

**Spannungsfelder  
Neue Musik im Kontext  
von Wissenschaft und Technik**

Veröffentlichungen  
des Instituts für Neue Musik und Musikerziehung  
Darmstadt

Band 49

# **Spannungsfelder**

## **Neue Musik im Kontext von Wissenschaft und Technik**

Herausgegeben von  
Jörn Peter Hiekel



Mainz · London · Berlin · Madrid · New York · Paris · Prag · Tokyo · Toronto

Das Projekt wurde dankenswerterweise finanziell gefördert durch den Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien.

Bestell-Nr. ED 20603

© Schott Music GmbH & Co. KG, Mainz

[www.schott-music.com](http://www.schott-music.com)

Coverabbildungen: (l. u.) The Flute Playing Machine (Foto: Hermann Kiesling), (l. o.) Clock (Foto: Roman März), (r. o.) Adriana Hölszky © mit freundlicher Genehmigung der Universität Mozarteum Salzburg, (r. u.) Adriana Hölszky *Wolke und Mond* © mit freundlicher Genehmigung von Breitkopf & Härtel.

Lektorat: Sabine Bayerl

Satz: FREIsign GmbH, 65817 Eppstein

Gesamtherstellung: Strauss GmbH, 69509 Mörlenbach

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck in jeder Form sowie die Wiedergabe durch Fernsehen, Rundfunk, Film, Bild- und Tonträger oder Benutzung für Vorträge, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlags

Printed in Germany · BSS 53298

ISBN 978-3-7957-1839-8

*... nur erst einige Bewegungen, als Buchstaben der Natur ...*  
Computersimulation und musikalische Komposition

Annäherungen von naturwissenschaftlicher Seite

*Das beklagenswerte Schicksal von Tanaland* überschrieb Dietrich Dörner ein Kapitel seines 1989 erschienenen Buches *Die Logik des Mißlingens*.<sup>1</sup> Tanaland, ein fiktives Ökosystem, angesiedelt in einem fiktiven Afrika, aber versehen mit Lebensbedingungen und Problemen, die durchaus der dortigen Realität entsprechen (begrenzte Grundwasser-Ressourcen, Auftreten von Epidemien, Probleme der Viehzucht, Überbevölkerung, etc.), ein Modellsystem also von komplex miteinander verbundenen und sich gegenseitig steuernden Parametern, wurde von Dörner in einem Computer simuliert.

In der Folge lud er verschiedene Versuchspersonen ein, Konzepte zur Verbesserung der Lage in Tanaland nicht nur vorzuschlagen, sondern über den Verlauf eines längeren Zeitraums auch zu betreuen. Eingeladen waren dazu durchaus auch Personen, die von Berufs wegen mit genau diesen Problemen befasst waren (Manager, Wirtschaftsexperten).

Mit einem gehörigen Schuss Ironie schildert Dörner in seinem Buch, wie diese »Verbesserungen« in den meisten Fällen verliefen, wobei er ebenso das Verhalten und die psychische Befindlichkeit der Versuchspersonen im Entscheidungsprozess, was »jetzt« zu tun sei, ins Auge fasst. Dabei analysiert er zugleich die typischen Fehler, die etwa aus einem allzu linear geprägten Denken entspringen, und bringt Vorschläge, wie besser mit solchen komplex vernetzten Situationen umzugehen wäre.

Die Brisanz von Dörners Analysen wird noch deutlicher durch den Umstand, dass neben einem fiktiven Tanaland und einer ebenso fiktiven deutschen Kleinstadt (Lohhausen) auch ein ganz und gar nicht fiktives Tschernobyl als Beispiel der *Logik des Mißlingens* erwähnt wird.

*Die Computertechnik bietet die Möglichkeit, komplizierte Realitäten zu simulieren. Der Computer kann eine Kleinstadt simulieren oder auch einen Gartenteich mit seiner ganzen Physik und Chemie, seiner Flora und Fauna. Der Computer kann auch komplizierte politische Entscheidungssituationen analysieren. Man hat im Computer ein Werkzeug, um fast beliebig komplexe Situationen nachzuzahlen.*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Dietrich Dörner: *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*, Reinbek bei Hamburg 142001.

<sup>2</sup> Ebd., S. 19.

Bei aller Skepsis gegen die *ganze Physik und Chemie* bleibt festzuhalten, dass in einem solchen Simulationsmodell alle *wesentlichen* Parameter systemhaft und vor allem in ihrer Dynamik gekoppelt sein müssen: Veränderungen auf einer Ebene bringen unweigerlich Konsequenzen auf einer anderen Ebene mit sich, und so auf vielen Ebenen. Die Qualität einer solchen Simulation eines dynamischen Systems hängt ganz wesentlich von der Qualität der vorhergehenden Analyse der Eigenschaften der eingebauten Teil-Elemente und vor allem von deren Vernetzungsart ab (steigt  $x \rightarrow$  sinkt  $y$ , aber nur bis zum Schwellwert  $z$ , dann springt  $y$  plötzlich auf Wert  $a$ ).

In der Beschäftigung mit Simulationen wie diesen *lernt* man, komplexe, nichtlineare Zusammenhänge zu verstehen. Darin liegt der unverzichtbare Wert solcher Computermodelle, nicht nur für Forscher und Manager, nicht nur für Fragen des Klimawandels – sie können auch im Alltag helfen, eine komplexe Wirklichkeit besser verstehen zu lernen. Und sie können die Grundlage künstlerischer Arbeitsprozesse bilden.

