

Martin Warnke

kultur.informatik

Entlang des Zeitpfeils zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz

Wie viele andere Anregungen, so ist auch das Thema »Zeitpfeil« im Gespräch mit Claus Pias entstanden. Irgendwie sind wir auf das Thema gestoßen, inwieweit und ob Computer Maschinen mit Geschichte sind, ob reversibel oder nicht. Meine Physiker-Antwort, dass sie natürlich nicht-reversibel sind, weil sie bei der Arbeit warm werden, also Energie dissipieren, hat mich dann selbst nicht befriedigt, und so kam es, danach zu fragen, welche Arten von Entwicklung, welche Gesetzmäßigkeiten oder Zufälligkeiten benennbar sind, die der digitalen Informationstechnik einen Zeitpfeil, ein Jetzt, Zuvor und ein Danach geben.

Dabei ist es seltsam, dass der Gründungstext der Informatik, Alan Mathison Turings »On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem«¹ über Zeit nicht redet, dass diese nur implizit im Nacheinander der Verarbeitungsschritte der Turingmaschine, also im Maschinentakt, eine Rolle spielt. Und das, obwohl die Informatik zu den hastigsten, schnell-lebigsten, sogar am heftigsten von Moden heimgesuchten Wissenschaften gehört, die unsere Wissenschaftskultur zu bieten hat. Zeitlose Grundlagen für ein extrem dynamisches Metier? Kaum zu glauben.

Berechenbarkeit und Kontingenz

Doch natürlich ging es Turing um etwas ganz anderes, als er 1936/37 sein bahnbrechendes Papier schrieb. Er hatte zwar eine Maschinenmetapher benutzt, aber wollte keine Maschine bauen; und auch seine so

¹ Alan M. Turing: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. Proc. of the London Math. Society, 2.42 (1937).

genannten »Bomben« von Bletchley Park, bei denen es ganz wesentlich auf Geschwindigkeit ankam – schließlich wollte er den Funkpruch entschlüsselt haben, bevor das deutsche U-Boot die britische Fregatte versenkt hatte – seine dann später tatsächlich betriebenen Dechiffrier-Maschinen funktionierten nicht so wie seine berühmteste, die nach ihm benannt wurde. Die Turing-Maschine hatte er erfunden, um klären zu können, was berechenbar sei und was eben gerade nicht. Berechenbar nicht ursprünglich von einer Maschine, hier war eher an Menschen gedacht, die als Prozessoren, als Computoren als Manifestationen einer Theorie gedacht wurden, die die Grundlagen der Mathematik zu klären hatten: was ist formalisierbar, was nicht?

Sein Ergebnis ist bekannt: es gibt eine Grenze der Berechenbarkeit, jenseits derer formale Verfahren unbrauchbar werden. Und dabei spielt die Geschwindigkeit des Prozessors – und hier ist mit vollem Recht eher die weibliche Form zu wählen: die Geschwindigkeit der Prozessorin – keine Rolle. Die Grenze ist absolut, keine noch so schnelle Rechnerin, kein noch so flinker Rechner wird sie jemals überwinden können.

Mithin bleibt, so der erste Blick, nur der Maschinentakt selbst, der in die Rechnerzeit eine Skala bringt. Heute nennen wir sie invers ganz ausschließlich männlich Prozessortaktfrequenz, und sie verdoppelt sich alle achtzehn Monate, so jedenfalls wollte es Gerald Moore, einer der Intel-Gründer, und darum heißt das Gesetz auch das Mooresche.

Nun haben wir Geschwindigkeit im Rechner-Geschäft. Alles wird immer schneller berechenbar, nur das nicht-Berechenbare, das Kontingente, bleibt, wo es ist: jenseits seiner Grenze. Diese Grenze bleibt, wo sie ist. Zwar spielt algorithmische Komplexität noch immer und wohl für immer eine gehörige Rolle, kann also rechnerisches Terrain durch schnellere Rechner erobert werden. Aber: ist das die einzige Entwicklung, die statt hatte bis heute? Es kamen nach der Turingmaschine doch der Computer, der Personal Computer, das Internet, Chatrooms, Telefone, die eigentlich Computer sind, mit ihnen Smart Mobs und die Cyber-Generation.

Die Trias »Synthese, Mimesis, Emergenz«

Der Inhalt dieses ersten Abschnitts ist der Vorschlag, eine Phänomenologie der Computerkultur in drei Phasen oder Dispositive einzuteilen.

Die erste erstreckt sich über die Zeiträume, in denen Computer – wie in Turings ursprünglichem Entwurf – in autistischer Abgeschlossenheit aus sich heraus, ohne Eingriff oder Störung von außen, Daten produzieren. Diese Phase soll die *synthetische* heißen.

Wenn signifikante Einflüsse von außerhalb der Turingmaschine verarbeitet werden, äußert sich dies auf dem Feld des Ästhetischen in nachahmenden Verfahren: wie der Marionettenspieler seine hölzerne Puppe tanzen lässt, ahmen Animatoure vor, was Beobachter dann als Nachahmung empfinden. Diese zweite Phase soll nun die *mimetische* heißen.

Im letzten Schritt gerät auch das Meister-Knecht-Verhältnis aus den Fugen: in großem Stile vernetzt, kann niemand mehr kontrollieren, was zwischen Milliarden Menschen und Maschinen geschieht. Die vormalig, in den synthetischen und mimetischen Phasen, noch sinnvoll als isolierbare Elemente eines Prozesses beschreibbaren Bewusstseins und Automaten erzeugen mit starker Wechselwirkung unvorhersehbare Erscheinungen, weshalb diese dritte Phase auch die Phase der *Emergenzen* heißen soll.

Bei allen drei Phasen lassen sich je spezifische Abgrenzungen zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz vornehmen, es gibt zugehörige Techniken, Theorien, Stile, Artefakte und Formen des Medialen. Alle drei Phasen werden gebraucht, um die Vielfalt der Phänomene beschreiben zu können, die die Informationsgesellschaft ausmachen. Die Theorie der Berechenbarkeit, zentral und erschöpfend für die erste, ist unzureichend, um die Lebensechtheit des Clownsfisches Nemo zu erklären, und auch eine Theorie der mimetischen Kontrolle ist restlos überfordert, die Emergenz etwa von eBay oder des Gender swapping in Chatrooms der dritten Phase vorherzusagen. Allerdings lässt sich mit einiger Berechtigung behaupten, dass die Hard sciences, und zu diesen soll die Informatik auch gezählt werden, diesen Sachverhalt noch nicht so recht in ihren Kanon eingebaut haben.

