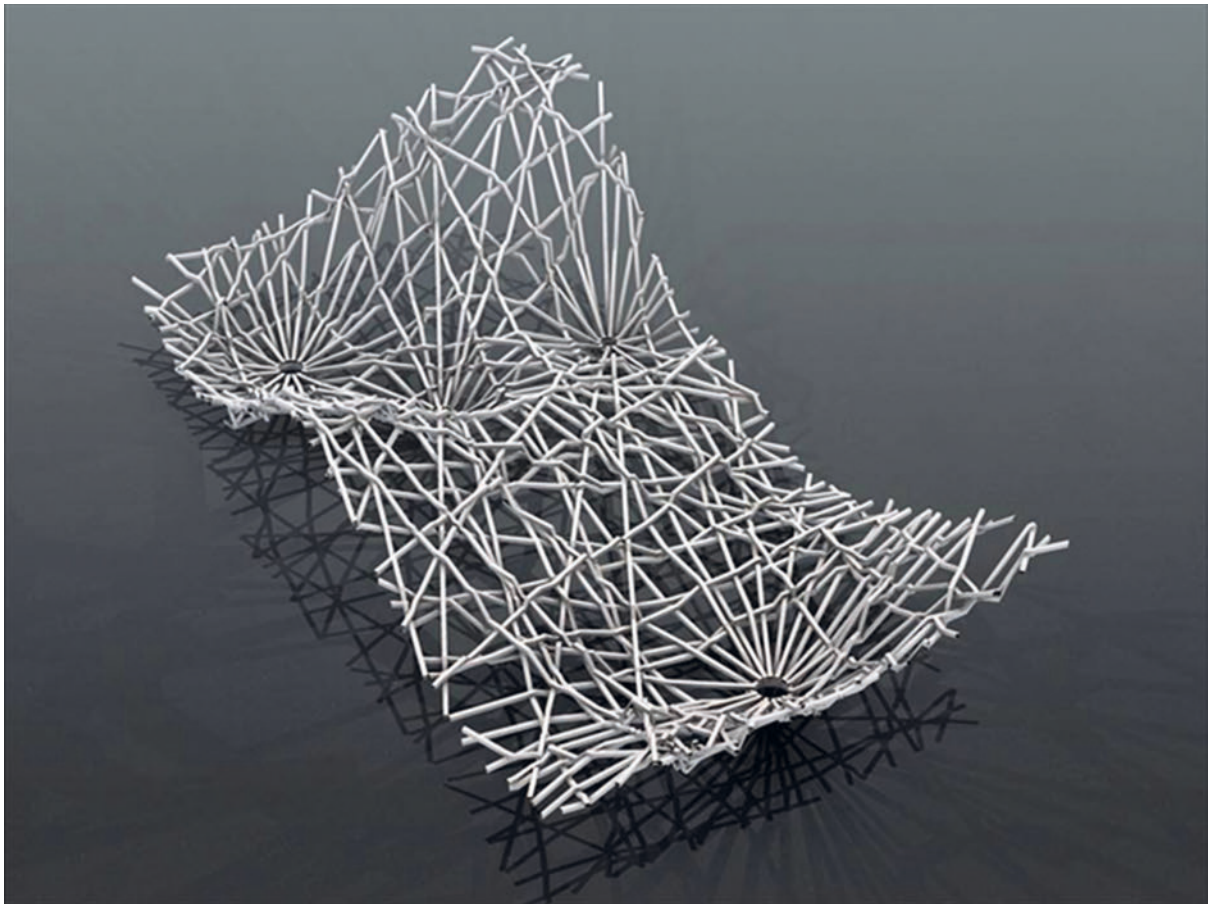


Emergent Design Group: *Honeycomb* (2004)

9

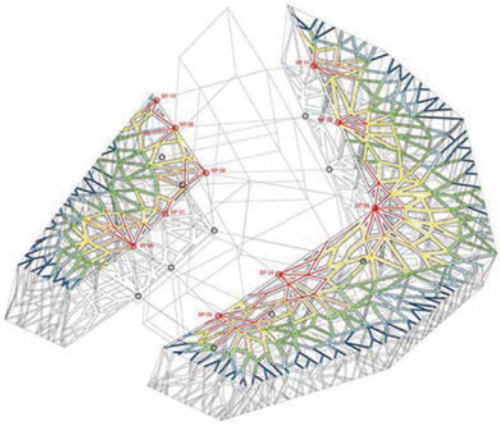


10

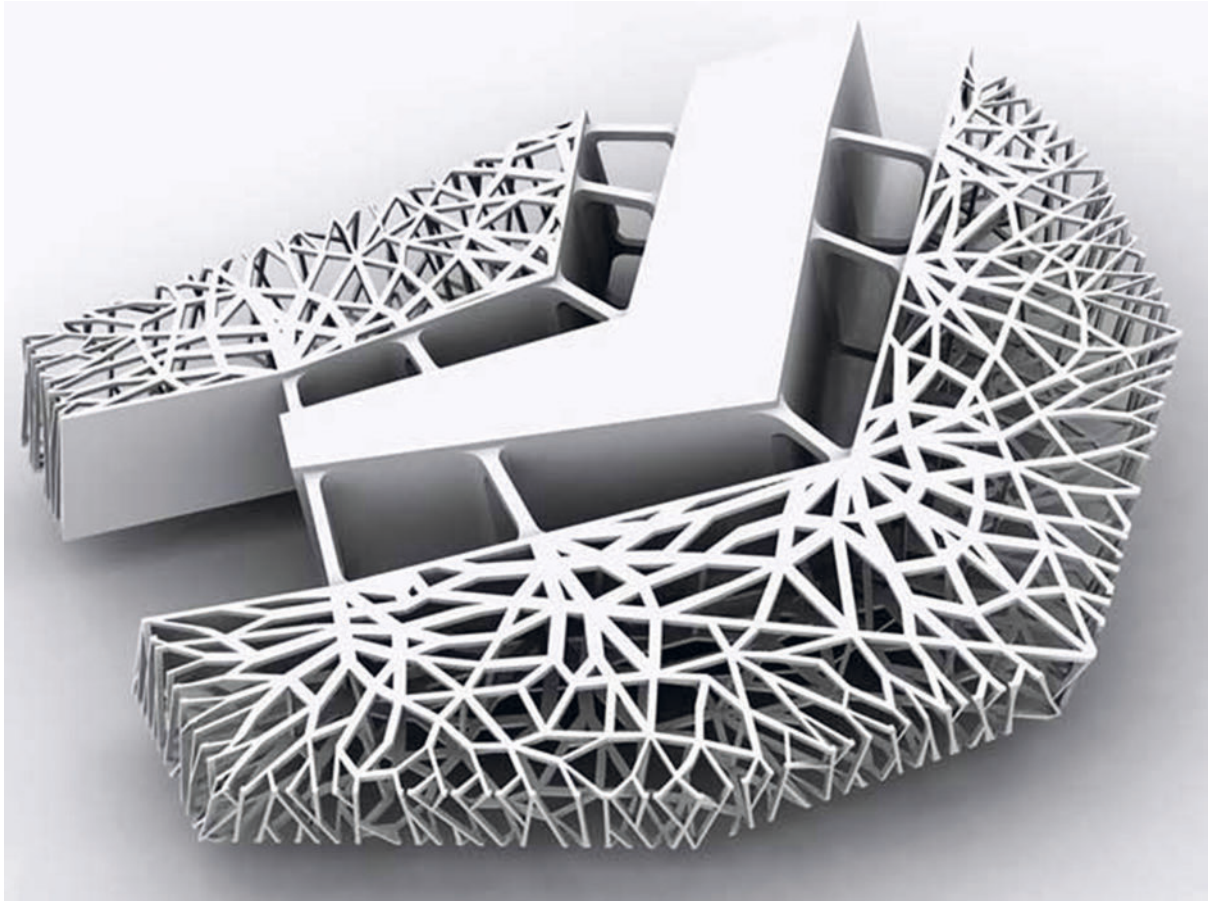


Emergent Design Group: *Fibrous Surface* (2004)

11

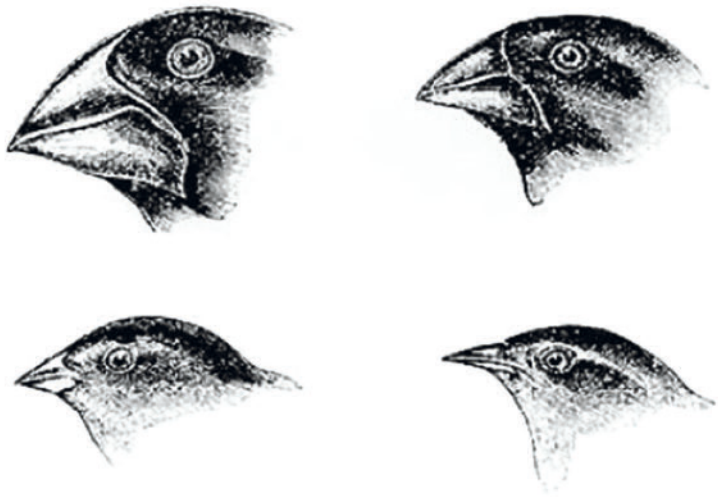


12

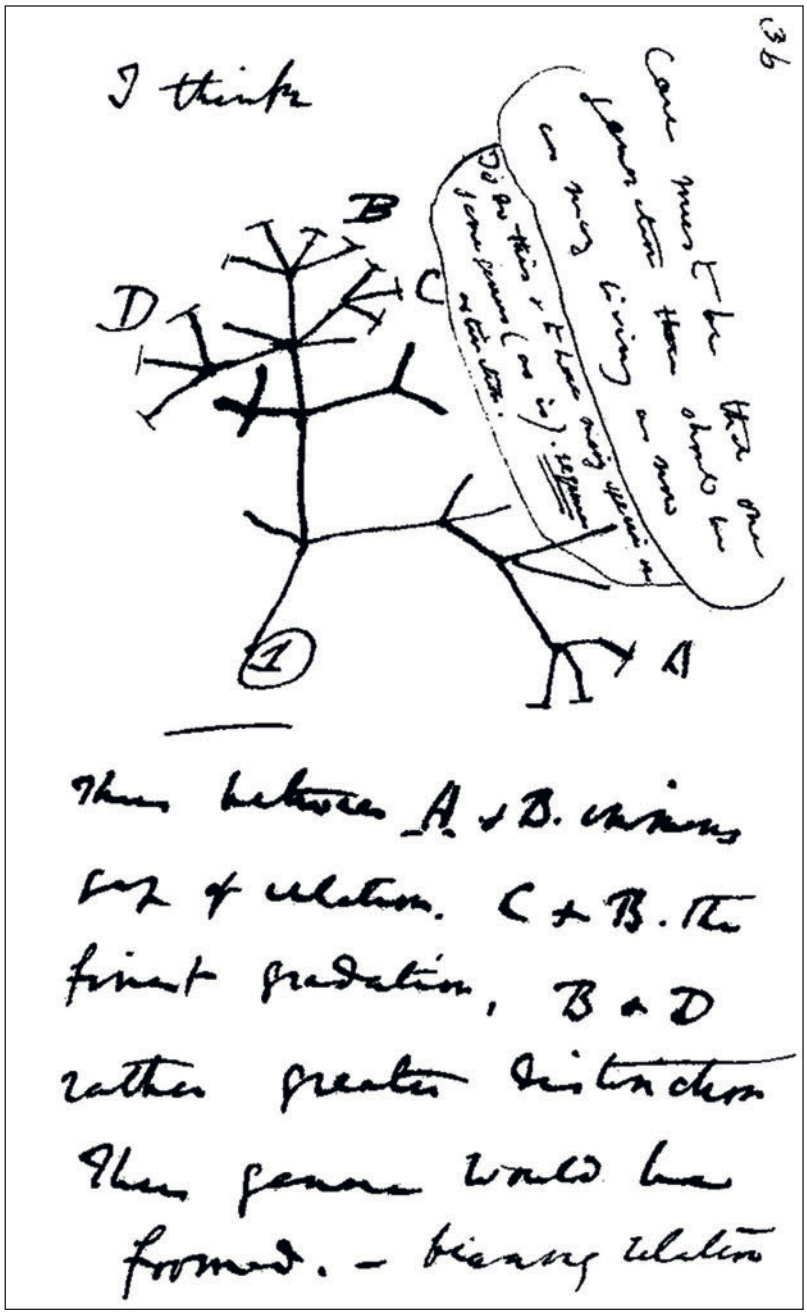


Emergent Design Group und OCEAN: *Neue Nationalbibliothek Prag* (2006)

1

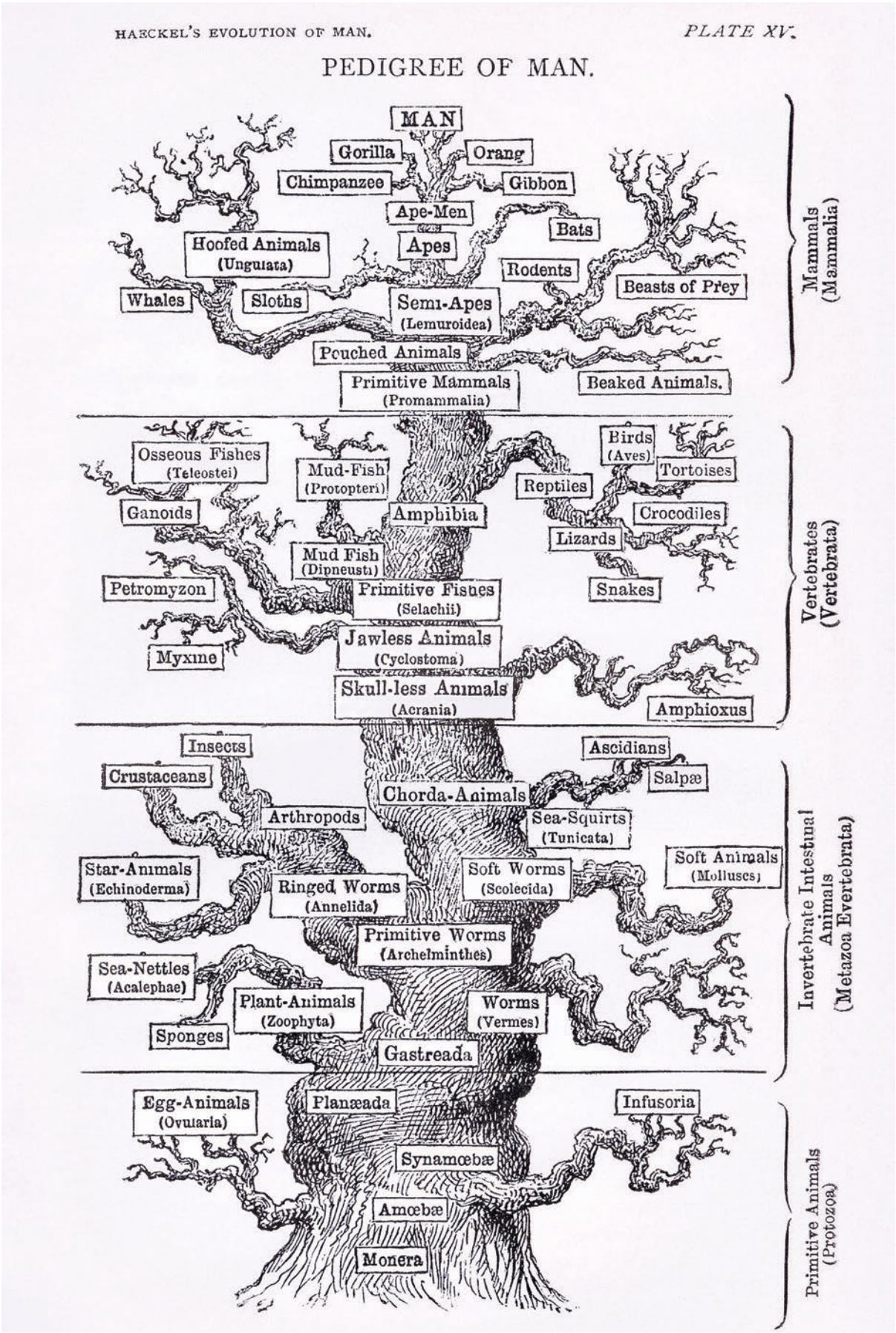


2



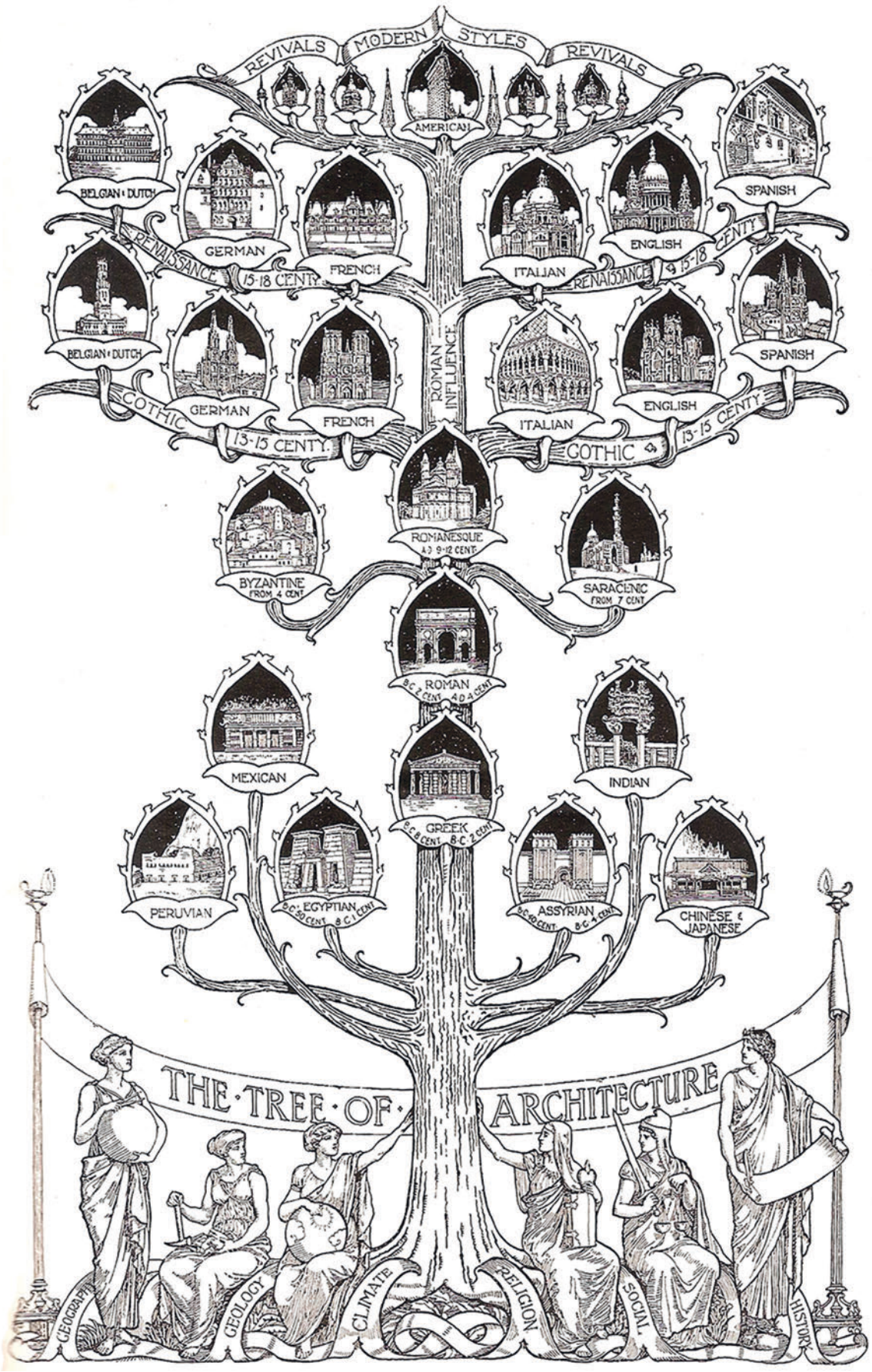
Darwinfinken
Charles Darwin: *I think* (1837)

3



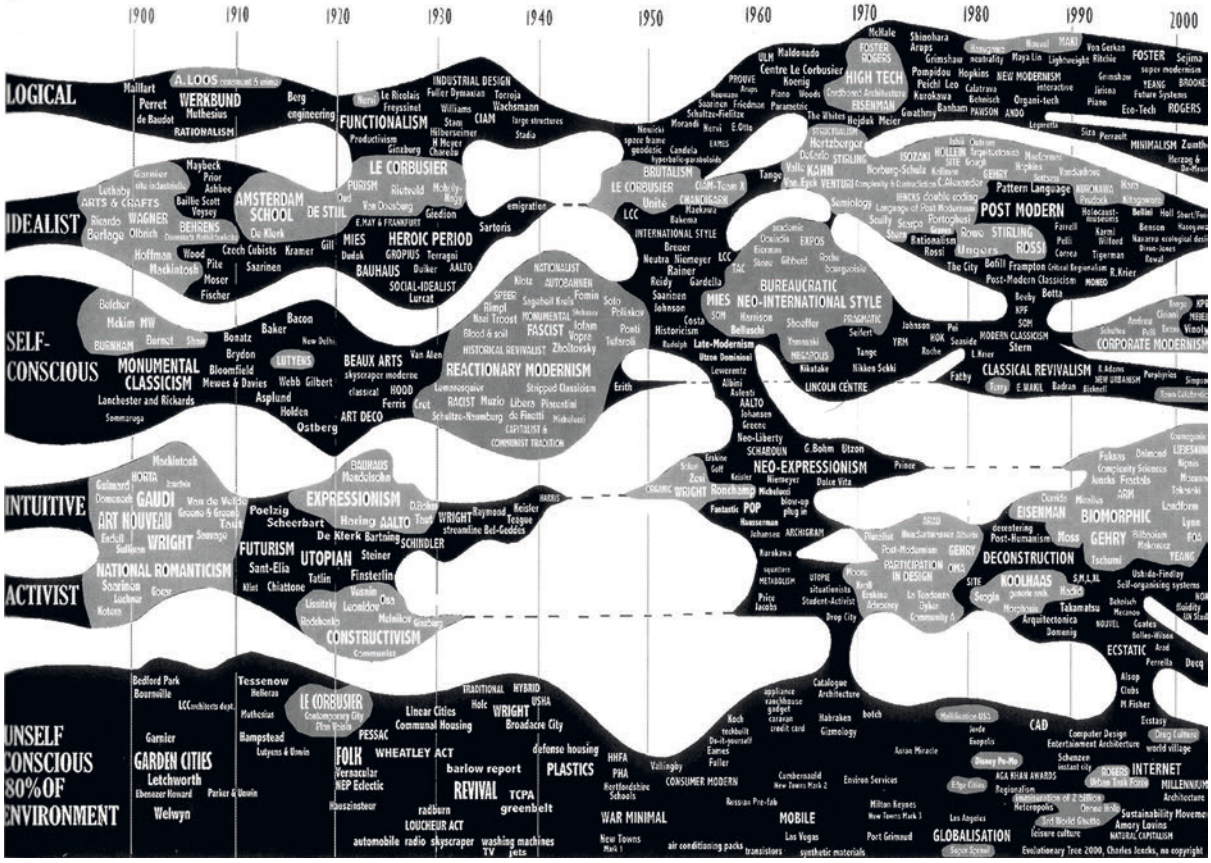
Ernst Haeckel: *Evolutionary Tree* (1879)

4

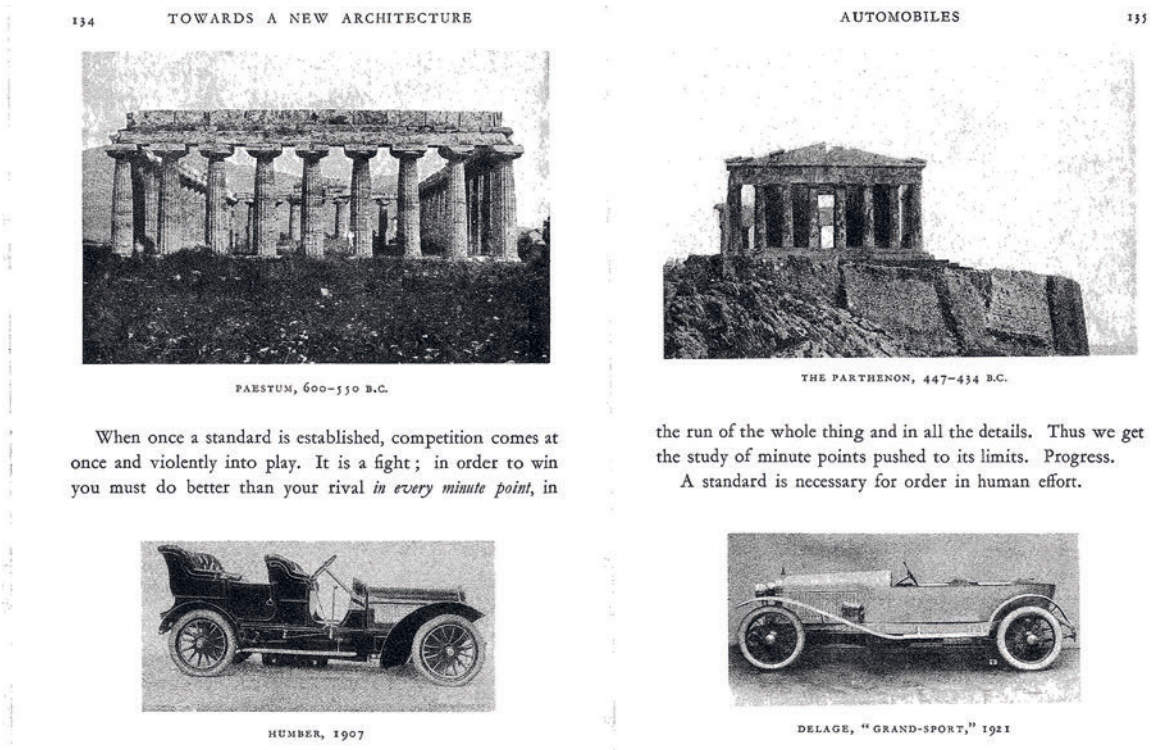


Banister Fletcher: *A History of Architecture on the Comparative Method* (1895)

5



6



134 TOWARDS A NEW ARCHITECTURE

PAESTUM, 600–550 B.C.

When once a standard is established, competition comes at once and violently into play. It is a fight; in order to win you must do better than your rival *in every minute point*, in

HUMBER, 1907

AUTOMOBILES 135

THE PARTHENON, 447–434 B.C.

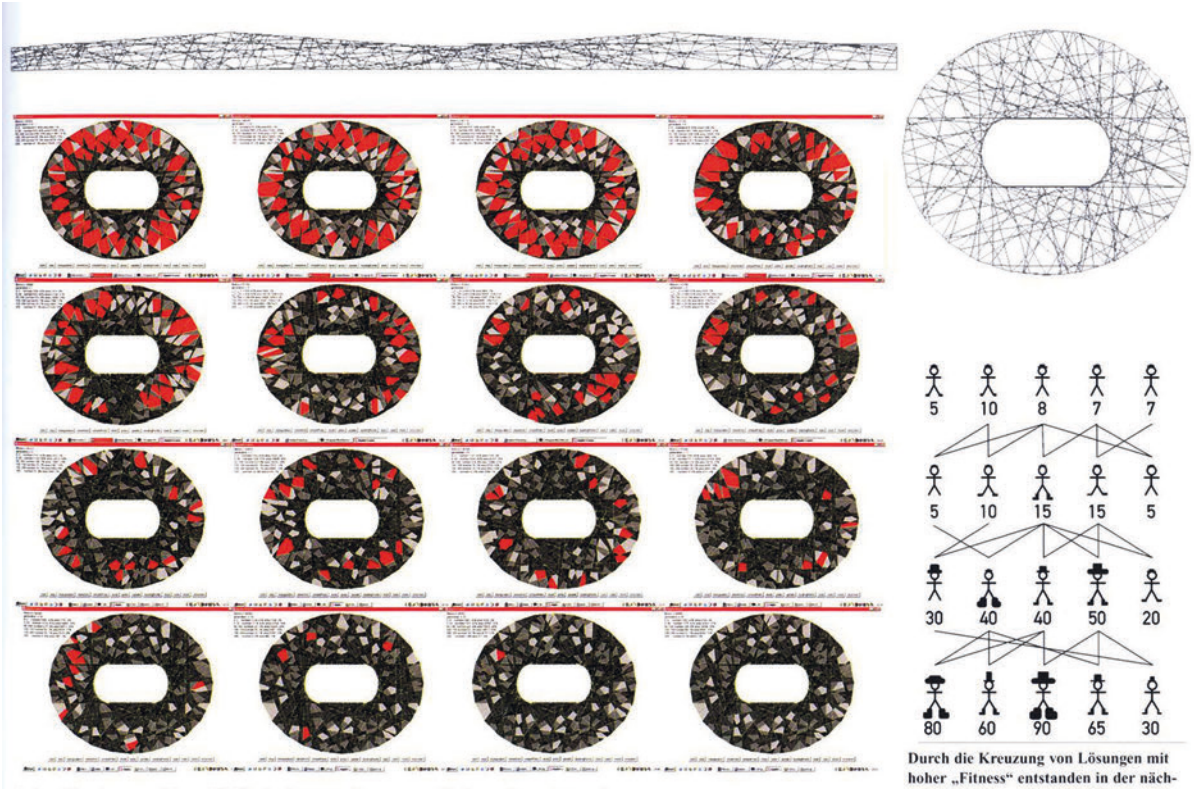
the run of the whole thing and in all the details. Thus we get the study of minute points pushed to its limits. Progress.

A standard is necessary for order in human effort.

DELAGE, "GRAND-SPORT," 1921

Charles Jencks: *Evolutionary Tree* (2001)
Le Corbusier: *Towards a new architecture* (1931)

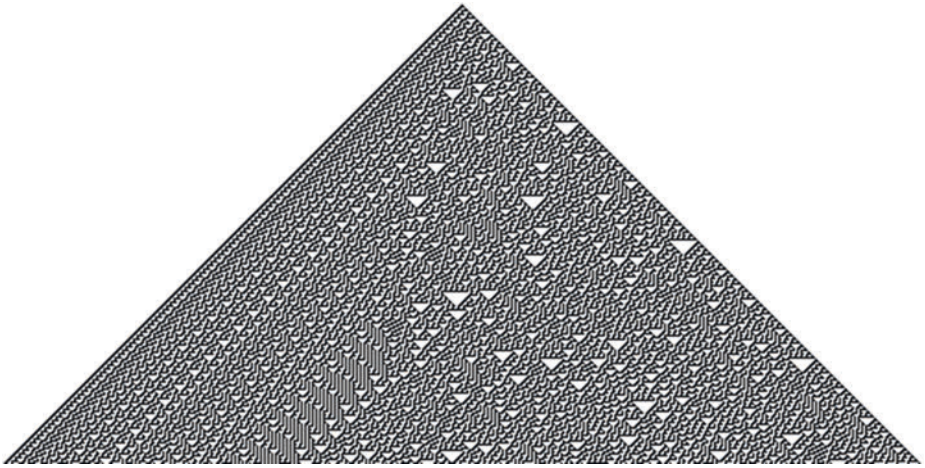
7



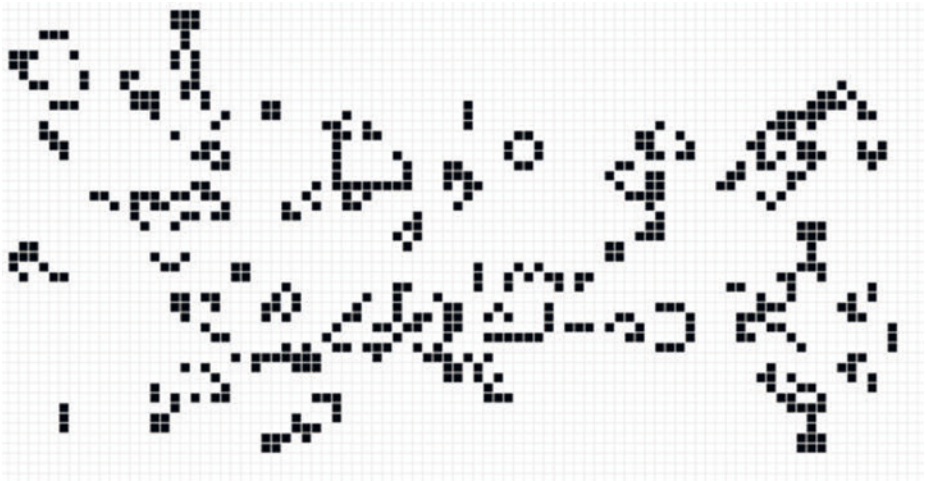
Anhand bestimmter „Fitness"-Kriterien konnten die erzeugten Varianten bewertet werden.

Durch die Kreuzung von Lösungen mit hoher „Fitness" entstanden in der nächsten Generation neue „Nachkommen".