Dabei lässt sich Dörners Arbeit in eine ganze Reihe von Publikationen stellen, die eine Veränderung des (natur-)wissenschaftlichen Denkens dokumentieren: Verstärkt rücken dabei das Prozesshafte, die Dynamik und die Muster- bzw. Gestaltbildungsregeln in das Zentrum des Forschungsinteresses:

In der Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* veröffentlichte 1971 der Biophysiker Manfred Eigen seinen richtungweisenden Aufsatz *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*,<sup>3</sup> in dem er mit den Begriffen *Autokatalyse* und *Hyperzyklus* wesentliche Eigenschaften dynamischer Systeme mathematisch begründete. Selbstreproduktion und die allmähliche Entstehung von Komplexität in diesen Reproduktionszyklen stehen dabei im Mittelpunkt.

1972 erschien das Buch *Stabilité structurelle et morphogénèse* des Mathematikers René Thom.<sup>4</sup> Darin schlägt er die von ihm begründete *Katastrophentheorie* als Modell zur Erklärung verschiedener biologischer, physikalischer, psychologischer, linguistischer und anderer Phänomene vor. Mittlerweile begegnet man einem derartigen universellen Anspruch wohl mit gerechtfertigter Skepsis, seine *Katastrophentheorie* hat jedoch als *Bifurkationstheorie* Eingang in eine allgemeine Theorie dynamischer Systeme gefunden und bietet nach wie vor einen faszinierenden Pool an Formbildungsmodellen.

1979 schließlich publizierte der Astrophysiker und Mitbegründer des *Club of Rome*, Erich Jantsch, ein Buch mit dem Titel *Die Selbstorganisation des Universums*,<sup>5</sup> in dem er, aufbauend auf die Forschungsarbeiten u. a. von Ilya Prigogin-

<sup>3</sup> Vgl. Manfred Eigen: *Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules*, in: *Die Naturwissenschaften*, 58. Jg., 1971, S. 465–523.

<sup>4</sup> Vgl. René Thom: *Structural stability and morphogenesis*, Reading, Massachusetts 1982.

<sup>5</sup> Vgl. Erich Jantsch: *Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknall zum menschlichen Geist*, München 1986.

ne und dessen Konzept der *dissipativen Systeme* eine umfassende Theorie dynamischer Systeme entwarf: *Vom Urknall zum menschlichen Geist*. Eine zentrale Idee dieses Konzeptes besteht darin, dass dissipative Systeme grundsätzlich offen gegenüber ihrer Umwelt sind, ja, diese Offenheit ganz wesentlich benötigen, um jenes Fließgleichgewicht erlangen zu können, das ihren jeweiligen Zustand stabilisiert, aber auch für Veränderungen und Reaktionsfähigkeit des Systems – aufgrund der inneren Organisation – sorgt. Damit ist ein wesentliches Paradigma aller selbstorganisierenden Systeme definiert.

Ich breche hier ab, nicht ohne darauf hinzuweisen, dass die *ideengeschichtliche* Bedeutung der erwähnten und ähnlicher Arbeiten – insofern sich Komponisten immer wieder auf diese und andere systemtheoretische Arbeiten berufen bzw. Teilelemente in ihre Arbeiten integriert haben – noch nicht einmal im Ansatz erfasst wurde.

## Ein auskomponiertes Simulationsmodell

Als die *Logik des Mißlingens* 1989 erschien, war der Personal Computer gerade dabei, seinen so genannten Siegeszug auch in unser aller Privatleben anzutreten. Auch in meine eigene Komponierwerkstatt hielt dieses Medium damals Einzug und hat mein Komponieren in der Folge ganz wesentlich verändert.

Nur ein Jahr nach Dörners Buch erschien die erste Version des objektorientierten Computerprogramms STELLA auf dem Softwaremarkt. Dieses Programm ermöglicht es, auf einem Heimcomputer und ohne große Programmierkenntnisse dynamische Systeme aufzubauen und zu erforschen. Das umfangreiche Handbuch dazu liest sich denn auch wie ein Kommentar zur *Logik des Mißlingens*.<sup>6</sup>

Um die musikalische Anwendung eines solchen Systems zu erproben, komponierte ich 1993 im Auftrag des Zeitfluss-Festivals der Salzburger Festspiele ein größeres Ensemblestück mit Live-Elektronik, das zur Gänze auf den Simulationsdaten eines von mir mit STELLA programmierten dynamischen Systems beruht: *emergent*<sup>7</sup>. Mein künstlerisches Interesse wurde dabei von einigen starken strukturellen Verbindungen zwischen musikalischen Phänomenen und Aspekten dynamischer Systeme geleitet:

<sup>6</sup> Vgl. High Performance Systems, Inc.: STELLA II. An Introduction to Systems Thinking, Hannover 1992.

<sup>7</sup> Gerhard E. Winkler: *emergent* für Ensemble (13 SpielerInnen), computergesteuerten Synthesizer und live-elektronische Klangumformung, 1993, Auftragswerk des Zeitfluss-Festivals im Rahmen der Salzburger Festspiele; Uraufführung: Klangforum Wien, Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des SWR, Salzburger Festspiele 18.08.1993. Erschienen 1994 bei col legno, 31872, Salzburger Festspieldokumente.

