

vielen anderen dem Rezipienten näher, weil nicht Alogisches auf ihn projiziert wird, nicht geschehene Wunder und Zahlen oder Gummimenschen, sondern Versuche, durchaus mit dem Anreiz, die Nachahmung zu wagen. Unabdingbar ist allerdings, und darin sehe ich die Grunddiskrepanz zur Kunstrezeption vor dem 20. Jahrhundert, weil die Menschen nicht in der gleichen Formalsprachlichkeit existieren, sondern wahrhaftig ein Tohuwabohu verschiedener Kunstsprachlichkeit herrscht, dass Grundkenntnisse dieser Sprachlichkeiten, in der Regel optimal empfangen zwischen dem ersten und neunten Lebensjahr, gelegt sein müssen, um überhaupt eine gewisse Aufnahmebereitschaft sicherzustellen.⁵⁰ Der Kreativität in der Kunst sind nach wie vor keine Schranken gesetzt, wohl aber – so scheint es – aus aller verfehlten Bildungspolitik, dem Rezeptionsvermögen.

50 Manfred Wagner, *Kultur und Politik, Politik und Kunst*, Wien 1991.

Woher kommt das Neue? Kreativität in Wissenschaft und Kunst: Walter Burkhardt, Emil Brückner und Christian Schemel (Hrsg.), Wien, Köln und
Wien 2003

Peter Weibel

ALGORITHMUS UND KREATIVITÄT (2007)

ALGORITHMENDESIGN IN DER LITERATUR 1.85-97

Auf die Fragen: Woher kommt das Neue? Was ist Kreativität? kennen wir aus der Literatur zwei mehr oder weniger berühmte Antworten. Die eine Antwort stammt von Edgar Allan Poe, der in drei Aufsätzen, die zwischen 1846 und 1850 publiziert wurden, nämlich *The Philosophy of Composition*,¹ *The Rationale of Verse*² und *The Poetic Principle*,³ die Prinzipien der Komposition beschrieb, mit denen er seine berühmten Gedichte auf rationale Weise konstruierte. In *Philosophy of Composition* erklärt er insbesondere sein berühmtes Poem *Raven*.⁴ Er beschreibt, wie er ursprünglich nur den Wunsch hatte, das Wort „Nevermore“ mehrfach zu wiederholen und dass er nach einer Form suchte, welche dies ermöglichte. Er dachte zuerst an einen Papagei als Medium der Wiederholung, anschließend an einen Raben. Der Rabe fiel ihm ein, da ein zweites Desiderat war, in dem geplanten Gedicht von 100 Zeilen einen melancholischen Grundton anzuschlagen. Auf die Frage, was die meiste Melancholie auslöst, war Poes Antwort: der Tod. Was wäre der beklagenswerteste Tod in einer melancholischen Stimmung? Der Tod einer schönen Frau, das fraglos poetischste Thema der Welt, wie Poe schrieb. Die Lippen des beraubten Geliebten wären ebenso zweifellos am besten geeignet für die Entwicklung dieses Sujets. Also kam es Poe darauf an, die beiden Ideen, den Raben und den klagenden Liebhaber, an einem Ort in einer stürmischen Nacht zu kombinieren. Seine Überlegungen führten zu dem berühmten Ergebnis, dass sich am Ende jeder Strophe die Zeile wiederholte:

Quoth the Raven, „Nevermore“.

- 1 Edgar Allan Poe, *The Philosophy of Composition*. In: *Graham's Magazine*, April 1846, 163-167.
- 2 Edgar Allan Poe, *The Rationale of Verse* (D), in: *The Works of the Late Edgar Allan Poe: With notices of his life and genius*, in two volumes, ed. Nathaniel P. Willis, James R. Lowell, Rufus W. Griswold, vol. II: *Poems and Miscellanies*, New York 1850, 215-258.
- 3 Edgar Allan Poe, *The Poetic Principle* (D), *ibid.*, vol. III, 1-2.
- 4 Erstmals publiziert in: *The American Review: A Whig Journal of Politics, Literature, Art and Science*, Februar 1845, 143-145.

Es versteht sich, dass Poe in seinen Aufsätzen nicht nur die Kompositionsprinzipien darlegte, sondern dem Leser auch Erläuterungen zur Metrik, Rhythmik und Alliteration als weitere Konstruktionsprinzipien anbot.