Und nun ist es an der Zeit, für diese Behauptungen einige Plausibilitäten anzuführen.

Synthese

Zu Beginn seines Buches »General Systems Theory« beschreibt Ludwig von Bertalanffy die klassische Methode der exakten Wissenschaften – um ihr im folgenden seine Systemtheorie als Erweiterung entgegen zu

stellen –, er charakterisiert die Methode der Hard sciences als eine *analytische*: Phänomene werden untersucht in Hinblick auf ihre elementaren Konstituenten und deren Wechselwirkungen, gesucht wird nach isolierbaren Kausalketten, und verstanden hat man die Phänomene dann, wenn sie sich vollständig aus ihren Elementen und deren basalen Operationen ergeben.²

Uns interessiert hier nun die operative Umkehrung. Das, was Computer tun, wenn sie, nur auf sich selbst gestellt, ihre Elemente operativ nach der Vorschrift des abzuarbeitenden Algorithmus rekombinieren. Dieses Tun muss dann *synthetisch* genannt werden. Synthese, der Aufbau des Ganzen aus seinen Teilen, des Komplexen aus dem Einfachen, ist die Sache und das Prinzip der Turing-Maschine. Von Bertalanffy nennt sie die moderne und verallgemeinerte Form der mechanistischen Auffassung.³

Alan Turing hat in seinem Text von 1936/37 motiviert und beschrieben, was als Prinzip und Technik der ersten und ursprünglichen, der synthetischen Phase der Computerkultur gelten soll: die strikte Beschränkung auf ein streng formal arbeitendes Verfahren, um anhand eines Maschinenmodells die Präzisierung dessen zu klären, was Rechnen und Berechenbarkeit sei. Endlichkeit, Überschaubarkeit, Ausschluss von Zufall und Intuition, von allem dem, was in Abgrenzung vom Notwendig so Seienden als *Kontingenz* bezeichnet werden kann, ist dabei die Grund-Voraussetzung. Die Elemente, die im Verlauf der Maschinenaktivität ins Spiel gebracht werden, die Zeichen eines Alphabets, ihre Notate, die Operationen, die an ihnen vorgenommen werden, werden nur in strikter Isolation betrachtet, ganz im Sinne des von Bertalanffyschen Diktums einer modernen Form der mechanistischen Auffassung.

Die Reinform der Aktivität der Turingmaschine besteht bekanntlich darin, sie auf einem leeren Band arbeiten zu lassen, sie nach Maßgabe ihres Programms eine Zeichenkette schreiben zu lassen, die dann als Stellen einer Zahl interpretiert werden, der von ihr berechneten Zahl.

2 Ludwig von Bertalanffy: *General System Theory*, New York: George Braziller 1969, S. 18.

3 Ebd., S. 27.

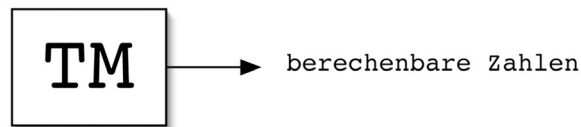


Abb. 1

Von Kontingenz keine Spur, alles geschieht deterministisch, zwangsläufig, eben berechnend. Der Gewinn dieser Beschränkung ist die Charakterisierung der Menge aller Zahlen, die so als überhaupt berechenbar gelten können: sie ist erstaunlich klein, viel kleiner als die Menge aller der Zahlen, die definierbar sind. Alles kann die Maschine nicht, noch nicht einmal alle schreibbaren Zahlen schreiben.

Für die Grundlagen der Mathematik hieß das: der logische Prozess ist schöpferisch⁴ und verlangt Intelligenz, Mathematik lässt sich nicht mechanisieren. Für eine mathematische Theorie wird Kontingenz als das nicht Berechenbare immer wieder erforderlich sein, dort, wo sie, die Theorie, um neue Begriffe und Verfahren zu erweitern ist, damit sie ihre eigenen Probleme lösen kann. Das jedenfalls hat Kurt Gödel mit seinem Theorem zum Ausdruck gebracht, das Turing mit seiner Maschine umformuliert hat.

Die praktische Kunst der Computer-Programmierung hat in Form des Software-Engineering aus der Austreibung der Intelligenz aus der Maschine den folgenden Schluss gezogen: die Mechanisierung von Problemlösungen lässt sich nicht wirklich in den Griff bekommen, sondern nur durch die strikteste Einhaltung *synthetischer* Prinzipien in Grenzen zähmen: durch Modularisierung, Hierarchisierung, Redundanzvermeidung, ganz in Ludwig von Bertalanffys Sinne: mechanisch.

Die synthetische Phase wird hier als die erste vorgeschlagen, weil sie auch historisch am Anfang stand. Ihre technische Realisierung fand sie mit den Computern, deren Arbeitsweise strikt auf den Dreischritt Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe reduzierbar war. Verarbeitungs-Unterbrechungen, um Teilergebnisse in Augenschein zu nehmen, gab es nicht, alles, auch wenn es ästhetischen Zwecken dienen sollte, musste a priori durch einen Algorithmus festgelegt werden, konnte erst nach Fertig-

4 Robin Gandy: »The Confluence of Ideas in 1936«, in: Rolf Herken (Hg.), *The Universal Turing Machine – A Half Century Survey*, Wien, New York: Springer-Verlag 1994, S. 51-102.

stellung beurteilt werden. Anders als mit einer mathematisch formulierten Theorie des Ästhetischen war das nicht zu machen, also stützte man sich auf die schon vorher entwickelte »Informationsästhetik«⁵. Mit ihr entstanden dann auch die Kunstwerke. Auf dem Felde des Bildnerischen waren dies die Computergraphiken von Nees, Nake, Noll, Mohr und anderen, die auf riesigen Plottern, gesteuert durch Lochstreifen, angefertigt wurden.⁶