8

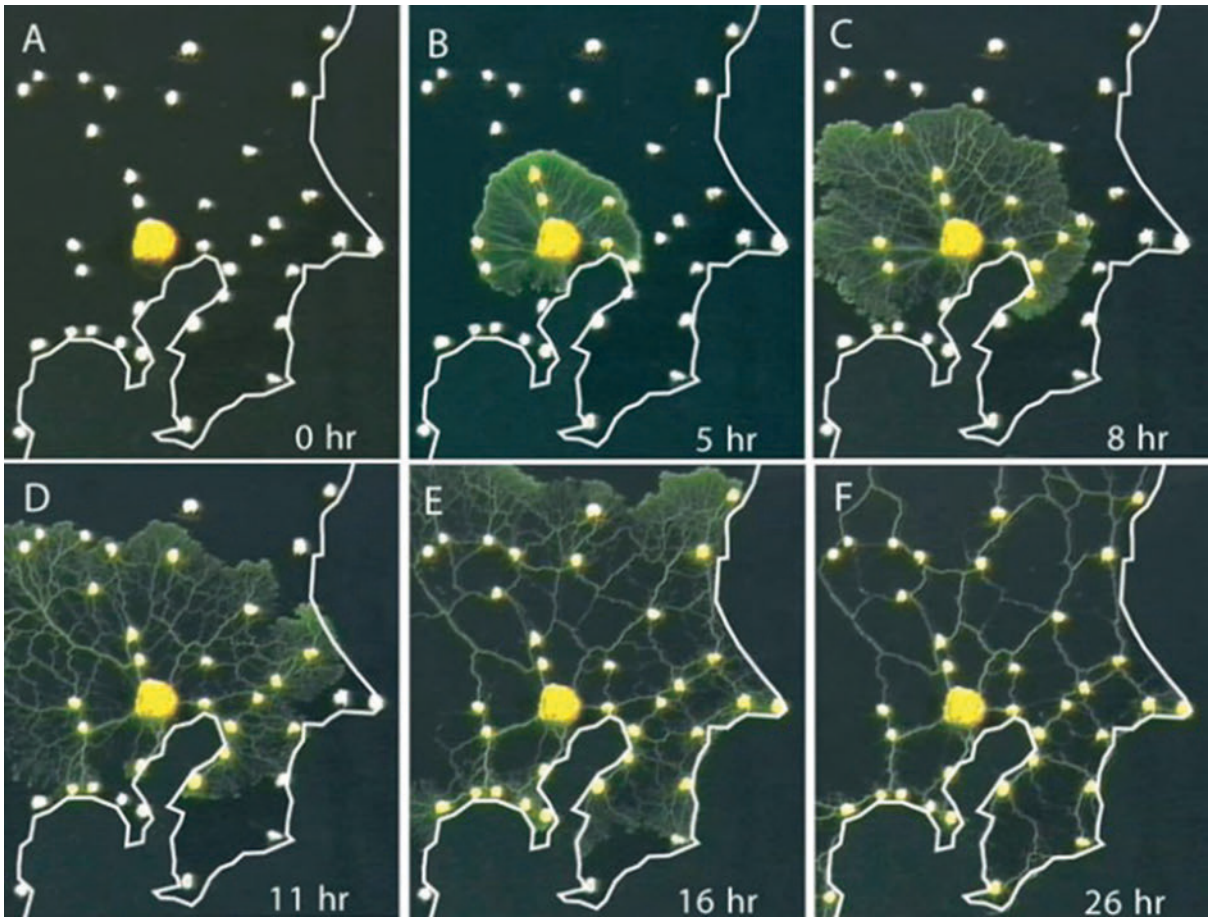


9



KAISERSROT/Herzog & de Meuron: *Optimierung des Dachtragwerks – Nationalstadion der Olympischen Sommerspiele* (2008)
John von Neumann: *Zellularautomat*
John Horton Conway: *Game of Life* (1970)

10



11, 12





Toshiyuki Nakagaki: *Physarum polycephalum Tokyo* (2010)
R&Sie(n): *I've heard about* (2005)



1



2



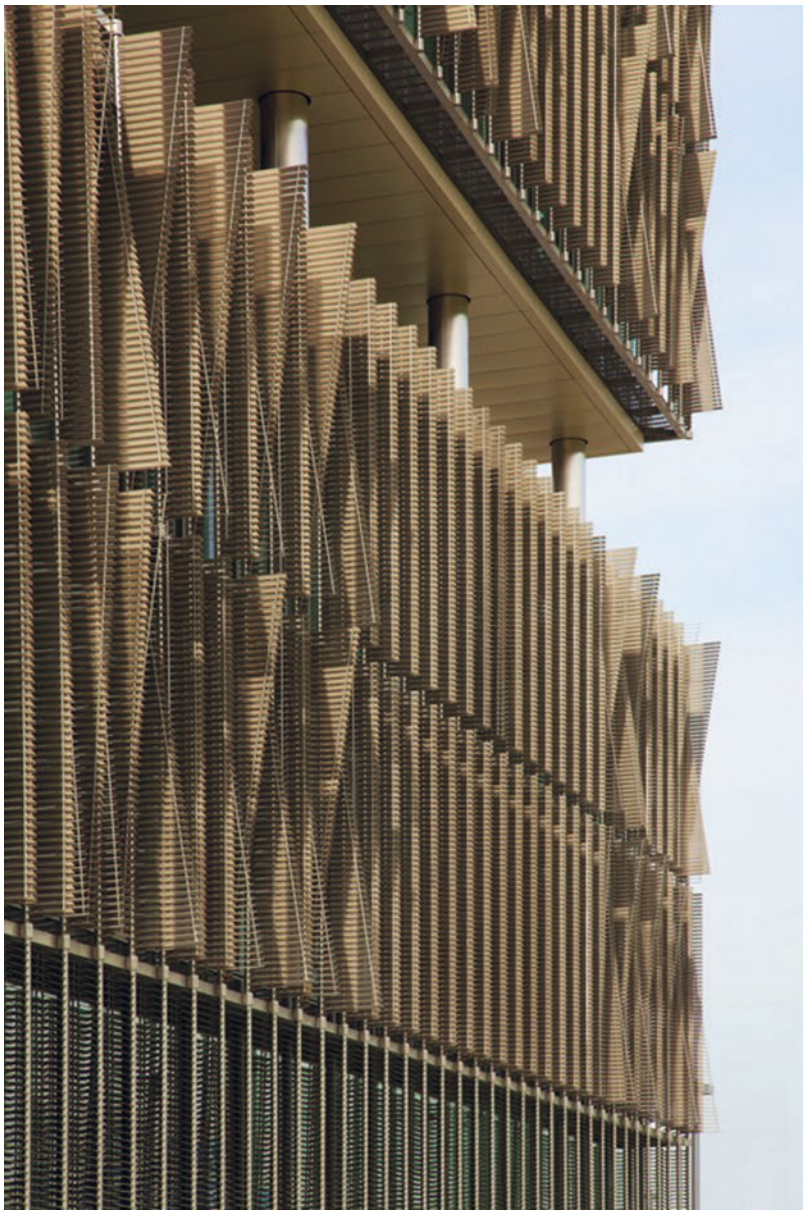
3



4

Toyo Ito: *Serpentine Gallery Pavilion* (2002)
Billboards: *Times Square* (New York), *Piccadilly Circus* (London), *Shinjuku* (Tokyo)

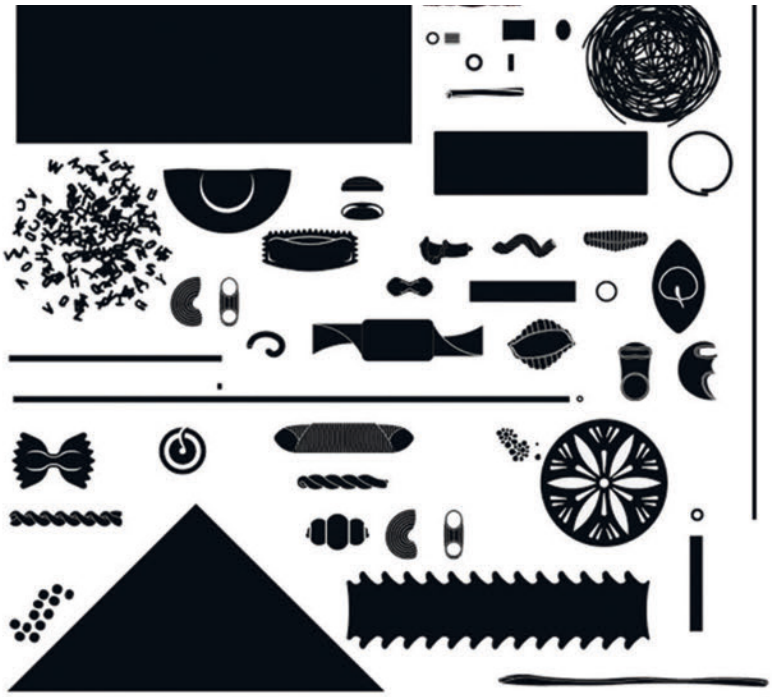
5



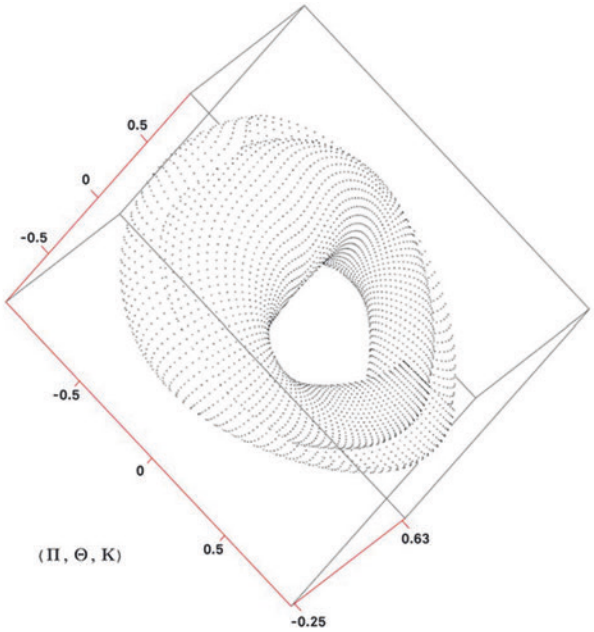
6

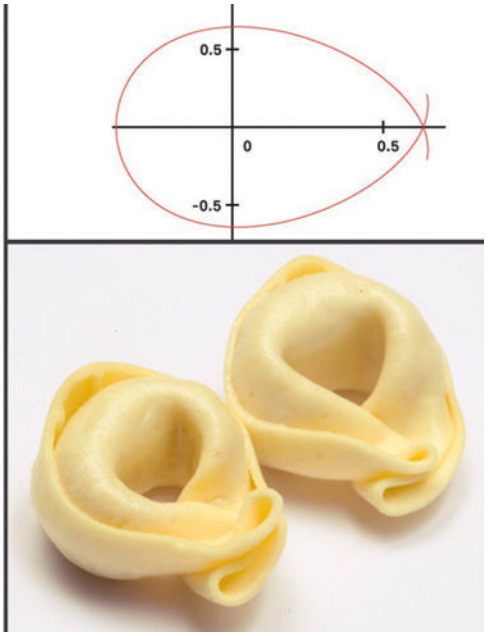


JSWD Architekten: *ThyssenKrupp Hauptquartier Q1* (2010)
Foreign Office Architects: *John Lewis Department Store* (2008)



7





8, 9



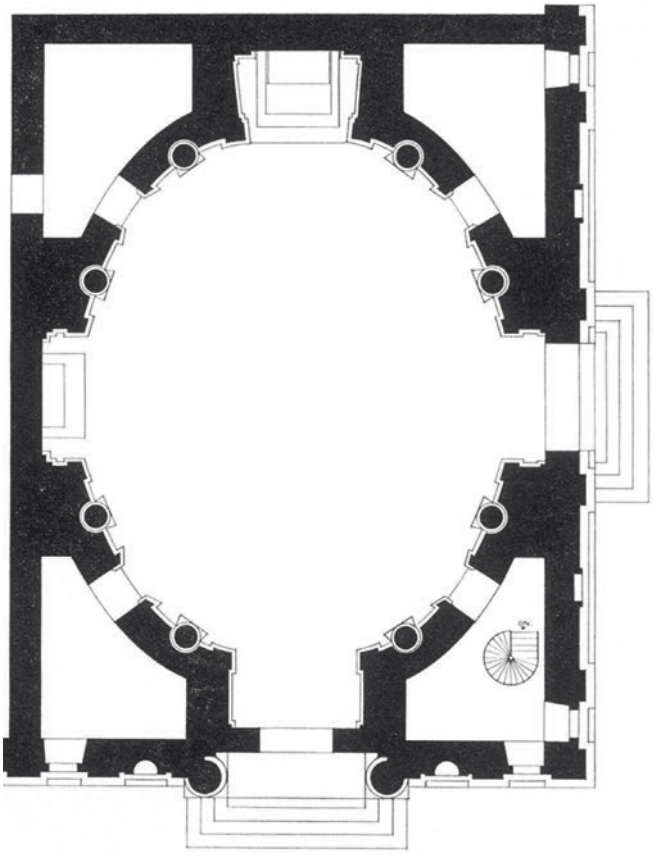
10

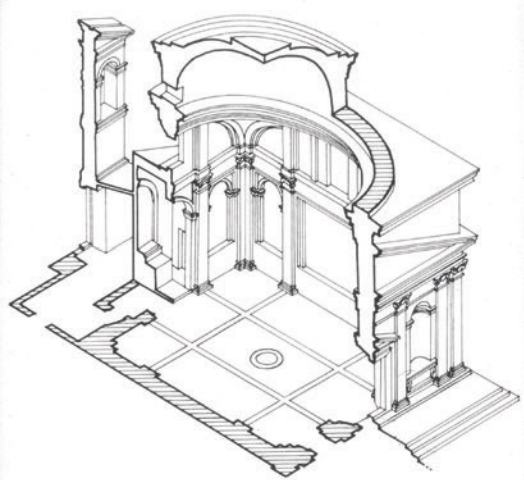
Caz Hildebrand/Jacob Kenedy: *The Geometry of Pasta* (2010)
George L Legendre: *Pasta by design* (2011)
Greg Lynn/FORM: *Flatware* (2006)

1



2, 3





Giovanni Battista Pittoni: *Raub der Sabinerinnen* (1579)
Giacomo Barozzi da Vignola: *Sant'Anna dei Palafrenieri* (1573)

4



5



Caravaggio: *Berufung des Hl. Matthäus* (1599/1600)
Rembrandt Harmensz van Rijn: *Die Nachtwache* (1642)

6, 7



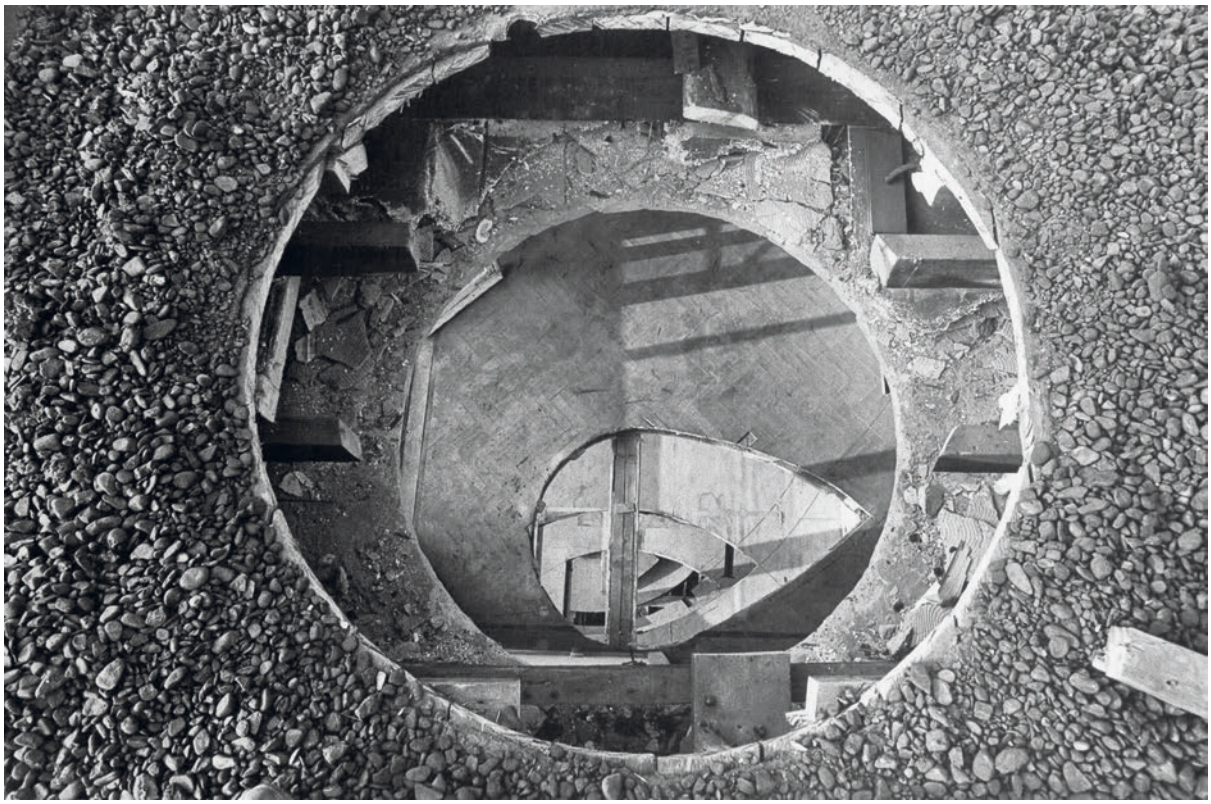


8



Michelangelo Buonarrotis: *Bacchus* (1475–1564)
Zaha Hadid: *Feuerwehrhaus für das Vitra-Werk* (1993)

Caravaggio: *Bacchus* (um 1596)



9



10

Gordon Matta-Clark: Office Baroque (1977)
Pieter Claesz: *Stillleben mit Totenkopf, Folianten, Taschenuhr und erloschener Öllampe* (1630)

11



12



Andrea Pozzo: *Kuppel* und *Die Apotheose des Hl. Ignatius* (1685) in *Sant'Ignazio di Loyola in Campo Marzio* (Rom)

13



14



Gian Lorenzo Bernini: *Grabmal für Papst Alexander VII.* (1671–1678)
Bernard Schultze: *Verdorrt und von den Wäldern verschlungen* (1970–76)

15



16, 17





Pierre Patel: *Schloss Versailles* (1668)

Rokoko-Detail in der Klosterkirche der *Benediktinerabtei Zwiefalten* (1765)

Ornamentform: *Rocaille*

18



19



20



Jean Mondon le Fils: *Les Terribles Accords* (1736)
Johann Esaias Nilson: *Neues Caffehaus* (um 1750)
Balthasar Neumann: *Gnadenaltar der Basilika Vierzehnheiligen* (1743–1772)

21



22



Richard Mique: *Grotte für Marie-Antoinette* (um 1750)
Eremitage Bayreuth: *Römisches Theater* (1743)



23



24

Balthasar Neumann: *Würzburger Residenz* (1719–1781)
Giovanni Battista Tiepolo: *Deckenfresko im Treppenhaus* (1752–1753) im Treppenaufgang der *Würzburger Residenz*

25



26

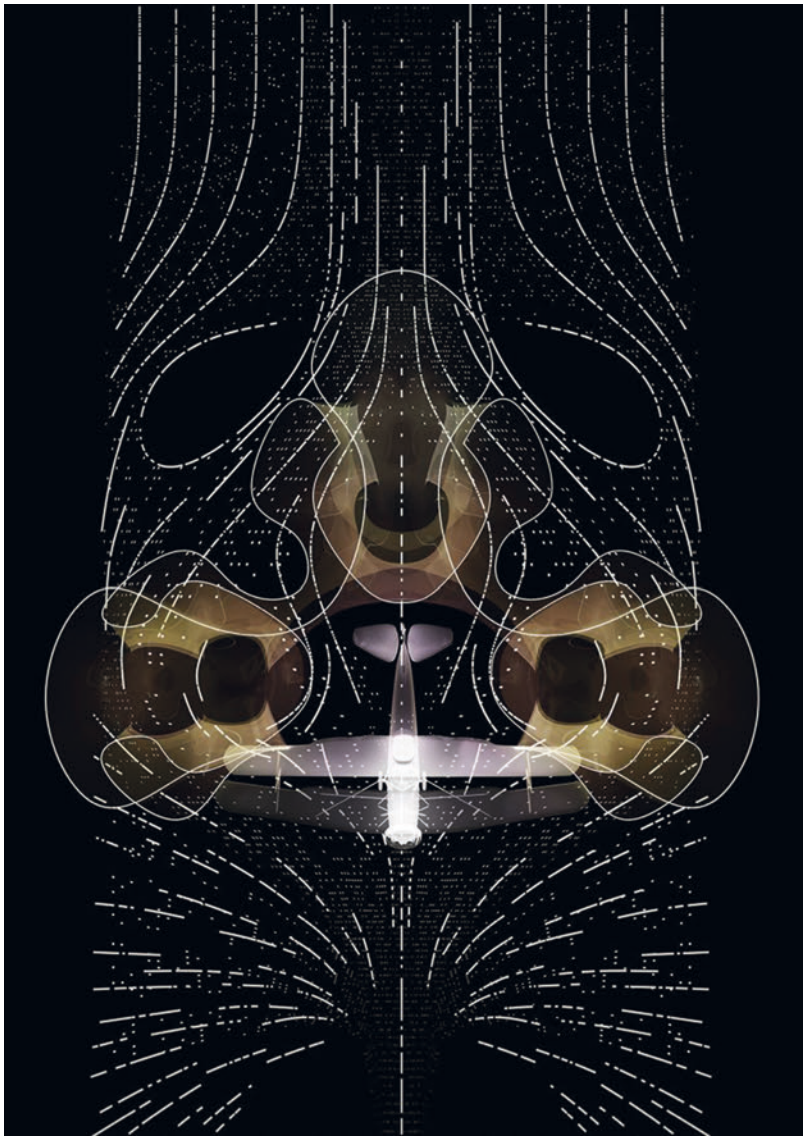


Schreibzimmer von Friedrich II. im Schloss Charlottenburg (1747)
Zaha Hadid: *Luxusschuh-Boutique* (2013)

27



28



Zaha Hadid: *Mathematics Gallery Science Museum* (2014–2016)

29



Jean-Honoré Fragonard: *Die Schaukel* (1767)



30



31

Federico Fellini: *La dolce vita* (1960)
Giovanni Paolo Pannini: *Gemäldegalerie mit Ansichten des antiken Rom* (1758)

1



Fred Thieler: *Hommage à Tiepolo* (1965)

2



Hann Trier: *Für Tiepolo* (1971)

3



4

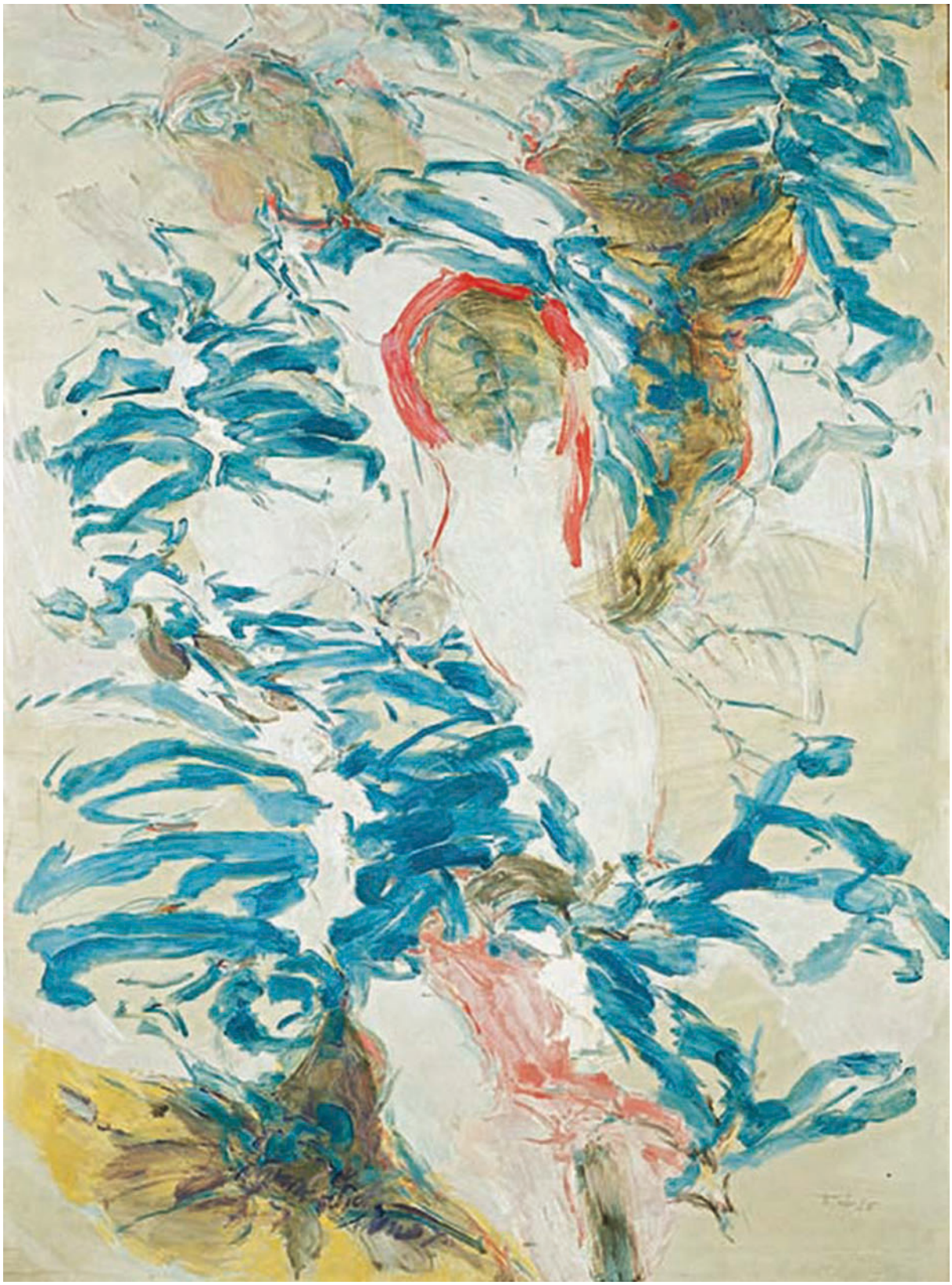


Antoine Pesne: *Hochzeitsmahl von Peleus und Thetis* (1742)
Hann Trier: *Neue Decke im Weißen Saal Schloss Charlottenburg* (1965)



Giambattista: *Steinigung des Heiligen Stephanus* (1739)

6



Hann Trier: *Amor* (1965)

7



Peter Paul Rubens: *Der Höllensturz der Verdammten* (um 1621)

8



Bernard Schultze: *Rosen-Geschwür* (1955)

9



10

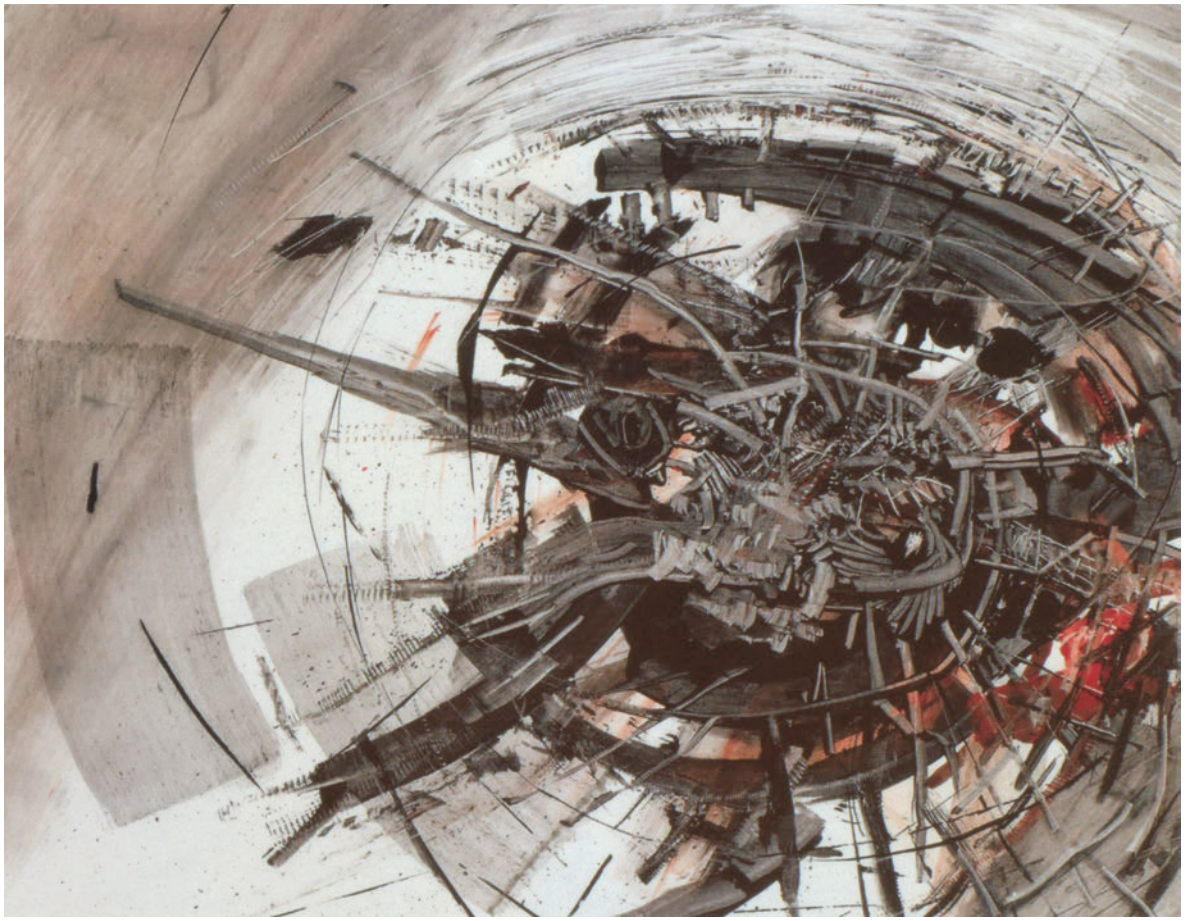


Johann Liss: *Der Satyr beim Bauern* (o.J.)
K.O.Götz: *8.2.1953* (1953)

11



12



August Querfurt: *Reiterkampf* (o.J.)
K.R.H. Sonderborg: *20.3.57, 16.27–18.02h* (1957)



1



2

Lockheed Martin F-117 ‚Nighthawk' (1983)
Northrop B-2 ‚Spirit' (1993)

3, 4

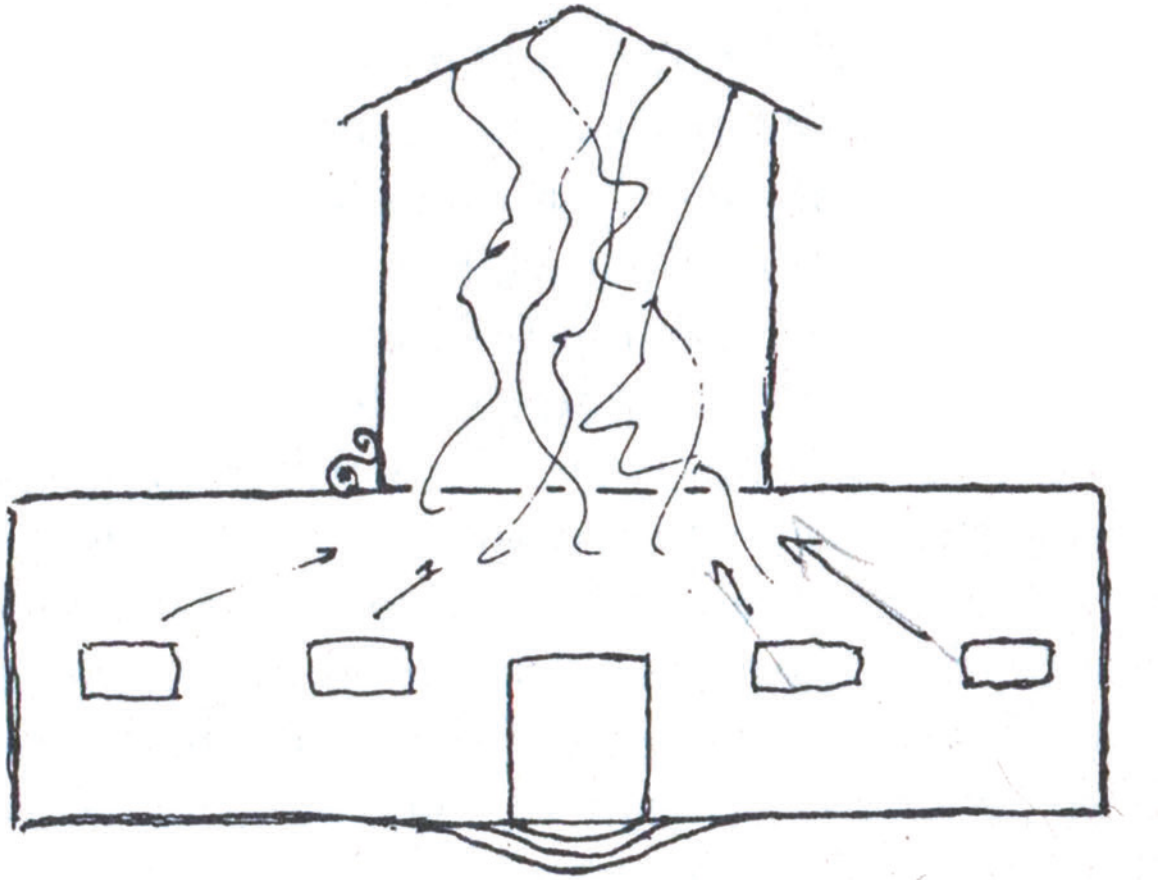


El Greco: *Die Taufe Christi* (1608-1614)

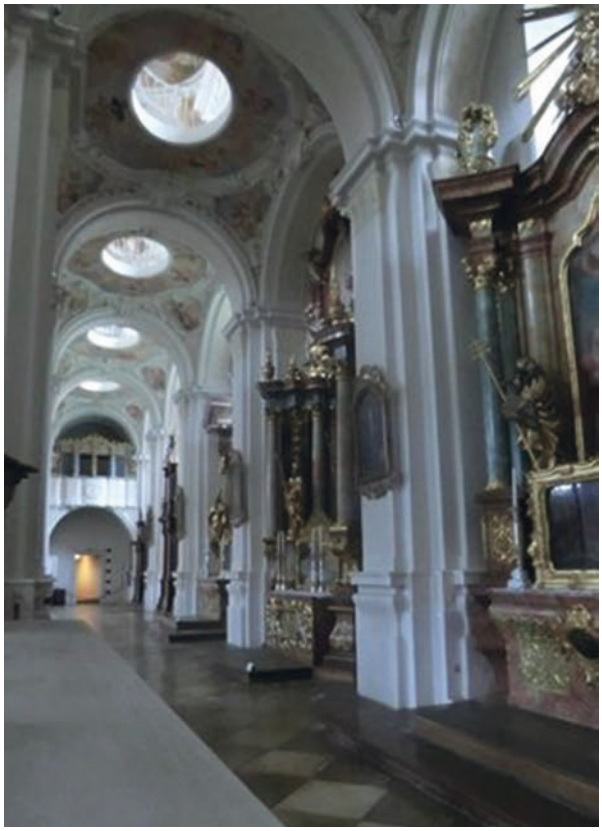


El Greco: *Christus am Ölberg* (um 1610)

5



6, 7





Gilles Deleuze: *Das barocke Haus (Allegorie)* (1996)
St. Mauritius zu Niederaltaich (1718–1727)

8



9



Rheingrafenhose
Halskrause

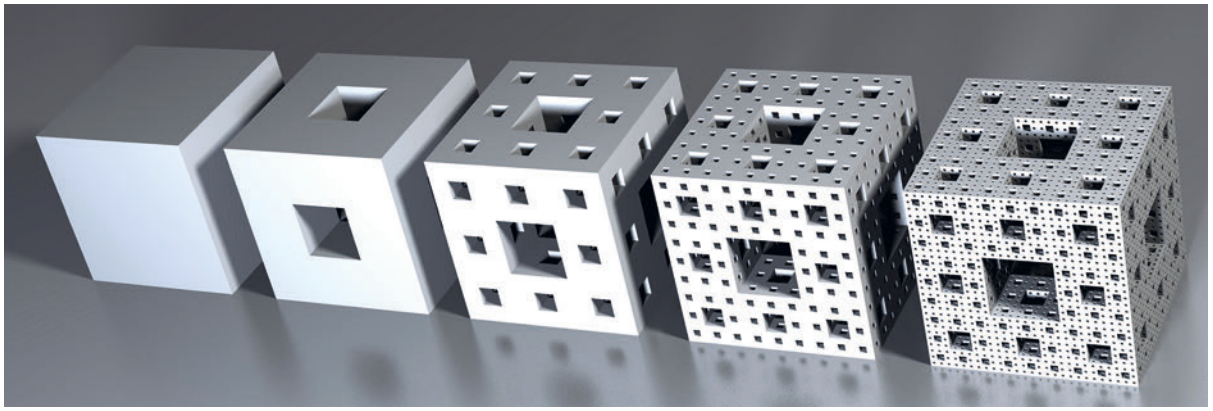




10, 11



12

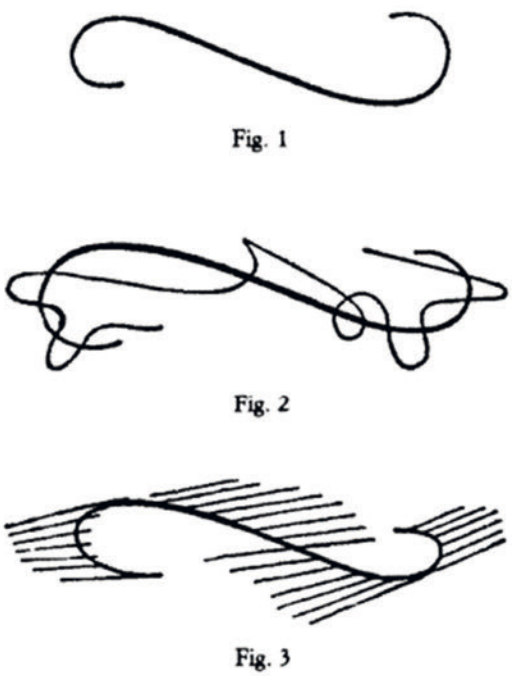


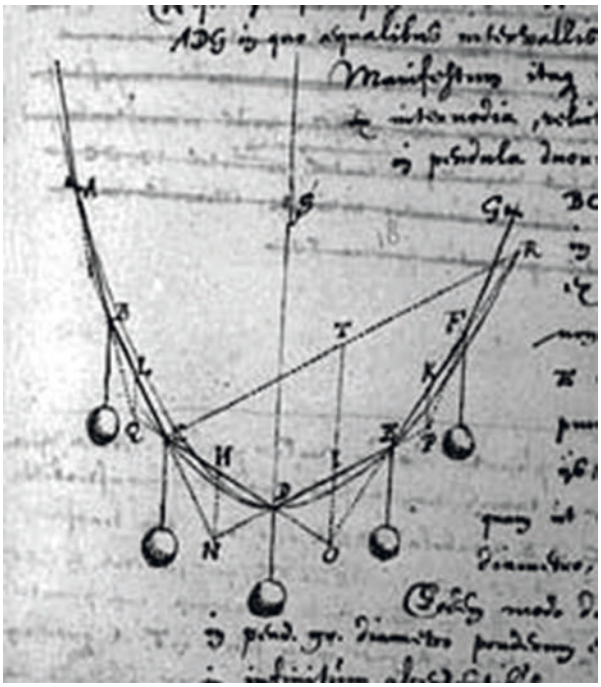
13

Gian Lorenzo Bernini: *Büste des Sonnenkönigs Ludwig XIV.* (1665)
Gian Lorenzo Bernini: *Die Verzückung der heiligen Theresa* (1645–1652)
Menger-Schwamm