Die zweite Antwort, weit weniger berühmt, kam von Raymond Roussel (1877–1933). In seinem Buch *Comment j'ai écrit certains de mes livres* berichtet er:

Ich wählte zwei Worte, die beinahe gleich waren. Zum Beispiel „billard“ und „pillard“. Dann fügte ich gleiche Worte hinzu, die aber verschiedene Bedeutungen hatten, und dadurch erhielt ich zwei beinahe identische Sätze:

- 1) „Les lettres du blanc sur les bandes du vieux billard“
- 2) „Les lettres du blanc sur les bandes du vieux pillard“

Im ersten Satz bedeutet „lettres“ „typographische Zeichen“, „blanc“ „Kreidewürfel“ und „bandes“ „Verbrämung“. Im zweiten bedeutet „lettres“ „Sendschreiben (Brief)“, „blanc“ hat den Sinn von „Weißer (weißer Mann)“ und „bandes“ den von „Kriegshorden“. Nachdem die zwei Sätze gefunden waren, ging es darum, eine Geschichte zu schreiben, die mit dem ersten beginnen und mit dem zweiten enden konnte. Oder es lag in der Lösung dieses Problems, woraus ich mein ganzes Material schöpfte. In der betreffenden Geschichte gab es einen Weißen (einen Forscher), der unter dem Titel „Parmi les noirs“ (Unter den Schwarzen) in Form von Briefen („lettres“) ein Buch geschrieben hatte, wo er von den Kriegshorden („bandes“) eines „Negerkönigs“ („pillard“, Plünderer) sprach. Am Anfang sah man jemanden, der mit einem Kreidewürfel („cube de craie“) Zeichen („lettres“) auf die Verbrämung („bandes“) eines Billards schrieb. Diese Zeichen bildeten in kryptografischer Weise den Schlußsatz: „Les lettres du blanc sur les bandes du vieux pillard.“⁵

In beiden Fällen geht es um die Lösung eines kreativen Problems mit einem festgesetzten Anfang und Ende. Es gibt eine klare Endlichkeitsanforderung und der Weg darf vom Start bis zur Erreichung der Lösung nur aus endlich vielen Einzelschritten bestehen, die klar definiert werden. Das Problem ist die Herstellung bzw. Kreation eines Gedichtes oder einer Geschichte. Die Art der Problemlösung in beiden Fällen würde ich als algorithmisches Arbeiten bezeichnen.

5 Raymond Roussel, *Comment j'ai écrit certains de mes livres*, Paris 1963, 11 ff.

WAS IST EIN ALGORITHMUS?

Unter Algorithmus versteht man eine Entscheidungsprozedur, eine Handlungsanweisung, ein Rezept, ein generelles Verfahren, das aus einer endlichen Menge von Regeln besteht, welche eine Sequenz von Operationen vorgibt, die zur Lösung eines spezifischen Problems führen sollen. Ein Algorithmus ist eine endliche Folge von eindeutig bestimmten Elementaranweisungen, die den Lösungsweg eines Problems exakt und vollständig beschreiben. Das Besondere am Algorithmus als Lösungsprozedur ist nicht nur seine Endlichkeit und Allgemeinheit, sondern vor allem seine jederzeitige Anwendbarkeit. Der Algorithmus ist ein Verfahren, das für jeden möglichen Zustand, der bei der Bearbeitung des Problems entstehen kann, eine genaue Anweisung bereitstellt, die auf diesen Zustand anwendbar ist. Ein Algorithmus ist also eine generelle Handlungsanweisung, die jederzeit gültig ist, objektiv, methodisch und effektiv.

Die Umsetzung von Algorithmen auf einem Computer erfolgt über die Programmierung des Computers. Ein Programm ist also ein Algorithmus, der in einer Sprache formuliert ist, welche die Abarbeitung durch einen Computer ermöglicht. Jedes Programm ist ein Algorithmus. FORTRAN, COBOL, ALGOL (ALGORithmic Language), MODULA, Pascal, BASIC sind klassische Programmiersprachen. Ein Prozessor ist eine Maschine, die in der Lage ist, Algorithmen auszuführen, die in einer der Maschine verständlichen Syntax formuliert sind. Computer sind Universalprozessoren.