- 1) Zeitaspekt: Musik wie dynamische Systeme entfalten sich in der Zeit, wobei der zeitliche Verlauf irreversibel ist (auf diese spezielle Zeitstruktur dynamischer Systeme hat Ilya Prigogine hingewiesen<sup>8</sup>).
- 2) Raumaspekt: In diesem Zeitverlauf entwickeln sich erkennbare, spezifische Wegspuren – *Trajektorien* –, die als kontinuierliches oder sprunghaftes Abtasten oder Durchstreifen eines Parameterraums gedeutet werden können.
- 3) Polyfunktionale Koppelung der Parameter eines spezifischen Gebildes: Diese Trajektorien entstehen nicht beliebig oder zufallsgesteuert, sondern aus der deterministischen *Koppelung* mehrerer bis vieler Teilelemente, die in jedem Zeitschritt des Systems aufeinander reagieren. Im musikalischen Satzgefüge lassen sich ebenfalls viele »Ebenen« unterscheiden: Tonhöhenverläufe, Dauern, Einsatzabstände, Dynamik, klangfarbliche Distributionen und Differenzierungen, Mikrodifferenzierungen und übergeordnete texturale Elemente; diese können nun, wie auch übergeordnete Satzeigenschaften (Dichte, Umfang einzelner Klanggruppen, etc.) einzelnen Trajektorien oder Kombinationen von Trajektorien zugeordnet werden (vgl. Abb. 1).

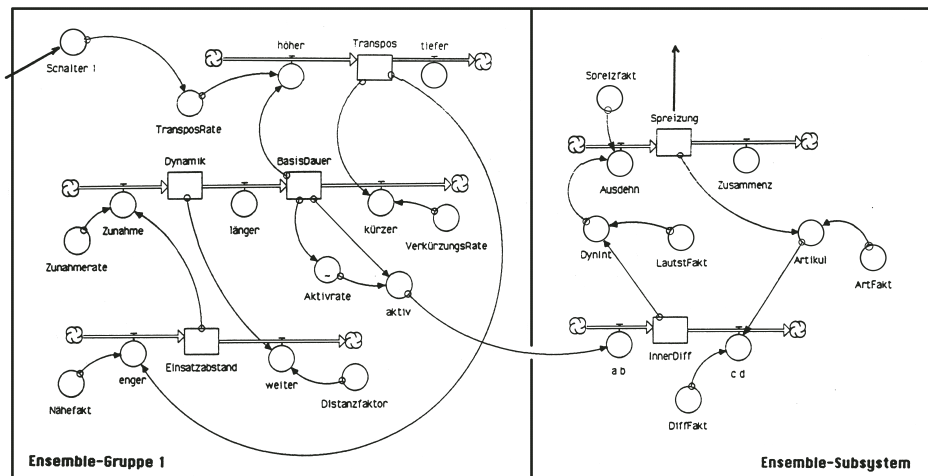


Abb. 1: Schaltplan der Steuerfunktionen innerhalb des STELLA-Simulationsprogramms für emergent: Ensemblegruppe 1. Erfasst werden dabei die Dauer (BasisDauer), der Einsatzabstand, die Dynamik und die Tonhöhe (Transpos) des jeweiligen Einzeltons sowie Mikrodifferenzierungen innerhalb dieses Einzeltons (s. rechte Hälfte der Graphik).

<sup>8</sup> Ilya Prigogine: *Zeit, Chaos und Naturgesetze*, in: Antje Gimmler et al. (Hrsg.): *Die Wiederentdeckung der Zeit*, Darmstadt 1997, S. 79–94.



- 4) Formaspekt: In ihrer zeitlichen Entfaltung prägen die diversen Trajektorien als Elemente des Systems eine spezifische Gesamtform aus, die als *Verhalten* des Systems unter bestimmten Ausgangs- oder Umgebungsbedingungen gedeutet werden kann. Durch die *Nichtlinearität* der Verbindungen innerhalb des Systems entstehen möglicherweise Sprünge oder Nichtvorhersehbarkeiten, die einerseits Monotonie vermeiden helfen, andererseits erkennbare Muster ausprägen: Faktoren, die ein auch ästhetisches Interesse am Beobachten der Prozessentwicklung ermöglichen können (vgl. Abb. 2).