Gian Lorenzo Bernini: *Die Verzückung der seligen Ludovica Albertoni* (1674)

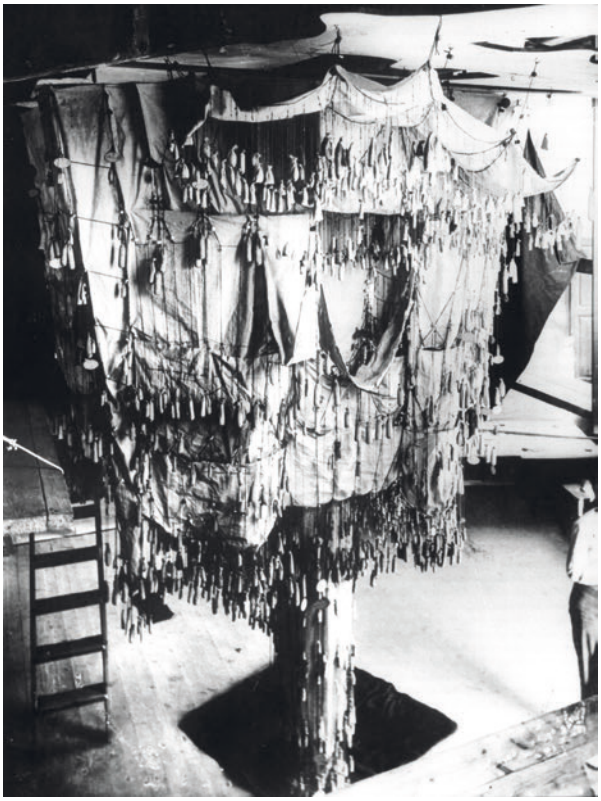
14, 15





16, 17

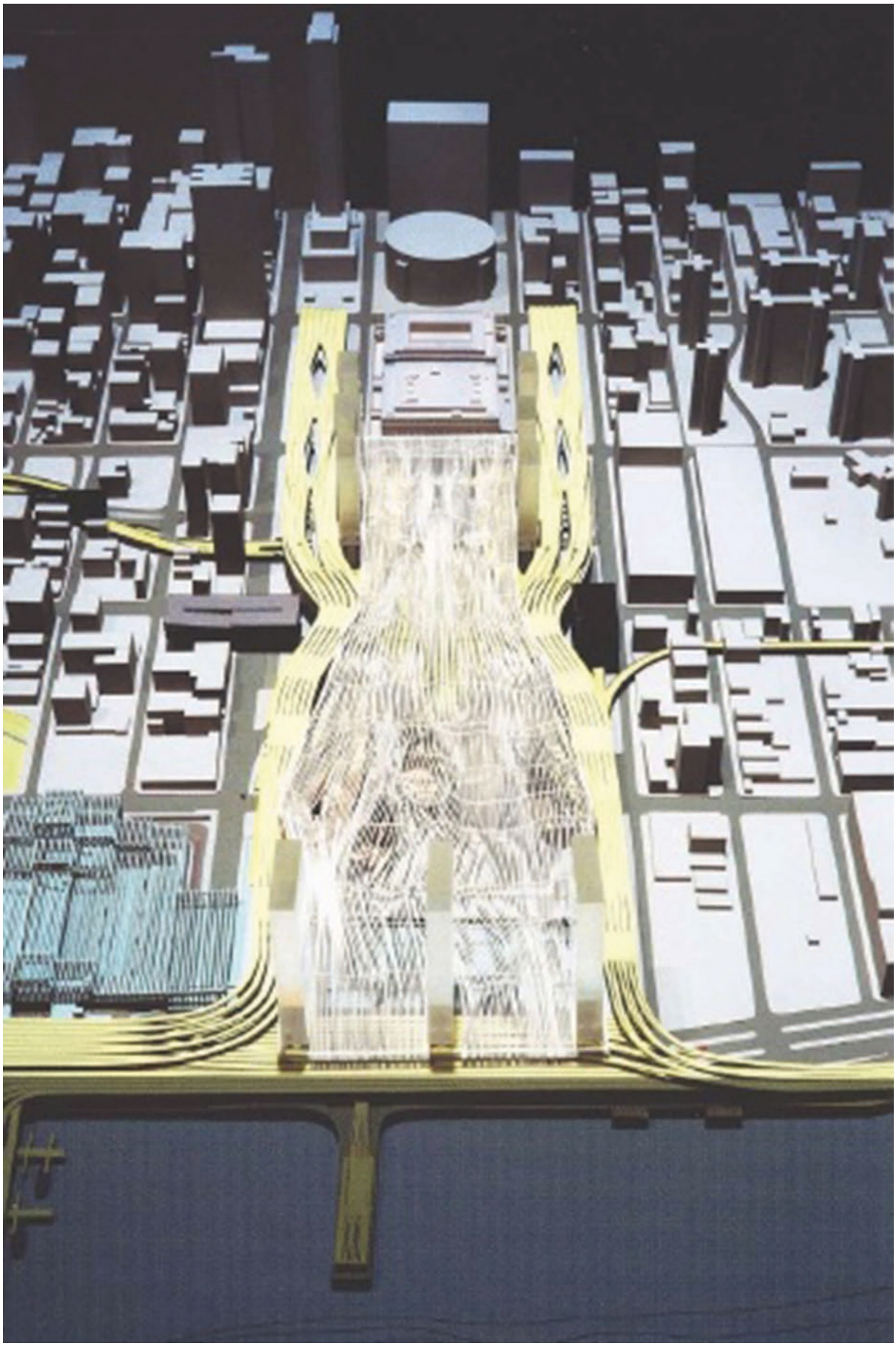




Gilles Deleuze: *Falte-Punkt nach Paul Klee* (1996)
Antoni Gaudí: *Krypta Colònia Güell* (1898)

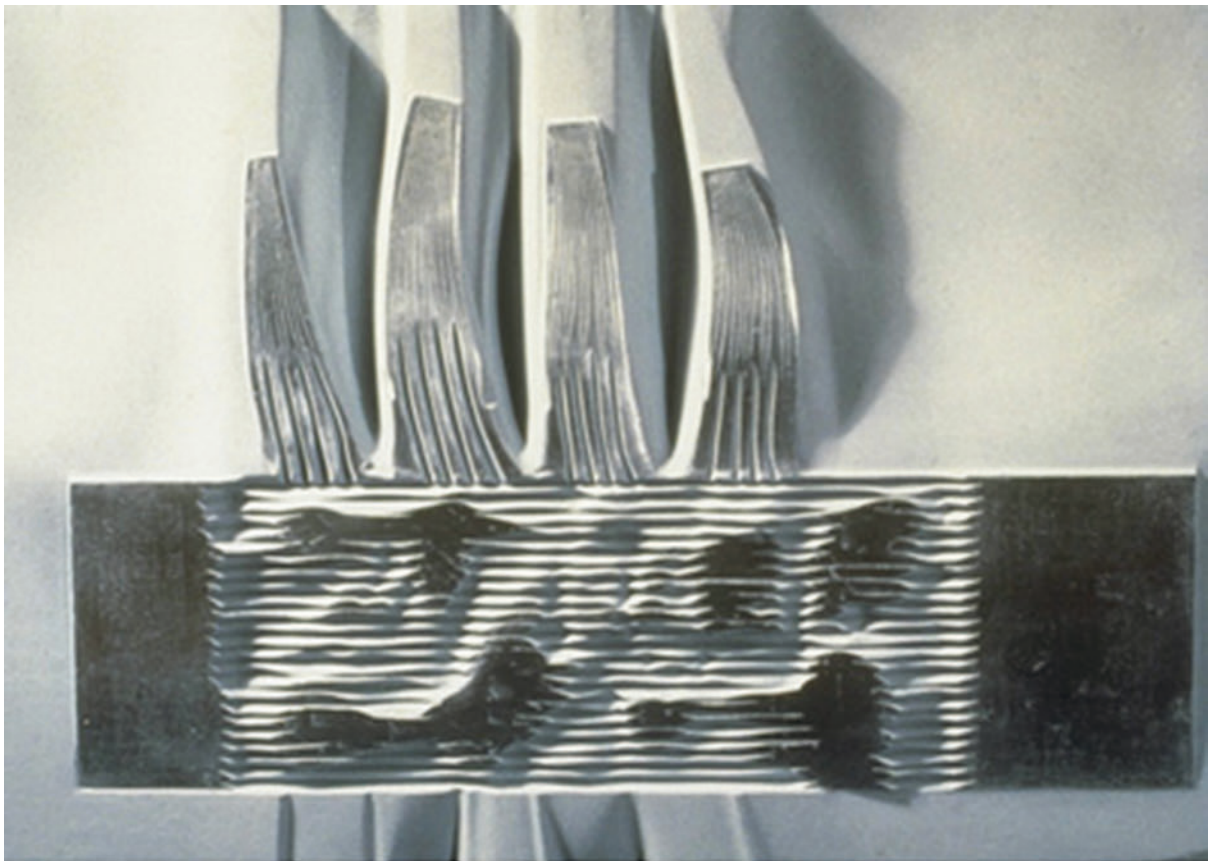
Christiaan Huygens: *Kettenlinie* (um 1690)
Antoni Gaudí: *Hängemodell*

18

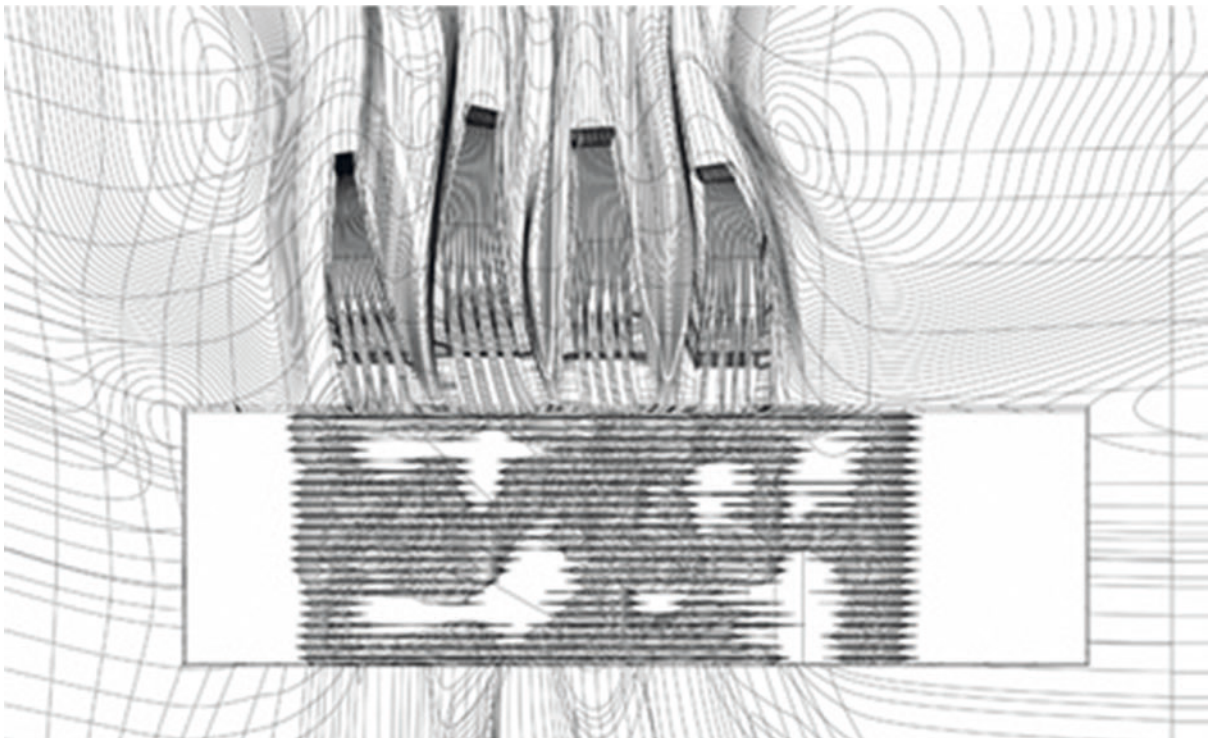


Reiser + Umemoto: *West Side Convergence* (1999)

19



20

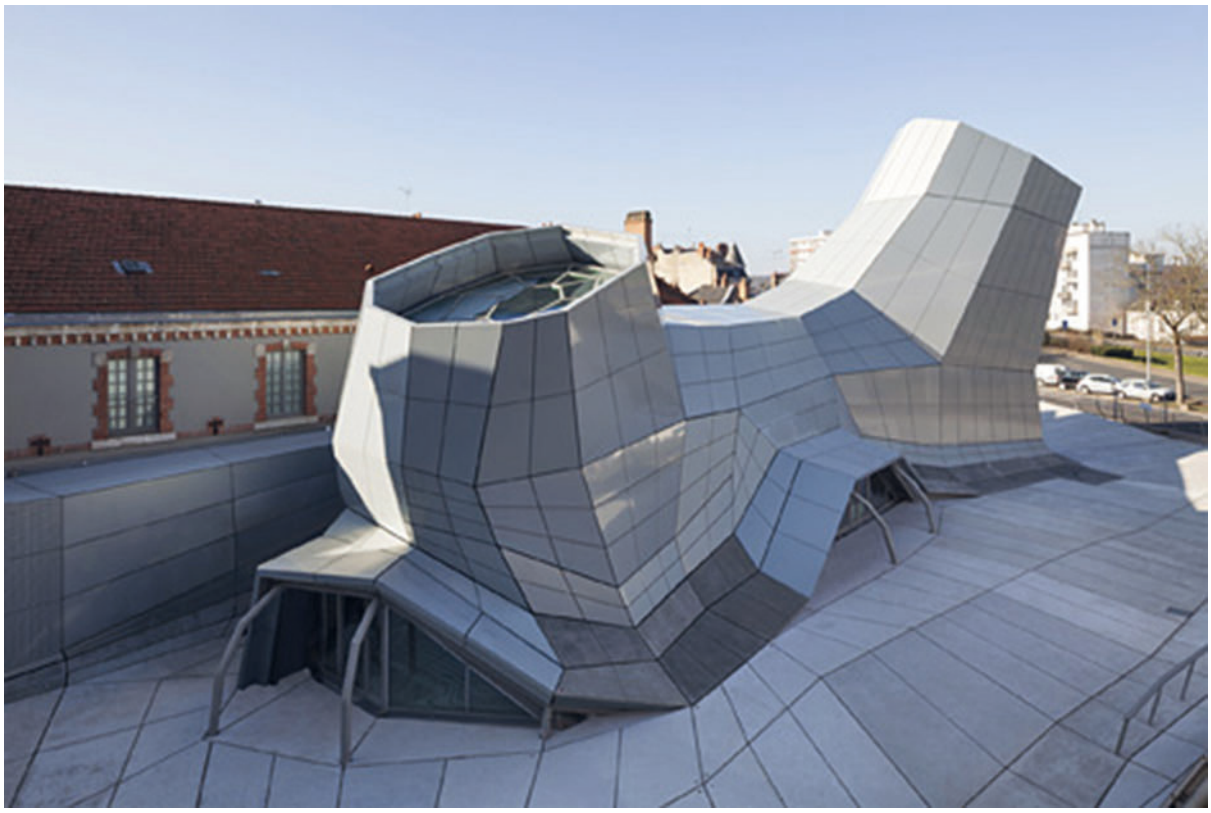


Reiser + Umemoto: *Water Garden at the Jeff Kipnis residence* (1997)

21



22



Jakob + MacFarlane: *French Fashion Institute (IFM)* (2007)
Jakob + MacFarlane: *Les Turbulences FRAC Centre* (2005–2013)

23



24



25



Zaha Hadid: *Skisprungschanze* (2003)
Zaha Hadid: *phœno - Die Experimentierlandschaft* (2005)
Zaha Hadid: *Heydar Aliyev Center* (2012)

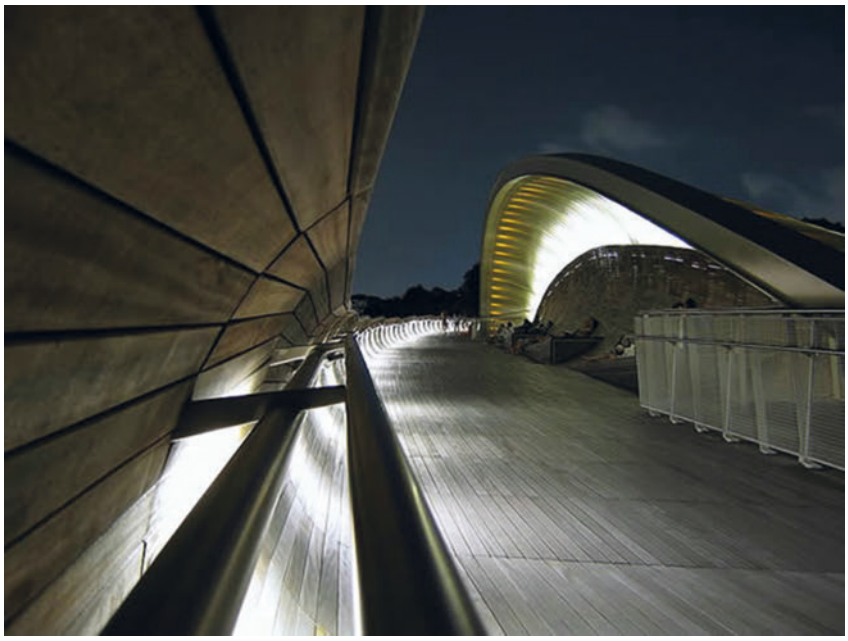
26



27

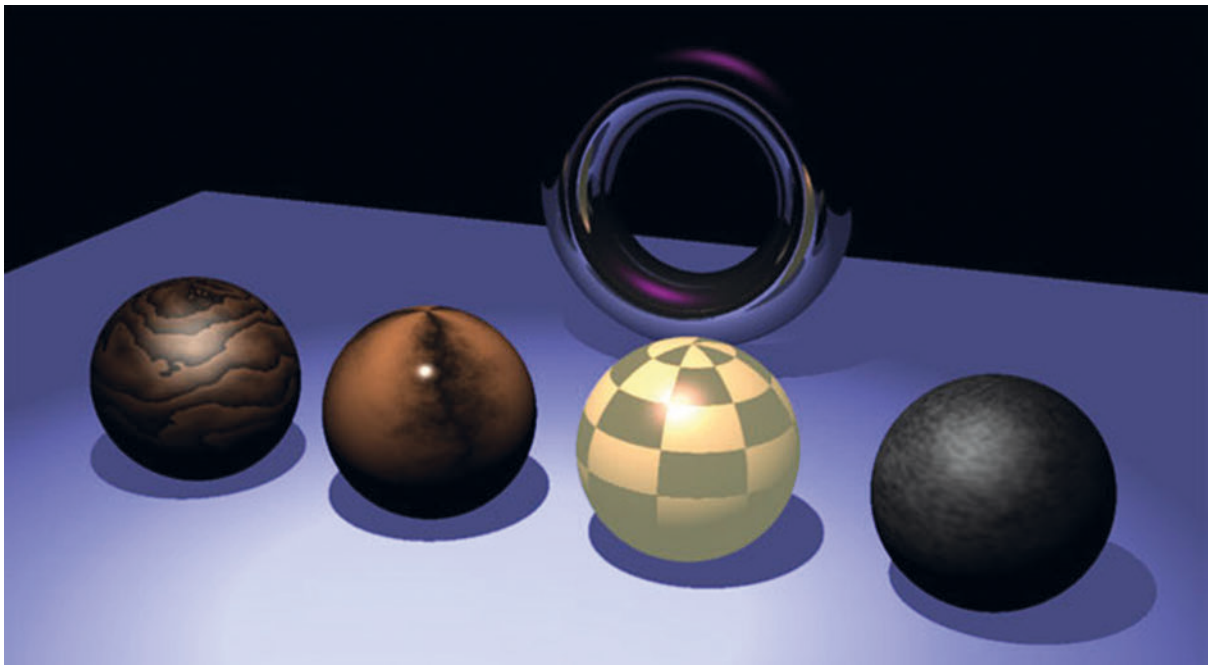


28



Arup: *Pedro and Inês Bridge* (2007)
Arup: *Weave Bridge* (2009)
George L Legendre/IJP: *Henderson Waves Bridge* (2004–2009)

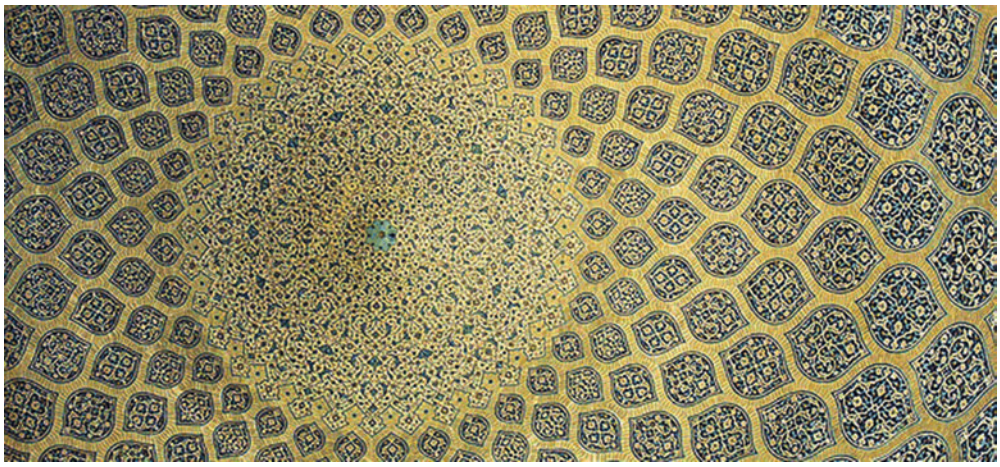
1



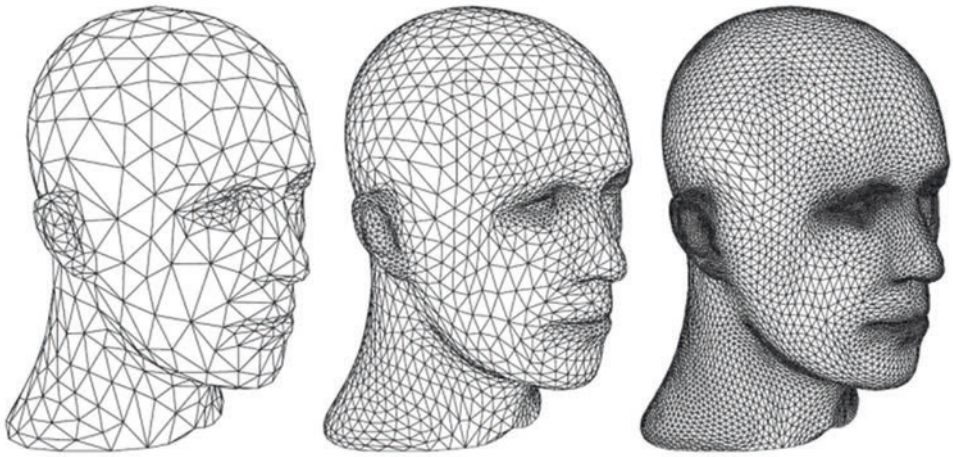
2



Textur
Francis Soler: *Französisches Ministerium für Kultur* (2004)



3



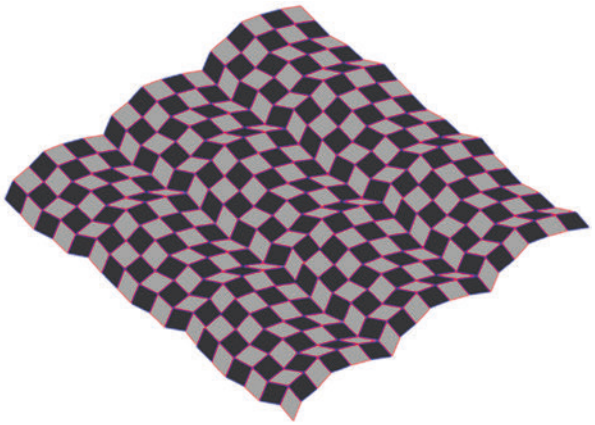
4



5

Islamisches Muster der Kuppel der *Lotfollah Moschee* in Isfahan
Tesselierung
Foreign Office Architects: *Spanischer Pavillon* (2005)

6



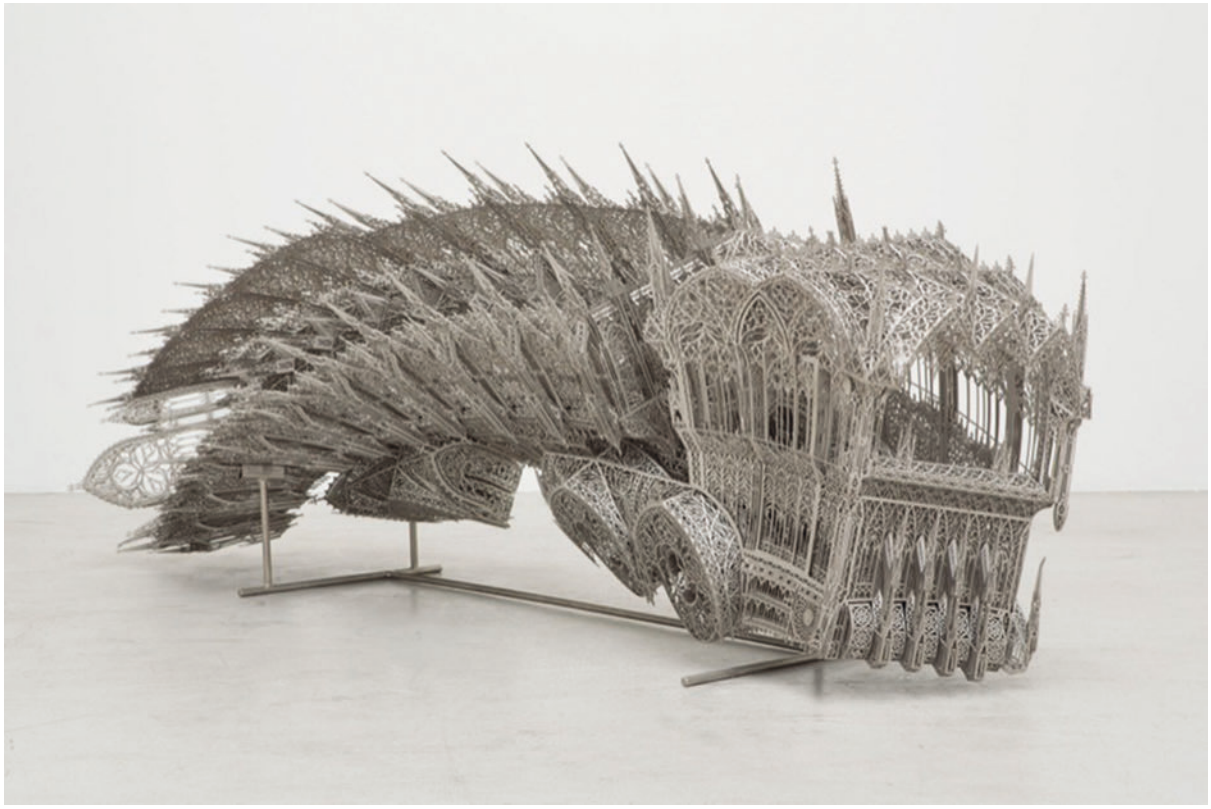
7



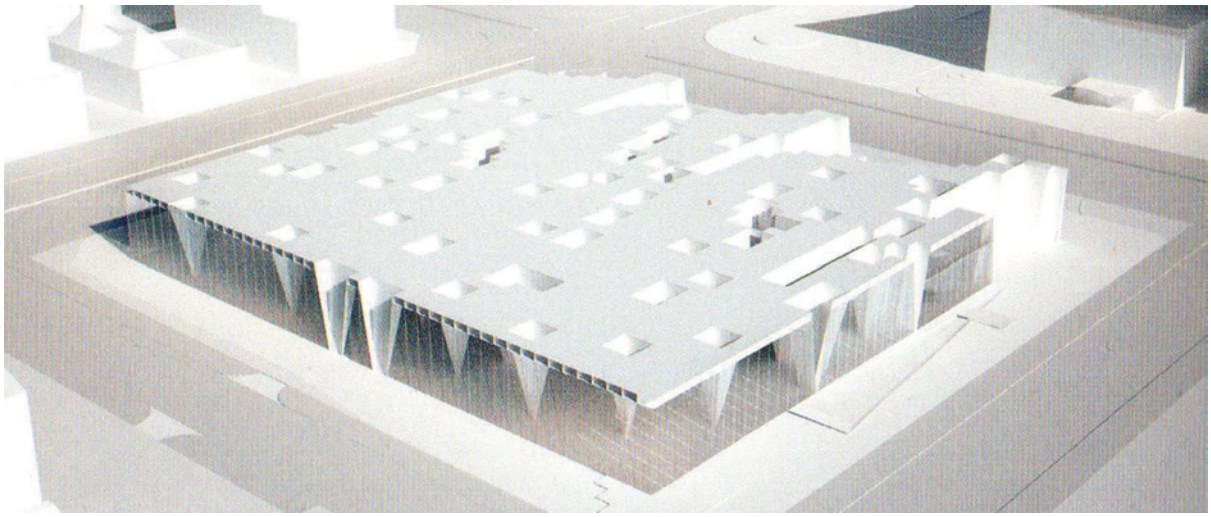
8



Kachelung
NOX: *Maison Folie* (2004)
Jeanne Gang: *Aqua Tower* (2009)



9



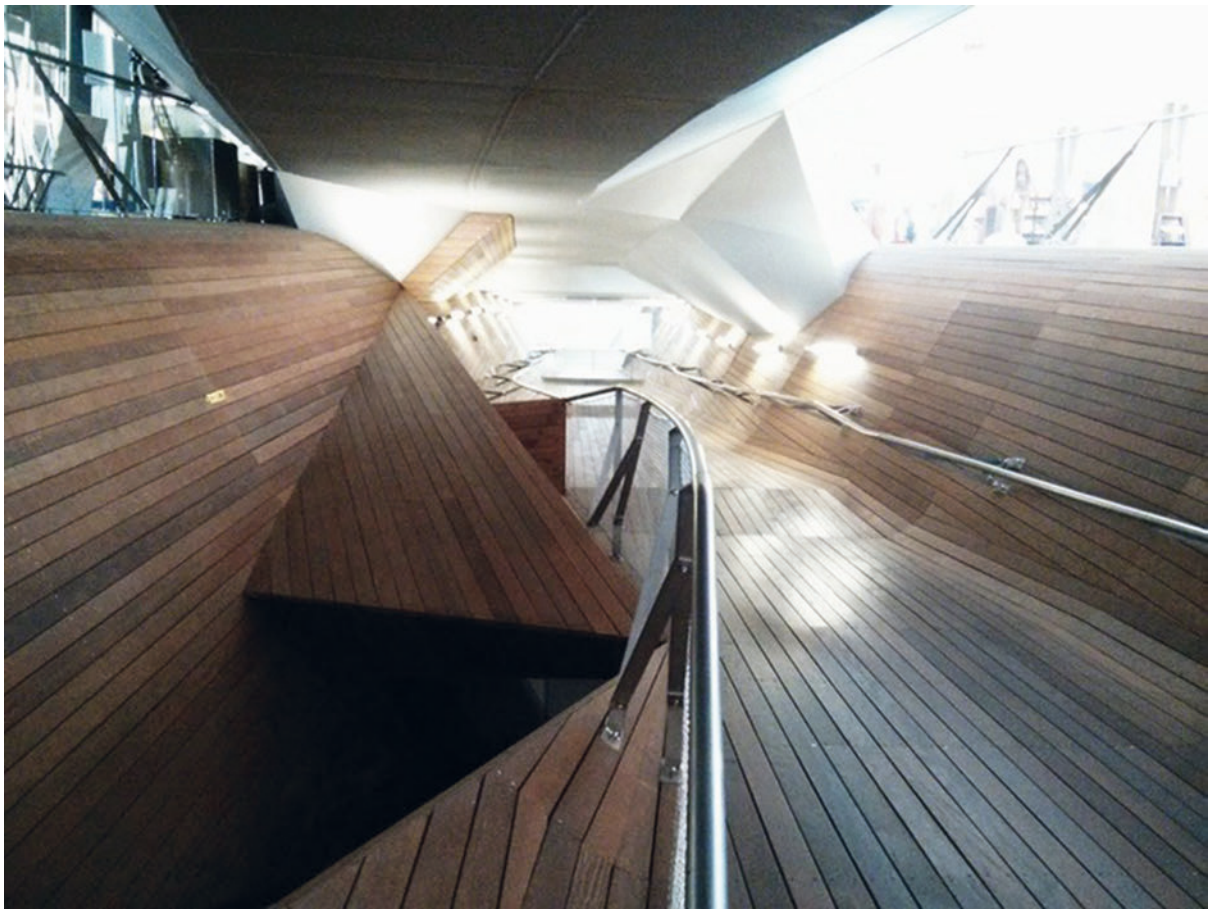
10

Wim Delvoye: *Twisted Dump Truck (Clockwise)* (2013)
George L Legendre: *Shenzhen Museum of Contemporary Art* (2007)

11



12



Wim Delvoye: *Dunlop Geomax* (2013)
FOA: *Yokohama International Port Terminal* (2002)