Die Idee der algorithmischen Entscheidungsmethode entstand im Jahre 1914, als der norwegische Mathematiker Axel Thue über einige Entscheidungsprobleme bei der Veränderung von Zeichenreihen nachdachte. Er hat in seiner Arbeit „Probleme über Veränderungen von Zeichenreihen nach gegebenen Regeln“⁶ das erste Umformungs- bzw. Umschreibungs-Programm (Rewriting program) geliefert, das über Buchstaben-Ketten (strings of signs) operiert. Gegeben seien ein endliches Alphabet X aus 6 Buchstaben (A, B, C, D, E, F) und die beiden Umformungsregeln $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow AB$. Er stellte sich dann die Frage, ob es möglich sei, von einer beliebigen Zeichenreihe z.B. ABACADABA jederzeit zu sagen, dass sie mit Hilfe der beiden Umformungsregeln aus dem vorgegebenen Alphabet abgeleitet werden könne. Thue hätte dies nun durch endloses Probieren herausfinden müssen. Um das zu vermeiden, suchte er nach einer Entscheidungsprozedur, die ihm in endlichen

6 Axel Thue, *Probleme über Veränderungen von Zeichenreihen nach gegebenen Regeln*. In: Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiana I (10), 1915.

Schritten die Antwort geben oder das Problem wegen Unlösbarkeit abbrechen würde. Er suchte also nach einem Algorithmus. 1947 bewies Emil Post die „rekursive Unlösbarkeit“ des Thue-Wortproblems. Der Linguist Noam Chomsky verwendete in den 1950er Jahren Semi-Thue-Systeme für den Aufbau seiner mathematisch logischen Modelle zur Beschreibung formaler syntaktischer Strukturen natürlicher Sprachen. Die Programmiersprache Algol-60 (ALGOrithmic Language) von Naur und Backus griff ebenfalls auf Semi-Thue-Systeme zurück. Jedes korrekte Programm ist nichts anderes als die Beschreibung eines Algorithmus, einer Handlungsanweisung. Programmiersprachen sind Sprachen zum Formulieren von Algorithmen.

Ein entscheidender Schritt bei der Entwicklung von Algorithmen gelang, als der belgische Biologe Aristid Lindenmayer 1968 die Theorie der genetischen Algorithmen aufstellte, indem er Thue-Systeme als Wachstumsprogramme, als Wachstumsanweisungen interpretierte, indem er neue Zeichenketten-Umschreibemechanismen einführte, die später nach ihm benannten L-Systeme, in denen alle Buchstaben eines Wortes parallel und simultan, nicht sequentiell wie bei Chomsky, ersetzt werden. Umformungsprogramme, Umschreibesysteme von Zeichenketten sind gleichsam linguistische Wachstumsprogramme. Aus der Zeichenkette mit den Buchstaben A und B und den Umformungsregeln $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow AB$ entsteht so eine Sequenz, die Wachstumsprozesse simuliert. Przemyslaw Prusinkiewicz und Lindenmayer hatten die „algorithmische Schönheit der Pflanzen“ entdeckt.⁷ Mit Hilfe numerischer genetischer Algorithmen konnten folglich im Computer nicht nur die exakten Formen biologischer Organismen wie Blätter, Bäume, Wälder, Wolken, Wellen nachgebildet werden, es konnten sogar Wachstumsprozesse in Echtzeit simuliert werden. Daher werden diese Algorithmen als „genetisch“ bezeichnet. Sie steuern die Morphogenese von Formen.

⁷ Przemyslaw Prusinkiewicz, Aristide Lindenmayer, *The algorithmic beauty of plants*, New York 1990.

DIGITALE DICHTUNG

Als gemäßigter Vertreter einer digitalen Philosophie, die davon ausgeht, dass zwischen mathematischen, mentalen und mechanischen Vorgängen Abbildungen herstellbar sind, dass also zwischen formalen Systemen, Gedankenvorgängen und Maschinen Parallelen vorzeigbar sind, die im Computer simuliert und dargestellt werden können, gelange ich zur Ansicht, dass – wenn eine Theorie der Kreativität, die auf die Kreation von Neuem zielt, effektiv ist – diese auch im Computer simuliert werden kann. Zeitgemäße Storyline- und Dichtungsprogramme, von denen ich eines zitiere, stützen diese Auffassung.