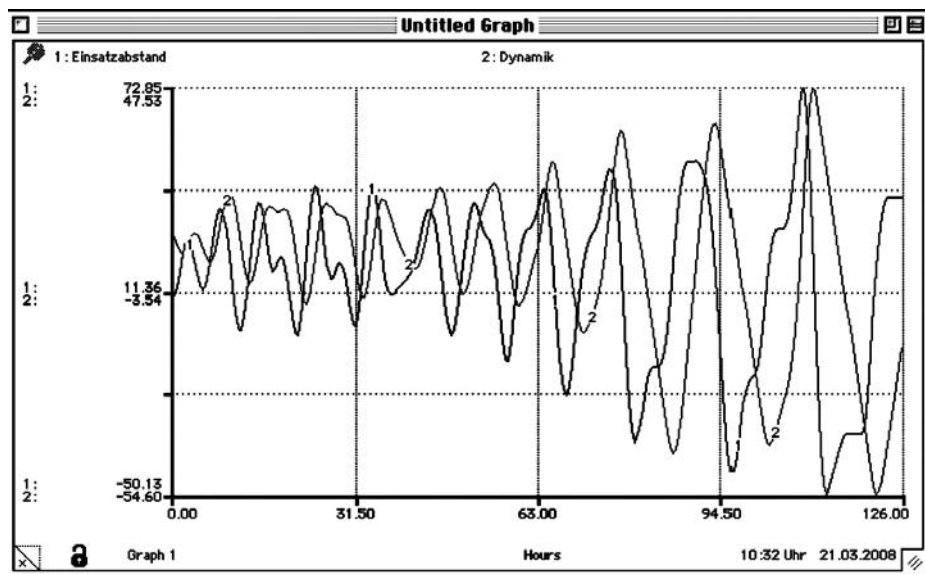


Abb. 2: Entfaltung von Parametern innerhalb des zeitlichen Verlaufs. Dargestellt sind die Parameter Einsatzabstand (Dauer vom Beginn eines Tons bis zum Einsatz des nächsten Tons) und Dynamik (Lautstärkenabstufung) innerhalb einer Ensemblegruppe als isolierte Parameterschichten. Deutlich zeigt sich die oszillierende und in die Extreme der Oszillationen sich ausweitende Charakteristik des Systemverhaltens, das als sich überlagernde und sich gegenseitig steuernde Polyzyklen definiert werden kann.

- 5) Nach Meinung vieler Autoren (u. a. Jantsch) ist ein wesentliches Kennzeichen dynamischer Systeme ihre Offenheit der Umgebung gegenüber, eine Offenheit, die zu einem Fließgleichgewicht führen kann: eine gleichsam dynamische Stabilität, die es dem System erlaubt, auf Veränderungen oder Störungen der Umgebung zu reagieren. Dies ermöglicht es wiederum, direkt in die Entwicklung eines Systems einzugreifen. Überträgt man das Modell auf musikalische Abläufe, lässt sich durch diese Eigenschaft eine spezielle Form

der Interaktivität einbauen, die insofern nicht-trivial ist, als das System auf Störungen je nach (innerem) Zustand unterschiedlich reagieren kann.

- 6) Semantisch gesehen besitzen dynamische Systeme in ihrem Prozessverhalten ein starkes mimetisches Potenzial. Dieser Umstand hat Autoren wohl auch immer wieder verführt, Systemmerkmale mit verschiedensten Aspekten der Realität in Beziehung zu setzen. Was im streng wissenschaftlichen Sinne notwendigerweise kritisiert wurde, kann aber gerade ästhetisch einen besonderen Reiz darstellen: Ohne Details eines Prozesses sozusagen allzu programmatisch fixieren zu müssen, bietet die Charakteristik der Systemverläufe genügend Assoziationsmöglichkeiten für die Hörer, um, wenn gewünscht, Bezüge zu ihrer Lebenswirklichkeit herstellen zu können. So bilden die erwähnten Polyzyklen von *emergent* ein quasi abstraktes ökologisches Modell, das als sich verdichtender und sich ausdehnender »Rhythmus des Lebens« in tageszeitlichem, jahreszeitlichem oder größerem zeitlichen Kontext metaphorisch interpretiert werden kann.

## Annäherungen von musikalischer Seite

### 1.

Der Umfang, in dem Komponisten sehr früh schon den Computer in den Kompositionsprozess eingebunden haben, variiert je nach künstlerischem Interesse, wobei man ganz bestimmte Zugänge unterscheiden kann. Die folgenden Ausführungen beziehen sich zwar vorrangig auf ausnotierte Musik für Interpreten, die ermittelten Sachverhalte und Kriterien lassen sich jedoch ohne Weiteres auch auf rein elektronisch synthetisierte Musikstücke bzw. live-elektronische Environments und deren Kombinationen übertragen:

- Computersimulationen werden verwendet, um einzelne Parameterebenen der Musik für sich auszuformulieren, etwa Tonhöhenverläufe, rhythmische Systeme, etc. Der Computer ersetzt hier die Reihentafeln, I-Ging-Stäbe oder serielle Permutationstabellen.
- Formale Abläufe, z. B. Richtungsprozesse, werden zur Gänze von Computersimulationen gesteuert. Der Computer lenkt die globale Verteilung und Auswahl von Elementen, deren Dichte, Charakteristik etc. innerhalb eines bestimmten, vom Komponisten festgelegten Werksegmentes, ohne die Gesamtform zu definieren.
- Netzwerke, etwa klangräumliche Dispositionen und zeitliche Phasenverteilungen, werden global vom Computer ermittelt, die Detailausarbeitung innerhalb dieser Raster verbleibt aber in der Entscheidung des Komponisten. Hier haben wir sozusagen die Umkehrung der vorherigen Situation: Die Großform wird disponiert, aber das Detail beliebig ausgearbeitet.