13



14

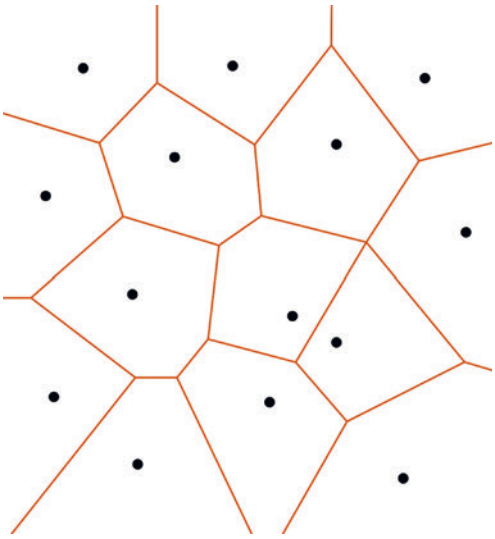


Wim Delvoye: *Kashmar (Polyester mould Turkish carpet)* (2012)
Herzog & de Meuron: *Erweiterung des Walker Art Center* (2005)

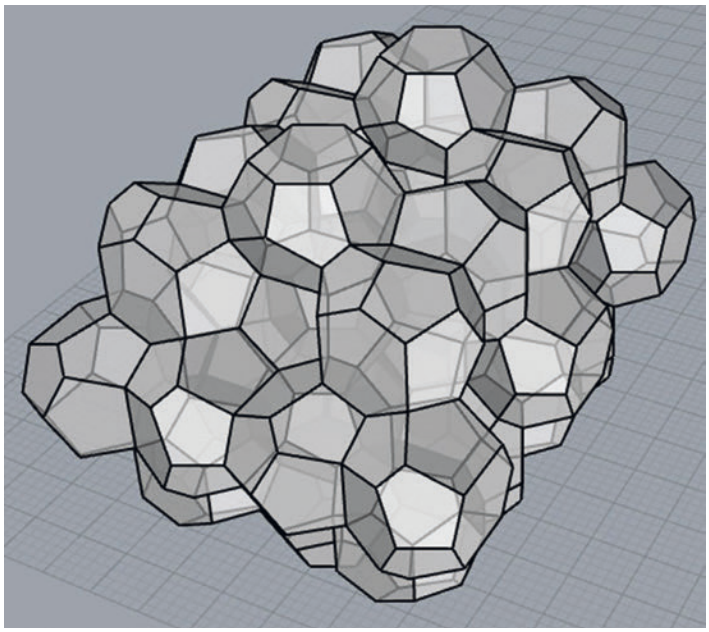
15, 16, 17







18

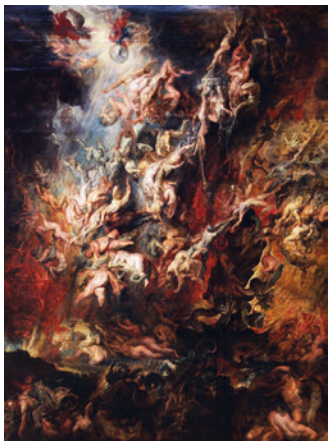


19



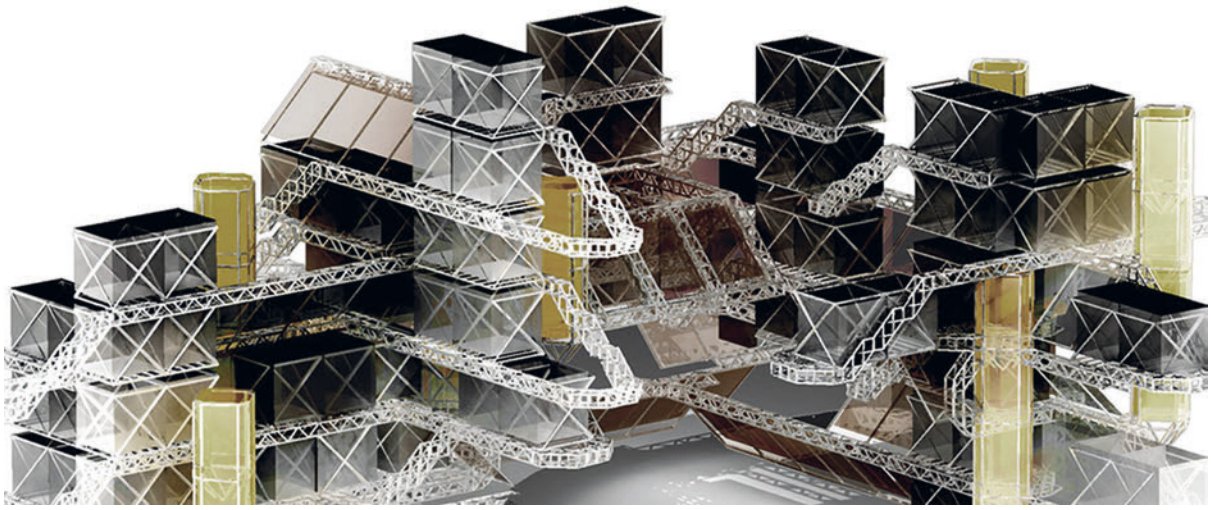
Giambattista und Hann Trier (siehe S. 462 und S. 463)
Weaire-Phelan-Struktur
PTW Architects: *Nationales Schwimmzentrum Peking (Water Cube)* (2008)

Voronoi-Diagramm

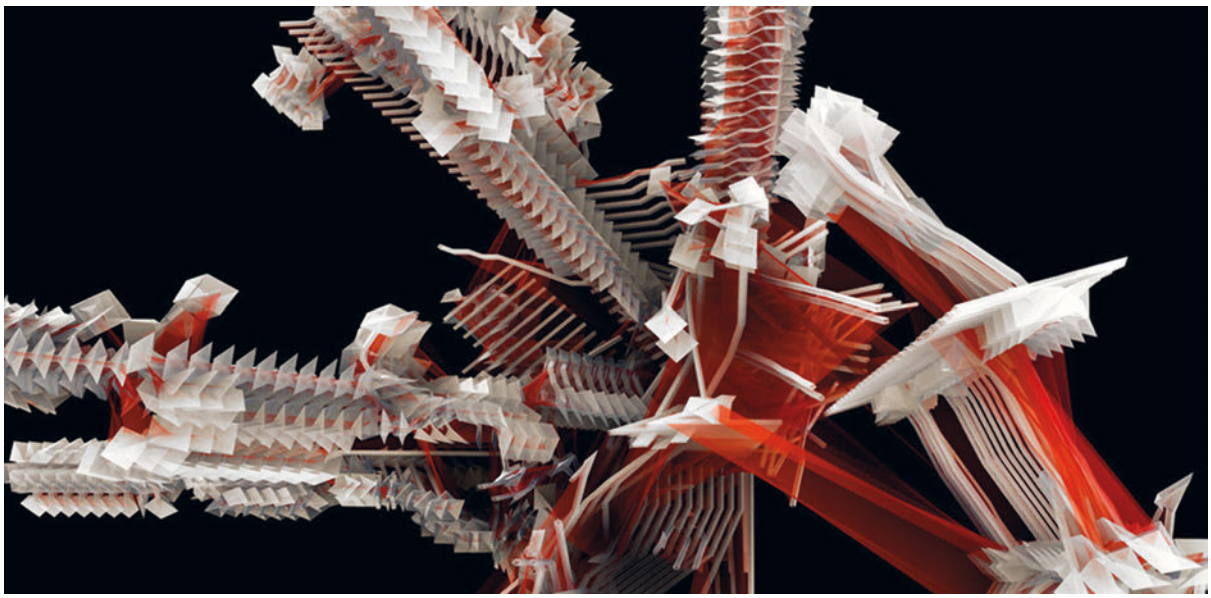




20, 21, 22



23



24

Peter Paul Rubens und Heinz Kreutz (siehe S. 464 und S. 465)
Peter Hansmeyer: *L-Systems in Architecture* (2003)

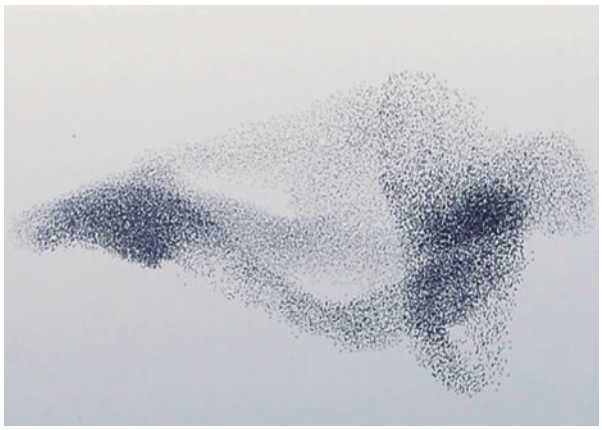
Lindenmayer-Systeme (L-Systeme)

25, 26





27, 28



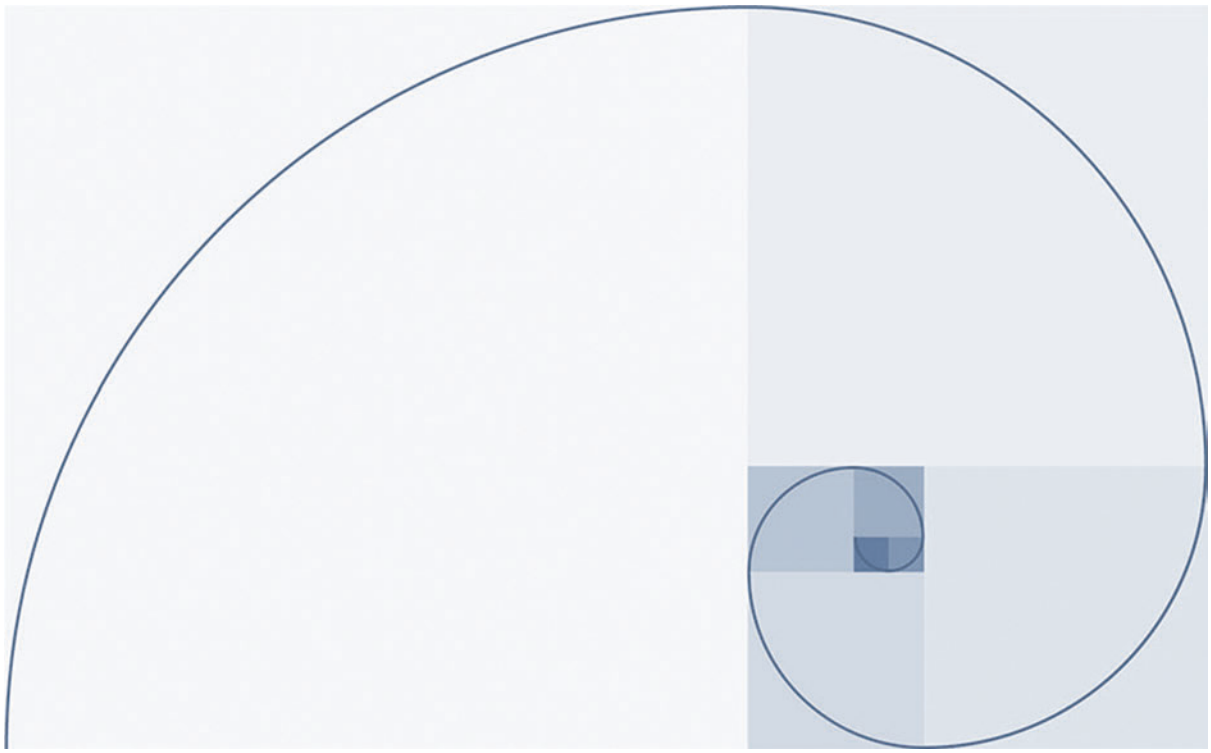


29



August Querfurt und K.R.H. Sonderborg (siehe S. 467)
Schwarmverhalten
Kokkugia: *Composite Swarm* (2013)

Craig W. Reynolds: *Boids* (1986)



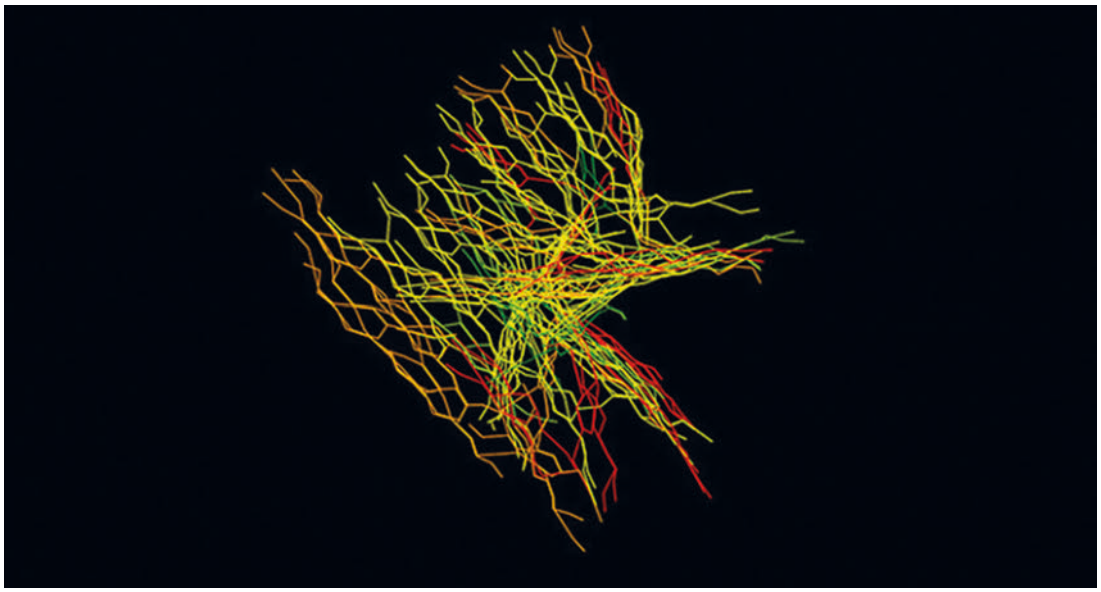
30



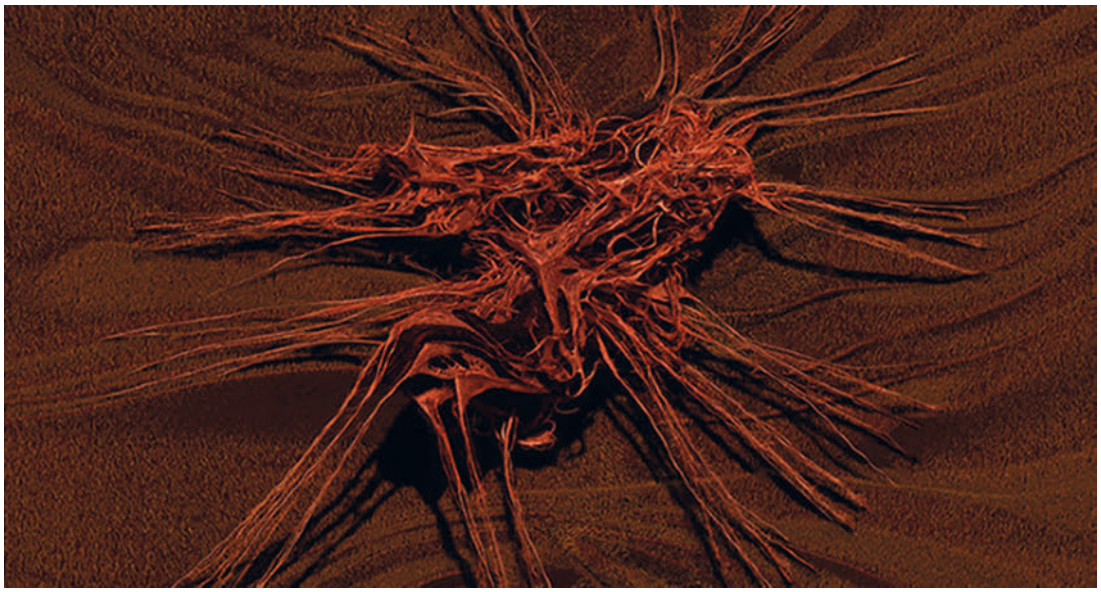
31

Fibonacci-Folge
Future Systems: *Kaufhaus Selfridges* (2003)

32



33



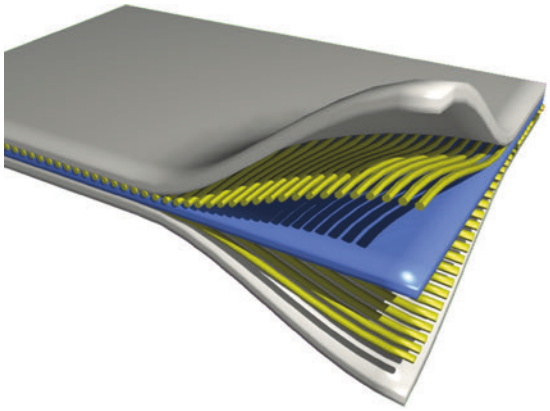
34

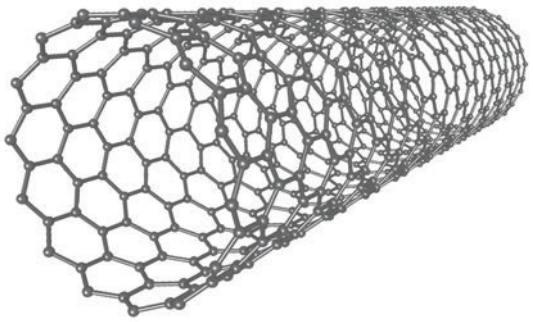


Kokkugia: *Brass Swarm* (2015)
Kokkugia: *Fibrous House* (2012)
Kokkugia: *RMIT Highway* (2013)



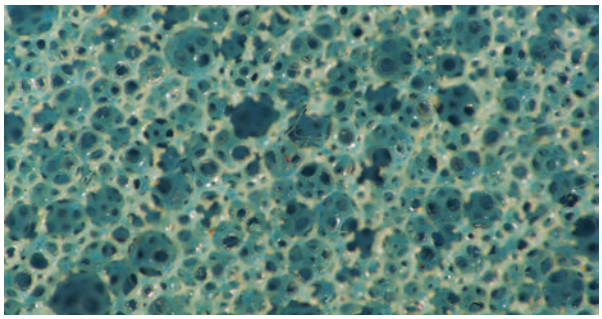
1





2, 3



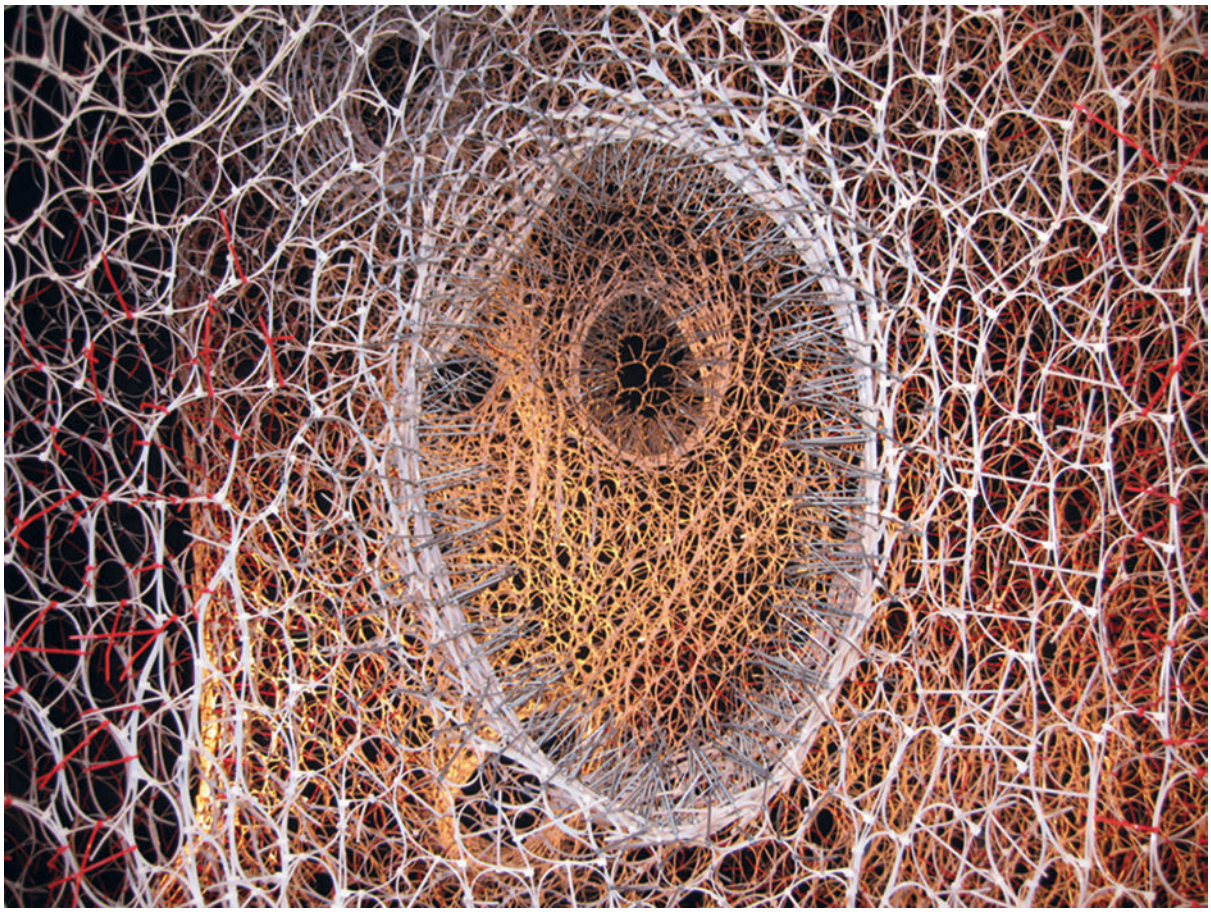


4, 5

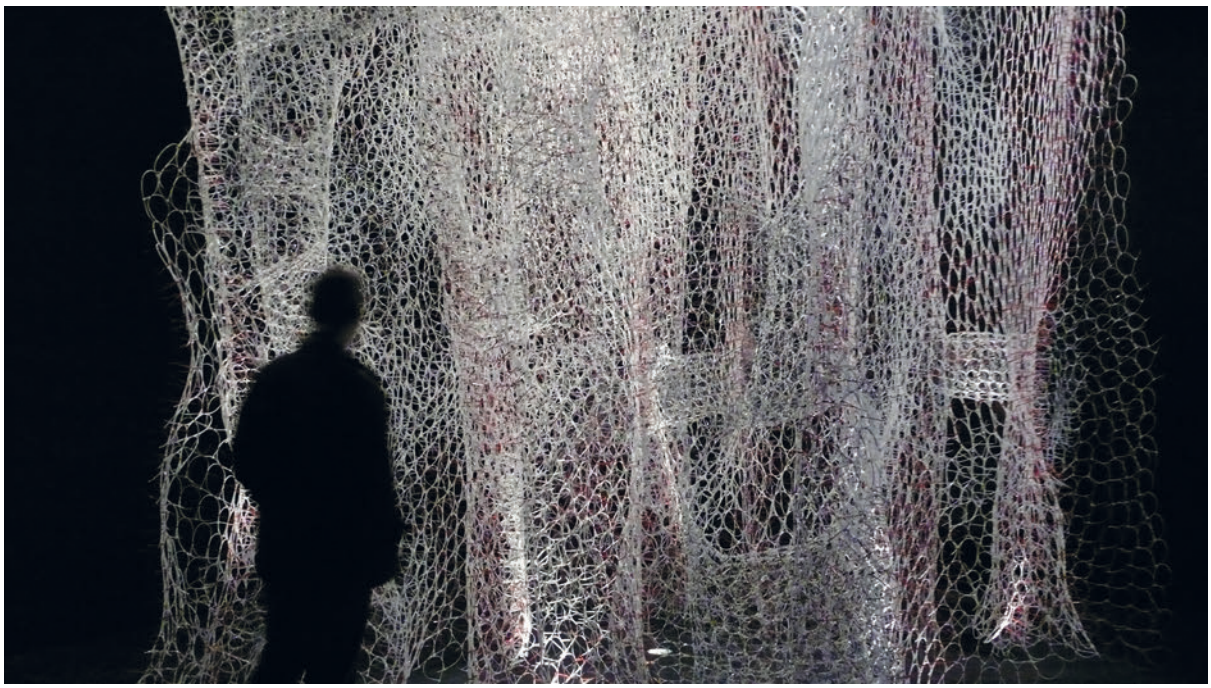
Otto Wagner: *Wiener Postsparkasse* (1906)
Komposite (Verbundwerkstoffe)
Sandwiche (Halbzeuge)

Fullerene (Struktur)
Schäume und Schwämme (Leichtigkeit und Stabilität)

6

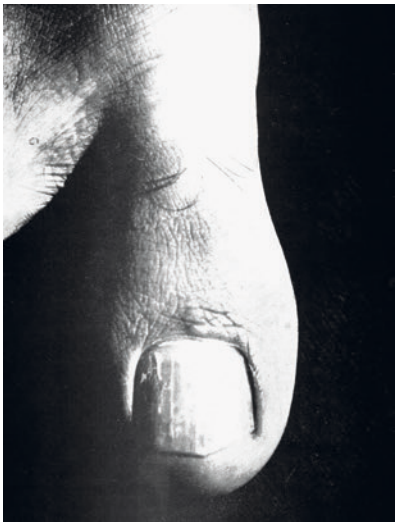


7



Jenny Sabin: *Branching Morphogenesis* (2009)







1, 2, 3



4

George Bataille. J.-A. Boiffard:
Der große Zeh (Männlich, 30 Jahre) (1929)

George Bataille. J.-A. Boiffard:
Der große Zeh (Männlich, 30 Jahre) (1929)

George Bataille. J.-A. Boiffard:
Der große Zeh (Weiblich, 24 Jahre) (1929)

Nicolas François Regnault. Geneviève de Nagis Regnault: *Die Abwege der Natur oder Sammlung der wesentlichen Monströsitäten* (1775)

5



6



Andy Warhol: *Oxidation Paintings/Piss Paintings* (1977/78)
Piero Manzoni: *Merda d'Artista (dt. Künstlerscheiße)* (1961)

7



8



Andres Serrano: *Metallica-Musikalbum Load* (1996)
Andres Serrano: *Metallica-Musikalbum ReLoad* (1997)

9

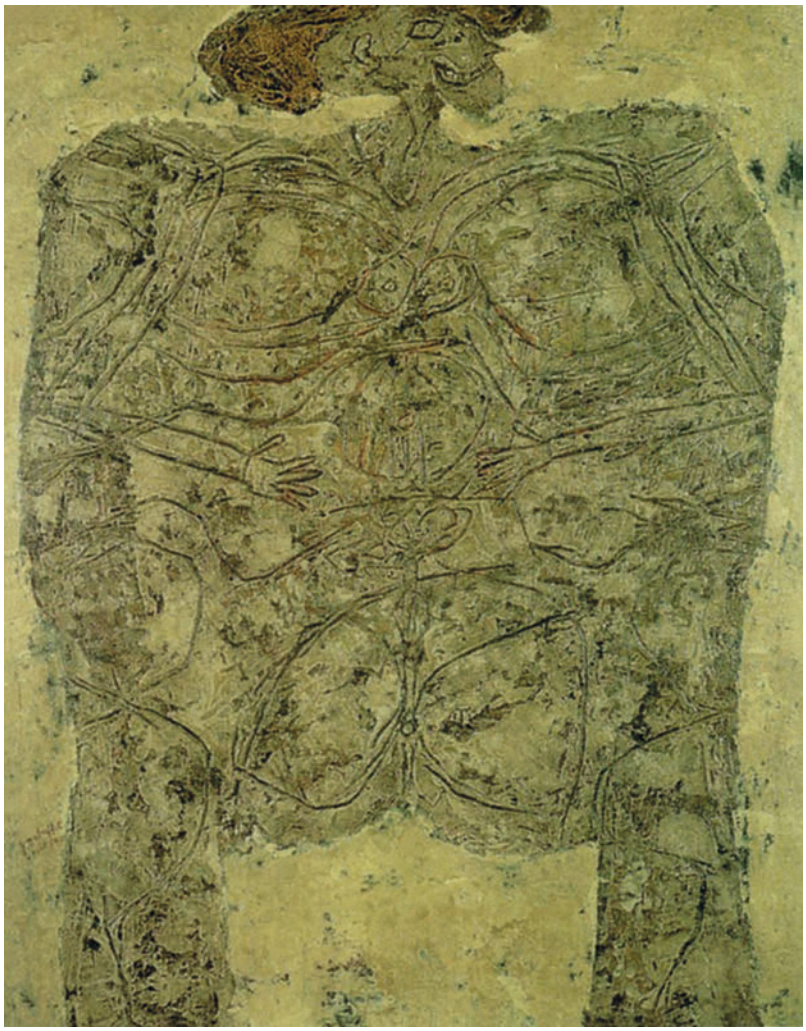


10



Lucio Fontana: *Sculptura nera* (1947)
Lucio Fontana: *Ceramica spaziale* (1947)

1



2



Jean Dubuffet: *La Metafisyx* (1950)
Jean Dubuffet: *The Cow With The Subtle Nose* (1954)

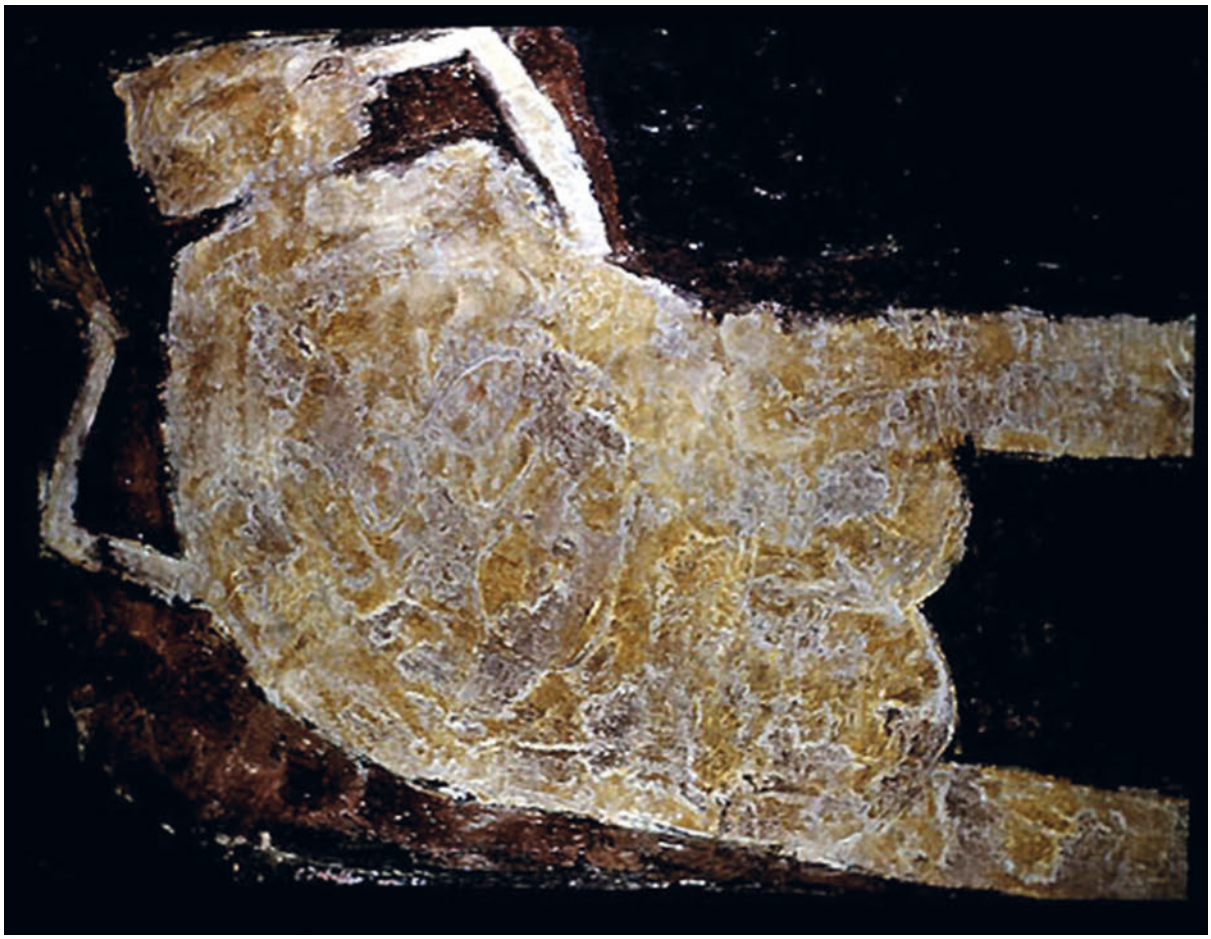
3



4



Jean Dubuffet: *The Exemplary Life of the Soil (Texturology LXIII)* (1958)
Jean Dubuffet: *Soul of the Underground* (1959)



5



6

Jean Dubuffet: *Olympia* (1950)
Edouard Manet: *Olympia* (1863)

7



Antoni Tàpies: *Grey and Black Cross No. XXVI* (1955)



8



9

Antoni Tàpies: *Pintura* (1955)
Antoni Tàpies: *Great Painting (Gran pintura)* (1958)

10

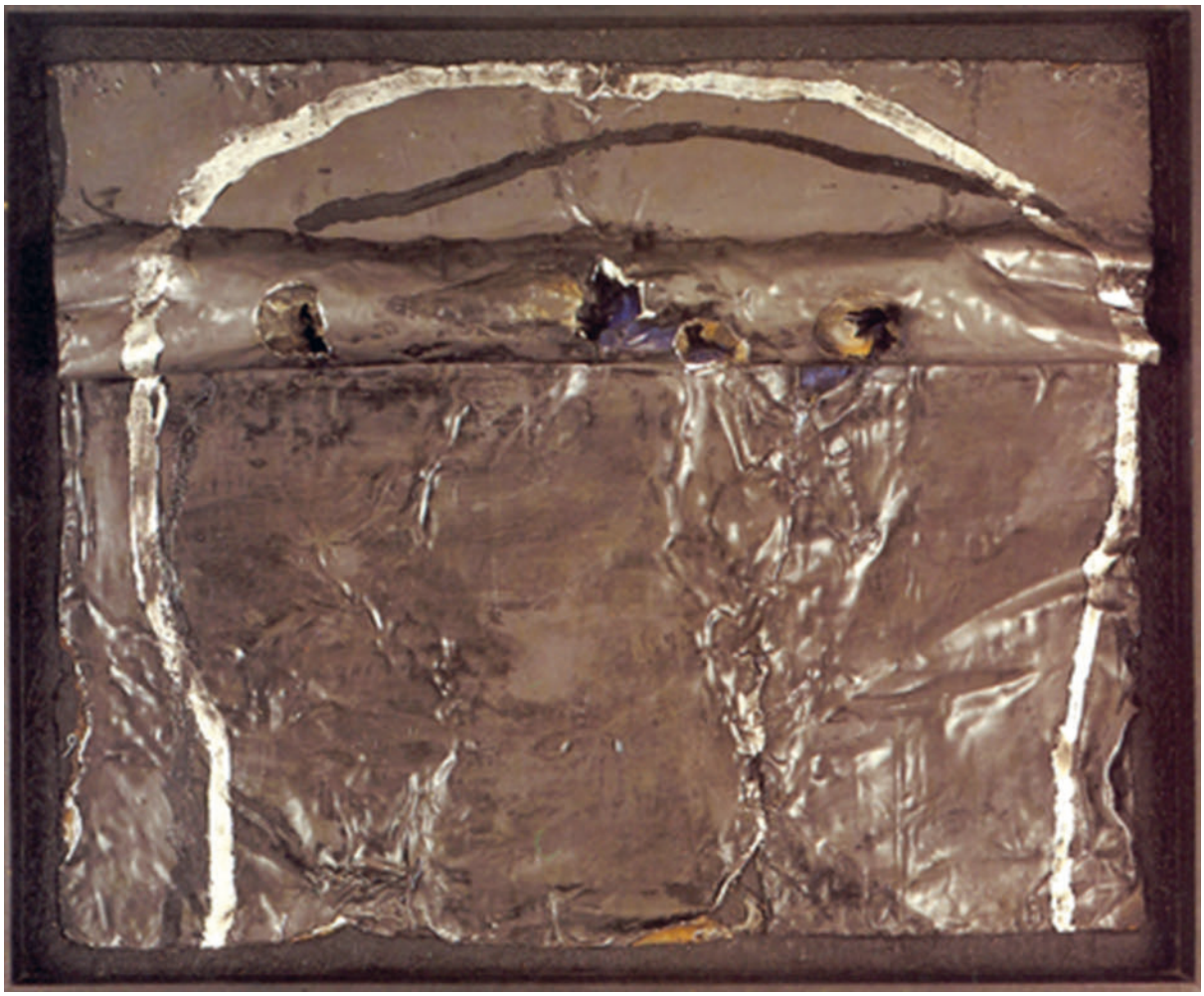


11



Emil Schumacher: *Ohne Titel (Tastobjekt)* (1957)
Emil Schumacher: *Paracelsus (Hammerbild)* (1967)