Die zwei vielleicht wichtigsten experimentellen Dichter Österreichs der jungen Generation, Franz Josef Czernin und Ferdinand Schmatz, haben 1990 ein Dichtungsprogramm veröffentlicht, nicht ohne Grund mit dem Namen POE [Poetic Oriented Evaluations]. Im Vorhaben „einer näheren Bestimmung des Kreativen in der Dichtung“ entwickelten sie ein Programm, das sowohl der dichterischen Produktion wie der wissenschaftlichen Analyse von Dichtung dient.⁸ Das Programm ermöglicht, aus einem gegebenen Text jene Wörter auszusondern, die gewisse Ähnlichkeiten und Unterschiede, die Struktur ihrer Buchstaben betreffend, aufweisen. In ihrer ersten Stufe bezieht sich das Programm auf Buchstaben und Silben, auf die Vokal- und Konsonantenstruktur von Texten. Die Verteilung von Konsonanten und Vokalen in einem Gedicht kann grafisch auf dem Bildschirm angezeigt werden. POE arbeitet mit der Programmiersprache Turbo Pascal und erlaubt die Generierung eines neuen Textes aus einem alten nach dem Grad der Verteilung von Buchstaben, Silben und Wörtern. POE dient aber auch der Analyse von Texten, z.B. der absoluten und relativen Häufigkeit eines beliebigen Buchstabens oder bestimmter Buchstabengruppen. Deshalb kann es auch aus einem gegebenen Text einen neuen Text herstellen, der jene statistischen Eigenschaften hat, die der Autor wünscht, z.B. die kontinuierliche Wiederholung von „Nevermore“. Doch nicht nur die Manipulation von Lauten oder Silben ist möglich, sondern auch die Manipulation von grammatikalischen Kategorien. Zum Beispiel wäre folgender Algorithmus durchführbar: Vertausche in jenen Sätzen Substantiva und Verben, in denen die Substantiva drei Silben haben, in welchen die Buchstaben A oder O vorkommen. Das Dichtungsprogramm POE macht also nicht nur kreative Entscheidungsprozesse einsehbar und

⁸ Vgl. Franz Josef Czernin, Ferdinand Schmatz, *Anmerkungen zum Dichtungsprogramm POE*. In: Gottfried Hattinger, Peter Weibel (Hg.), *Digitale Träume. Ars Electronica 1990*, Bd. 1, Linz 1990.

nachvollziehbar, sondern erlaubt auch, mit Hilfe dieser Algorithmen (Entscheidungsprozesse) auf transparente, rationale Weise neue Gedichte zu konstruieren. Die Autoren nehmen beispielsweise einige Zeilen von Friedrich Hölderlin:

Wo aber sind die Freunde? Bellarmin
Mit dem Gefährten? Mancher
Trägt Scheue, an die Quelle zu gehen;
Es beginnt nämlich der Reichtum
Im Meere. Sie [...]

Die Vokalstruktur dieses Gedichtes wird von POE ermittelt und beibehalten. Es werden in diese Struktur jeweils neue Worte abgebildet, einmal aus dem Wortfeld „Tag“, einmal aus dem Wortfeld „Nacht“.

tag
sog aber licht, die leuchten wellartig
lind dem gelände; blasses
wägt heuers fracht. die nebel brummen
fern: seichtes, ständig der preisung
wind; gegeben trieb [...]

nacht
so aber sind, die streunen gestaltig;
mit dem, gewachsen, schatten
schwärzt streuen; acht, die schwelle zu drehn;
es bestimmen, tränig der reibung
in leeren. wie [...]

ALGORITHMEN IN DER KUNST

Doch nicht nur in der Literatur, sondern auch in der Architektur, bildenden Kunst und Musik spielen Algorithmen als Instrumente der Kreation eine wichtige Rolle. Bereits die Künstlerbücher der Renaissance waren nichts anderes als Gebrauchs- und Handlungsanweisungen zur Herstellung von Gemälden und Skulpturen. Leon Battista Albertis Traktat *Über die Malerei* (1435), das erste kunsttheoretische Werk der Renaissance, fordert die Fundierung der Bildkünste auf wissenschaftlicher Basis. Ausführlich beschreibt Alberti die Orientierung des gelehrten Malers, des *pictor doctus*, an Geometrie und Perspektive einerseits, und an Literatur andererseits. Piero della Francesca und Leonardo da Vinci formulieren die Regeln der Malerei mit ihren Abhandlungen *della pittura*. Albrecht Dürer fasst 1525 in seinem illustrierten

Buch *Underweysung der Messung* lebenslange Studien zu Geometrie, Proportion und Perspektive zusammen.