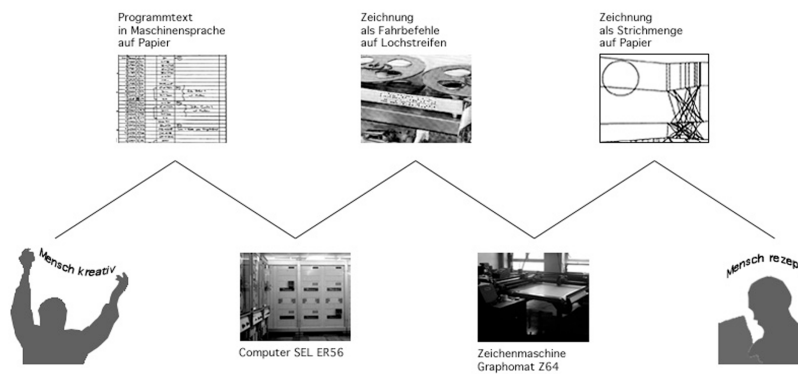


Abb. 2

Betrachtet man Beispiele dieser Phase ästhetischer Produktion, dann drängt sich der Eindruck eines spezifischen Stils auf. Er bestand zunächst aus den Elementarformen, die mit der verwendeten Maschinerie erzeugbar waren, samt und sonders elementar im Sinne der Theorie der Berechenbarkeit, bestehend also aus Geradenstücken, algebraischen Kurven niedriger Ordnung, aber auch aus Pseudozufall.

5 Siehe z. B. Abraham A. Moles: *Informationstheorie und ästhetische Wahrnehmung*, Köln: DuMont Schauberg 1971. Frieder Nake: *Ästhetik als Informationsverarbeitung*, Wien, New York: Springer 1974. Frieder Nake/Diethelm Stoller: *Algorithmus und Kunst. – Die präzisen Vergnügen*, Hamburg: Sauter und Lackmann 1993.

6 aus: Frieder Nake/Susanne Grabowski: *Zwei Weisen, das Computerbild zu betrachten*. in M. Warnke/W. Coy/G. C. Tholen: *HyperKult II*. Bielefeld 2005, S. 144.

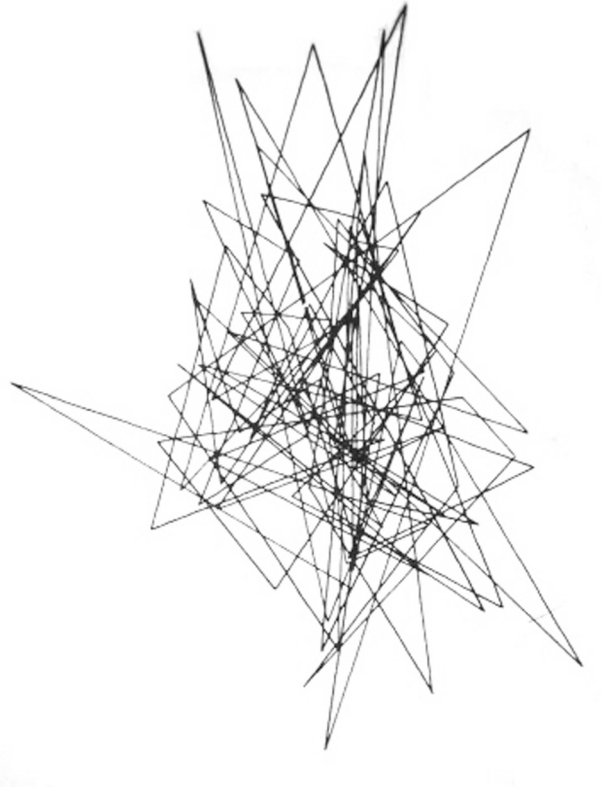


Abb. 3: Frieder Nake: Zufälliger Polygonzug. 1963

Eine zeitliche Entwicklung lässt sich festmachen an der Einführung von Farbe, höherer Auflösung und aufwändigeren Verfahren, etwa der Berechnung und Darstellung von Fraktalen. Der Zeitpfeil bekommt seine Richtung und seinen Betrag durch Moores Gesetz, durch die Verkürzung der Schaltzeiten der Computer-Bauteile.

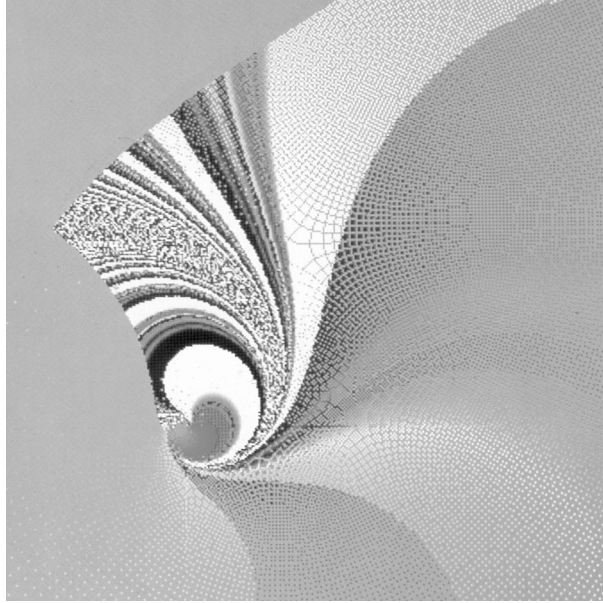


Abb. 4: Herbert W. Franke, Horst Helbig: Nr. 124, 1984



Abb. 5: Andy Kopra: Fire, 1988

Eine der neuesten Produktionen algorithmisch erzeugter Kunst wurde 2003 noch auf der Ars Electronica in Linz prämiert. Es handelt

sich um in Bewegung gesetzte Fraktale, unterlegt mit Klängen, die nach denselben Prinzipien erzeugt wurden – hier ein Standbild:

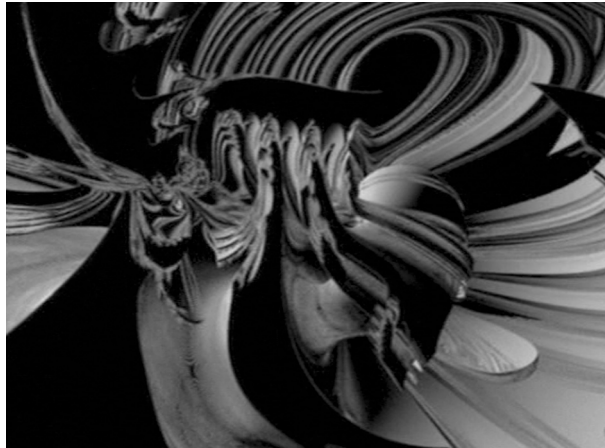


Abb. 6: Thorsten Fleisch: gestalt, 2003

Aufschluss über einen synthetischen Stil mögen auch Beispiele aus der Textproduktion und der Musik geben.