12



13



Emil Schumacher: *Bleibild B 9* (1969/70)
Emil Schumacher: *Alumet (Aluminiumbild)* (1995)

14



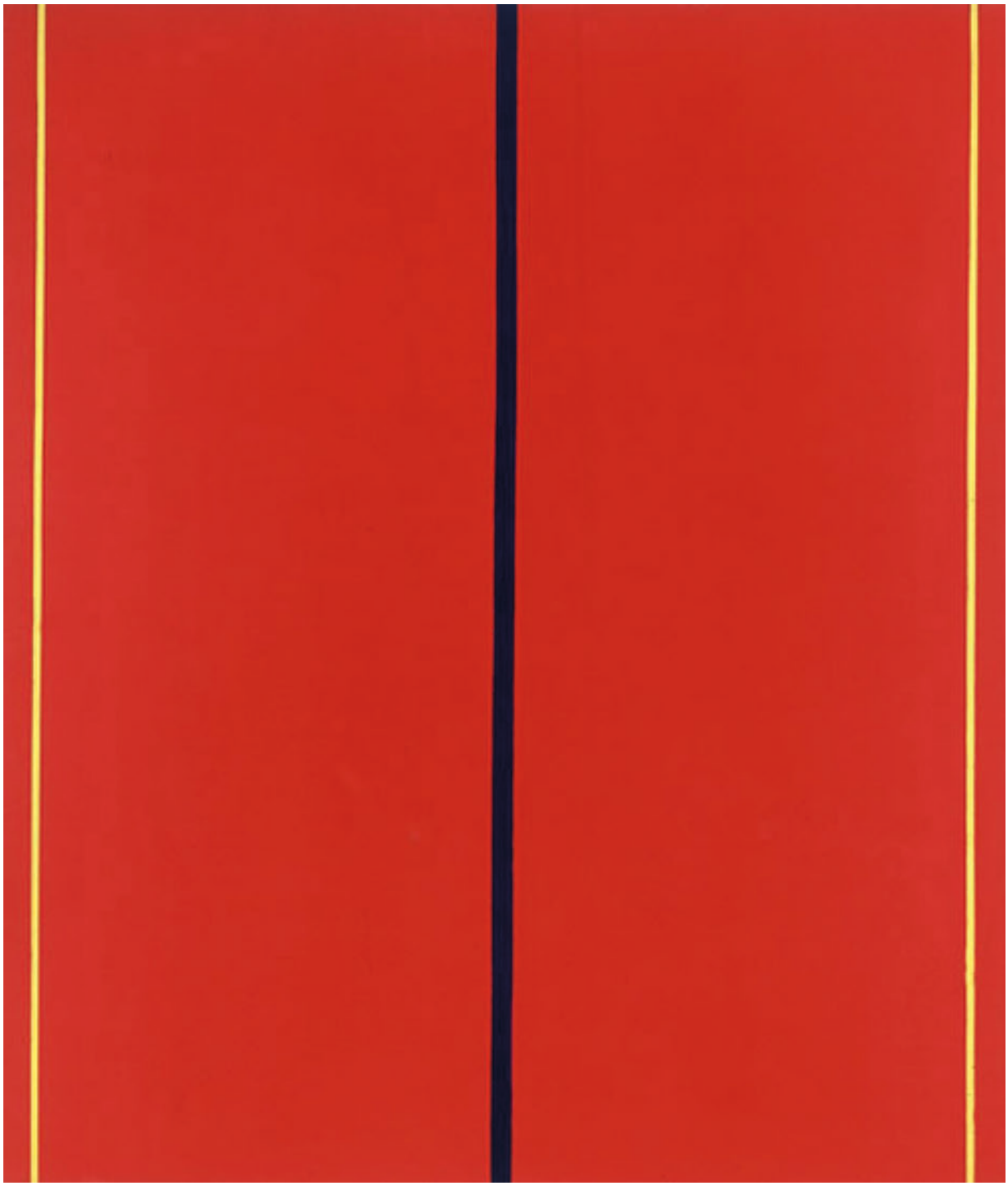
Barnett Newman: *Onement I* (1948)

15



Barnett Newman: *Who's Afraid of Red, Yellow and Blue I* (1966)

16



Barnett Newman: *Who's Afraid of Red, Yellow and Blue II* (1967)

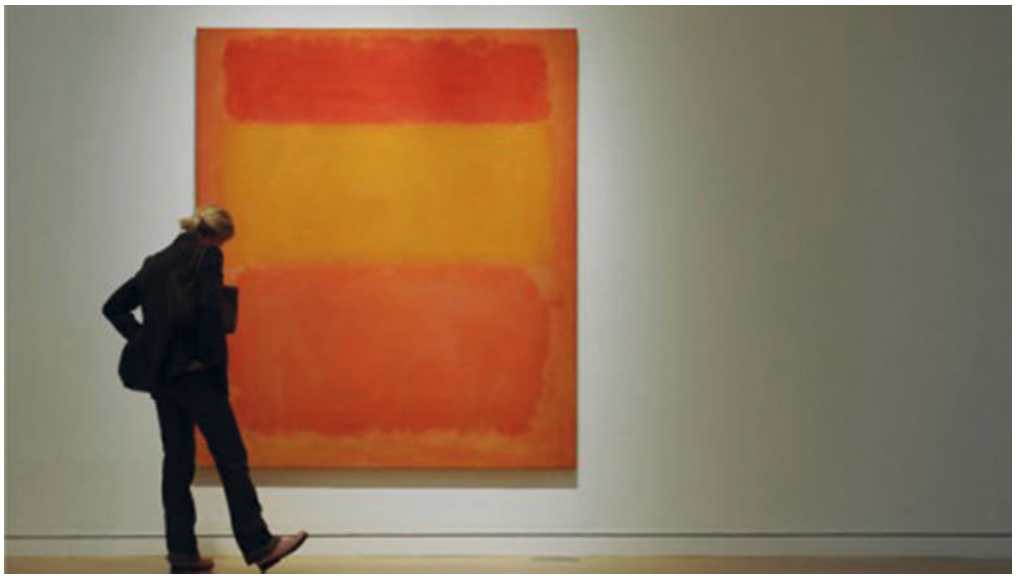
17



18



19



Barnett Newman: *Who's Afraid of Red, Yellow and Blue III* (1966/67)
Barnett Newman: *Who's Afraid of Red, Yellow and Blue IV* (1969/70)
Mark Rothko: *Orange, Red, Yellow* (1961)

20



Mark Rothko: *White Center (Yellow, Pink and Lavender on Rose)* (1950)

1



2



3



Thomas *Telford: Menai-Brücke* (1826)
Isambard Kingdom Brunel: *Clifton Suspension Bridge* (1864)
John Fowler/Benjamin Baker: *Forth Bridge* (1890)

4



5



Robert Maillart: *Salginatobelbrücke* (1930)
Freeman Fox & Partners: *Severn-Brücke* (1961–1966)

1 Topology optimization by distribution of isotropic material

6

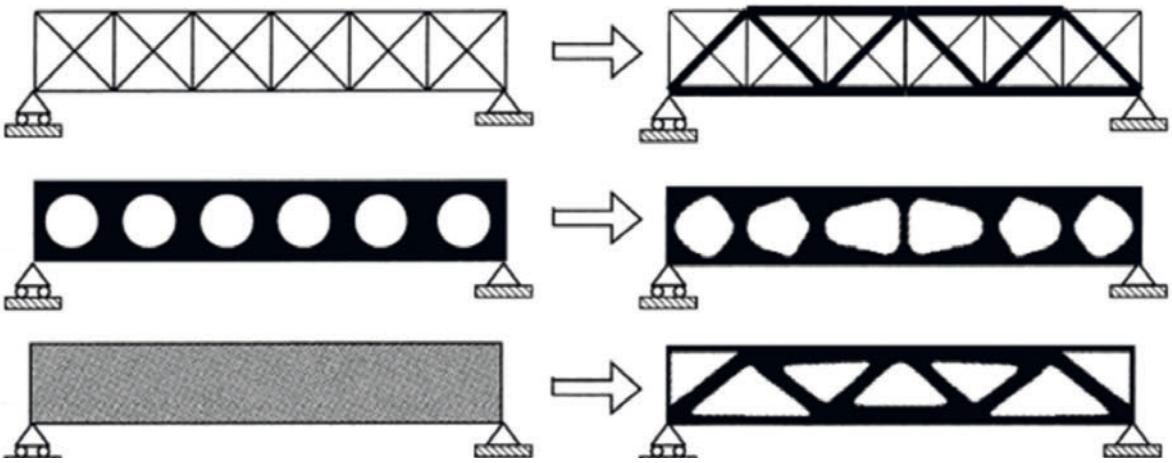
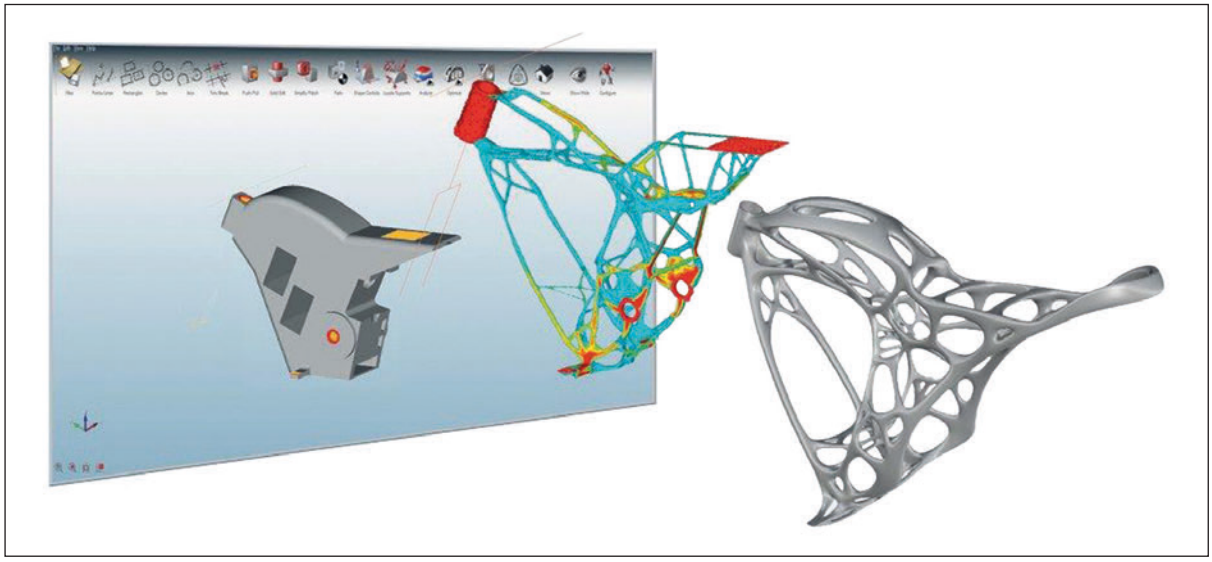


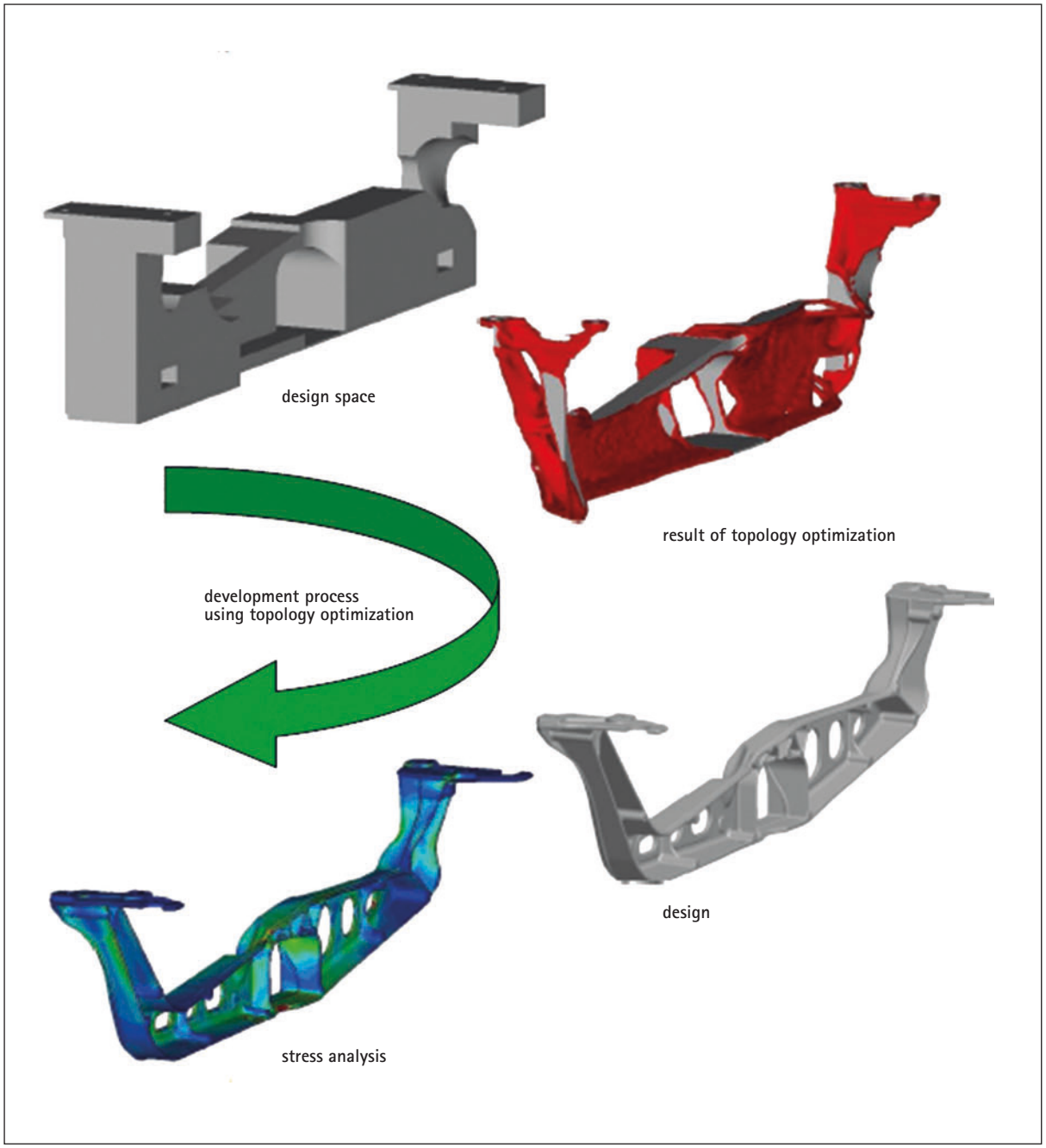
Fig. 1.1. Three categories of structural optimization.
a) Sizing optimization of a truss structure,
b) shape optimization and
c) topology optimization.
The initial problems are shown at the left hand side and the optimal solutions are shown at the right.

7



Martin Philip Bendsøe/Ole Sigmund: *Illustration – Topology Optimization* (2004/2013)
Bauraum – CAE-Modell – CAD-Modell

8

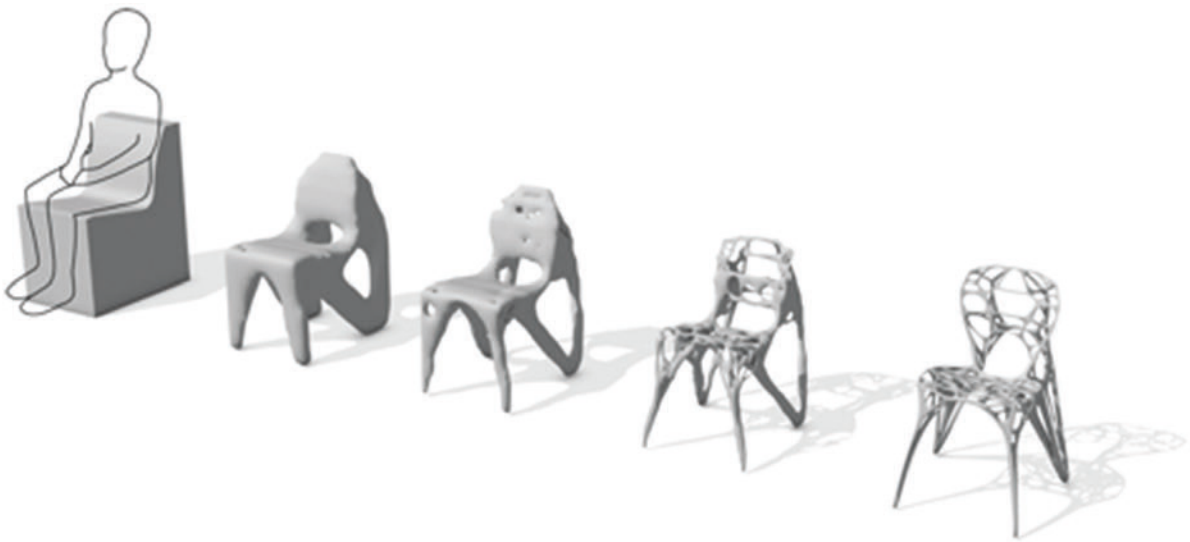


Peter Hougardy: *AUDI – Topology optimization of engine and gearbox mount casting* (2009)





9, 10



11

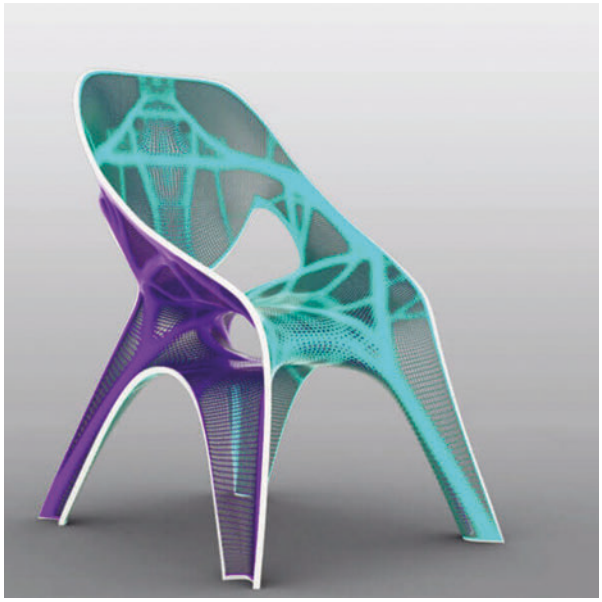




12, 13

Joris Laarman: *Bone Chair* (2006)
Marco Hemmerling/Ulrich Nether: *Generico Chair* (2014)

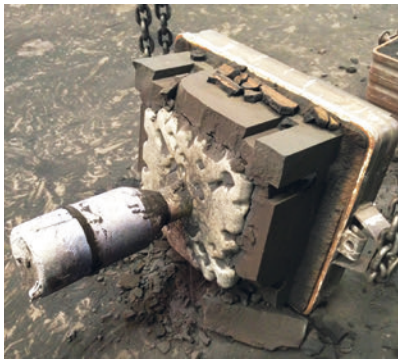
14, 15





16, 17, 18





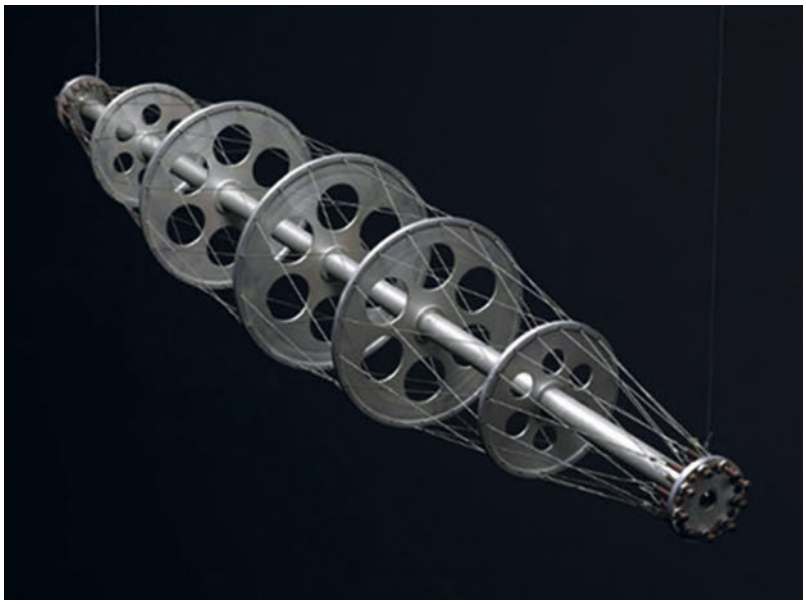


19



Zaha Hadid: *3D printed chair* (2016)
NOWlab@BigRep: *T 1000* (2015)





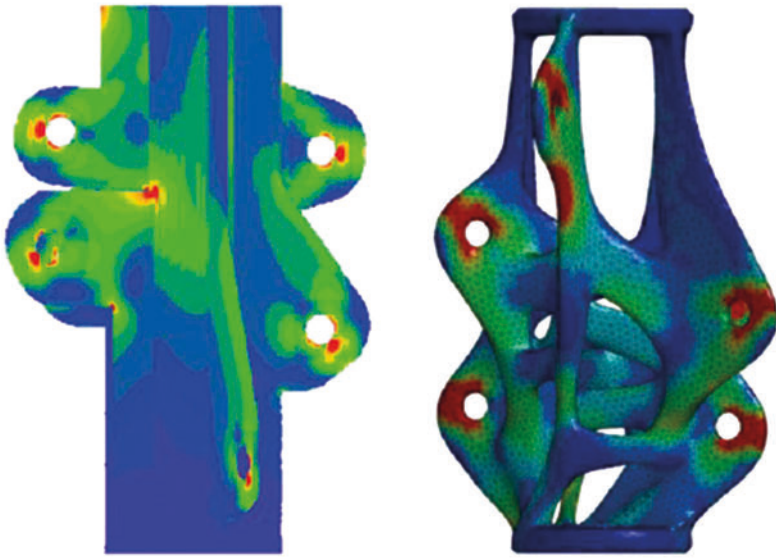
20, 21



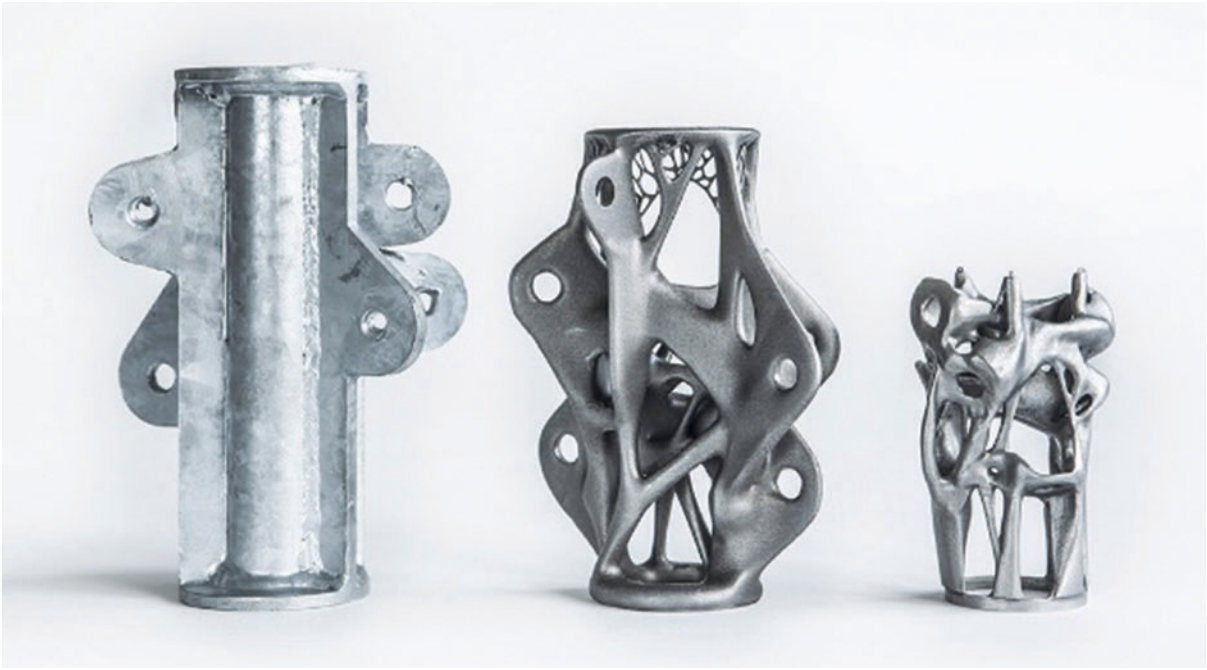
22

Robert Le Ricolais: *Isomorphe Skelettversion der ‚Tubulaire' und ‚Lemniscate': linsenförmiges Tragwerk als rotationssymmetrisches Seilpoligon* (1940/1941)
ARUP: *Rendering – Straßenbeleuchtung Grote Marktstraat Den Haag* (2008–2013)

23



24

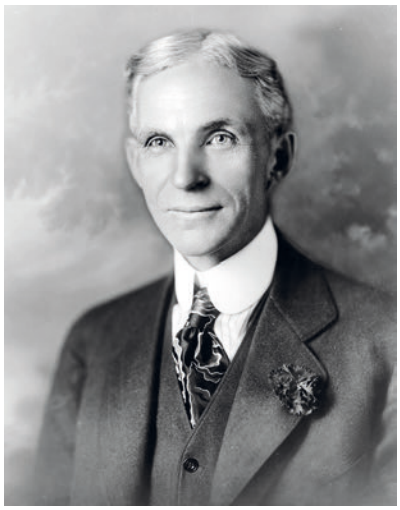


25



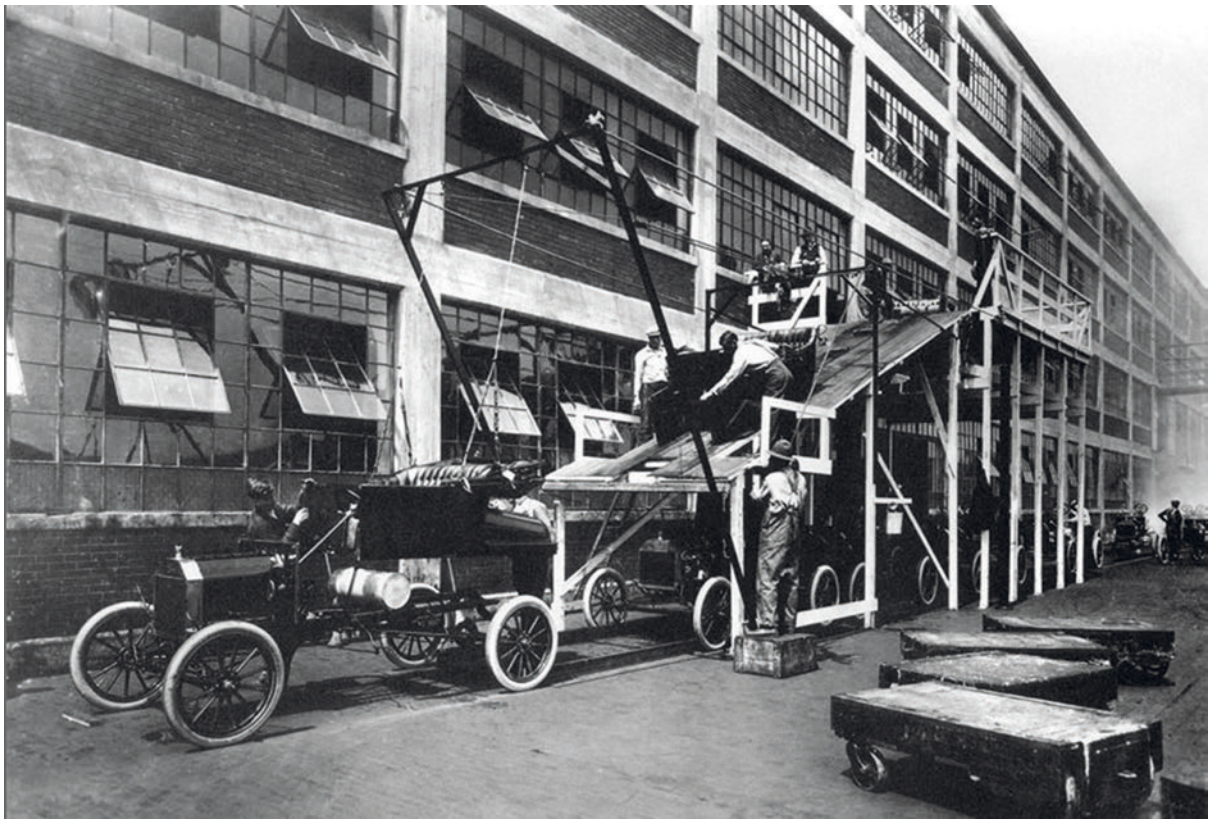
ARUP: *Topologische Optimierung des Knotenpunkts – Straßenbeleuchtung Grote Marktstraat Den Haag* (2008–2013)

26, 27

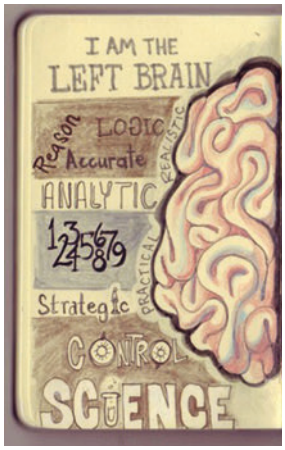




28



29



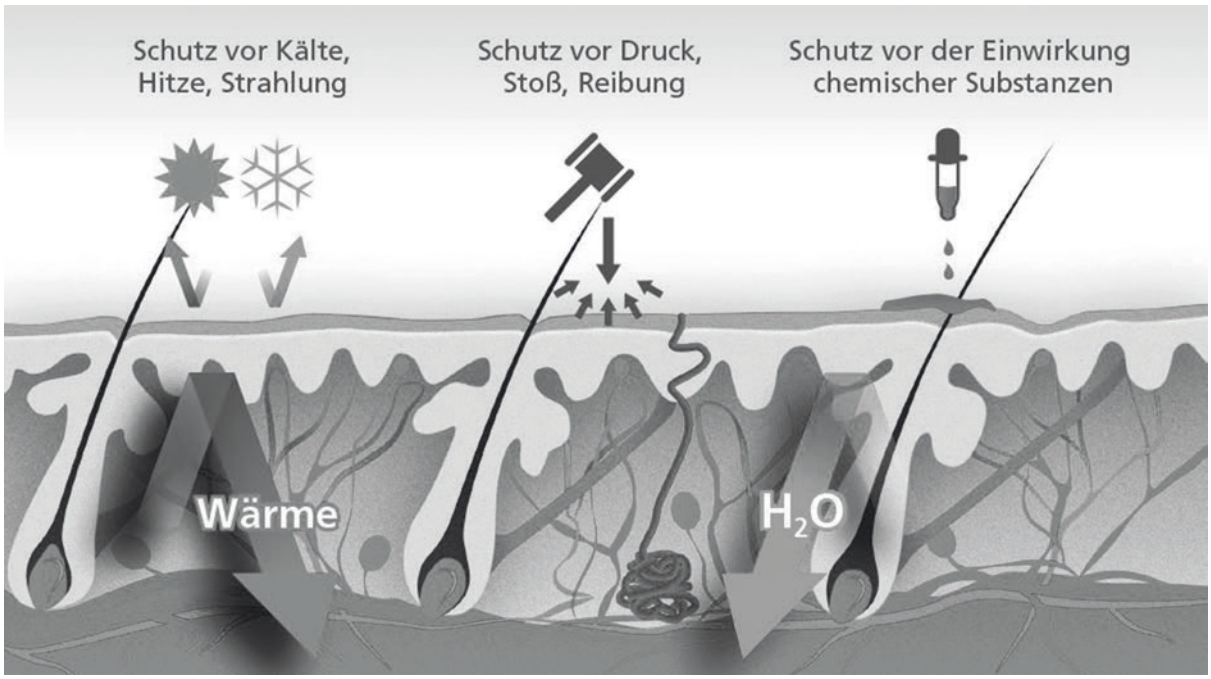
Henry Ford (1863–1947) (1919) Werkzeuge: *Hammer und Meissel*
Massenproduktion/Standardisierung: *Fließband in der Produktion des Fords Modell T* (1913)
Analyse: *Linke Gehirnhälfte*

30, 31

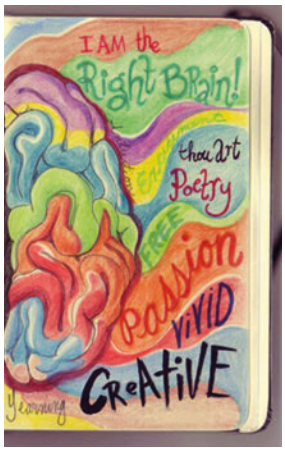




32



33

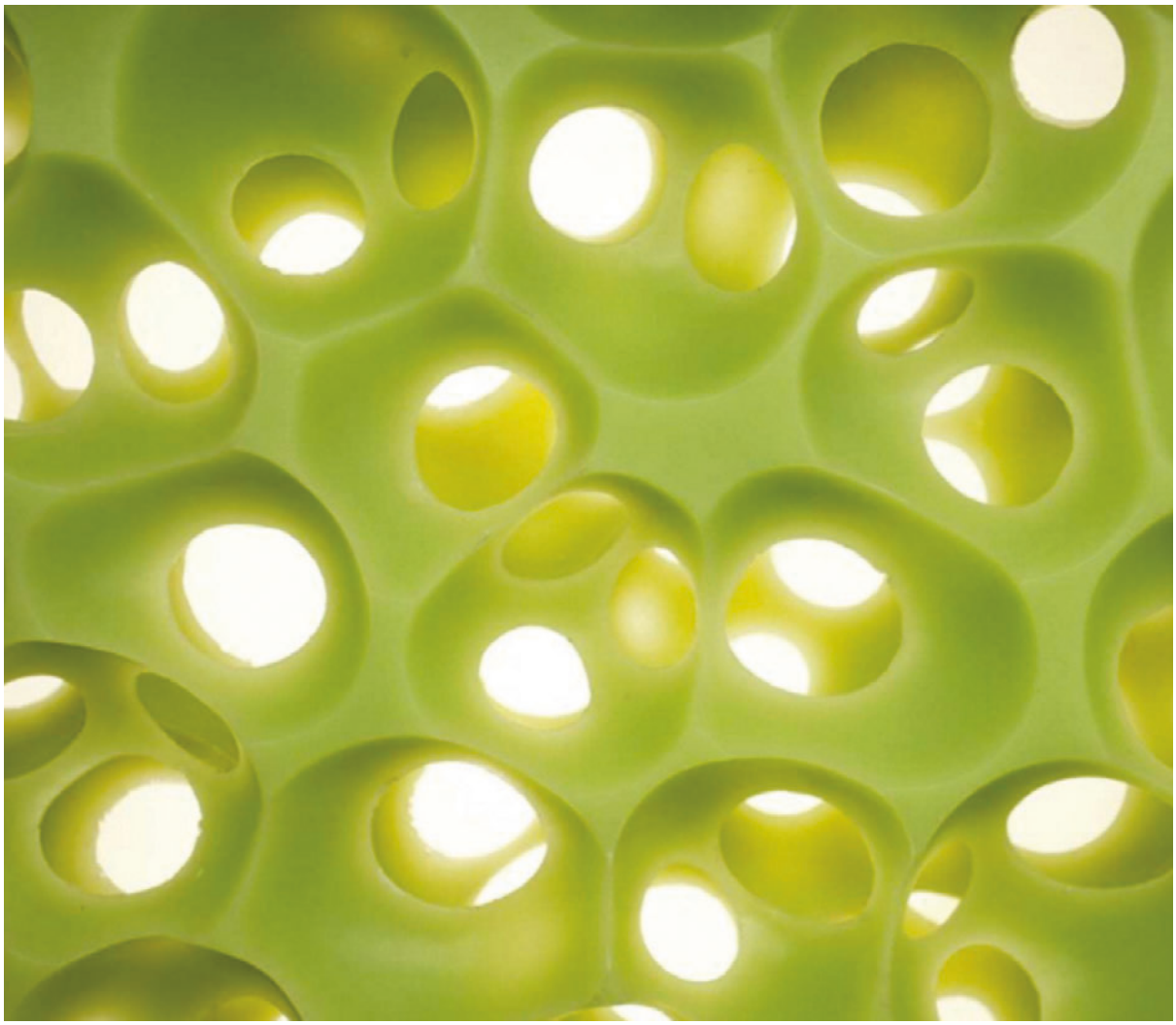


Charles Darwin (1809–1882) (1854)
Evolution/Wachstum: *Aufbau der Haut*
Synthese: *Rechte Gehirnhälfte*