Eines der wichtigsten Werke für eine algorithmische Auffassung von Kreativität erschien 1786 von Alexander Cozens (1717–1799), *Essay to Facilitate the Inventing of Landscips, Intended for Students in the Art*. Sie baute auf seiner früheren Publikation *The Various Species of Landscape Compositions* (1795) auf, einer systematischen Theorie der Konstruktion von Landschaftsmalerei, in der er 16 „compositions“ bzw. die Grundelemente der Landschaft wie die Kante eines Hügels identifizierte und ebenso 27 „circumstances“ wie Tageszeit, Wetter etc. Mit der Strenge eines Wissenschaftlers definierte und testete er alle möglichen Kombinationen dieser landschaftlichen Elemente und produzierte eine große Anzahl landschaftlicher Kompositionen. Die führenden Landschaftsmaler Englands wie John Constable, William Turner und vor allem sein Sohn John Robert Cozens (1752–1797), den John Constable als „the greatest genius that ever touched landscape“ bezeichnete, waren von dieser Lehre beeindruckt. Cozens erkannte aber bald, dass die genaue Beobachtung der Natur eine Obsession am Detail hervorrufen kann, welche die Imagination des Künstlers blockiert. Er suchte daher nach einer Technik, die eine größere Kreativität in der Komposition des gesamten Bildes ermöglichte. Um die Blockade der poetischen Imagination zu überwinden, erfand er eine radikale Methode, eine Regel, die den Zufall einführte und die er „blot painting“ nannte, Klecks-Malerei: Auf einem großen Blatt Papier soll der Malerstudent Tinte verteilen, dann das Papier mehrfach zusammenknüllen und wieder entfalten, so dass eine unvorhersagbare grafische Oberfläche entsteht. Dann wird über diese Tintenflecke ein Gitter gezogen. Die drunterliegende zufällige Form wird als Umriss von Landschaftselementen interpretiert. Auf diese Weise wurde durch einen Algorithmus eine grafische Komposition erzeugt, die sich in der Interpretation des Künstlers zu einer konkreten Landschaft transformiert. Der kreative Prozess war also die Interpretation eines Algorithmus des Zufalls. Derart algorithmische Verfahren fanden sich bereits bei Thomas Gainsborough (1727–1788), der dafür bekannt war, dass er seine Dinner-Gäste damit unterhielt, für sie aus Gebrauchsgegenständen Modelle von Landschaften aufzubauen, indem er zum Beispiel einen Spiegel für einen See einsetzte, Moos für Büsche und Brokkoli für Bäume. Das Kerzenlicht tauchte das Ganze in einen romantischen Schimmer.

Auch in der modernen Kunst spielt das algorithmische Bild eine zentrale Rolle. In Fluxus, Happening und Performance wurde das Objekt der Malerei oder Skulptur durch Handlungsanweisungen ersetzt. Der Gegenstand wurde von der Gebrauchsanweisung abgelöst, die jeden Kunstgegenstand implizit im-

mer schon begleitet hat. Diese Handlungsanweisungen an den Benutzer eines Gegenstandes bzw. den Betrachter eines Bildes führten langfristig zur expliziten Integration des Rezipienten. Er hat nun ausdrücklich an der Konstruktion des Kunstwerkes wesentlichen Anteil, ist eine der Variablen des vom Künstler definierten algorithmischen Kreativeprozesses. Das Kunstwerk als Resultat einer auszuführenden Regel entsteht in Abhängigkeit von dieser Variablen, dem Betrachter. Diese ästhetische Wendung wurde in der Musik wie auch in der bildenden Kunst durch den Computer wesentlich weitergeführt, da die berechenbare Musik bzw. das berechenbare interaktive Bild in seiner Entstehung von Entscheidungsprozeduren des Beobachters abhängig ist.

ALGORITHMSISCHE KOMPOSITION

In der Musik regieren vom Kontrapunkt bis zur Harmonielehre ohnehin algorithmische Verfahren. Beginnend mit der Dodekaphonie und der seriellen Komposition wurden Algorithmen im Zeitalter des Computers zu den dominierenden Kompositionsprinzipien.

Bereits 1914 wandte der russische Komponist Jef Golyscheff (1897–1970) in einem Streichquartett eine Zwölftonreihe an. Schönberg suchte in die theoretischen Bestrebungen seiner Zeit eine neue und lehrbare Ordnung zu bringen. 1923 schrieb er seine „5 Klavierstücke“ op. 23 systematisch zwölftönig. Inzwischen waren allerdings nicht nur Werke in zwölftöniger Art von Golyscheff erschienen, sondern auch von Josef Matthias Hauer (1919), der jedoch eine algorithmische Methode entwickelt hatte, die sich von Schönbergs System grundlegend unterschied.