Und ein Signal tanzt.
Diese Funktion denkt und denkt.
Wer einen kalten Leser befragt, ist ein Fehler.
Geräusche zittern aus der Analyse.
Motoren sprechen neben dem Motiv.
...⁷

Für die Musik kann etwa die Illiac-Suite von Lejaren Hiller und Leonard Isaacson von 1956 stehen, die eine Studie in Stil auf Grundlage statistischer Ansätze vornahm.

⁷ Gerhard Stickel, Autopoem, 1967, zitiert nach A. Moles, Informationstheorie, S. 35.

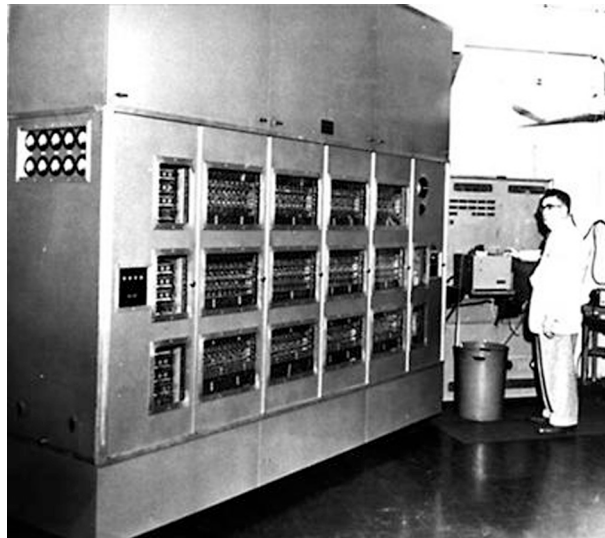


Abb. 7: ENIAC

Verbindende Charakteristik aller dieser ästhetischen Produkte ist ihre absolute Sinn-Leere. Nichts führt irgendwo hin, es lassen sich keine Entwicklungslinien innerhalb eines Werks oder Stückes ausmachen, jede Anschlussoperation, also jeder Strich, der auf einen vorigen folgt, jeder Ton oder jede harmonische Figur ist so gut oder so schlecht wie jede andere, alles gehorcht zwar einem durchgängigen Formprinzip, aber Sinn ist keiner zu entdecken, selbst heftigste Sinn und Gestalt suchende Bemühung bringt nur etwa ein »Apfelmännchen« der fraktalen Geometrie hervor, was bei der investierten Rechnerleistung nicht eben viel ist.

Mimesis

Lassen Sie uns nun das Dispositiv und den Blick weiten! Die Kontingenz soll ihren Platz bekommen. Sie muss von außen hinzugefügt werden, denn die Turing-Maschine kann nicht produzieren, was nicht berechenbar wäre. Bei den hier interessierenden Formen kultureller Produktion bricht die Kontingenz in Form des gestaltenden menschlichen Eingriffs in das System ein. Technisch lässt sich das dadurch reali-

sieren, dass der Dreischritt aus Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe unterbrochen und der Computer damit interaktiv bedienbar wird.

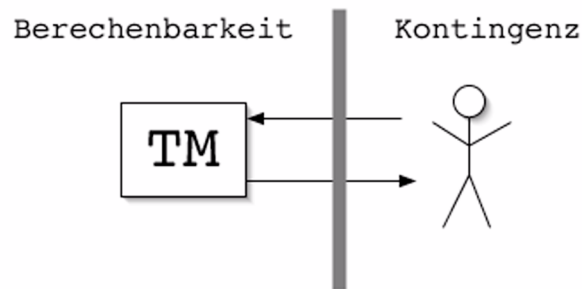


Abb. 8

Das geübte Auge erkennt hier sofort die Rückkopplungs-Schleife. Sie wurde von Norbert Wiener als der Kern seiner Kybernetik identifiziert und überall dort ausgemacht, wo Signale kontrolliert Effekte zeitigen sollten:

We thus see that for effective action on the outer world,

und diese äußere Welt ist in unserem Falle aus Sicht des Menschen der zu kontrollierende Computer, also für effektive Aktion

it is not only essential that we possess good effectors, but that the performance of these effectors be properly monitored back to the central nervous system, and that the readings of these monitors be properly combined with the other information coming in from the sense organs to produce a properly proportioned output to the effectors. ... Note that in this system there is a human link in the chain of the transmission and return of information: in what we shall from now on call the chain of feedback.⁸

Wir werden nun nicht verfolgen, wie auch der Mensch und sein Zentralnervensystem durch Maschinerie ersetzt werden sollen, was Sache der Artificial Intelligence ist, sondern der Mensch fungiert als Quelle

8 Norbert Wiener: Cybernetics, Cambridge, MA: The MIT Press 2000, S. 96.

der Kontingenz, er sorgt für den Ausgleich des Mangels, der ansonsten den Output der rechnenden Maschine auf die allzu dürftige Menge der berechenbaren Zahlen beschränkte. Der Mensch und sein Bewusstsein führen dem System die nötigen Informationen zu, damit dieses überraschende, vielleicht sogar lebensechte Formen ausprägt – damit im menschlichen Bewusstsein Sinn entsteht.

Technisch geschieht das mit der Einführung der Interaktion, im Time-Sharing-Betrieb oder auf dem persönlichen Computer in der Main event loop, die ständig Eingriffe seitens der Benutzer erwartet und verarbeitet.

