

## Bifurcation – für drei Ballastsaiten

Komposition und Aufführung von Limpe Fuchs und Jutta Köhler  
für materialausgabe 2005 der echtzeithalle e.V.

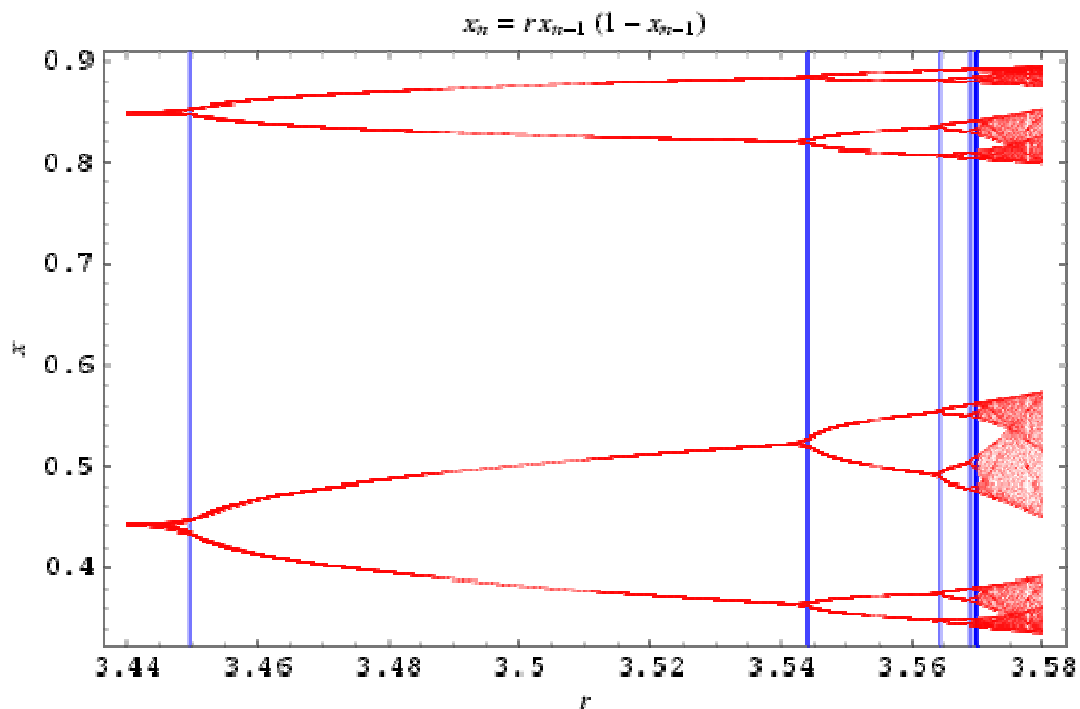
Das Stück wurde im Winter 2004/5 von Limpe Fuchs [1] und Jutta Köhler [2] komponiert. Die Uraufführung findet statt in der materialausgabe 2005, die vom Verein echtzeithalle e.V. [3] im April 2005 in München, Luisenstraße 37a, veranstaltet wird.

Die Kompositionsidee beinhaltet die Umsetzung des aus der Physik bekannten Begriffes Bifurkation in eine musikalische Interpretation mit einer Gesamtdauer von ca. 10 Minuten.

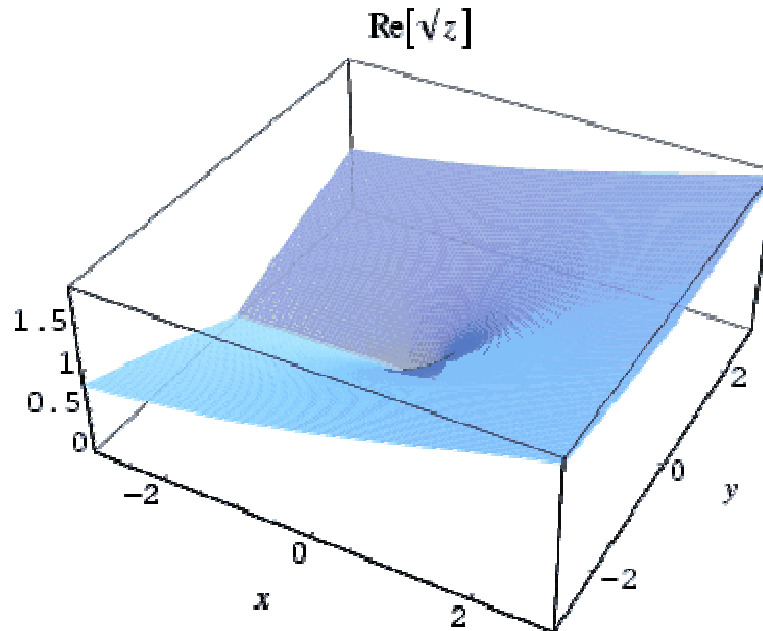
Eine generelle mathematische Definition der Bifurkation findet man im internet [4], hier eine leicht modifizierte Kopie der web-Seite:

---

In a dynamical system, a bifurcation is a period doubling, quadrupling, etc., that accompanies the onset of [chaos](#). It represents the sudden appearance of a qualitatively different solution for a nonlinear system as some parameter is varied. The illustration above shows bifurcations (occurring at the location of the blue lines) of the [logistic map](#) as the parameter  $r$  is varied. Bifurcations come in four basic varieties: [flip bifurcation](#), [fold bifurcation](#), [pitchfork bifurcation](#), and [transcritical bifurcation](#) (Rasband 1990). Abb. 1:



More generally, a bifurcation is a separation of a structure into two **branches** or parts. For example, in the plot below, the function  $\Re[\sqrt{z^2}]$ , where  $\Re[z]$  denotes the **real part**, exhibits a bifurcation along the negative real axis  $x = \Re[z] < 0$  and  $y = \Im[z] = 0$ .  
Abb. 2:



Related subjects:

Branch, Codimension, Feigenbaum Constant, Feigenbaum Function, Flip Bifurcation, Hopf Bifurcation, Logistic Map, Period Doubling, Pitchfork Bifurcation, Tangent Bifurcation, Transcritical Bifurcation.

References:

Guckenheimer, J. and Holmes, P. "Local Bifurcations." Ch. 3 in *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields, 2nd pr., rev. corr.* New York: Springer-Verlag, pp. 117-165, 1983.

Lichtenberg, A. J. and Lieberman, M. A. "Bifurcation Phenomena and Transition to Chaos in Dissipative Systems." Ch. 7 in *Regular and Chaotic Dynamics, 2nd ed.* New York: Springer-Verlag, pp. 457-569, 1992.

Rasband, S. N. "Asymptotic Sets and Bifurcations." §2.4 in *Chaotic Dynamics of Nonlinear Systems.* New York: Wiley, pp. 25-31, 1990.



Weisstein, E. W. "Books about Chaos."  
<http://www.ericweisstein.com/encyclopedias/books/Chaos.html>.

Wiggins, S. "Local Bifurcations." Ch. 3 in *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos.* New York: Springer-Verlag, pp. 253-419, 1990.

Wie die Schlüsselwörter dieser web-Seite bereits andeuten, gibt es diverse Bifurkations-Unterordnungen, von denen wir hier nur einige auflisten möchten:

Fold bifurcation [4 und 5]  $\dot{x} = \mu - x^2$

Flip bifurcation [4]  $\dot{x} = \mu - x^2$

Transcritical bifurcation [4 und 5]  $\dot{x} = \mu x - x^2$

Pitchfork bifurcation [4 und 5]  $\dot{x} = \mu x - x^3$

Für uns bedeutet das, dass es ähnliche Erscheinungen sind, die mehr oder weniger aus dem Basismotiv "eine Konstante, die dann aufspaltet in zwei Zweige" gebildet werden.

Außerdem gibt es die mathematische Definition einer „Dimension“ eines Objektes:

“The dimension of an object is a topological measure of the size of its covering properties, roughly the number of coordinates needed to specify a point on the object.” [4].

Über diese topologische Dimension hinaus wurde von Hausdorff die „Capacity Dimension“ definiert, sie ist eine fraktale Dimension:

“The capacity dimension is a dimension, in which non integral values are permitted. Objects, whose capacity dimension is different from their topological dimension are called fractals. It is the exponent  $D$  in the expression  $n(\varepsilon) = \varepsilon^{-D}$ , where  $n(\varepsilon)$  is the minimum number of open sets of diameter  $\varepsilon$  needed to cover the set.” [4].

Dies bedeutet, dass die verborgenen Dimensionen eines topologischen Objektes sehr umfangreich sein können und komplexe, chaotische Formen annehmen können, in denen das Element der Bifurkation auftreten kann. Wichtig ist der Ausdruck „dynamical system“, es handelt sich also um einen energetischen Prozess. Friedrich Cramer gibt als Beispiele die elektrische Energie des Blitzes die zur Entladung strebt oder das Wachstum eines Baumes – im Zeitvergleich 1 Milliarde langsamer – und ebenso der Ausdruck „sudden appearance“. Bifurkationen sind lebendige Vorgänge, nicht umkehrbar und unvorhersehbar [6].

Fasziniert von diesen mathematisch formulierten Phänomenen der Bifurkation und der fraktalen Dimension haben wir unser „Basis-Bifurkations-Motiv“, für drei Ballastsaiten musikalisch definiert.

Es folgt eine kurze Beschreibung des Musikinstruments „Ballastsaite“.