- Schließlich die Generierung aller werkspezifischen Parameter in ihrem zeitlichen Ablauf, d. h. sowohl makro- wie mikrokompositorische Bereiche werden von der Computersimulation definiert, wie in dem Beispiel meines Stückes *emergent*.
- Eine Erweiterung wäre die grundsätzliche Öffnung des Werkkonzeptes: Die Computersimulation legt nicht eine definitive Werkgestalt fest, sondern entfaltet als Simulation das Werk bei jeder Aufführung neu (und unter Einflussnahme der jeweiligen Aufführungssituation auch jedes Mal anders). Das Konzept des Realtime-Score, das ich an anderer Stelle erläutert habe<sup>9</sup> und das diese Idee umzusetzen versucht, entstammt einer der Grunderfahrungen der Arbeit mit dynamischen Systemen: dass nämlich jeder Simulationsdurchlauf unter Umständen einen von den anderen abweichenden Verlauf nimmt und sich so die Frage erhebt, warum eine von vielen möglichen Version in eine partiturgebundene Fassung »fixiert« werden soll.

Eine Zuordnung einzelner Komponisten und ihres jeweiligen Einsatzes des Computers in die eine oder andere Kategorie stellte gewiss einen Gewaltakt dar: So gehört etwa die Verwendung eines speziellen I-Ging-Programms zur Tonhöhenauswahl in den Werken von John Cage *seit etwa 1983*<sup>10</sup> eher zur ersten Kategorie, andererseits ist die Auswahl der Zufallsprozesse selbst bereits von einer übergeordneten ästhetischen Idee getragen, die das Formproblem ebenfalls mit einbezieht.

Auch Hanspeter Kyburz betont den Einsatz von Computersimulationen in seinen Kompositionen als mehrdimensional, einerseits einzelne Parameterebenen erfassend, andererseits auch in der Gestaltung formaler Segmente:

*Rewrite Systeme sind nach wie vor eine wichtige Grundlage meiner Arbeit. Irreversible Prozesse, lokale Unvorhersehbarkeit bei globaler Integration, Musterbildung usw. interessieren mich sowohl im Zusammenhang parametrischer Organisation als auch bei der Entwicklung von Sequenzen komplexer musikalischer Objekte.*<sup>11</sup>

Gerichtete Zufalls- und Wahrscheinlichkeitsprozesse bestimmen die *Projekte 1–3* von Gottfried Michael König und die thermodynamisch orientierten Formalisierungen von Iannis Xenakis, der selbst auch metaphorisch von einer *Musik wie Wolken und Flocken* spricht. In einigen Arbeiten übersteigen diese Teilprozesse aber das Werksegment und werden formbildend für den gesamten Ablauf des Werkes eingesetzt. Xenakis hat dies mit seinem *GENDYN*-Pro-

<sup>9</sup> Gerhard E. Winkler: *The Realtime-Score. A Missing Link in Computer-Music Performance*, in: *First Sound and Music Computing Conference, SMC '04, IRCAM, Paris, 2004, Conference Proceedings*, S. 9–14.

<sup>10</sup> Stefan Orgass: *Die anarchic harmony in John Cages Zahlen-Stück Five (1988)*, in: Hans Bäßler et al. (Hrsg.): *Neue Musik vermitteln*, Mainz 2004, S. 83–97, der Hinweis auf das *I Ching-Programm IC* findet sich in Fußnote 12 auf S. 85.

<sup>11</sup> Hanspeter Kyburz: E-Mail an den Verfasser, vom 25.02.2008.

gramm unternommen,<sup>12</sup> und Karlheinz Essl, der an Gottfried Michael Königs *Projekt 3*-Konzept mitgearbeitet hat, spricht in seinen Texten vom *sine fine*, also einem im Grunde ständig sprudelnden Generierungs-Pool, wobei sich Essl selbst dem *Radikalen Konstruktivismus* zuordnet.<sup>13</sup>

Anstelle einer mehr oder weniger vollständigen Auflistung aller Komponisten, die explizit den Computer eingebunden haben (hier sei auf Martin Suppers Buch *Elektroakustische Musik und Computermusik*<sup>14</sup> verwiesen), soll auch das Werk von Komponisten in den Blick genommen werden, die in ihrer Musik ohne Einsatz des Computers eine kompositorische Faktur auspräg(t)en, welche sich zumindest ansatzweise Merkmalen komplexer Dynamischer Systeme annähert.

Herman Sabbe hat dies exemplarisch anhand der Musik von György Ligeti unternommen.<sup>15</sup> Obwohl es naturgemäß immer nur Ansätze sind, zeigt er, wie auf verschiedenen kompositorischen Ebenen eine system- und prozessgerichtete Dynamik aufzuspüren und zu analysieren ist. Als Anregung, wie Satzelemente gekoppelt werden können und wie – hoffentlich nicht-triviale – Prozessmodelle formuliert werden können, scheint mir dieser Ansatz sehr fruchtbar zu sein.

Ebenfalls eine Nähe zu den oben erwähnten Phänomenen komplexer dynamischer Systeme findet sich in der Musik von Brian Ferneyhough und dessen Konzept der *Poly-Tendenzialität*, vieler sich überlagernder (und sich auch störender bzw. beeinflussender) Entwicklungsrichtungen innerhalb der formalen Entwicklung, dies bei ihm schon zu einem Zeitpunkt, da er mit größter Wahrscheinlichkeit noch nicht mit dem Computer gearbeitet hat (und möglicherweise seine »komplexistischsten« Werke geschaffen hat).