Alle die lustigen kleinen Spielzeugwelten, die Papierkörbe, Aktenordner, Schieberegler, die Kaufmannsläden und Puppenstuben der Kontrolle, mit denen die Benutzungsoberflächen möbliert werden, sind Ausdruck des mimetischen Griffs der Benutzer durch die Oberfläche,

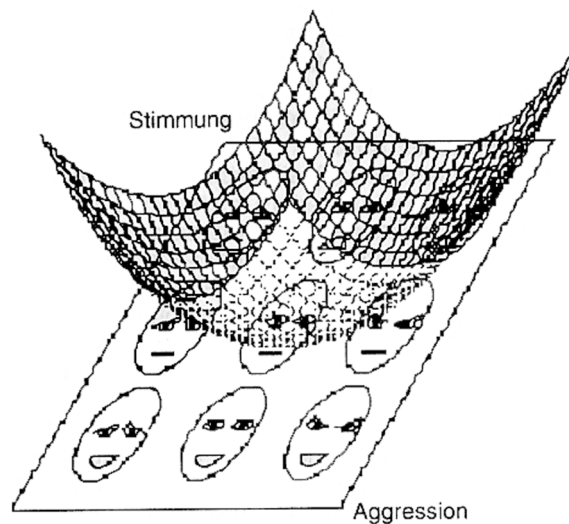


Abb. 9

das Interface, die Trennfläche zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz. Mit magischen Gesten ahmen die User vor, was ihre virtuellen Maschinen nachzuahmen haben: den Pinselstrich, den Anschlag der Schreibmaschine, die Funktionen des Zettelkastens.

Auf dem Feld des Ästhetischen finden wir hier vor allem die Computeranimation und die interaktive Medienkunst, Spiele wie etwa Flugsimulatoren, Virtual Reality und in Echtzeit zu spielende Synthesizer.

Nehmen wir uns die Computeranimation vor, die schon in ihrem Namen trägt, was sie vorhat: dem allzu beschränkten Computer Seele



Abb. 10: Motion Capturing in Peter Jacksons Lord of the Rings



Abb. 11: Motion Capturing in Peter Jacksons Lord of the Rings

einzuhauchen, den Odem des Lebens, den er selbst zu produzieren nicht im Stande ist. Zwar hat es schon einige semiotisch begründete Versuche gegeben, Gestik und Mimik quasi lexikographisch aufzählend kontingenzfrei zu symbolisieren (Abb. 9)⁹, doch gehen die Profis alle anders vor: ein Mensch ahmt vor, was die Maschine nachzuahmen instruiert wird. Dabei verlässt man sich bei Gestik und Mimik auf

Motion tracking oder auf cartoonhaft vorgezeichnete Gestalten, in keinem Falle jedoch gelingt durch Ausführung eines Algorithmus allein ein hinreichend überzeugendes Ergebnis. Entweder per Motion tracking erhobene Daten direkt vom Körper oder nach zeichnerischer Vorlage durch Stell-Regler übertragene Bewegungen werden am Computerbildschirm instantan beurteilt und nachgeregelt.

Der griechische Begriff »Mimesis« wird häufig mit »Nachahmung« übersetzt. ... Sie funktioniert auf der Grundlage einer gewissen Ähnlichkeit ... zwischen der realen und der fiktiven Welt Die »mimetische« Darstellung hat zur Folge, daß sich der Zuschauer im Theater ... in eine Handlung einfühlen kann. Er empfindet gemeinsam mit den dargestellten Figuren »Furcht und Mitleid« und wird dadurch von solchen Gefühlen »geläutert«.¹⁰

So definiert die Literaturwissenschaft die Mimesis. Für unsere Zwecke ist die Version von Dietmar Kamper passender, der aus der Nach- die Vorahmung macht und damit präzise die Steuerung des Rechners durch den Menschen beschreibt, wengleich er speziell diesen Vorgang in seiner Schrift nicht gemeint hat:

Das Wort »Mimesis« stammt aus dem Griechischen Es bezeichnet das Vermögen, mittels einer körperlichen Geste eine gewünschte Wirkung zu erzielen. Mimesis heißt nicht Nachahmung, sondern Vorahmung, während »Simulation«, ein lateinisches Wort, das technische Herstellen von Bildern meint, die einer Realität täuschend ähnlich sind. ... Es gibt bisher keine hinreichende, keine triftige Unterscheidung zwischen beidem Man könnte sie durchaus magische Praktiken nennen, ... Zauberei. ... Mimetisch, mit hohem Einsatz, wird ein Fundament gelegt. Und dieses Spiel wird akzeptiert. Die Menschen wissen, dass es eine Erfindung ist oder eine Illusion. ... Auf der anderen Seite will die Simulation eine künstliche Doublette herstellen, die sich nicht unterscheiden soll vom Original. ... Simulation verläuft in Automation. ... Demgegenüber gehört Mimesis zur Kunst, die das Ähnliche als Ähnliches setzt, die Fiktion als Fiktion betreibt und die Illusion als Illusion inszeniert. ... Die

9 aus Peter Bøgh Andersen: Katastrophen und Computer. in: M. Warnke/P. B. Andersen (Hrsg.): Zeit der Hypermedien, in: Roland Posner (Hrsg.): Zeitschrift für Semiotik. 16, Heft 1-2, 190. Tübingen: Stauffenburg-Verlag 1994.

10 <http://www.uni-essen.de/literaturwissenschaft-aktiv/Vorlesungen/epik/mimesis.htm> (30.12.03).

ideale Form der Simulation will eine völlige Identität von Bild und Wirklichkeit erreichen, während in der Mimesis eine Differenz zum Ausdruck kommt, die auch für die Beteiligten nie verschwindet.¹¹

Gerade die Unterscheidung zwischen Simulation und Mimesis bei kultureller Produktion muss hervorgehoben werden: zwar stützen sich die mimetischen Verfahren auf solche der Simulation, in der Computeranimation etwa auf die unterschiedlichen Methoden, fotorealistische Szenen zu erzeugen, doch bleibt das Fiktive der Mimesis das entscheidende Moment für die Kunst. Hiermit verknüpft ist auch die Einführung von Sinn. Menschliches Bewusstsein kann ohne Sinn nicht operieren, und durch mimetische Vor-Ahmung tritt Sinn durch Überschreitung der Grenze zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz in die Feedback-Schleife mit dem Computer.