Werkzeuge: *Gene*



34



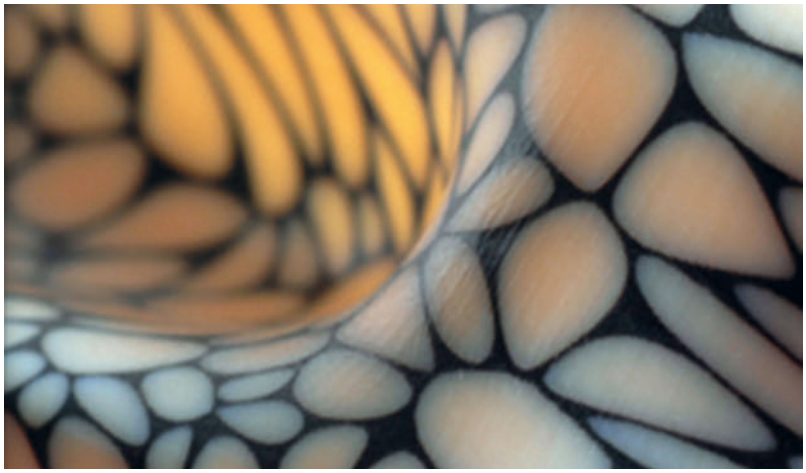
35

OMA: *Prada Epicenter Los Angeles* (2004)

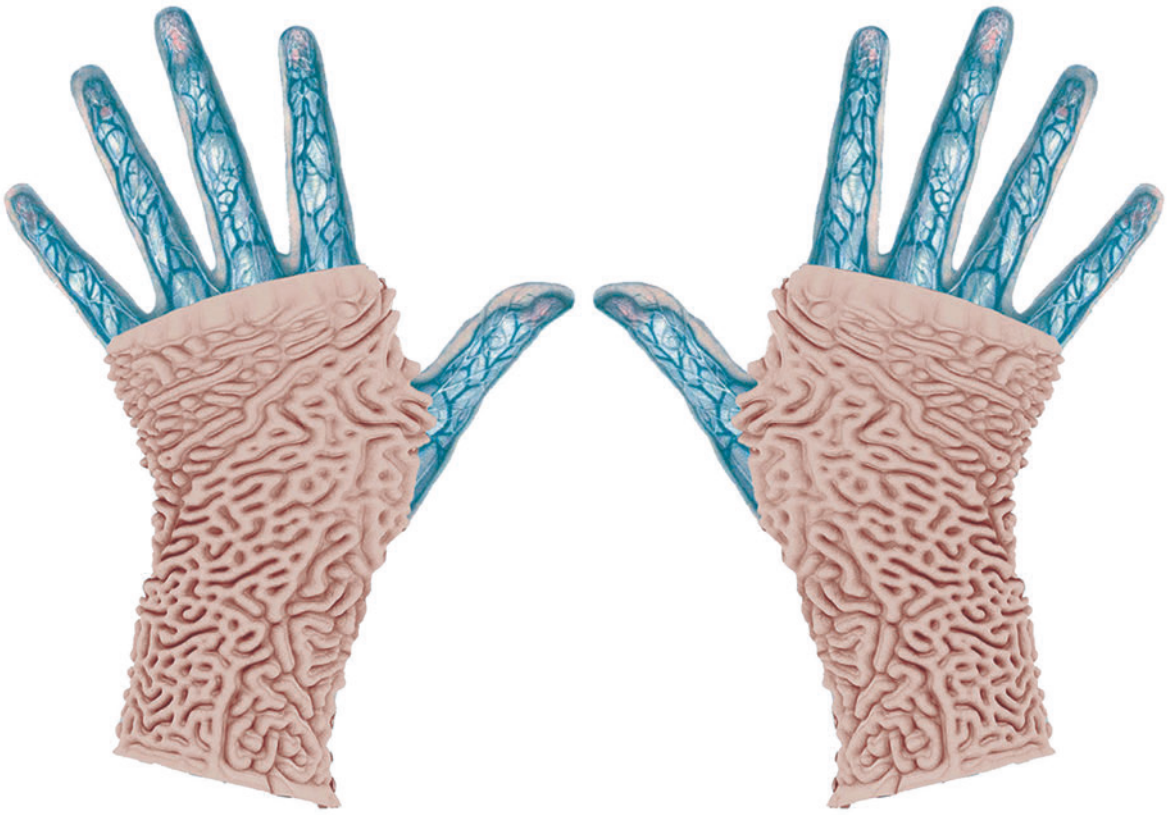
36



37



38

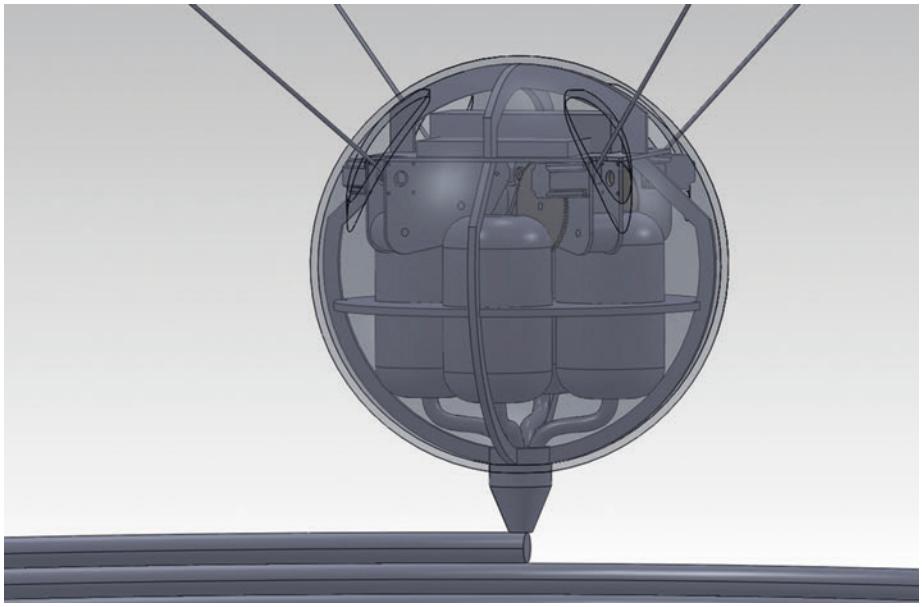


Neri Oxman: *Chaiselongue Beast* (2008)
Neri Oxman: *Handgelenkschiene Carpal Skin (Wrist Splint)* (2009–10)

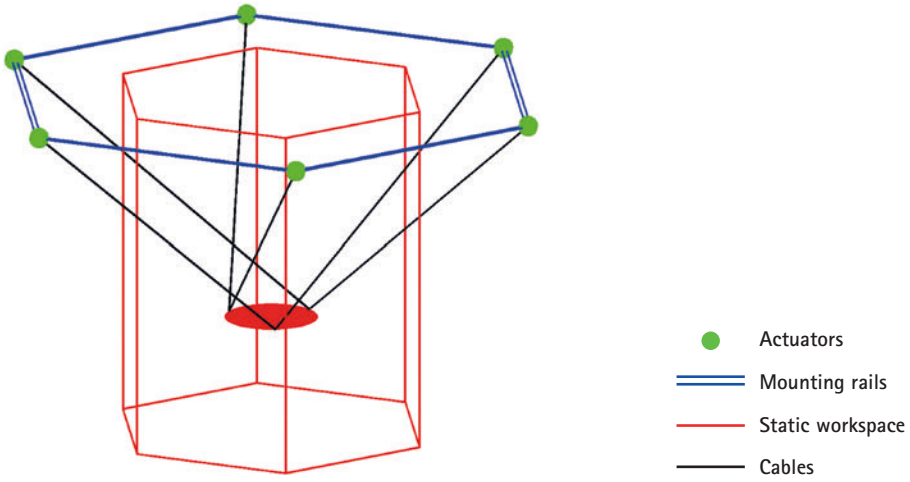
39



40



41



Neri Oxman: *KUKA Digital Fabrication Print-in-Place construction* (2012–13)
Neri Oxman: *CableBot cable-suspended 3D printing* (2013)
Eric Barnett/Clément Gosselin: *Prinzip eines Six degree-of-freedom cable-suspended robot* (2015)

42, 43





44

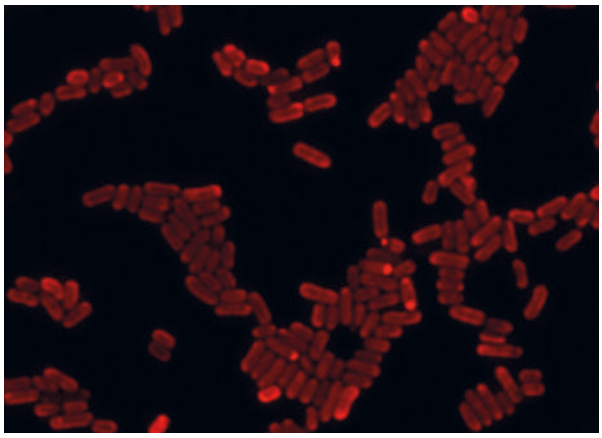


45



Buckminster Fuller: *Biosphère* (1967)
Neri Oxman: *Silk Pavilion templated swarm printing* (2013)

Neri Oxman: *Seidenraupe – Silk Pavilion* (2013)

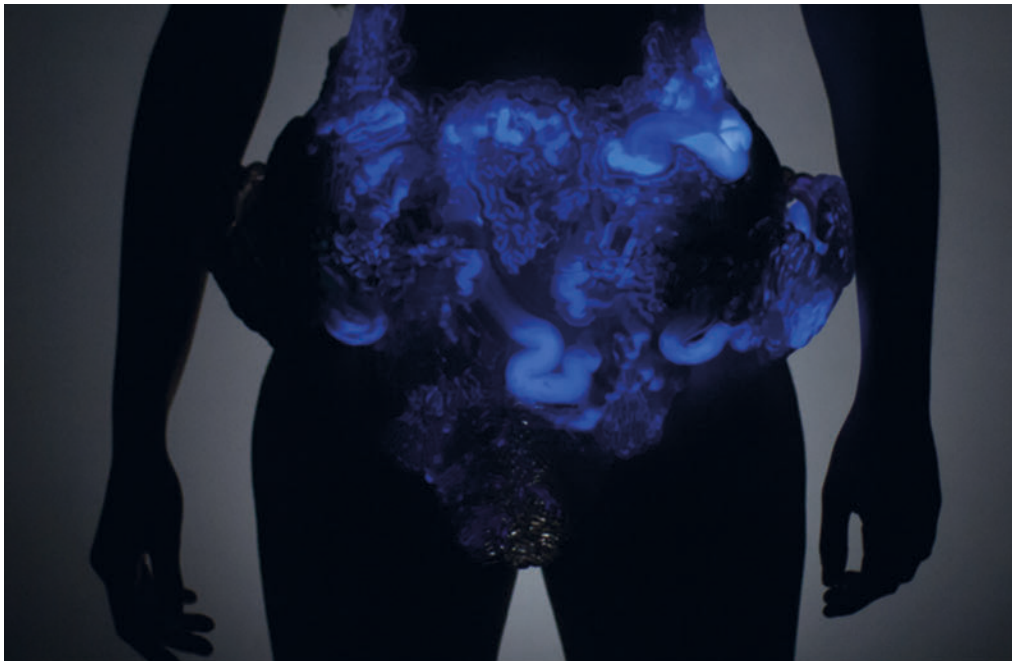




46, 47



48

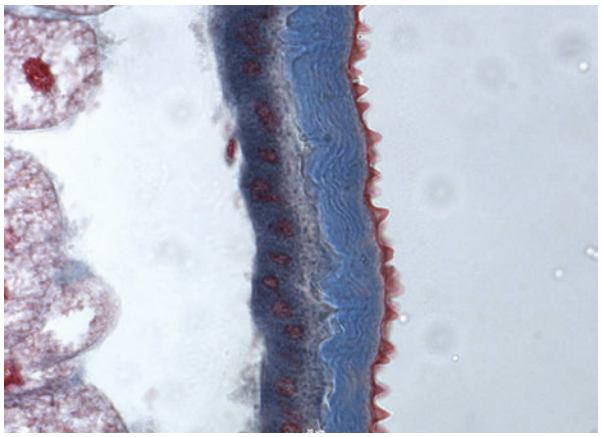


49

Neri Oxman: *Mushtari (Jupiter's Wonderer)* (2014)

50, 51

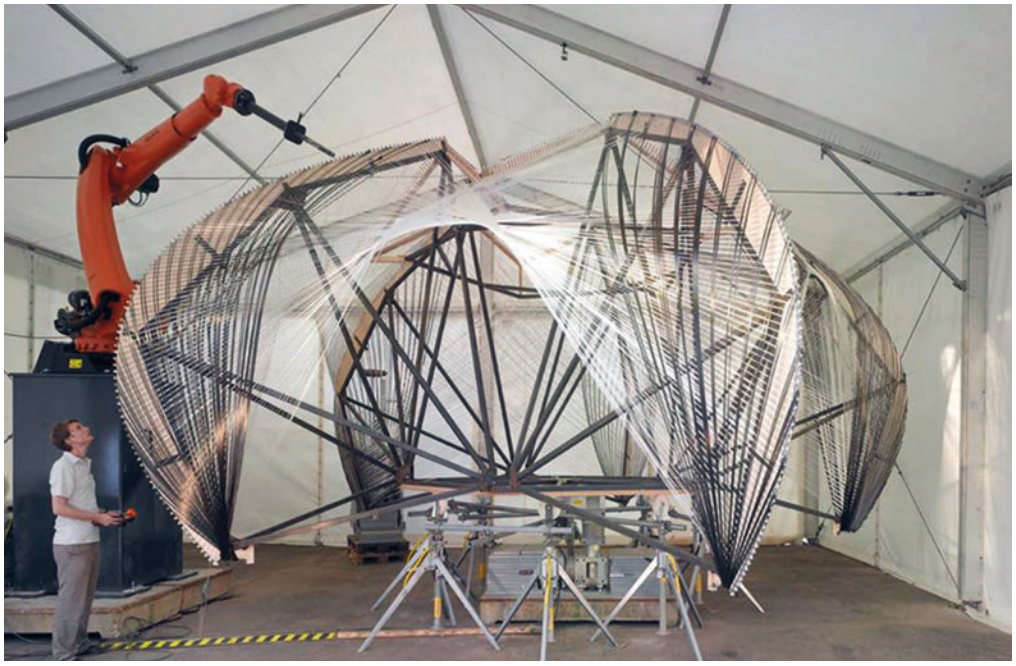




52



53



Achim Menges: *ICD/ITKE Research Pavilion* (2012)





54, 55



56



57

Achim Menges: *ICD/ITKE Research Pavilion* (2013–14)

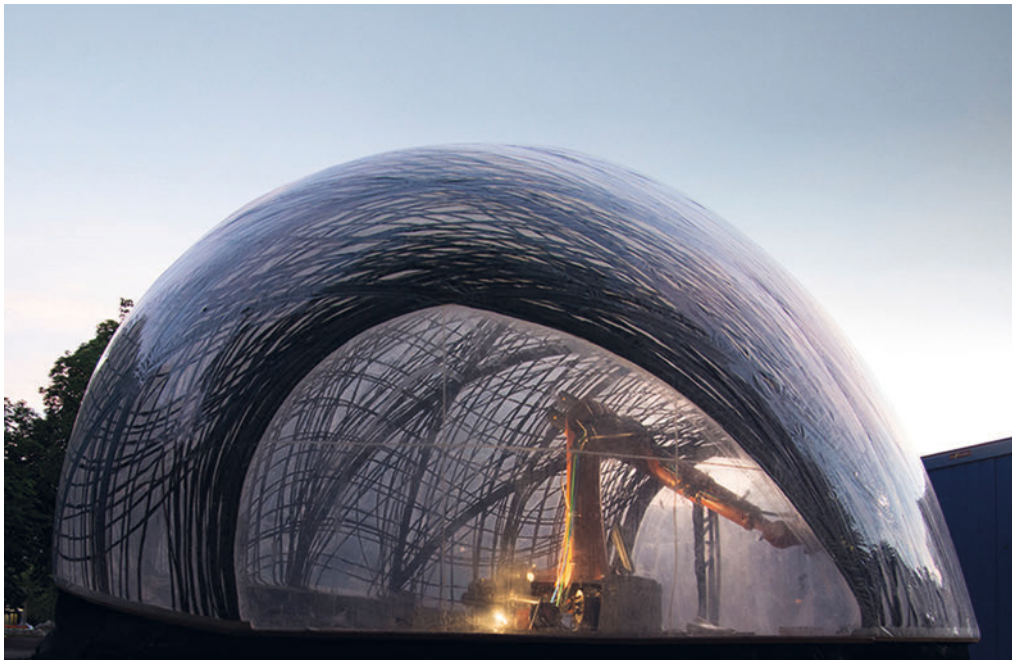
58, 59



60



61



Achim Menges: *ICD/ITKE Research Pavilion* (2014–15)



1, 2

1. Position (5′-Ende)	2. Position U	C	A	G	3. Position (3′-Ende)
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	STOP	STOP	A
	Leu	Ser	STOP	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Abkürzungen

U	Uracil (bei DNA steht T [= Thymin] an der Stelle von U)
C	Cytosin
A	Adenin
G	Guanin

Ala	Alanin	Gly	Glycin	Pro	Prolin
Arg	Arginin	His	Histidin	Ser	Serin
Asn	Asparagin	Ile	Isoleucin	Thr	Threonin
Asp	Asparaginsäure	Leu	Leucin	Trp	Tryptophan
Cys	Cystein	Lys	Lysin	Tyr	Tyrosin
Gln	Glutamin	Met	Methionin	Val	Valin
Glu	Glutaminsäure	Phe	Phenylalanin		

STOP bedeutet »beende die Kette«

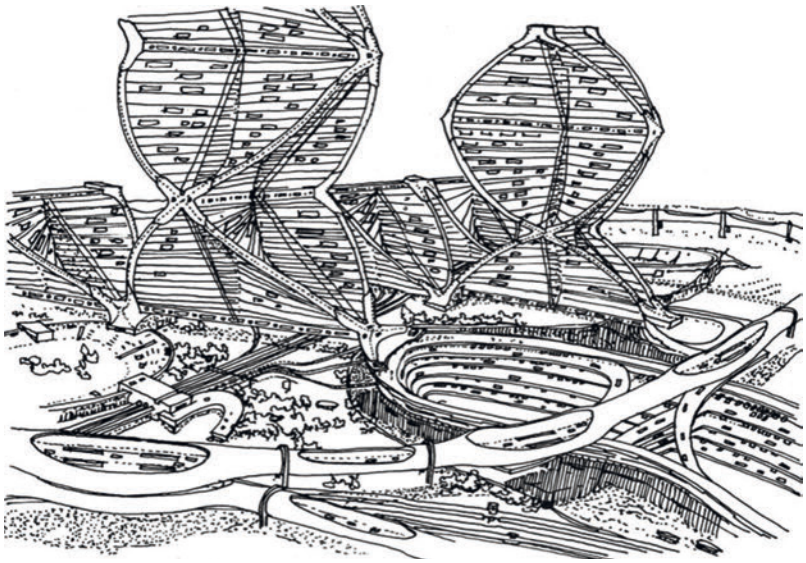
3



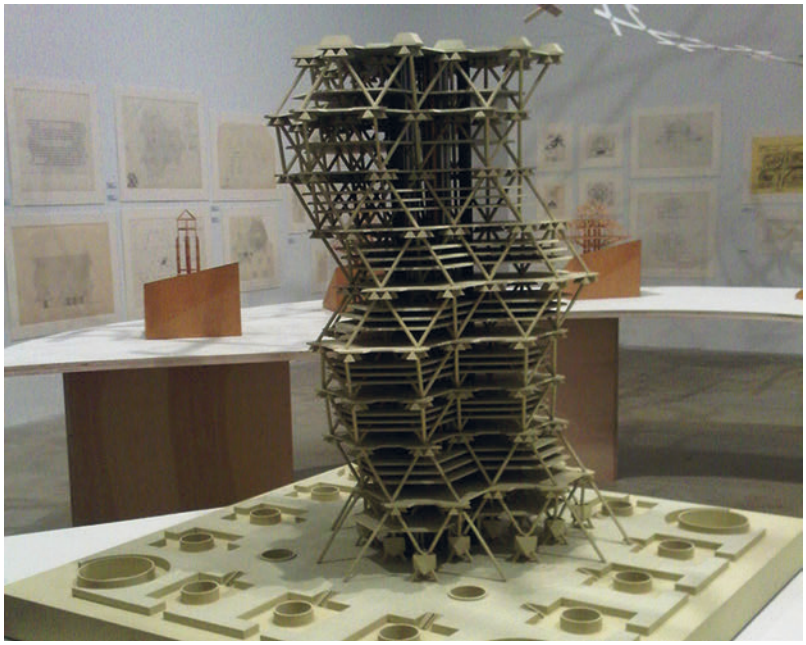
Odile Crick: *DNA-Zeichnung als Doppelhelix* (1953)

Francis Crick: *Tabelle der Entschlüsselung des genetischen Codes* (1953)
J.D. Watson. F.H. Crick: *Die Wissenschaftler vor dem DNA-Modell* (1953)

4



5



6



Kisho Kurokawa: *Helix City* (1961)
Louis Kahn. Anne Tyng: *City-Tower-Modell* (1950er Jahre)
D&H Fraser Consulting Engineers: *DNA Tower* (1966)

1, 2, 3



4

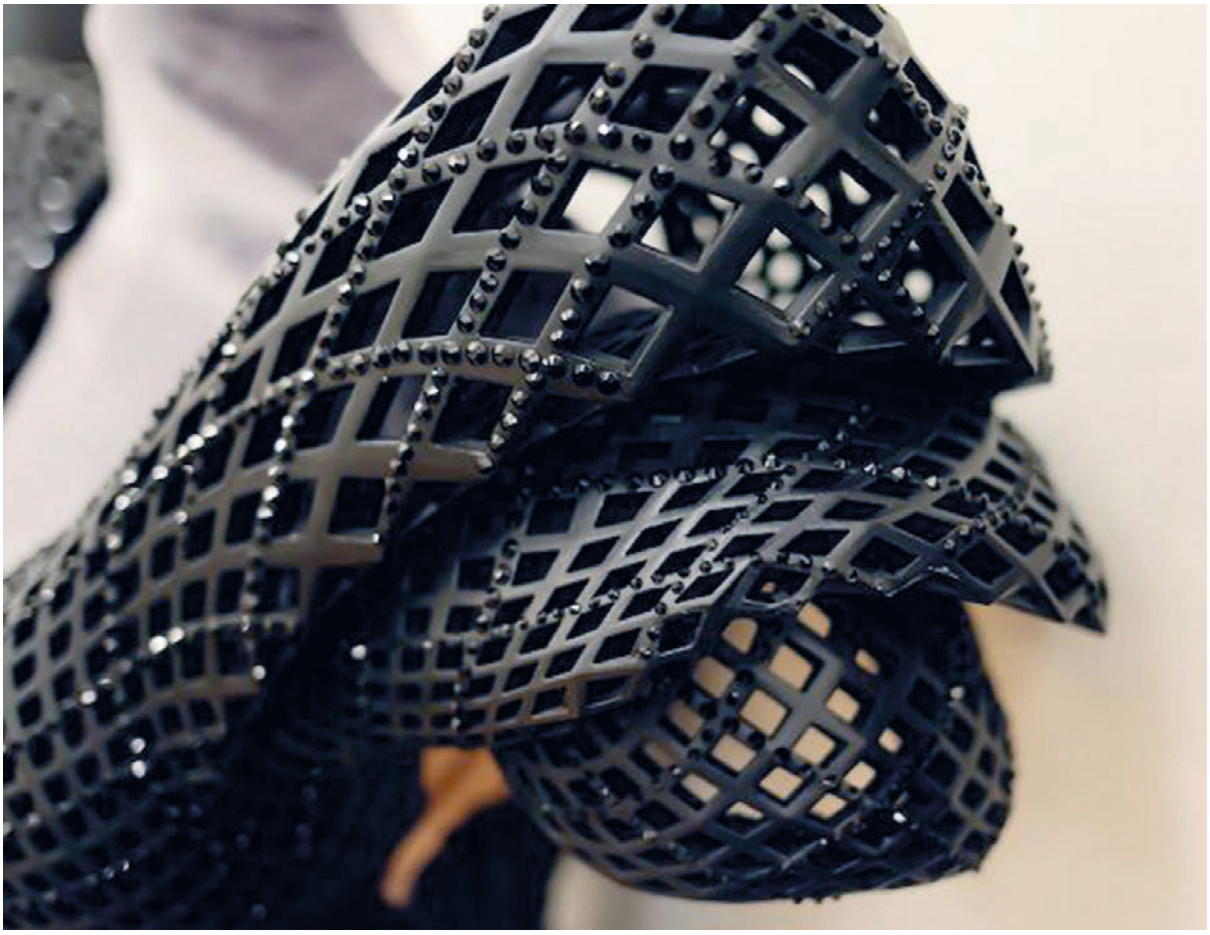


Faig Ahmed: *Teppiche* (seit 2012)
Faig Ahmed: *Liquid* (2014)

5, 6



7

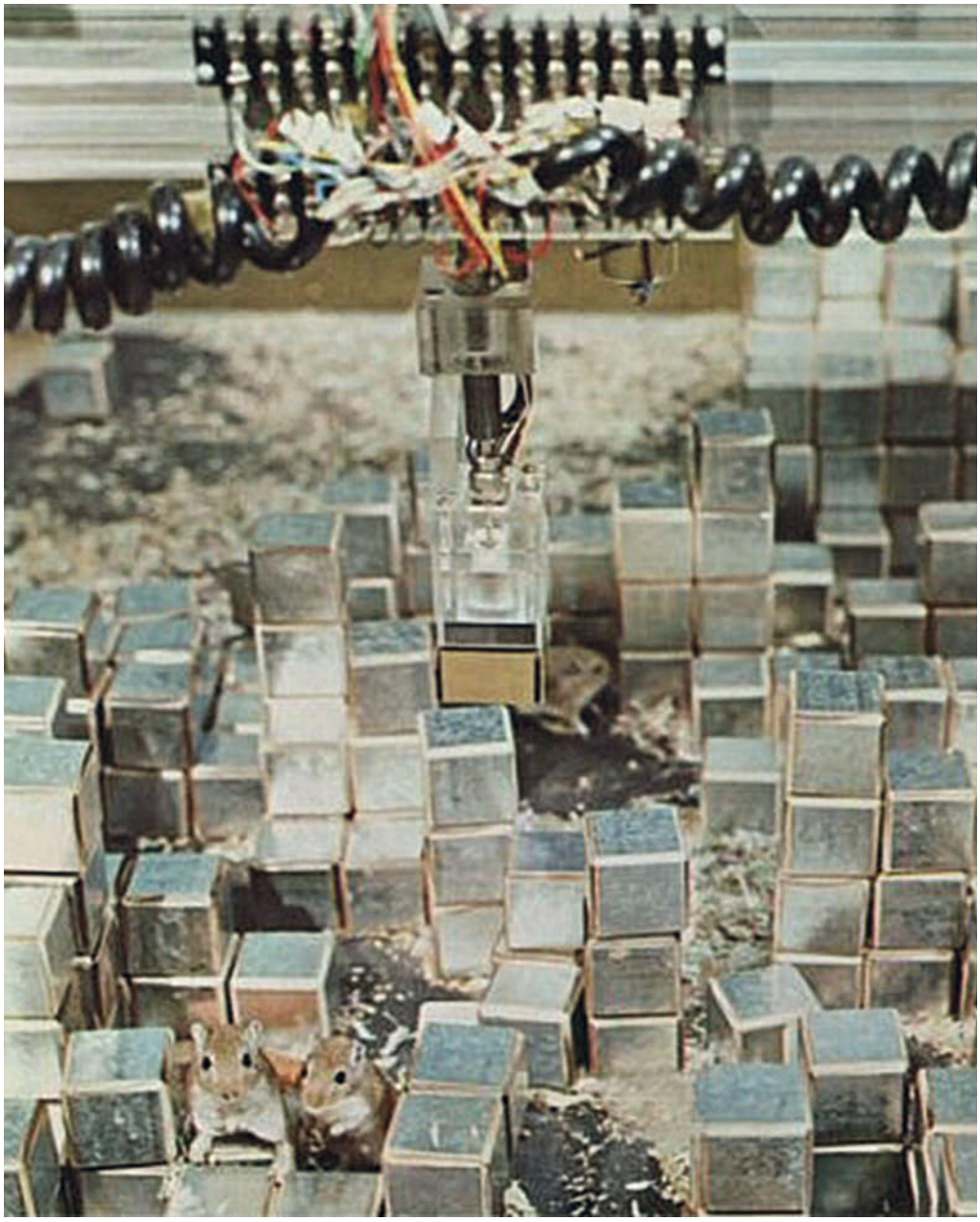


Michael Schmidt/Francis Bitonti: *Articulated 3D-Printed Gown* (2013)





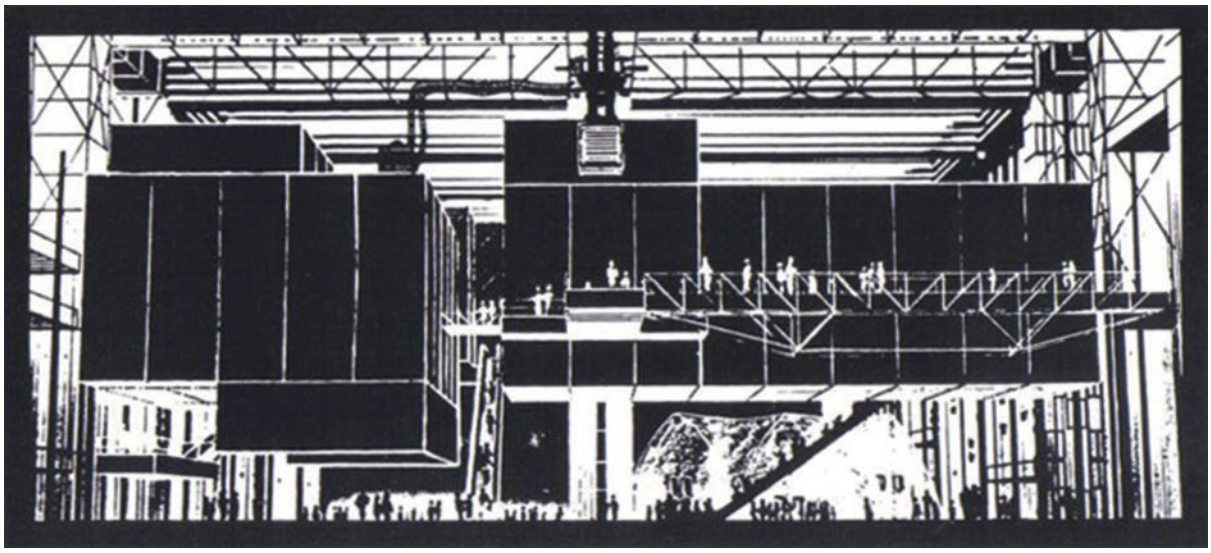
8, 9



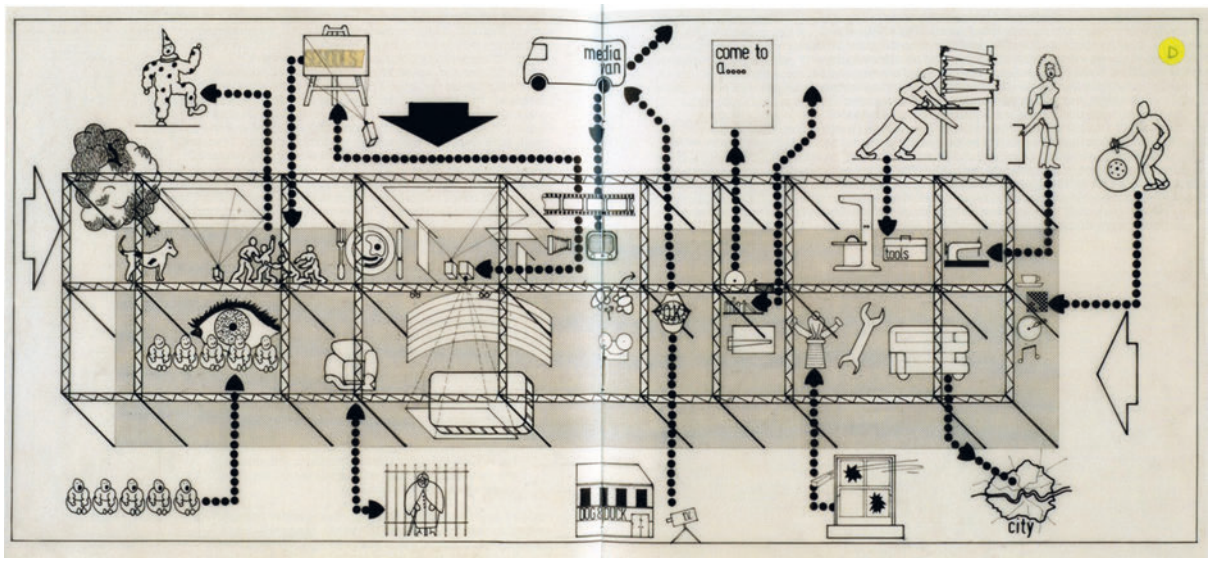
10

Nicholas Negroponte: *Seek-Installation* (1970)