Die Ballastsaite ist ein Musikinstrument bestehend aus einer in 3 m Höhe an zwei Punkten aufgehängten Metall-Trommel mit einem Paukenfell (ca. 70 cm Ø) und einer Metallsaite (1 mm), die in ihrer Mitte befestigt ist, an der wiederum ein ca. 9 kg schwerer Metallstab frei schwebend hängt. Für Ton B hat das Gewicht eine Länge von 1.62 m, für Ton H 1.59 m. Die aufgehängte Trommel und das Gewicht bilden ein Doppelpendel. Das Zupfen der Metallsaite mit den Fingern, oder das Anschlagen des Metallstabes mit einem weichen Gongschlegel, mit hölzernen Trommelstäben oder Stäben aus Metall erzeugt lang schwingende Klänge. Außerdem kann der

schwingende gebogene Metallstab einen am Boden liegenden Bergkristall anschlagen und dadurch die Klangdauer verlängert werden [7]. Limpe Fuchs arbeitet mit ihren selbstgebauten Ballastsaiten zum Thema Klanglandschaften seit den 60er Jahren [8].

Ballastsaiten erzeugen komplexe Klänge vor allem durch ihre Obertonschwingungen (capacity dimension), die nur annähernd den temperierten Klängen des Pianos zugeordnet werden können.

Als traditionelle Kompositionstechnik, die der Bifurkation verwandt ist, könnte die Fuge herangezogen werden, die sich, auch wenn sie instrumental ausgeführt wird, an den 4 Gesangsstimmungen – Sopran, Alt, Tenor, Bass - orientiert. Das Thema wird vorgestellt, eine Stimme, dann folgt das Thema in der 2. Stimme, die die erste begleitet (Bifurkation). Dann folgt der Einsatz der 3. Stimme, wenn die 4. Stimme einsetzt entsteht eine doppelte Bifurkation [9].

Als zeitgenössische Komposition zu dem Thema sei verwiesen auf das Stück „intermittance“ von Jörg Schäffer [10].

In unserer „geplanten Improvisation“, bzw. Spielanweisung wird der Zeitparameter nicht definiert, (wie in den o.g. Gleichungen) sondern die Bifurkationen entstehen im Augenblick, definiert durch den Musiker/in.

#### Teil 1 (Limpe)

		Ballastsaite H
	Ballastsaite H	
		Ballastsaite H
Ballastsaite H		
		Ballastsaite B
	Ballastsaite B	
		Ballastsaite B

#### Text (Jutta)

Bifurcations

Arise from sudden events

Making two out of one

Four out of two

Eight from four -

Creating fractal dimensions

Finally ending in chaos...

#### Teil 2 (Limpe)

In diesem Abschnitt des Stückes wird das Eskalieren der Bifurkation in höhere Fraktale Dimensionen dargestellt. Der gerade Metallstab (Gewicht B) wird durch einen gebogenen Metallstab (Gewicht H) ersetzt und der Bergkristall in Position gebracht. Durch ähnliche Stimmung aber unterschiedliche Krümmung entstehen noch mehr Obertonreihen, aber gleichzeitig auch Schwebungen. Eine Entwicklung in Richtung Chaos wird hörbar.

		Ballast ger. H
	Ballastsaite ger. H	Ballast. ger. H
	Ballastsaite ger. H	Ballast ger. H
	Ballastsaite geb. H	Ballast ger. H
Ballastsaite gerade H		Ballast. geb. H
	Ballastsaite ger. H	Ballast geb. H
	Ballastsaite geb. H	Ballast geb. H
	Ballastsaite geb. H	Ballast geb. H
		Ballast geb. H

Am Ende des Stückes werden die zahlreichen Obertöne und ihre Schwebungen durch eine dann einsetzende Stimme begleitet.

#### References:

- [1] Limpe Fuchs, Peterskirchen 2005, <http://www.limpefuchs.de>
- [2] Jutta Köhler, München 2005, <http://www.wave-art.de> und Montagsgespräche 44./80./114./138. und 144. der echtzeithalle e.V. München
- [3] echtzeithalle e.v.; München, Luisenstraße 37a, <http://www.echtzeithalle.de>
- [4] Eric W. Weisstein. "Bifurcation." From [MathWorld](http://mathworld.wolfram.com/Bifurcation.html)--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/Bifurcation.html> [internet, Januar 2005]
- [5] John Guckenheimer, Philip Holmes „Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields“, Applied Mathematical Sciences 42, Springer Verlag New York Berlin Heidelberg 2002, corrected seventh printing, ISBN 0-387-90819-6
- [6] Friedrich Cramer „Der Zeitbaum – Grundlagen einer allgemeinen Zeittheorie“, Insel Taschenbuch, 1996, S. 86ff.
- [7] Wolfgang Neumann, Gauting bei München, 1973, Treppenhausinstallation
- [8] 182. Montagsgespräch, 7. März 2005, 20 Uhr, Limpe Fuchs: „1969 -2005 beobachten kämpfen provozieren wahrnehmen spielen. bild- und tondokumente zur experimentellen musikausübung“
- [9] z.B. Johann Sebastian Bach, Die 4 stimmigen Fugen aus dem Wohltemperierten Klavier, G. Henle Verlag, München – Duisburg, 1956
- [10] Jörg Schäffer, „intermittance, – Vertonung des Feigenbaum Szenarios der logistischen Gleichung“, Mathematik in der Modernen Welt, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik, 2001