Der Zeitpfeil erhält seinen Vortrieb wiederum durch Moores Gesetz, denn die verwendeten Algorithmen unterscheiden sich erheblich durch ihre rechnerische Komplexität. Neu jedoch ist nun die Herausbildung von Stilen, die einander ablösen. An diesen Stilen, die oft solche der gerade machbaren Effekte sind, lassen sich Computeranimationen datieren, hören geübte Ohren die jeweiligen Generationen der Sound erzeugenden Maschinen.

Zwei Animationen der Pixar-Studios können als Beispiel dienen: »The Adventures of André and Wally B.« aus dem Jahr 1984 und »Geri's Game« von 1997. Die dreizehn Jahre machen etwa 10 Mooresche Zyklen oder einen Faktor 500 bis 1000 in der Rechnerleistung aus. Damit aber nicht genug, menschliche mimetische Tätigkeit hat dabei etliche Stile erfunden, von künstlichen Wald-Fototapeten bis zur künstlichen Unschärfe und künstlichem natürlich fallenden Stoff.

Emergenz

Der entscheidende nächste Schritt besteht nun darin, die Systemgrenzen ein zweites Mal zu weiten, die Komplexität dadurch zu erhöhen, dass nicht mehr nur ein Mensch mit einem Computer interagiert, son-

11 Dietmar Kamper: »Mimesis und Simulation«, in: Kunstforum international, 114 (1991), S. 86 f.

dern viele Menschen und viele Automaten miteinander verschaltet werden:

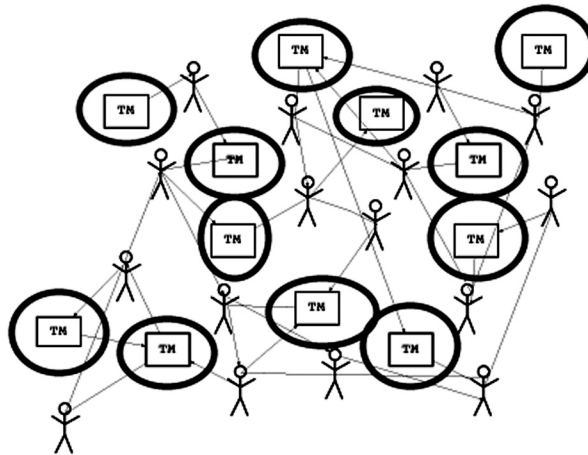


Abb. 12

Die Bedienoberflächen schaffen es nicht mehr, Kontrolle vorzugaukeln, die Grenze zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz sieht eher aus wie die Blasen eines Schaums, ist nicht mehr als Trennfläche zu lokalisieren, unzählige Membranen erlauben an ebenso unzählig vielen Benutzungsoberflächen Eingriffe und Rückmeldungen, so dass das Ganze insgesamt weder zu kontrollieren, noch auch nur in seinen Phänomenen vorherzusagen wäre. Aus der Ferne wirkt alles verschwommen und unscharf: einzelne Phänomene lassen sich nicht mehr einzelnen Menschen oder isolierbaren Automaten zurechnen.

Die Phänomene emergieren, lassen sich nicht aus der Beschaffenheit der vernetzten Konstituenten ableiten, wengleich unverdrossene Modellierer das noch immer versuchen:

So etwa John H. Holland, der in seinem Buch »Emergence – From Chaos to Order«¹² zwar anfänglich zugesteht, dass schon die kommunikative Situation zweier Brettspieler von einer doppelten Kontingenz

12 John H. Holland: Emergence – From Chaos to Order, Oxford, New York: Oxford University Press 1998.

bestimmt ist, wie Luhmann¹³ sie genannt hätte, die selbst in einer so stark geregelten Konfiguration wie etwa beim Damespiel jede Vorhersage unmöglich macht:

Each player has decided what to do in each contingency, but each player has no idea what particular contingencies will arise because of the other player's actions. So the individual player *cannot* predict the final outcome ... For each player the game will take unexpected twists and turns.¹⁴

Doch stark ist der Glaube an die analytische Kraft der exakten Wissenschaft, und selbst unter den in diesem Abschnitt obwaltenden skizzierten Umständen, die die Zahl der Interaktionspartner explodieren lässt, scheint nur der Weg bottom-up, von den atomaren Bestandteilen des Systems und ihren Interaktionen bis hin zur Vielfalt der daraus sich ergebenden emergenten Phänomene, aussichtsreich und in den Hard sciences erlaubt:

A well-conceived model will exhibit the complexity, and emergent phenomena, of the system being modeled, but with much of the detail sheared away.¹⁵

Seine, Hollands, Methode ist die der Constrained generating procedures, CGP, die, an Zellularautomaten erinnernd, komplexe Phänomene aus einfachen Bausteinen und Regeln erzeugen. Der Anspruch an seine CGPs am Ende ist erheblich:

For the cgp framework, or something similar, to acquire the status of a full-blown theory of emergence, it would have to be refined to yield sufficient conditions for emergence. We would have to prove that emergent phenomena *will* occur when these sufficient conditions are present.¹⁶

Dies führt uns auf die systemtheoretische Gretchenfrage, wie emergente Phänomene am besten zu beschreiben sind, bottom-up als Konsequenz der Beschaffenheit eines Systems niedrigerer Stufe, kontrollier-

13 Niklas Luhmann: Die Gesellschaft der Gesellschaft I. Frankfurt/Main: Suhrkamp 1997, S. 212.

14 J. H. Holland, Emergence, S. 40.

15 Ebd., S. 12.

16 Ebd., S. 239.

bar und erzeugbar durch die Manipulation und unwahrscheinliches Arrangement seiner Elemente, oder aufgrund der Autopoiesis eines sich über diesem elementaren höheren sich bildenden System, das für die Beobachter undurchschaubar bleibt, und für dessen emergente Phänomene die Bedingungen niemals hinreichend, sondern eben immer nur notwendig sein können: Möglichkeitsbedingungen, eben gerade keine auslösenden Momente.