Andere Ansätze wären in Werkkonzepten zu suchen, die aus Auffaltungsprozessen von so genannten Keimzellen, Nuclei, oder *Originels* in teilweise »fluider« Formung sich entwickeln, und in den Arbeiten von Pierre Boulez, aber auch von Wolfgang Rihm zu finden sind.<sup>16</sup>

<sup>12</sup> Vgl. hierzu den Beitrag von Peter Hoffmann im vorliegenden Band.

<sup>13</sup> Karlheinz Essl: E-Mail an den Verfasser, vom 26.02.2008.

<sup>14</sup> Vgl. Martin Supper: *Elektroakustische Musik und Computermusik*, Darmstadt 1997.

<sup>15</sup> Vgl. Herman Sabbe: *György Ligeti. Studien zur kompositorischen Phänomenologie* (= *Musik-Konzepte*, H. 53), München 1987. S. 29–36.

<sup>16</sup> Vgl. Gerhard E. Winkler: *Das »fluide« Werk und die Krise der Partitur* (Zu Wolfgang Rihms 4. Streichquartett und »Über die Linie« für Violoncello solo), in: Wolfgang Hofer (Hrsg.): *Ausdruck, Zugriff, Differenzen. Der Komponist Wolfgang Rihm*, Mainz 2003, S.135–145.

## 2.

Neben der Betrachtung des Umfangs der Einbindung und der kompositorischen Konsequenzen des Einsatzes des Computers scheint es mir aber auch wichtig zu sein, Hinweisen von Komponisten zur Art der verwendeten Simulationsmodelle und deren naturwissenschaftlicher, mathematischer, kognitionspsychologischer oder sonstiger Herkunft zu folgen und so zu einer Art *Ideengeschichte* der kompositorisch verwendeten Simulationsmodelle zu gelangen: etwa Iannis Xenakis' Verwendung von Markow-Ketten, stochastischen und anderen Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die meines Erachtens insgesamt in Richtung thermodynamischer Selbstorganisationsmodelle tendieren, mit denen die Entstehung von Wolkenstraßen, Bernard-Zellen und anderen Strömungsformen in Flüssigkeiten simuliert werden kann (Xenakis *Musik wie Wolken und Flocken*<sup>17</sup>).

Jean-Baptiste Barrière wiederum bezieht sich ausdrücklich auf die Katastrophentheorie René Thoms, die er seinem Stück *Chréode 1* zugrunde legt.<sup>18</sup> Thoms Theorie ermöglicht es, Systeme zu simulieren, die aufgrund ihrer inneren Beschaffenheit plötzlich in einen anderen Zustand kippen. Er hat eine Reihe von geometrischen Modellen entwickelt, die zur Erklärung von Wachstums- und Gestaltbildungsprozessen, aber auch von psychischen Vorgängen und Verhaltensformen (etwa dem Kippen von Angst in Aggression) eingesetzt wurden.

Ebenfalls der Katastrophentheorie Thoms entnommen ist das Simulationsmodell, das meinem Werk *KOMA* für Streichquartett, Realtime-Score, interaktive Live-Elektronik und Farb/Licht-Projektion,<sup>19</sup> einem Auftragswerk des IRCAM/Centre Pompidou, Paris, zugrunde liegt: das so genannte *Butterfly-Modell*, dessen Verhalten sich an den Wendestellen der Polynomfunktion als diskontinuierlicher *Sprung* auf die gegenüberliegende Seite, eben als *Katastrophe* formuliert (vgl. Abb. 3).

Chaosmodelle, in den 90er Jahren *en vogue*, etwa der sprichwörtliche, mittlerweile übrigens schon als falsch entlarvte Schmetterlingseffekt<sup>20</sup>, dürften in

<sup>17</sup> Iannis Xenakis: *Wanderungen der musikalischen Komposition*, in: *MusikTexte* 13, Februar 1986, S.42–49.

<sup>18</sup> Vgl. Jean-Baptiste Barrière: »*Chréode 1*«: *the pathway to new music with the computer*, in: Tod Machover (Hrsg.): *Musical Thought at IRCAM* (= *Contemporary Music Review*, Volume 1, Part 1), Chur, London, Paris, New York 1984, S. 181–202.

<sup>19</sup> Gerhard E. Winkler: *KOMA* für Streichquartett, Realtime-Scores, Farb/Licht-Steuerung und interaktive Live-Elektronik, 1995/96. Kompositionsauftrag des IRCAM, Paris («Selection IRCAM»); Interpreten der Uraufführung: Arditti-Quartett, Espace de projection, IRCAM, 17.02.1996. Erschienen auf CD ORF: *Edition Zeitton, LC-5130, CD 189, 1999.*

<sup>20</sup> Vgl. Raoul Robert: *Das Ende des Schmetterlingseffekts*, in: *Spektrum der Wissenschaft* 11, 2001, S. 66–75.

ihrer auch kompositorischen Anwendung Legion sein, nicht zuletzt wohl wegen ihrer teils recht einfachen Iterationsformeln. Die Chaostheorie wurde mittlerweile ebenso wie die Katastrophentheorie in die Gesamtheorie der dynamischen Systeme integriert.<sup>21</sup>

Die Idee, chaotische Attraktoren als Simulationsmodelle für menschliche Beziehungen zu verwenden, etwa die so genannte *Flohzirkus*-Simulation, habe ich nicht ohne gewisse Ironie in meiner Oper *Heptameron* umgesetzt.<sup>22</sup>

Ein weites noch offenes Feld stellt die Emergenztheorie dar, die – im Gegensatz zur durch Iteration ins Komplexe sich ausdehnenden Chaosformel – auf Vielteilchensysteme aufbaut, die jeweils über eine einfache Ausstattung von Verhaltensregeln verfügen, aber in ihrem globalen Zusammenwirken komplexe Muster ausprägen (zelluläre Automaten, neuronale Netze, virtuelle »Ameisen« etc.).