Eine Zwölftonreihe ist ein Bauelement der Zwölftonkomposition, die sich an die in der Reihe festgelegte Folge von 12 Tönen (11 Intervallen) bindet. Sie ist nach Regeln zu bilden, durch die jede Vermutung tonaler Zusammenhänge verhindert werden soll. Tonwiederholungen vor Ablauf der Reihe sind nur in Ausnahmefällen gestattet. Alles ist zu vermeiden, was zu einem Übergewicht eines Tones (Tonalitätszentrum) führen könnte. Die Zwölftonreihe kann in der Grundform erscheinen, in der Umkehrung, im Krebs, und in der Umkehrung des Krebses. Diese vier erhaltenen Modi (Reihenformen) lassen sich auf jeden der zwölf Töne transponieren, wodurch 48 Modi aus einer Grundgestalt abgeleitet werden. Die Töne der Reihe sind nicht auf den Grundton bezogen, sondern nur aufeinander. Dasselbe gilt für die verschiedenen melodischen Gestalten, in denen sie in einem Werk auftritt. Die Reihe ist Basis für das Baumaterial einer Komposition und braucht nicht mit deren

Thema identisch zu sein. Jede Reihenform kann horizontal und vertikal ablaufen oder in den Einzeltönen oder Tongruppen auf mehrere Stimmen verteilt sein. Der Reihenablauf wiederholt sich innerhalb der Komposition und kann dabei gleichzeitig oder nacheinander mit seiner Umkehrung, der Krebsform oder der Umkehrung des Krebses auftreten.

Ein vergessener Wegbereiter algorithmischer Komposition war der Komponist, Mathematiker und Naturwissenschaftler Joseph Schillinger (1895–1943), der ein umfangreiches theoretisches Werk hinterließ. Dabei ist besonders auf seine Publikation *The Schillinger System of Musical Composition*⁹ und *The Mathematical Basis of the Arts*¹⁰ hinzuweisen. *The Mathematical Basis of the Arts* gliedert sich in drei große Abschnitte: 1. Wissenschaft und Ästhetik, 2. Theorie der Regelmäßigkeit und Koordination und 3. Technologie der Kunstproduktion. Der erste Teil ist dem Verhältnis von Kunst und Natur gewidmet. Die physikalischen Phänomene erscheinen uns häufig voller ästhetischer Harmonie. Diese Harmonie ist nach Schillinger das Resultat periodischer und kombinatorischer Prozesse, die mathematisch beschrieben werden können. Schillinger zeigt sich hier als ein direkter Wegbereiter der algorithmischen Komposition. Schillingers Anliegen ist die Herstellung ästhetischer Strukturen durch die Mathematik. Durch mathematische Reihen, Formeln und differentialgeometrische Darstellungen und Tabellen sollen dem Komponisten der neuen Musik Produktionstechniken vermittelt werden, die es ihm erlauben, auf rational erfassbare Weise Kunst zu produzieren. Das Tonhöhen-, Zeit- und Klangkontinuum soll nach Schillinger parametrisiert und die Parameter nun mit mathematischen Methoden transformiert und variiert werden.

Als weitere Klasse von mathematischen Operationen zeigt Schillinger Symmetrieoperationen auf. Diese ergeben, angewandt auf Tonfolgen, die aus der Zwölftonmusik bekannten Formen Krebs, Umkehrung und Umkehrung des Krebses. Als weitere Möglichkeit, musikalische Muster zu generieren, zeigt Schillinger, wie man aus Mustern herkömmlicher Musik neue Musik „errechnen“ kann, indem man auf den Tonhöhen- und den Zeit-Raum lineare Transformationen einwirken lässt, zentrische Streckungen und Dehnungen

⁹ Erschienen bei Carl Fischer, New York 1941.

¹⁰ Erschienen bei Philosophical Library, New York 1948.