11

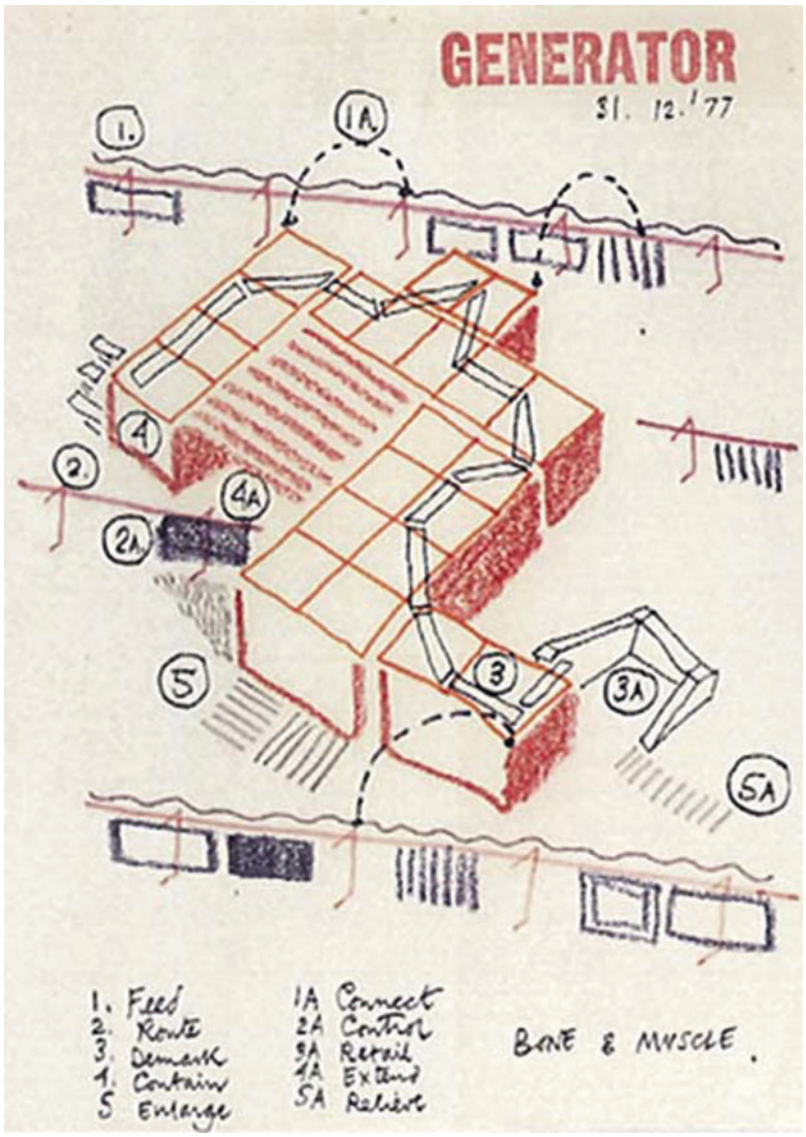


12

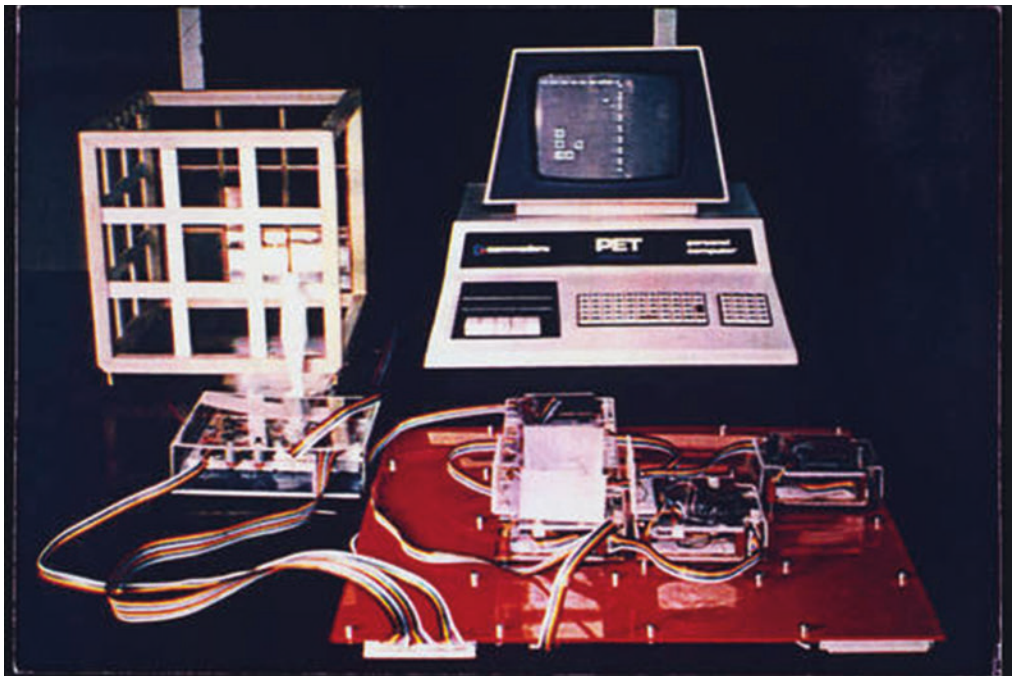


Cedric Price: *Fun Palace* (1961)

13



14

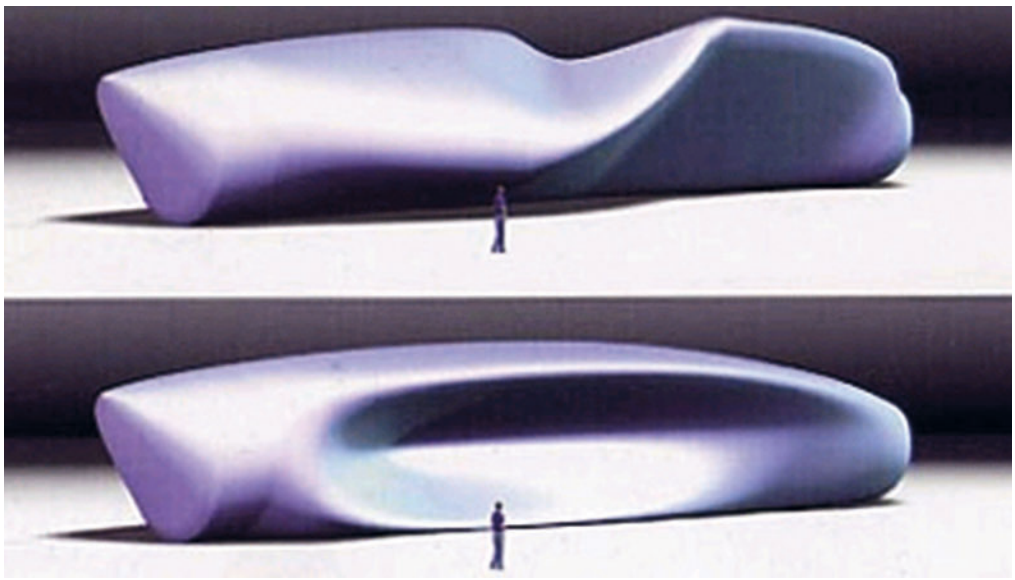


Cedric Price: *Generator Projekt* (1976–1979)

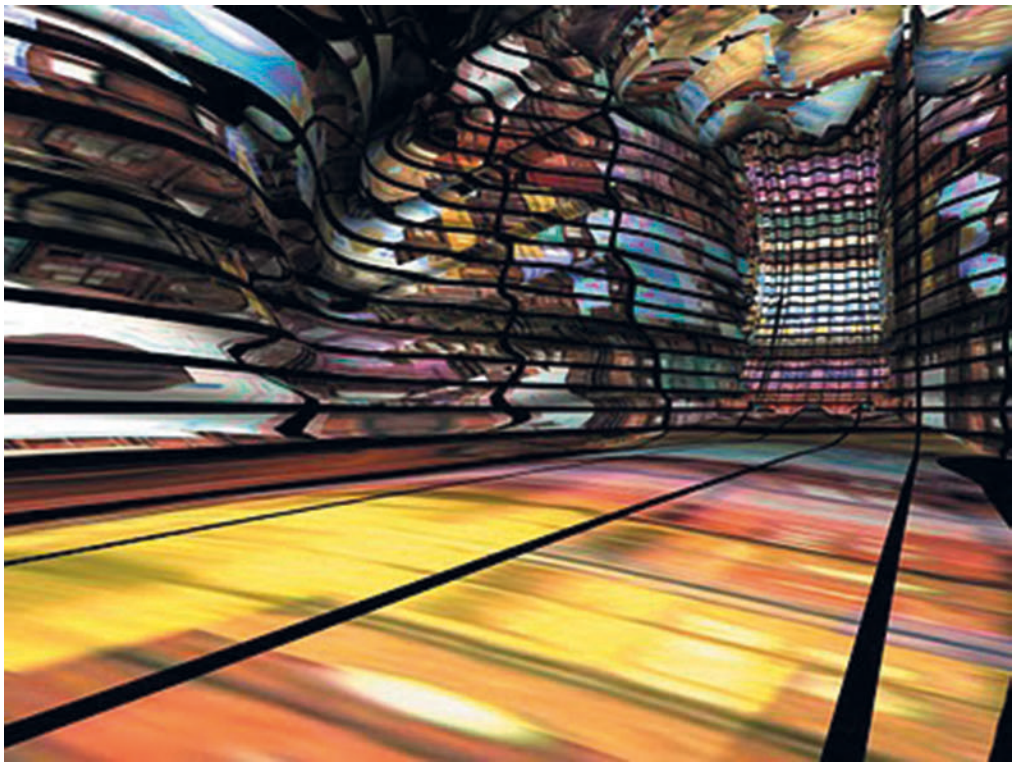
15, 16



17

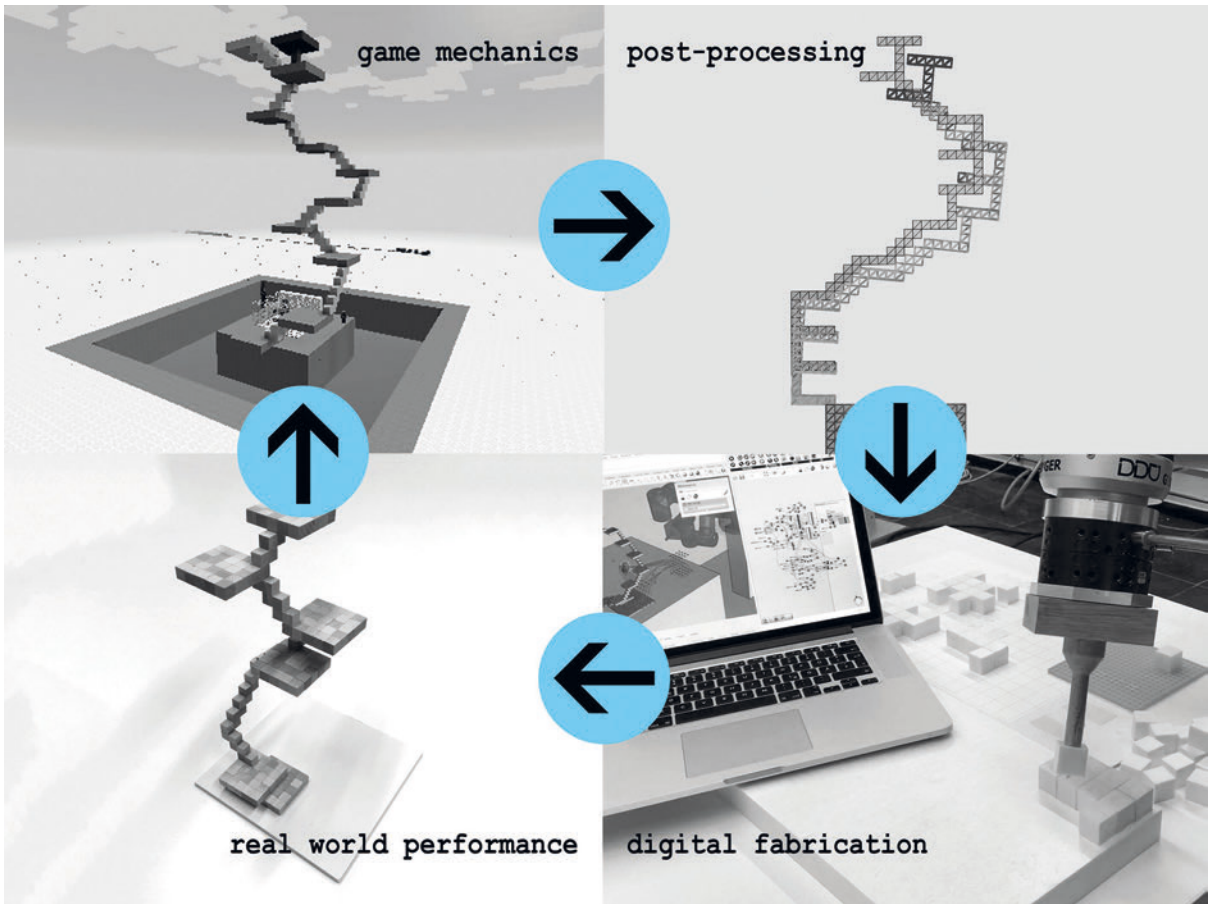


18

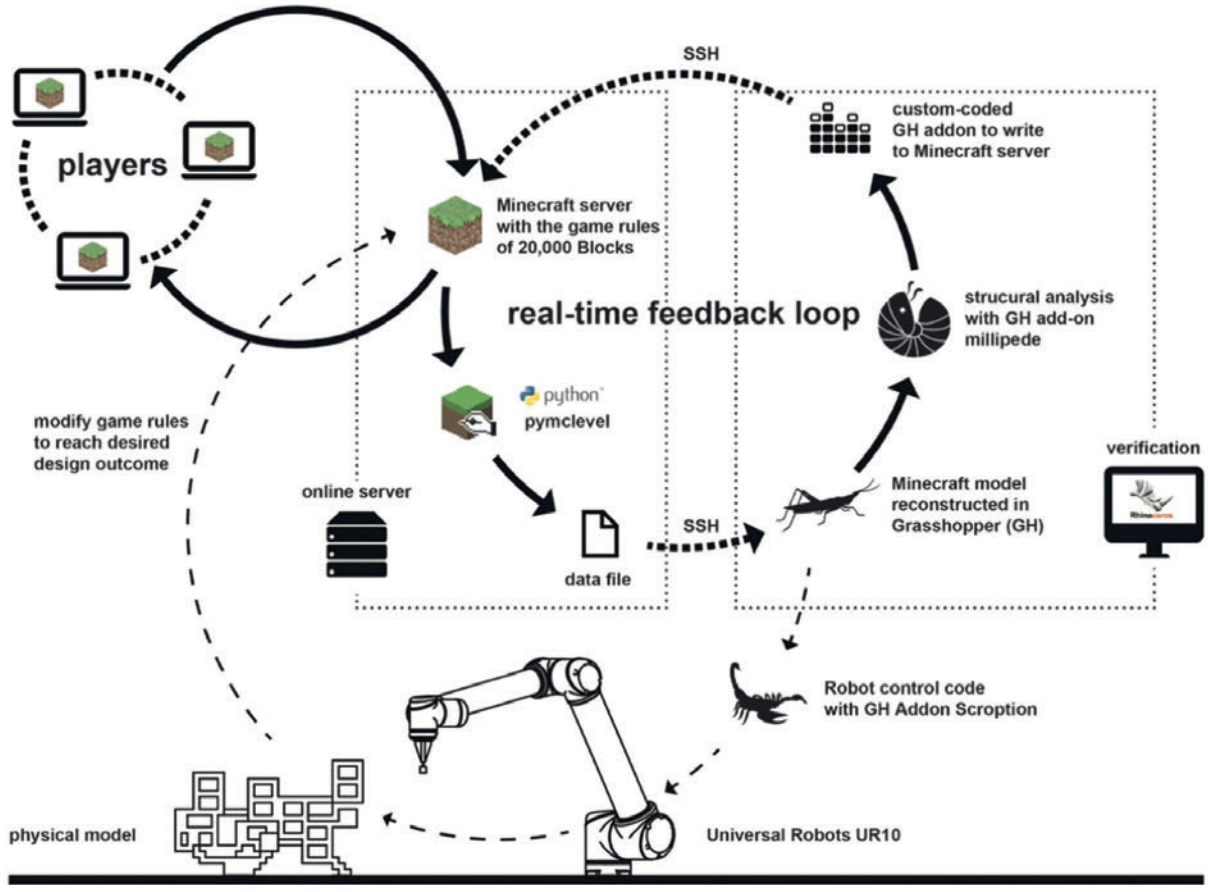


Kas Oosterhuis: *Trans-Ports* (1999/2001)

19

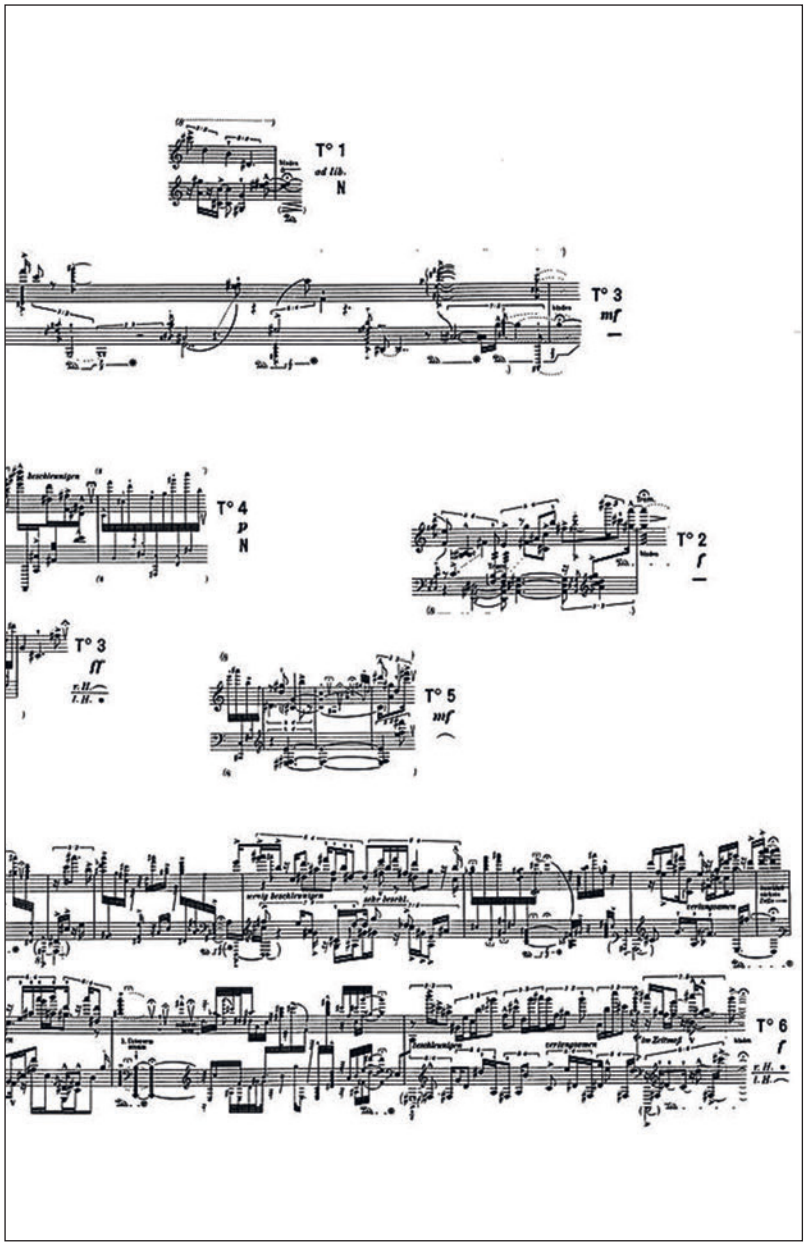


20

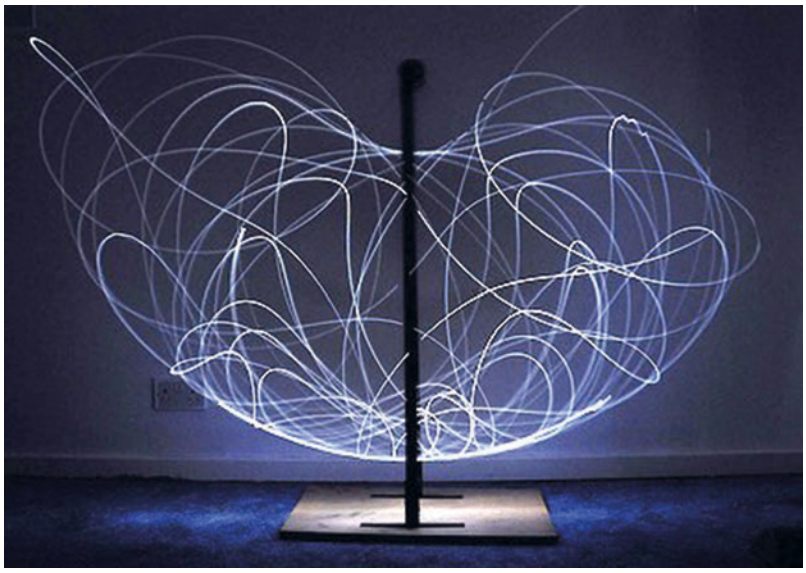


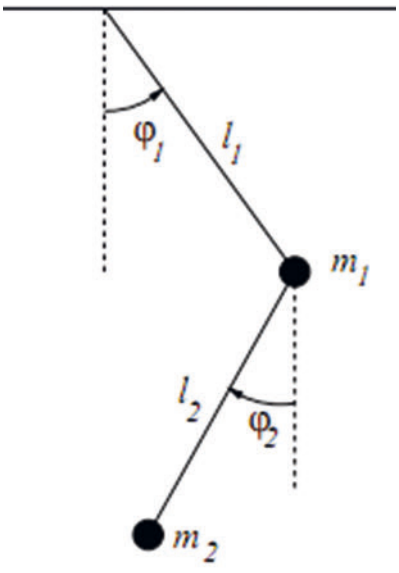
Oliver Tessmann: *IBA_Game/20,000 Blocks* (2016)

21



22, 23





Karlheinz Stockhausen: *Ausschnitt – Klavierstück XI (Nr. 7)* (1956)
George Ioannidis: *Double Pendulum long exposure, tracked with LED light at its end* (2008)

Schema Doppelpendel

24

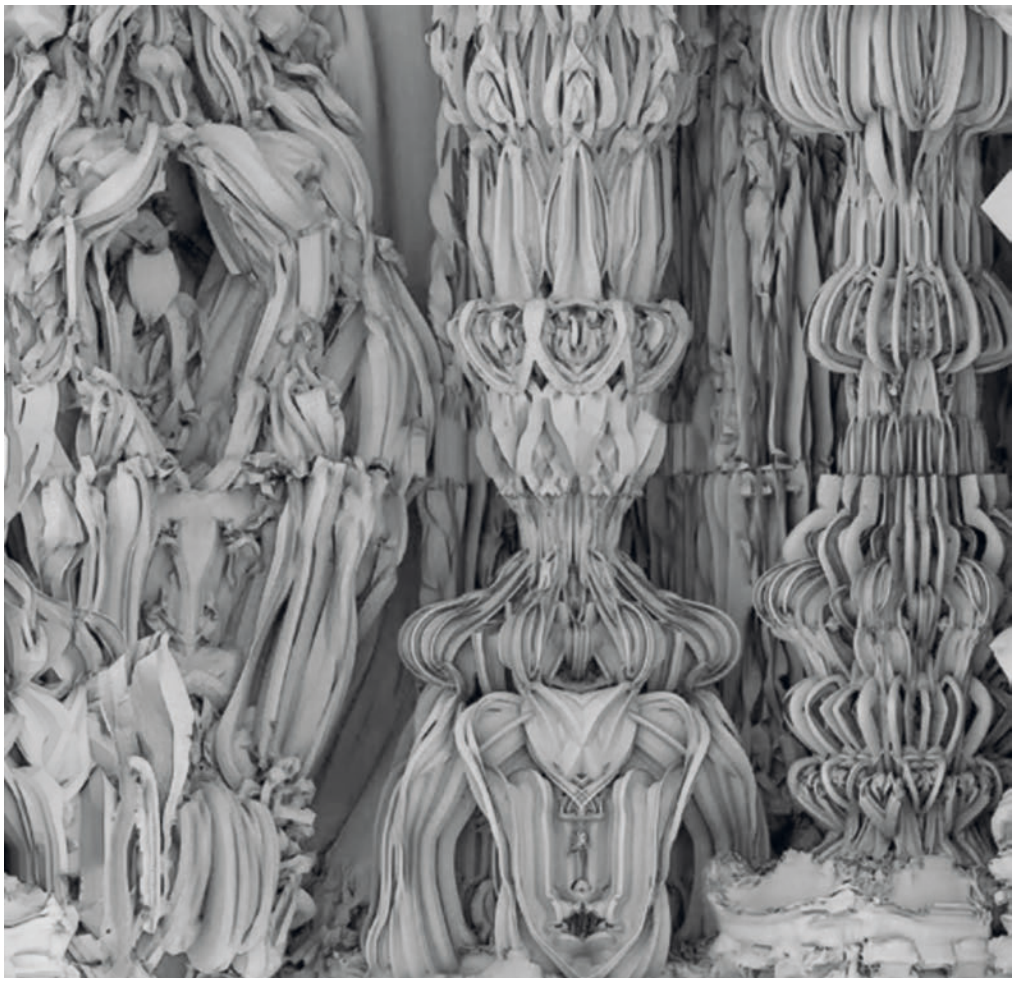


25

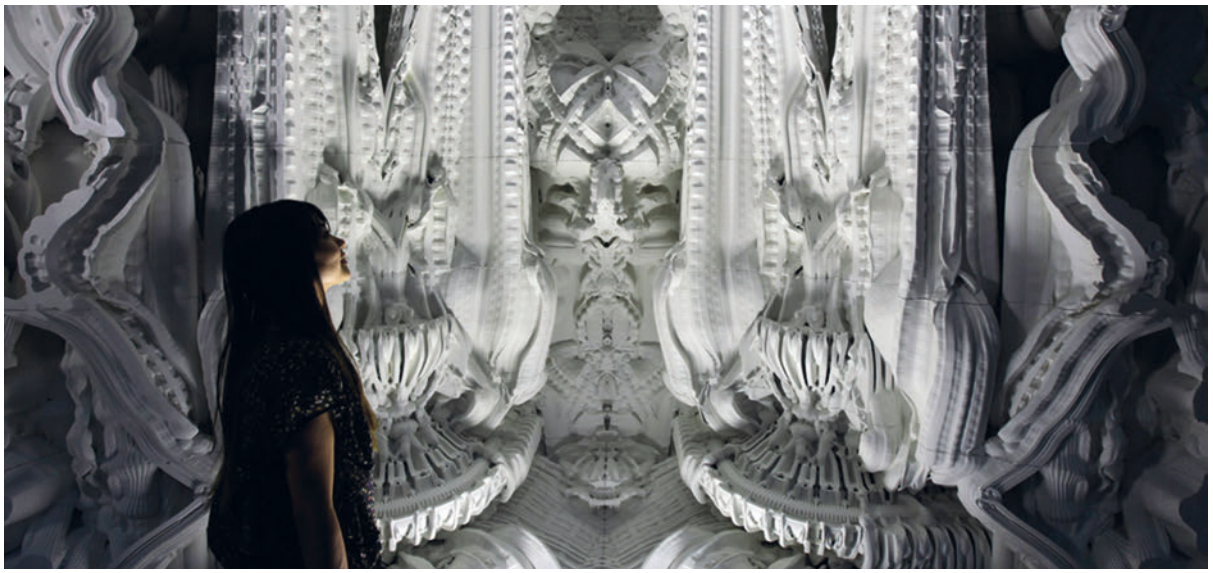


Michael Hansmeyer/Benjamin Dillenburger: *Subdivided Columns – A New Order* (2010)

26



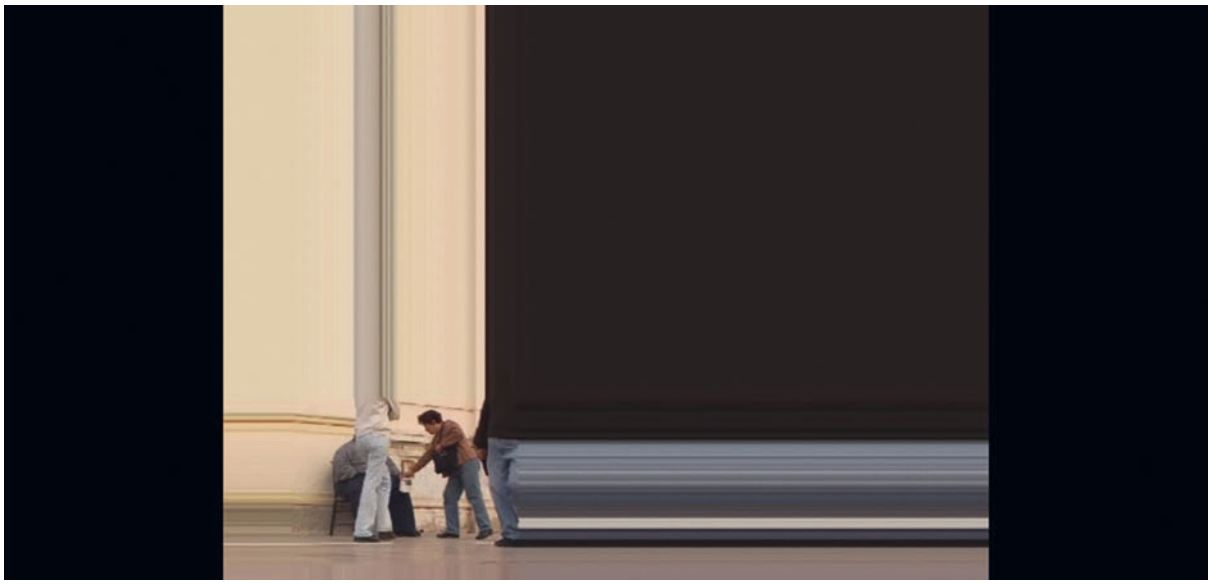
27



Michael Hansmeyer/Benjamin Dillenburger: *Digital Grotesque* (2013)



28



29



30

Jorge Castro: *Witness* (2006)

31



32



MVRDV: *Parkrand Building* (2007)





33, 34



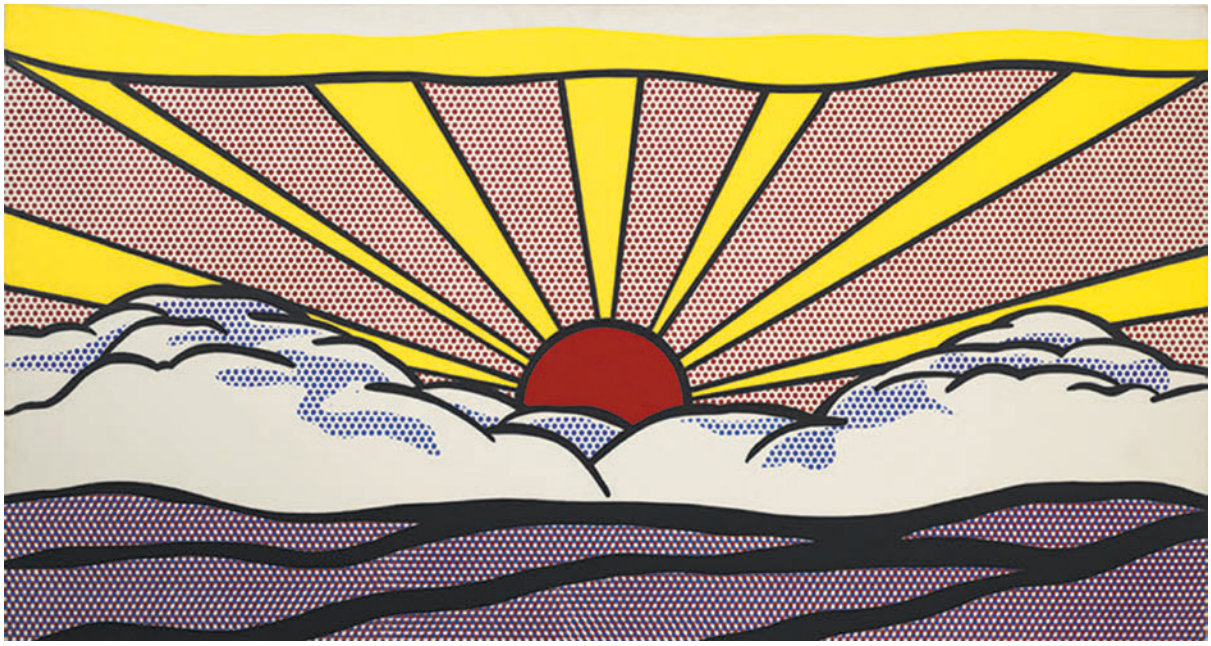
35

Herzog & de Meuron: *Konzertsaal der Elbphilharmonie Hamburg* (2007–2017)

36



37

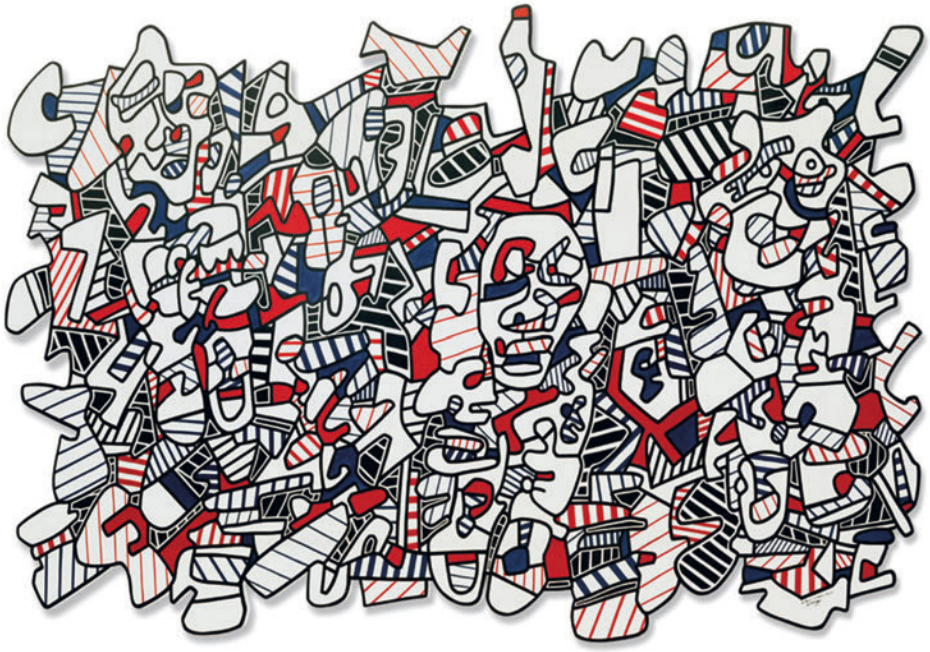


Roy Lichtenstein: *Little Big Painting* (1965)
Roy Lichtenstein: *Sunrise* (1965)



Jean Dubuffet: *Selbstportrait – Hourloupe* (1962-74)