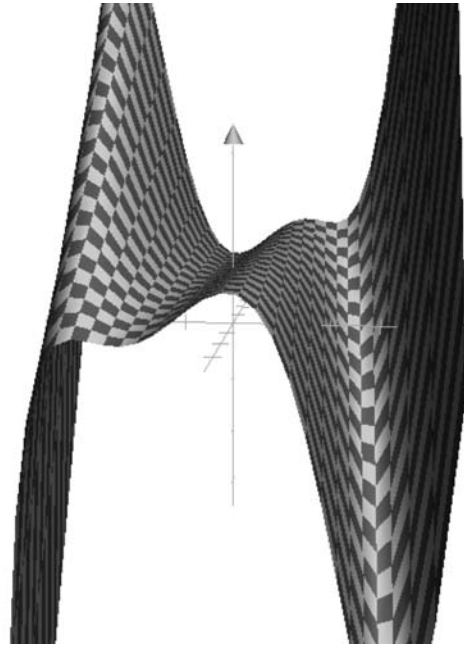


Abb. 3: Dreidimensionale Darstellung der Polynomfunktion, die dem *Butterfly*-Modell aus René Thoms Katastrophentheorie entspricht und an den Wendestellen der Kurven diskontinuierliche Sprünge aufweist (in der Graphik nicht dargestellt). Durch Steuerparameter kann die Form der Polynomoberfläche noch zusätzlich verändert werden.

<sup>21</sup> Vgl. D. K. Arrowsmith/C. M. Place: *Dynamische Systeme. Mathematische Grundlagen. Übungen*, Heidelberg, Berlin, Oxford 1994.

<sup>22</sup> Gerhard E. Winkler: *Heptameron*, interaktive Oper für 3 Stimmen, Saxophon, Akkordeon, Viola, Realtime-Scores, Sensoren, Farb/Licht-Steuerung, Videos und Live-Elektronik, 1998–2002. Kompositionsauftrag der Münchener Opern-Biennale, Koproduktion mit dem Zentrum für Kunst und Medientechnologie, ZKM, Karlsruhe; UA: München, Haus der Kunst, Münchener Opern-Biennale 2002. Auf CD erschienen 2004 bei col legno, 20232. Zur Verwendung der Chaosmodelle in meiner Oper vgl.: Gerhard E. Winkler: *Körper | Computer | Sensoren – Musiktheater als interaktives Kunstwerk*, in: *Das Musiktheater – Exempel der Kunst (= Studien zur Wertungsforschung*, Bd. 38), hrsg. v. Otto Kolleritsch, Wien, Graz 2001, S. 236–254.

## Ein neues Bild der Natur?

Spiegelt sich in all dem ein neues Bild der Natur, Anzeichen eines neuen Dialoges mit der Natur? Gewiss sind hier die Antworten einzelner Komponisten – auch in ihrer Ablehnung einer solchen Zumutung – gleichfalls signifikante Indikatoren für Sensibilitäten: Sowohl Kyburz wie Essl lehnen den Bezug zu einem neuen Naturbild entschieden ab: Kyburz verweist auf *Kultur*<sup>23</sup>, Essl bezieht sich auf Ideen des *Radikalen Konstruktivismus*<sup>24</sup> als Trägerinstanz der kompositorischen Entscheidung für bestimmte Simulationsmodelle. Daher spiegelt die folgende Antwort notwendigerweise den subjektiven Blickwinkel des Autors wider.

Eine zentrale Absicht des vorliegenden Textes ist es, den Einsatz des Computers im kompositorischen Prozess endlich aus dem Stereotyp des »Technoiden« zu befreien und aufzuzeigen, wie sich gerade durch Anstöße aus den Naturwissenschaften ein auch geistesgeschichtlich wichtiges, neues, zeitgemäßes Naturbild entwickelt hat und weiter entwickelt, in dem die Computertechnik nicht mehr als Feind, sondern als Hilfsmittel eines verständnisvolleren und – wenn man so will – auch liebevolleren Blickes auf Prozesse unseres Lebens und unserer Umwelt verstanden werden kann.

Welche Charakteristika, die auch künstlerisch fruchtbar gemacht werden können, weist dieses neue Naturbild auf?