ALGORITHMENDESIGN ALS ARCHITEKTUR

Der moderne technische Bildbegriff definiert das Bild als Datenfeld, ein Feld von Variablen. Jeder Punkt des Bildes ist variabel und kann jederzeit verändert werden. Dies ist nur möglich, weil die Information des Bildes im Computer virtuell gespeichert ist. Im gemalten Bild, aber auch in der Fotografie und im Film, ist die Information fixiert, sie ist im Trägermedium materiell lokalisiert. Im Computer ist die Information nicht eingesperrt, sie ist gleichsam immateriell und disloziert. Die Virtualität der Speicherung der Information im Computer ermöglicht also die Variabilität der Bildinhalte. Das technische Bild ist damit ein dynamisches Feld von stets veränderbaren Ziffern bzw. Zeichen bzw. Daten. Das technische Bild ist nicht allein der Bildschirm oder die Leinwand, sondern besteht aus Eingabe-/Ausgabe-Peripheriegeräten (Kamera, Projektor, Scanner etc.) und dem Rechner mit Speicher etc. Der Datenraum entsteht aus mehreren gekoppelten Systemen. Das technische Bild ist ein dynamisches Bild-System. Die Virtualität der Datenspeicherung und die Variabilität der Bildinhalte ermöglicht schließlich die Viabilität des Bildinhaltes. Die Variablen des Bildfeldes können nämlich zu intelligenten Agenten mit eigenständigen Agenden werden. Das Bild kann zu einem System werden, das lebensähnliches Verhalten aufweist. Das Verhalten des Bildes wird nämlich schlussendlich nicht mehr nur vom Anwender gesteuert, sondern das Bild steuert sich selbst. Genetische Algorithmen, autonome Agenten bzw. softwareagents übernehmen im technischen Bildsystem die Steuerung der Morphogenese.

Für die Architektur ergeben sich aus dieser Entwicklung des technischen Bildes mögliche Szenarien. Auf die Selbststeuerung des Bildes könnte eine Selbststeuerung des Gebäudes folgen. Wie das Bildsystem zu einem Beobachtersystem wurde, könnte das dynamische Baufeld zu einem Benutzersystem werden, in dem nicht nur der Benutzer die Ereignisse im Bausystem selbst steuert, sondern auch den Kontext, die Umwelt und das Umfeld des Bildsystems partiell mitsteuert. Die Architektur sollte wie das Bild eine kontextkontrollierte und kontextgesteuerte Ereigniswelt bzw. künstliche Welt werden. Der Bau ist wie das Bild ein Datenfeld, in dem der Werteverlauf der Variablen nicht mehr durch den user gesteuert wird, sondern durch sich selbst: z.B. ein Tisch verändert sich von selbst, ohne dass ein Mensch eingreift.

Eine der Schwierigkeiten des Algorithmen Designs entspringt dem falschen Verständnis des Algorithmus selbst. Algorithmus heißt zwar Handlungsanweisung zur Lösung eines Problems in endlichen Schritten, aber damit ist we-

der gemeint, dass die Lösung vorgegeben, noch dass sie erreichbar ist. Der Ausgang einer algorithmischen Prozedur ist offen. Der Input kann bekannt sein, die Handlungsanweisung kann bekannt sein, aber das Ergebnis, der Output, kann vorerst unbekannt sein.

Die von Cozens vorgeschlagene Malmethode ist aus heutiger Sicht als Algorithmus interpretierbar, dessen Spezifikum darin besteht, durch die Verlagerung der kreativen Tätigkeit von der Kreation auf die Interpretation – das ist der eigentliche Algorithmus des Cozenschen Verfahrens – Unbekanntes zu entdecken.

Das Gebäude der Zukunft wird seine eigene Morphogenese, d. h. seine Form und sein Aussehen, ohne die Hand des Architekten selbständig bzw. autokatalytisch steuern können. Diese künftige Aufgabe kann durch Algorithmen erreicht werden. Auch im Bausystem werden intelligente Agenten ihr Verhalten selbst steuern. Sie entwickeln eigene Entscheidungen, eine eigene Entscheidungsprozedur. Auf die Selbststeuerung des Bildsystems folgt die Selbststeuerung des Bausystems. Die künftige autokatalytische Architektur entwickelt eigene Entscheidungsprozeduren. Die Herstellung der Objekte im Bausystem wie das Verhalten des Bausystems folgen autonomen Algorithmen.