39

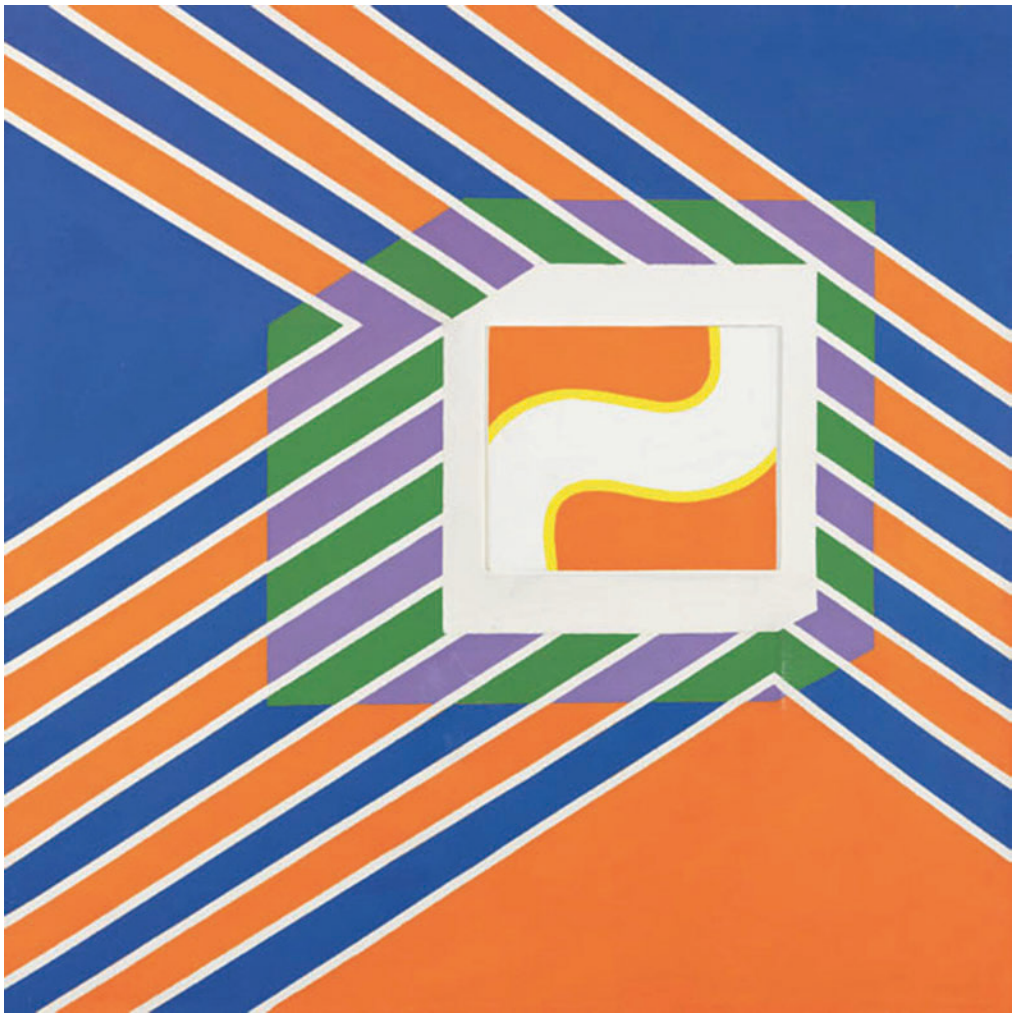


40



Jean Dubuffet: *Site avec trois personnages – Hourloupe* (1962-74)
Jean Dubuffet: *Villa Falbala und Closerie Falbala* (1971-1973) – *Hourloupe* (1962-74)

41

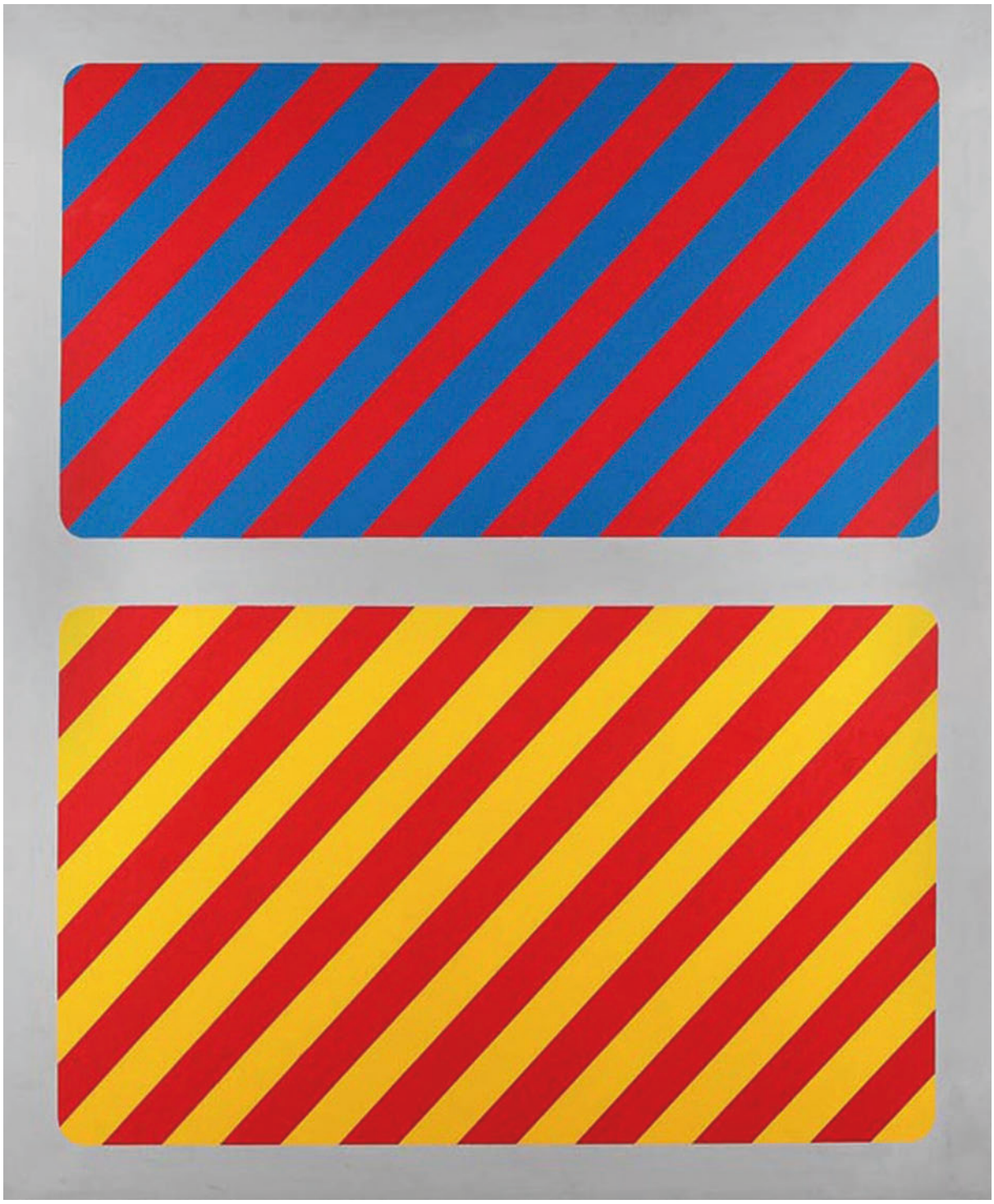


42



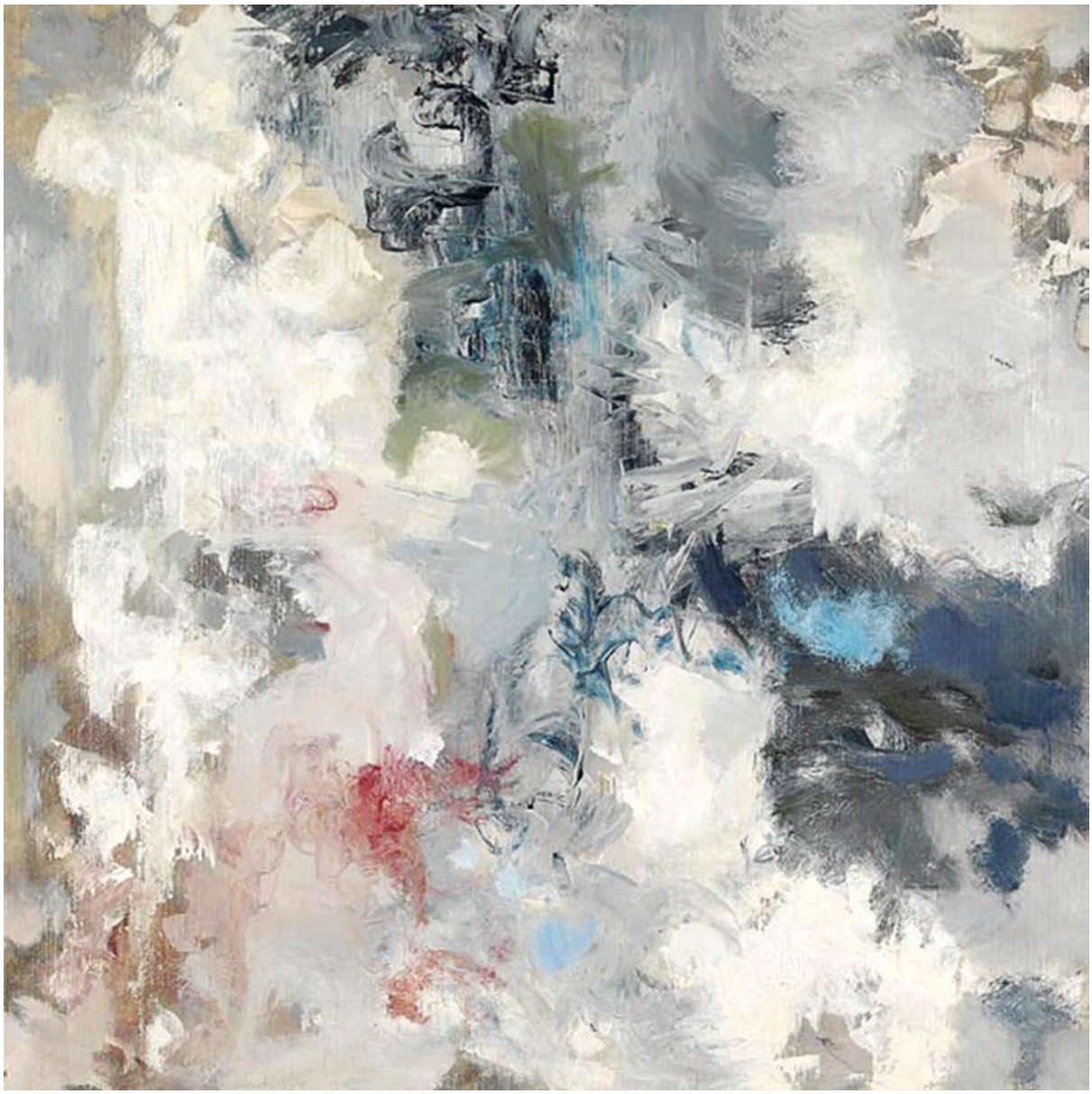
Winfred Gaul: *London traffic box* (1965)
Winfred Gaul: *La route à Gizeh II* (1967)

43



Winfred Gaul: *Doppel-Zebra* (1966)

44

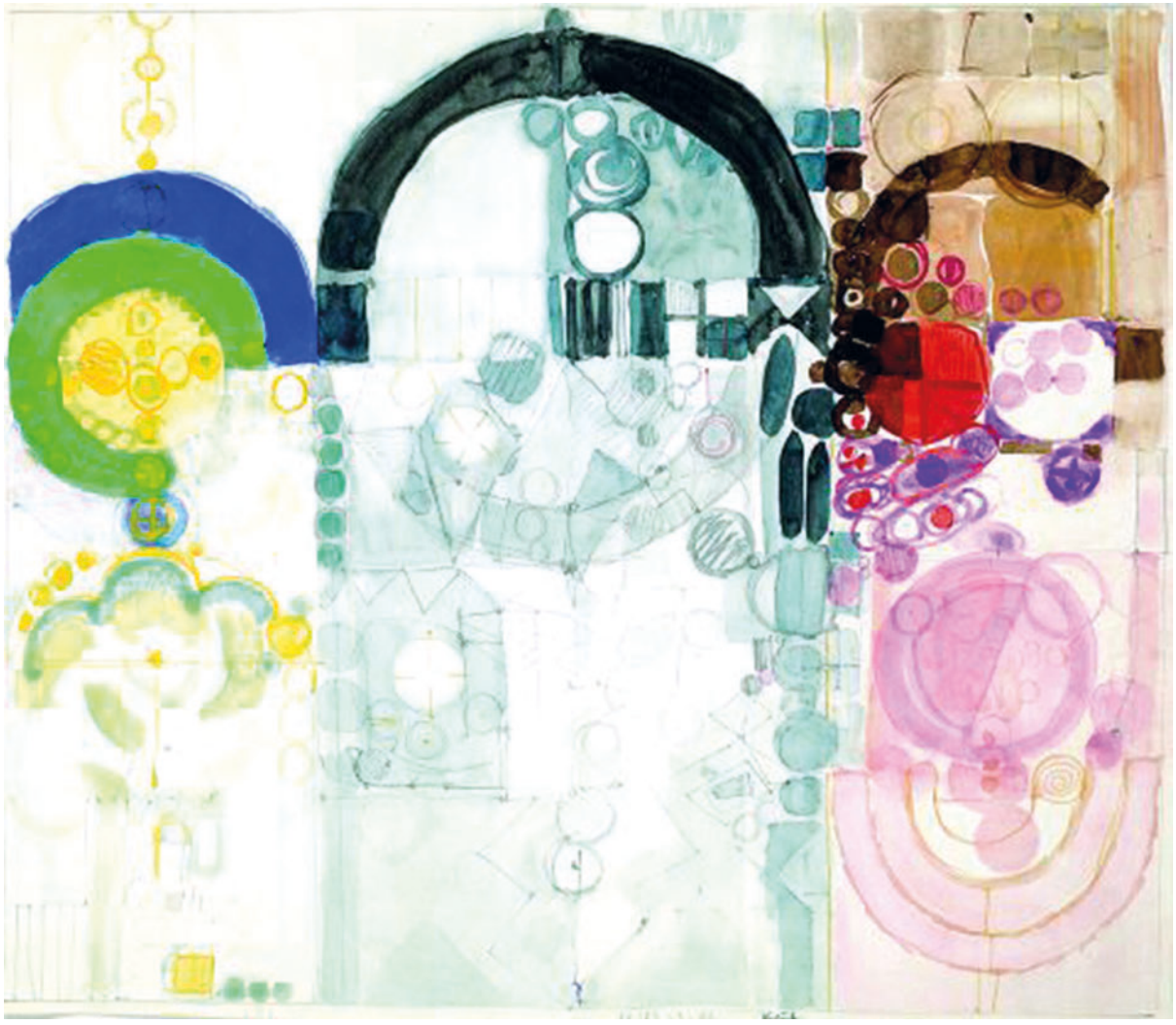


Heinz Kreutz: *An Sappho* (1959)

45

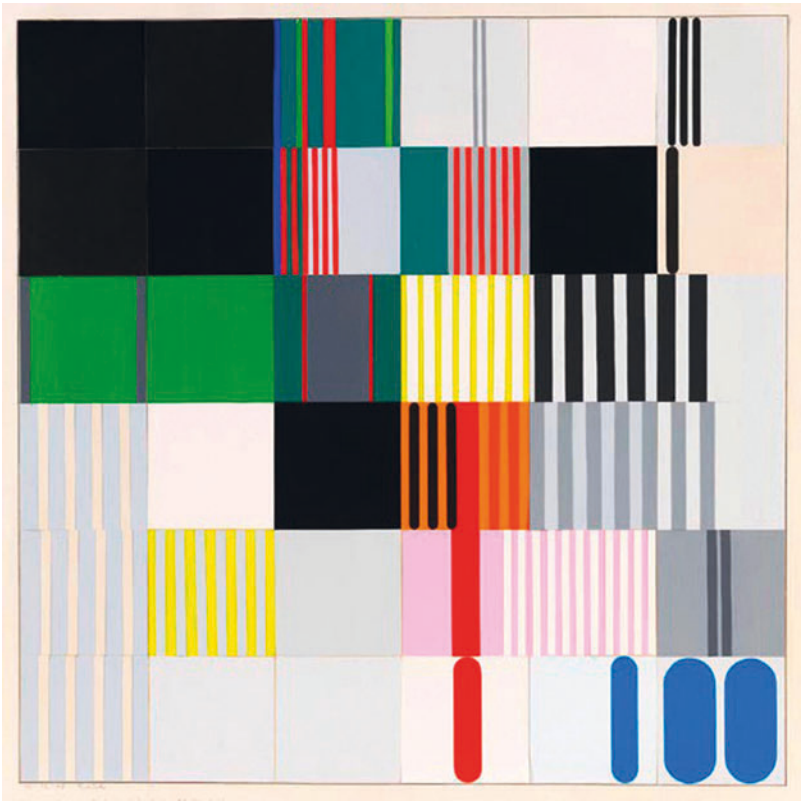


46

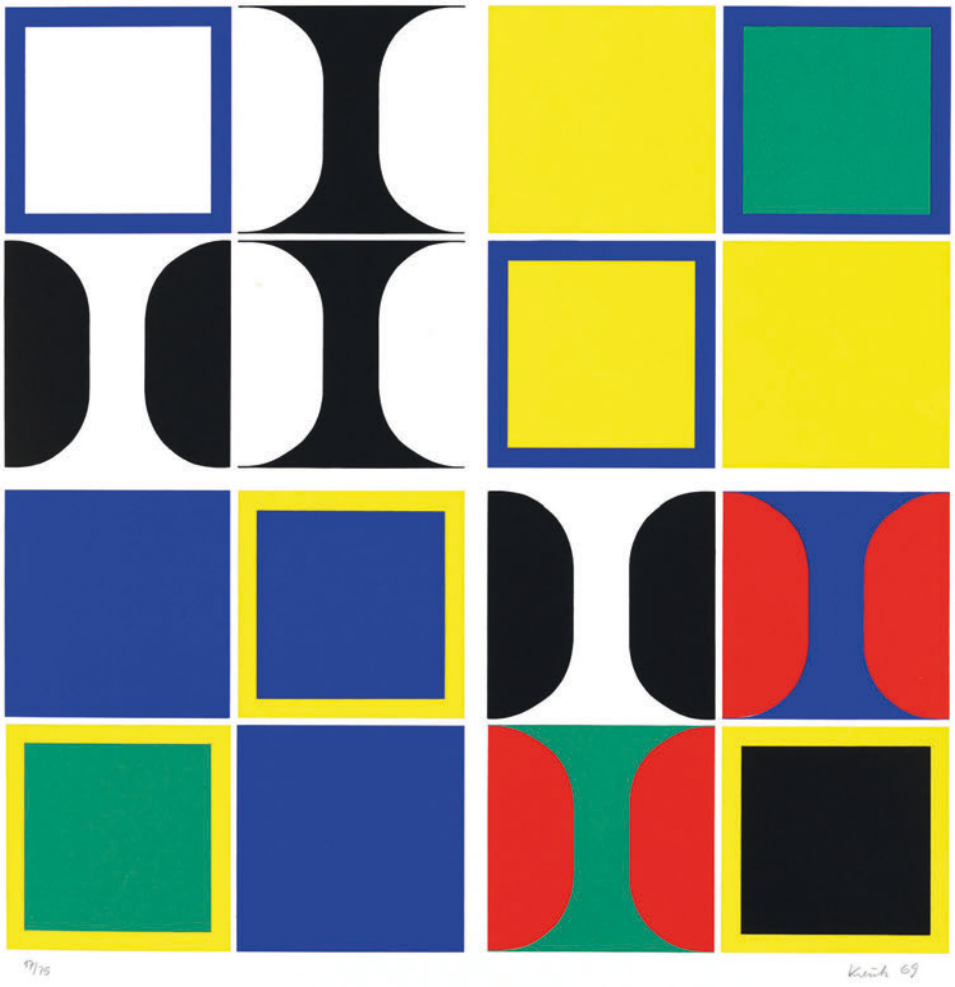


Heinz Kreutz: *Rot Schwarz* (1961)
Heinz Kreutz: *Abstrakte Komposition* (1966)

47

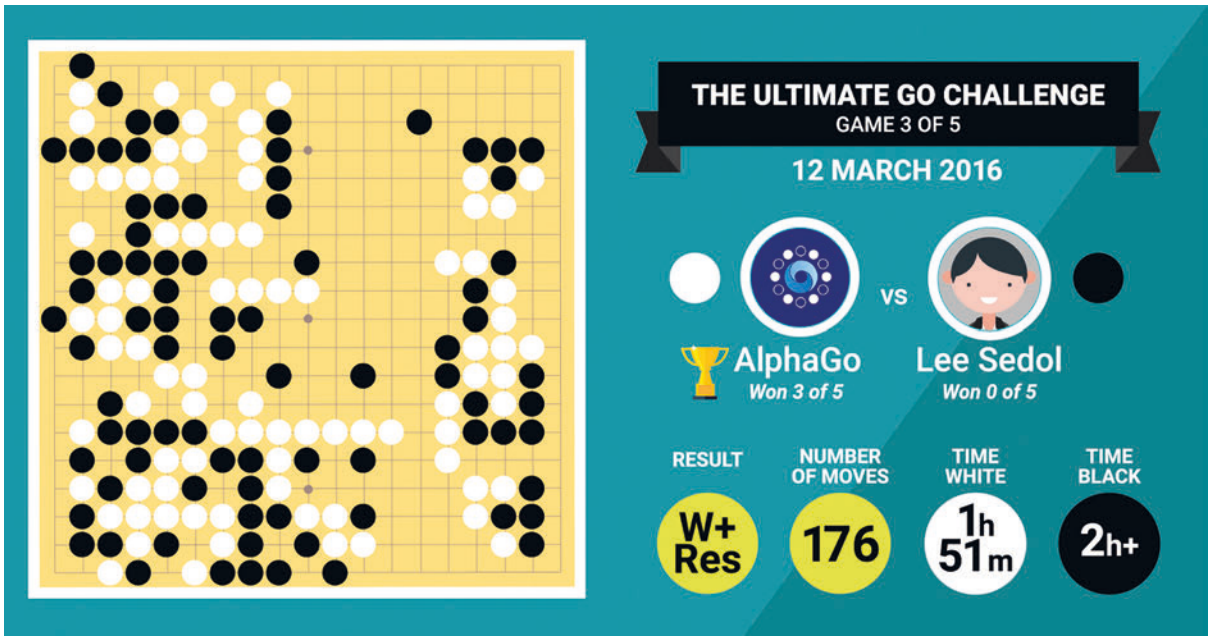


48



Heinz Kreutz: *Schwarz, grau, weiß, grün und rot in 36 Quadraten* (1968)
Heinz Kreutz: *Ohne Titel (16 Quadrate)* (1969)

1



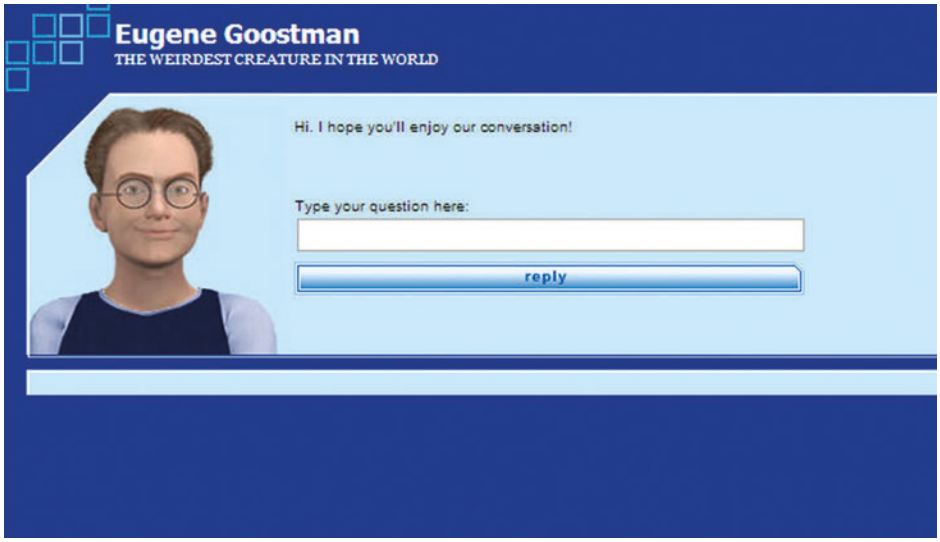
2



Go-Spiel: *Computer AlphaGo von Google gegen Lee Sedol* (2016)



3



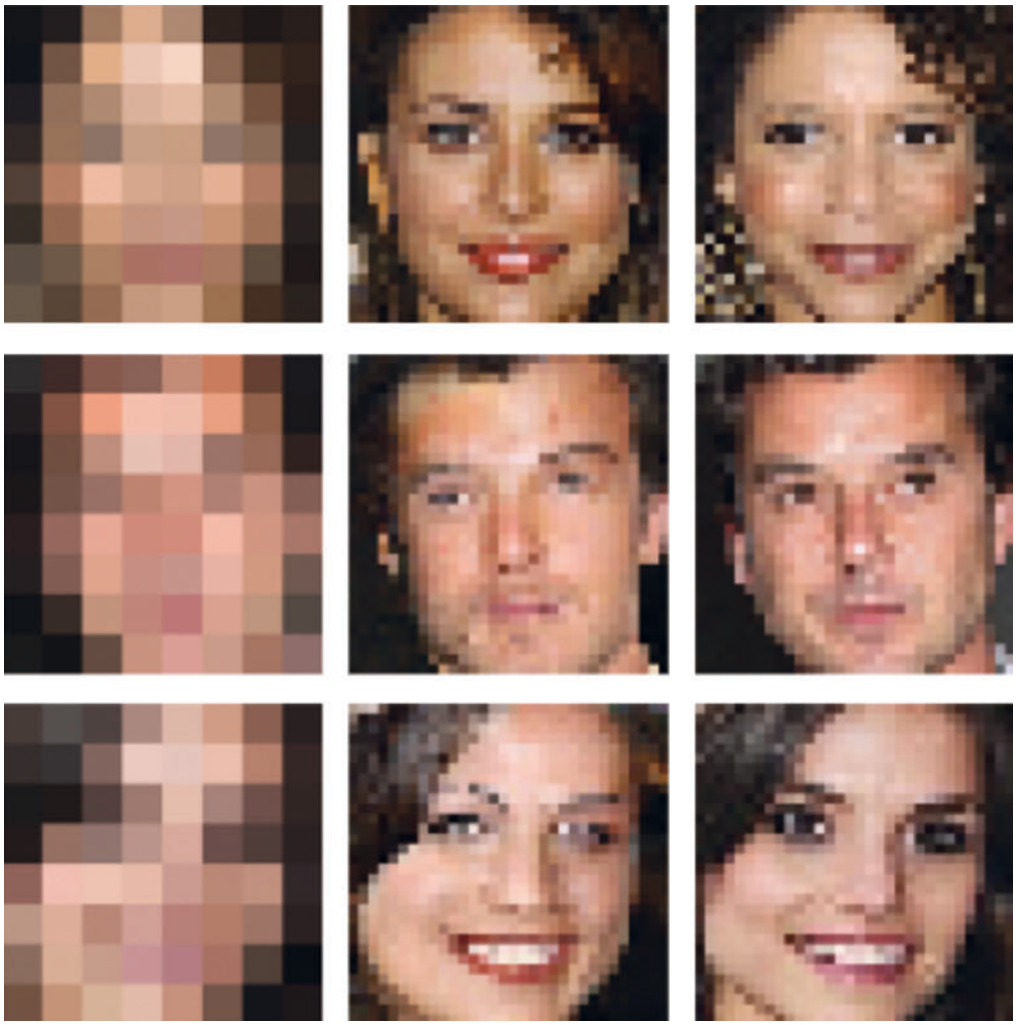
4



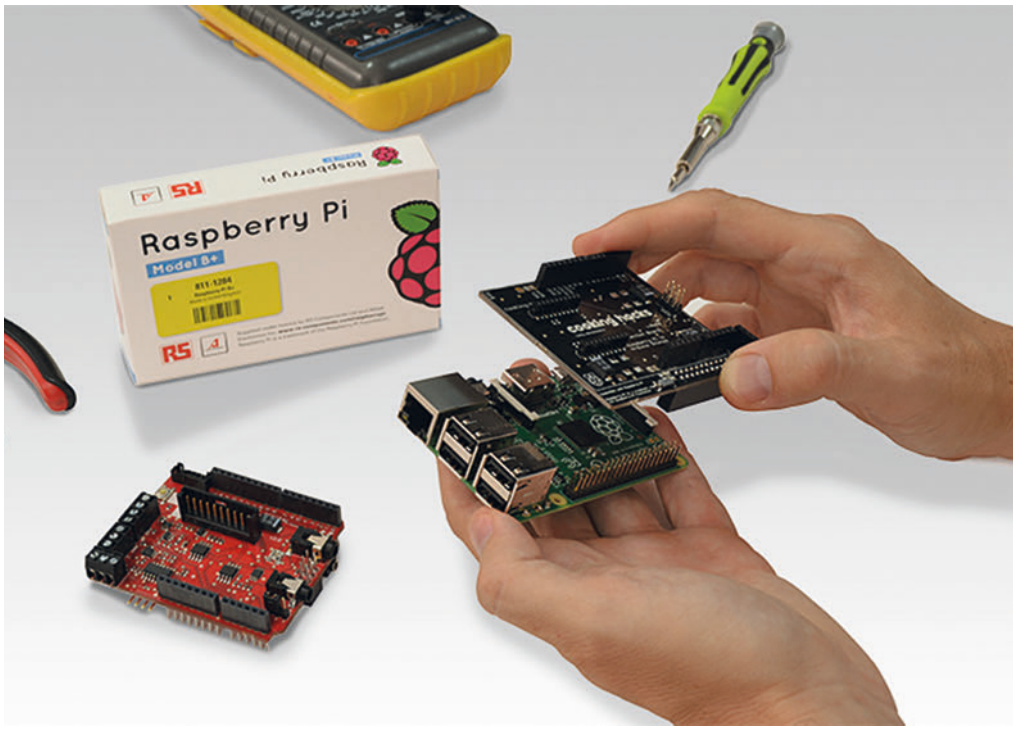
5

Joseph Weizenbaum: *Original – ELIZA* (1966)
Wladimir Weselow/Eugene Demchenko: *Eugene Goostman* (2001)
Microsoft: *Tay* (2016)

6 8 x 8 input = Ausgangsbild | 32 x 32 samples = Algorithmus | 32 x 32 samples = Original



7



Google Brain: ‚*Halluzinierende' KI* (2017)
Eben Upton: *Raspberry Pi* (2012)

Lemmata im Original

[Documents 1929, Heft 2]

7 Architecture [Architektur]
8 Rossignol [Nachtigall]

[1929, 3]

11 Absolu [Absolut]
12 Matérialisme [Materialismus]
13 Métaphore [Metapher]

[1929, 4]

15 Black Birds [Black Birds]
15 Homme [Mensch]
15 Œil [Auge]

[1929, 5]

25 Chameau [Kamel]
25 Cultes [Kulte]
25 Homme [Mensch]
28 Malheur [Unglück]
29 Poussière [Staub]
29 Reptiles [Reptilien]
30 Talkie [Talkie]

[1929, 6]

33 Abbatoir [Schlachthof]
33 Cheminée d'usine [Fabrikschornstein]
37 Crustacés [Krustentiere]
38 Métamorphose [Metamorphose]

[1929, 7]

41 Crachat [Spucke]
43 Débacle [Debakel]
44 Informe [Formlos]

[1930, 1]

47 Espace [Raum]
51 Hygiène [Hygiene]

[1930, 2]

53 Pensum [Strafarbeit]
53 Seuil [Schwelle]
54 Travail [Arbeit]

[1930, 4]

57 Benga (Féral) [Benga (Féral)]
57 Esthète [Schöngeist]
58 Keaton (Buster) [Keaton (Buster)]
59 Poterie [Töpferware]

[1930, 5]

63 Bonjour (Frères) [Bonjour (Frères)]
64 Bouche [Mund]
64 Musée [Museum]

[1930, 6]

69 Ange [Engel]
70 Joujou [Joujou]
70 Kali [Kali]

[1930, 7]

75 Gratte-ciel [Wolkenkratzer]
75 Soleil [Sonne]

Georges Bataille: *Überblick Lemmata (fr./dt.) – Kritisches Wörterbuch* (1929–1931)

3. Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich, **Carin M. Schirmacher**, an Eides statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

Paradoxien des Digital Turn in der Architektur 1990–2015

Von den Verlockungen des Organischen: digitales Entwerfen zwischen informellem Denken und biomorphem Resultat

selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel habe ich nicht benutzt. Die den herangezogenen Werken wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen sind als solche gekennzeichnet.

_____ _____

Ort/Datum Unterschrift

4. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Sokratis Georgiadis, der mir als Doktorvater die Beschäftigung mit dem Thema der *Paradoxien im digitalen Entwerfen* ermöglichte und mir alle Freiheit ließ, das Thema zu entwickeln. Er prägte und begleitete die Arbeit mit vielen Denkanstößen und fachlichen Diskussionen. Mein zweiter Doktorvater Prof. Dipl.-Ing. MSc Tobias Wallisser unterstützte die Arbeit mit seiner Gabe, Impulse aus unterschiedlichen Perspektiven einzubringen. Ich habe seinen „hellen Geist" sehr zu schätzen gewusst.

Für die Förderung seitens der *Konrad-Adenauer-Stiftung* möchte ich mich herzlichst bedanken! Mein Vertrauensdozent Dr. Gernot Uhl war sehr engagiert und unterstützte mich oftmals mit hilfreichen Hinweisen. Zusätzlich war die ideelle Förderung durch das ausgezeichnete Seminarprogramm ein echtes Privileg. Der Austausch mit anderen Stipendiat/innen und die daraus entstandenen Freundschaften stellen bis heute eine große Bereicherung dar. In den 3 Jahren der Förderung habe ich es jeden Tag aufs Neue geschätzt, mich derart auf die Dissertation konzentrieren zu können und den Raum zu haben, die eigene Forschungsarbeit intensiv zu verwirklichen.

Besonders dankbar bin ich all den Menschen, die mich auf diesem Weg begleitet haben und einen maßgeblichen Einfluss auf die Fertigstellung dieser Arbeit hatten, sei es mit Gesprächen, Gesten oder einfach dadurch, dass sie in meinem Leben waren oder sind: Dr. Burkhard Hofmann, Marlene Testa, Inge Reschke, Gabi und Prof. Dr. Thomas Erne, Wiebke Hohberger, Charlotte Jestaedt, Cathrin Essmann, Karl-Eugen Fischer und Petra Dais mit Pina, Astrid Triebsees, Jörg Krebber, Mascha Frey, Judith-Martina Messerschmidt, Nicole Baumeister, Martin Blumenroth, Birgit Kurr, Ulla Deimel, Annette Huber, Heide Wittrock, Martina Groß, Serhat Sakin und der *Fröhliche Reisball*.

Mein inniger Dank gilt meinen besten und engsten Freunden Dana Hofmann, Gerald Klahr, Tina Drahtler, Christiane Haupt, Esther-Maria Messerschmidt und Alexandra Weigelt, die immer an mich geglaubt haben, sowie Wolf Wieters, meinem Lektor und kritischen Kommentator seit der ersten Stunde.

Ich danke meiner Familie für ihre liebevolle Geduld und unendliche Unterstützung: Elisabeth und Dr. Christian Schirmacher, Saima und Christoph Tietje mit Nora und Insa, Alison Browning und natürlich meinen Eltern Ingeborg und Dipl.-Ing. Manfred Lamm.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Großtante Thekla und meinem Großonkel Alfons Dubny, mit deren liebevoller und großzügiger Unterstützung es mir möglich war, diese Arbeit zu vollenden.

Thank God for Y, G und Puppe!