Bekannter Weise hat z. B. Niklas Luhmann vehement für Letzteres votiert:

Theoretisch umstritten scheint zu sein, ob die Einheit eines Elements als Emergenz ›von unten‹ oder durch Konstitution ›von oben‹ zu erklären sei. Wir optieren entschieden für die zuletzt genannte Auffassung. Elemente sind Elemente nur für die Systeme, die sie als Einheit verwenden, und sie sind es nur durch diese Systeme. Das ist mit dem Konzept der Autopoiesis formuliert. Eine der wichtigsten Konsequenzen ist: daß Systeme höherer (emergenter) Ordnung von geringerer Komplexität sein können als Systeme niedriger Ordnung, da sie Einheit und Zahl der Elemente, aus denen sie bestehen, selbst bestimmen, also in ihrer Eigenkomplexität unabhängig sind von ihrem Realitätsunterbau. ... Emergenz ist demnach nicht einfach Akkumulation von Komplexität, sondern Unterbrechung und Neubeginn des Aufbaus von Komplexität.¹⁷

Folgt man dieser Auffassung, dann ließen sich emergente Phänomene, an denen z. B. Computer beteiligt sind, niemals durch deren Bauweise und Software erklären. Diese wären dann sogar eventuell austauschbar, weil lediglich materieller Träger einer Ordnung höherer Stufe, die ihren eigenen Strukturen verpflichtet ist: sozialen, kulturellen, eben kontingenten – aus Sicht der Informatik.

Und tatsächlich sieht die Informatik, so stark der Wunsch nach Modellierbarkeit auch immer sein möge, sich mit einer Situation konfrontiert, in der die sie angehenden Phänomene unvorhersehbar sind, in der bereits während jeder noch so ausgetüftelten Modellierungsphase sich die Spielregeln, die Elemente, die Randbedingungen, vielleicht sogar die Ziele unter der Hand emergent ändern können, damit jede Planung, jedes Modell zunichte machend. Es ist, wie wenn der Bösewicht den Saloon betritt und jede Gewinnstrategie eines regelgeleiteten

17 Niklas Luhmann: Soziale Systeme – Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt/Main: Suhrkamp 1994. S. 43f.

Spiels dadurch obsolet macht, dass er seinen daran teilnehmenden Widersacher kurzerhand über den Haufen schießt.

Es ist mit allem zu rechnen, vor allem mit dem nicht Berechenbaren.

Neben der gerade bemühten Saloon-Szene hat der Wilde Westen noch ein weiteres Beispiel zu unserer Fragestellung und Untersuchung des Emergenten in der Informatik beizusteuern, und zwar in Gestalt der berühmten Essay-Sammlung von David Lorge Parnas zum SDI-Programm – alias »Krieg der Sterne«. Der ansonsten Rüstungsaufträgen nicht abgeneigte Parnas beschrieb, warum die Software für die satellitengestützten Raketenabwehrwaffen nicht würde funktionieren können, und zog sich aus dem Beraterstab des Präsidenten Reagan zurück. Seine Argumente mögen Systementwicklerinnen und Systementwickler an ihre eigenen Probleme erinnern, selbst wenn sie nicht so hoch hinauf und hinaus wollen wie damals diejenigen des SDI, aber die Konsequenzen sind dieselben. Parnas beschrieb die Systemanforderungen an die satellitengestützte Raketenabwehr unter anderem wie folgt:

1. The system will be required to identify, track, and direct weapons toward targets whose ballistic characteristics cannot be known with certainty before the moment of battle. It must distinguish these targets from decoys,

also Attrappen,

whose characteristics are also unknown. 2. The computing will be done by a network of computers connected to sensors, weapons, and each other, by channels whose behavior, at the time the system is invoked, cannot be predicted because of possible countermeasures by an attacker. ... 6. The weapon system will include a large variety of sensors and weapons, most of which will themselves require a large and complex software system. The suite of weapons and sensors is likely to grow during development and after deployment. The characteristics of weapons and sensors are not yet known and are likely to remain fluid for many years after deployment. ... The components of that system will be subject to independent modification.¹⁸

18 David Lorge Parnas: Software Aspects of Strategic Defense Systems. Communications of the ACM, 28.12 (1985), S. 1328.

Ein System, das unter diesen Anforderungen kontrollierbar funktioniert, hielt nicht nur er für unmöglich. Was an Phänomenen während des Betriebs eines solchen Systems emergieren würde, ist auch von den besten Modellierern nicht abzuleiten.

Ein nächster Kronzeuge in Sachen Emergenz sei nun Howard Rheingold. Der Autor von »Virtual Reality«¹⁹ hat nun seinen neuesten Bestseller vorgelegt, der in diesem Kapitel zur Emergenz zum Tragen kommt. Er beschreibt Phänomene, die alle auf digitale Kommunikationstechniken gründen, aus den Tiefen individueller Anonymität auftauchende »Smart Mobs«, emergierende soziale Ordnungen. Er beschreibt, wie Technik zu Zwecken genutzt wird, die niemand hat vorhersagen können, die aus den Bauprinzipien der zum Einsatz kommenden technischen Medien nicht ableitbar sind. »They enable people to act together in new ways and in situations where collective action was not possible before.«²⁰

Vor allem Mobiltelefone stellen eine Kommunikationstechnik zur Verfügung, die überraschende Phänomene zeitigt. Das »Texting«, das Schreiben und Empfangen von SMS, macht dabei Geschichte, hier den Sturz des philippinischen Präsidenten Estrada im Jahr 2001:

The »People Power II« demonstrations of 2001 broke out when the impeachment trial of President Estrada was suddenly ended by senators linked to Estrada. Opposition leaders broadcast text messages, and within seventy-five minutes of the abrupt halt of the impeachment proceedings, 20,000 people converged on Edsa,

einem Boulevard in Manila.

Over four days, more than a million people showed up. The military withdrew support from the regime: the Estrada government fell ...²¹

Rheingold schreibt als Fazit:

The computer and the Internet were designed, but the ways people used them were not designed in either technology, nor were the most world-shifting uses of these tools anticipated by their designers or vendors.