Algorithmische Architektur steuert die Genese von baulichen Formen und Entscheidungen. Die Schönheit der Architektur wird algorithmisch sein. Architektur – komplexe, adaptive, dynamische Systeme – geschieht innerhalb eines Algorithmus. Der Architekt wird von einem Algorithmus abgelöst. Der Architekt baut nicht mehr, sondern bildet Algorithmen, Verfahrensanweisungen für die Architektur. Bezogen sich seine bisherigen Verfahrensanweisungen auf das Sandschaufeln, betreffen sie jetzt Daten- und Informationstransfers. Da die Algorithmen als Entscheidungsmethode historisch so eng an die Morphogenese gebunden sind, war es nur logisch, dass sich daraus eine evolutionäre Architektur entwickeln würde. Schon Nicholas Negroponte, bis vor kurzem Chef des Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media Laboratory und Prophet der totalen Digitalität, war um 1970 Mitglied der Architecture Machine Group am MIT. Im Rahmen seiner Forschungsarbeiten definierte er den Designprozess für die Architektur als evolutionär und wollte diesen Prozess an die Maschine überantworten. Das Systemdenken in der Architektur führte mit Hilfe von Algorithmen zu einer Architektur lebender evolutionärer Systeme. In dieser „evolutionären Architektur“ (John Frazer) geht es nicht um die Kopie natürlicher Formen, sondern um die Simulation naturähnlicher Prozesse, der Entfaltung von Architektur als Organismus, wie zum Beispiel bei dem Archi-

tekten Greg Lynn.¹¹ Computerunterstützte Architektur soll nicht die subjektiven Lösungsvorschläge von Architekten bei der Produktion neuer Formen unterstützen, sondern ein Vorgehen fördern, das den Prozessen zellulärer Automaten gleicht. Sei entwickelt sich gemäß genetischen Algorithmen, ähnlich den Umschreibungsregeln, die sich auf Felder beziehen, wie in John Conways populärem Spiel „game of life“ (1970). J. Frazer und seine Studenten von der Architectural Association London haben seit 1990 so einen architektonischen Universal Constructor entwickelt. War früher der Plan der Generator, wie Le Corbusier gesagt hat („le plan est le generateur“), verstehen wir heute Algorithmen als generative Regeln, als Erzeugerregeln, als Übergangsregeln von Ordnungen.

Algorithmische Handlungsanweisungen als Planungsmethode führen zu einer prozesshaften Architektur, zur Vorstellung, dass Architektur eben nicht mehr Architektur ist, sondern ein einfacher Vorgang, der zur Architektur führt. Was diesen Algorithmus bedingt, steuert ebenfalls ein Algorithmus, denn für den Planungsprozess selbst werden Algorithmen quasi als Betriebssystem entwickelt und für die zu bauende Architektur entsprechende Anwenderprogramme, die ebenfalls Algorithmen sind.

KREATIVITÄT ALS ALGORITHMUS

Gehirne werden im Rahmen der digitalen Philosophie als Universalprozessoren verstanden, als Maschinen, die in der Lage sind, Algorithmen auszuführen, die in einer Sprache formuliert sind, die das Gehirn versteht, pulsbaasierte Nervensignale, die in sensorischen (akustisch, visuell, taktil etc.) Programmiersprachen codiert sind. Das Gehirn arbeitet also, wenn es kreativ ist, algorithmisch.

Wir können aus den obigen Ausführungen einige Leitsätze zum Thema Innovation und Kreativität herauslesen. Theorem 1: Innovation entsteht als Folge von Zustandsänderungen. Theorem 2: Diese Zustandsveränderungen werden durch Algorithmen bewirkt. Theorem 3: Ein Algorithmus ist nicht nur ein Generator, sondern auch ein Interpretator. Theorem 4: Auch der Schöpfer selber (Maler, Musiker, Architekt, Autor), der die Produkte der Algorithmen interpretiert, ist ein zulässiger Algorithmus. Theorem 5: Der Determinismus des Algorithmus führt zu einem Indeterminismus. Damit ist das Wesen der Kreativität ein offener Horizont, auch wenn er durch endliche Re-

geln erzeugt wird. Kreativität bedeutet algorithmische Planung, die so zu verstehen ist, dass sie auch das nicht Vorhersagbare, Ereignisse jenseits des subjektiven Horizonts des Planens mit einplant. Bei Kreativität geht es also um eine algorithmische Planung plus der Komplementarität der Planung anderer Systemkomponenten. Der Zufallsalgorithmus, das haben wir bei Cozens gesehen, operiert nicht nur auf der Ebene der Generierung, sondern auch auf der Ebene der Interpretation. Kreativität ist also nicht nur Sache der Schöpfung. Der Kreative wird zum Designer von Algorithmen und zum Interpreten der Produkte von Algorithmen.

11 Greg Lynn, *Animate Form*, Princeton 1998.