- 1) Nicht mehr Naturphänomene an sich, deren Systematik und Klassifizierung stehen dabei im Zentrum des Interesses, sondern die Dynamik, die Prozesse und deren Grundlagen, die die Muster in der Wirklichkeit und in unserer Wahrnehmung erzeugen. Ian Stewart hat in seinem Buch *Die Zahlen der Natur* den Begriff der *Morphomatik*<sup>25</sup> für diese Wissenschaft der Musterbildung geprägt. Und in mancher Hinsicht scheint mir bereits Novalis ein Vordenker eines solchen neuen Naturbildes zu sein.
- 2) In den zuletzt erwähnten Simulationstheorien tritt etwas zu Tage, was auch auf die Arbeit damit zurückwirkt: der Aspekt der *Selbstorganisation*. Sei es thermodynamische Selbstorganisation (die erwähnten Wolkenstraßen, Strömungsmuster, Strudelbildungen), chemische oder biochemische (Manfred Eigens *Hyperzyklen* und die Entstehung des Lebens), neurale, soziale und ökologische Selbstorganisation: All diese Systeme entwickeln ein Eigenleben

<sup>23</sup> Bei Simulationen geht es nicht um »Natur«, sondern [...] schlicht um eine zusätzliche Phase im kompositorischen Arbeitsprozess, also um Kultur. (Kyburz, a. a. O.).

<sup>24</sup> [...] mein [...] systemtheoretischer Zugang [...], der im Unterschied zu deinem Ansatz auf Ideen des Radikalen Konstruktivismus [...] basiert. (Essl, a. a. O.).

<sup>25</sup> Vgl. Ian Stewart: *Die Zahlen der Natur. Mathematik als Fenster zur Welt*, Heidelberg, Berlin 2001, S. 173.

und bilden Muster aus, die zu respektieren sind, und als »Gegenüber« für jeden, der sich damit einlässt, eine teilweise recht beunruhigende Selbstständigkeit entwickeln.

- 3) Diese Beunruhigung wächst in dem Maße, in dem man sich klarmacht, dass auch in der Realität wir alle Teil solcher Vernetzungen sind und Natur die Behaglichkeit der Um-Welt definitiv verloren hat: Sie wird zur Mit-Welt, und jeder von uns gehört dazu.<sup>26</sup>

Ob sich Kunst dem stellt oder sich als Refugium und möglicherweise neuer Ort einer Behaglichkeit in Künstlichkeit etabliert, bleibt natürlich der Entscheidung jedes einzelnen Künstlers vorbehalten.

Die Grundfragen sind nicht neu, sie erhalten nur durch die mittlerweile explizit gewordenen Bedrohungen globaler und lokaler Art eine neue Dringlichkeit. Vielleicht sollten wir aber einfach noch besser lernen, jene *Chifferschrift* zu lesen, von der Novalis in seinen *Lehrlingen zu Sais* spricht:

*Mannichfache Wege gehen die Menschen. Wer sie verfolgt und vergleicht, wird wunderliche Figuren entstehen sehn; Figuren, die zu jener großen Chifferschrift zu gehören scheinen, die man überall, auf Flügeln, Eierschalen, in Wolken, im Schnee, in Krystallen und in Steinbildungen, auf gefrierenden Wassern, im Innern und Äußern der Gebirge, der Pflanzen, der Thiere, der Menschen, in den Lichtern des Himmels [...], in den Feilspänen um den Magnet her, und sonderbaren Conjunctionen des Zufalls, erblickt.*<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Gerhard Vollmer: *Die vierte bis siebte Kränkung des Menschen – Gehirn, Evolution und Menschenbild*, in: *Philosophia Naturalis*, Jg. 29, 1992, S. 118–134. Vollmer hat die von mir beschriebenen Phänomene als *vierte, ökologische Kränkung* – nach der von Freud konstatierten kopernikanischen (die Erde ist nicht Mittelpunkt des Weltalls), darwinistischen (der Mensch ist nicht Krone der Schöpfung) und freudschen (das Ich ist nicht Herr im Haus der menschlichen Persönlichkeit) – sehr treffend dargestellt: *Die ökologische Kränkung besteht demnach in der Einsicht, dass auch wir – die Menschen – in zahlreiche komplizierte Ökosysteme und damit letztlich in die gesamte Biosphäre eingebunden sind, dass wir von dieser Biosphäre entscheidend abhängen und dass wir doch zugleich unfähig sind, diese Systeme zu durchschauen, dass wir diese Systeme zwar beeinflussen können, aber weit davon entfernt sind, sie zu beherrschen.* (Ebd., S. 118).

<sup>27</sup> Novalis: *Werke, Tagebücher und Briefe Friedrich von Hardenbergs*, hrsg. v. Hans-Joachim Mähl und Richard Samuel, Bd. 1, München, Wien 1978, S. 201. Das im Titel des vorliegenden Beitrags angeführte Zitat stammt aus dem zweiten Teil der *Lehrlinge, Die Natur*, a. a. O., S. 221. Reinhard Leusing hat in seinem Novalis-Buch eine Aktualisierung des Novalis'schen Denkens angesprochen, die den in meinem Text intendierten Zugängen sehr nahe kommt: *Wenn eine ahistorische Vision hier erlaubt sei, dann scheint sehr wahrscheinlich, daß Novalis etwa die Transformation von Naturabläufen in Computersimulationen, die Abbildung logischer Kalküle in Computergraphiken, die Umsetzung der Lösungswege nichtlinearer Gleichungen in von Rech[n]ern entworfene Musik und dergleichen eben als Versuche der Entschlüsselung der Geheimschrift in allen Dingen begeistert wahrnehmen würde.* (Reinhard Leusing: *Die Stimme als Erkenntnisform – zu Novalis' Roman »Die Lehrlinge zu Sais«*, Stuttgart 1993, S. 161).