19 Howard Rheingold: *Virtual Reality*, New York: Simon & Schuster 1991.

20 Howard Rheingold: *Smart Mobs*, Cambridge, MA: Perseus Publishing 2003, S. xviii.

21 Ebd., S. 160.

Word processing and virtual communities, eBay and e-commerce, Google and weblogs ... *emerged*. Smart mobs are an unpredictable but at least partially describable emergent property that I see surfacing as more people use mobile telephones, more chips communicate with each other, more computers know where they are located, more technology becomes wearable, more people start using these new media to invent new forms of sex, commerce, entertainment, communion, and, as always, conflict.²²

Das Internet, besonders mit seinen Diensten E-Mail und WWW, stellt eine besonders reichhaltige Sammlung emergenter Phänomene zur Verfügung. Dabei spielt die Tatsache, dass es wächst und nicht nach Fertigstellung in Betrieb genommen wurde, seine interessanteste und markanteste Eigenschaft dar. Albert-László Barabási bezeichnet es in seinem atemberaubenden Buch »Linked« zur momentan entstehenden Theorie der skalenfreien Netze sogar dar als

success disaster, the design of a new function that escapes into the real world and multiplies at an unseen rate before the design is fully in place. Today the Internet is used almost exclusively for accessing the World Wide Web and e-mail. Had its original creators foreseen this, they would have designed a very different infrastructure, resulting in a much smoother experience. ... Until the mid-nineties all research concentrated on designing new protocols and components. Lately, however, an increasing number of researchers are asking an unexpected question: What exactly did we create?²³

Diese Frage bringt den interessantesten und für unser Thema aufschlussreichsten Aspekt dieses erfolgreichsten aller modernen technischen Artefakte zum Ausdruck: sein Designprinzip auf der Grundlage von *Kontrollverzicht*. Die Protokolle und Geräte, die die Infrastruktur des Internet ausmachen, sind offenbar so offen konzipiert, dass über die damit zu realisierenden Funktionen nur sehr wenig festgelegt wird. Das Netz entwickelte sich zumal anders, als seine Designer ursprünglich intendiert hatten. Weiter Barabási:

While entirely of human design, the Internet lives a life on its own. It has all the characteristics of a complex evolving system, making it more simi-

22 Ebd., S. 182.

23 Albert-László Barabási: *Linked*, New York: Plume 2003, S. 149.

lar to a cell than a computer chip. ... What neither computer scientists nor biologists know is how the large-scale structure emerges once we put the pieces together.²⁴

Und ein wenig weiter unten:

Most of the Web's truly important features and emerging properties derive from its large-scale self-organized topology. ... the science of the Web increasingly proves that this architecture represents a higher level of organization than the code.²⁵

Das Internet als prominentestes Beispiel einer Vernetzung von Bewusstseinen und Computern in großem Stile demonstriert, worauf die Informatik sich einzustellen hat: auf bewussten Verzicht auf Kontrolle, auf das Gewährenlassen emergenter Prozesse, auf Selbstorganisation, auf Netz-Topologien, die in der Technik wie in der Biologie oder Soziologie zwar einem angebbaren Gesetz folgen, dem der Skalenfreiheit, aber dennoch in ihrer Entwicklung im Detail nicht modellierbar sein können.

Die Hard Sciences traditionellen Zuschnitts fordern Determinismus und Kausalität, die Formulierung von hinreichenden Kriterien, müssen aber sprachlos bleiben bei Phänomenen wie: Leben, Gesellschaft, Kontingenz. Will Informatik Informationsgesellschaft beschreiben können, muss sie sich einlassen auf bislang für sie wissenschaftsfremde Begriffe: Autopoiesis, Selbstorganisation, Emergenz, Möglichkeitsbedingung. Das Internet – vielleicht die digitalen Medien überhaupt – als dasjenige technische Artefakt, das mittels Kontroll-Aufgabe unsere Gesellschaft am nachhaltigsten verändert hat, hat es uns vorgemacht: den Kontrollverlust als Prinzip, die Möglichkeitsbedingung als Design-Richtlinie.

Ästhetische Produktionen, die der Phase der Emergenz zuzurechnen wären, thematisieren vorzugsweise das Internet, das World Wide Web, und vor allem auch mobile Technologie. Die Arbeit »Can you see me now?« von Blast Theory kann hier als Beispiel dienen. Sie wurde auf der Ars Electronica 2003 in der Rubrik »Interactive Art« prämiert, einer eigentlich unpassenden Kategorie, aber in diesem Jahr, 2004, wird eine neue eingeführt: »Digital Communities«, in die diese Arbeit schon

²⁴ Ebd., S. 150f.

²⁵ Ebd., S. 174f.

in 2003 gehört hätte. Ihr Pfiff ist eine Verfolgungsjagd, die teils am Computer, teils real in den Straßen einer Stadt abläuft, wobei sich auch

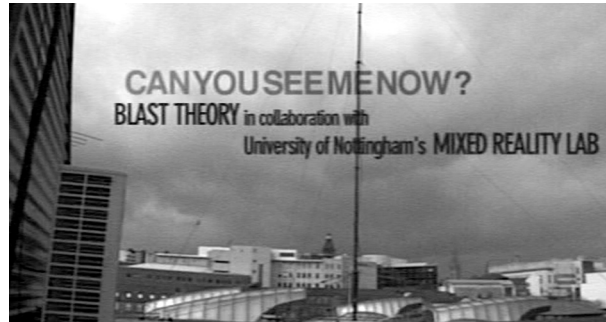


Abb. 13

alle Unwägbarkeiten des »realen Lebens« ins Spielgeschehen einmischen.

erschienen in: Martin Warnke: Der Zeitpfeil im Digitalen – Synthese, Mimesis, Emergenz. Stiftungs-Reihe. Stuttgart: Alcatel SEL Stiftung 2004. S. 3-15. ISSN 0932-156x und als: Synthese Mimesis Emergenz: Entlang des Zeitpfeils zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz, in: Jörg Huber (Hrsg.): Einbildungen. Interventionen 14, S. 75-92. Zürich: Edition Voldemeer 2005. ISSN 1420-1526.