

Philipp Fischer

Fraktale als Ideengeber für Kreativität

2003

<https://doi.org/10.25969/mediarep/22869>

Veröffentlichungsversion / published version

Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Fischer, Philipp: Fraktale als Ideengeber für Kreativität. In: *Medienobservationen*, Jg. 7 (2003). DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/22869>.

Erstmalig hier erschienen / Initial publication here:

<https://www.medienobservationen.de/2003/fischer-fraktale-als-ideengeber-fuer-kreativitaet/>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Terms of use:

This document is made available under a creative commons - Attribution - Share Alike 4.0 License. For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



Fraktale / Fraktale Musik / Musikbeispiele / Chaostheorie / kreativer Computer / Kompositionstechniken / Zoomanimationen / Mathematik und Medien / fraktale Landschaften / fraktaler Bach

Philipp Fischer

Fraktale als Ideengeber für Kreativität

Eine Einführung mit Beispielen

Abstract: Mit der Chaostheorie und Fraktalen haben sich vollkommen neue Sichtweisen auf das Verständnis unseres Universums ergeben. Es wird möglich, die komplizierten Vorgänge und auch die Schönheit der Natur darzustellen und sogar menschliche Kreativität in vielen Medienbereichen zu simulieren. Fraktale Musik ist ein neues Gebiet der modernen Musik, das diese Eigenschaften mit den musischen Aspekten verbindet. Da einführende Veröffentlichungen (auch im Netz) eher Mangelware sind, soll hier ein verständlicher Überblick über die Grundlagen der Chaostheorie gegeben werden ([Punkt 1](#)) und dann anhand konkreter Beispiele eine Verbindung zur Musik gezogen werden ([Punkt 2](#)).

1. Chaostheorie und Fraktale

1.1. deterministisches Chaos und dynamische Systeme

Die Chaostheorie ist ein relativ junges Feld in der Mathematik und Physik. Sie kam erst vor ungefähr 20 Jahren auf. Obwohl sich jeder unter dem Begriff Chaos etwas vorstellen kann (vielleicht sogar sehr persönliche Erfahrungen damit hat), ist die Bedeutung hier etwas differenzierter. Systeme werden als chaotisch bezeichnet, wenn die wirkenden Gesetze und Kräfte bekannt sind, das dynamische System (ist in Aktion) aber dennoch unvorhersagbar bleibt.

Ein gutes Beispiel ist das Wetter. Wir wissen heutzutage relativ gut, was für Prozesse in der Atmosphäre ablaufen (Gesetzmäßigkeiten) und können auch die momentane Wettersituation gut bestimmen (Anfangsbedingung), aber wir können trotzdem keine verlässliche Vorhersage über längere Zeit machen. Hingegen ist zum Beispiel ein Vorhersagen von Ebbe und Flut über Jahrzehnte möglich.

Solche dynamischen Systeme haben also das Merkmal, daß die kleinste Veränderung in den Ausgangsbedingungen unverhersagbare Veränderungen im Ablauf verursacht. Die Physik ging früher davon aus, und das ist auch heute noch die allgemeine Auffassung, man müsste nur mit sehr genaue Werten rechnen, um etwas vorhersagen zu können. Wie jeder aus dem Alltag weiß, läuft aber vieles nicht so, wie es berechnet wurde (Sprichwort: Du

machst Physik, wenn nichts klappt). Eine schon fast philosophische Aussage der Chaostheorie ist, daß bestimmte Vorgänge sich jeglicher Berechnung entziehen und es nicht nur eine Frage der Genauigkeit ist, ihr weiteres Verhalten vorherzuberechnen. Das liegt darin begründet, daß es unmöglich ist, die Ausgangsbedingungen unendlich genau zu bestimmen (also so, wie sie wirklich sind). Chaotische Systeme reagieren aber auf diese kleinsten Veränderungen. Der Begriff deterministisches Chaos als paradoxe Kombination aus festgelegt, bestimmt (deterministisch) und unvorhersagbar, unkontrolliert (Chaos) drückt genau das aus.

Wenn Sie zu Hause einen alten Wasserhahn haben, der "gut tropft" (neue Wasserhähne tropfen nur mit sehr viel Einstellmühe), können Sie ein kleines Experiment machen (achten Sie darauf, das Sie niemand beim Anstarren des tropfenden Wasserhahns erwischt): Drehen Sie den Hahn ein bißchen auf, so daß er langsam tropft. Es entsteht ein regelmäßiges Tropfen. Geben Sie nun etwas mehr Wasser, die Frequenz wird höher. Wenn Sie nun langsam immer mehr aufdrehen, kommt irgendwann ein Punkt an dem der regelmäßige Rhythmus ganz plötzlich in ein unkoordiniertes Tropfen und Fließen ohne jedes System umschlägt. Also Chaos. Selbst die besten und schnellsten Computer, gefüttert mit den laserabgemessenen Maßen Ihres Wasserhahns, könnten die Art dieses Tropfen nicht vorherberechnen.

1.2. Fraktale an Beispielen

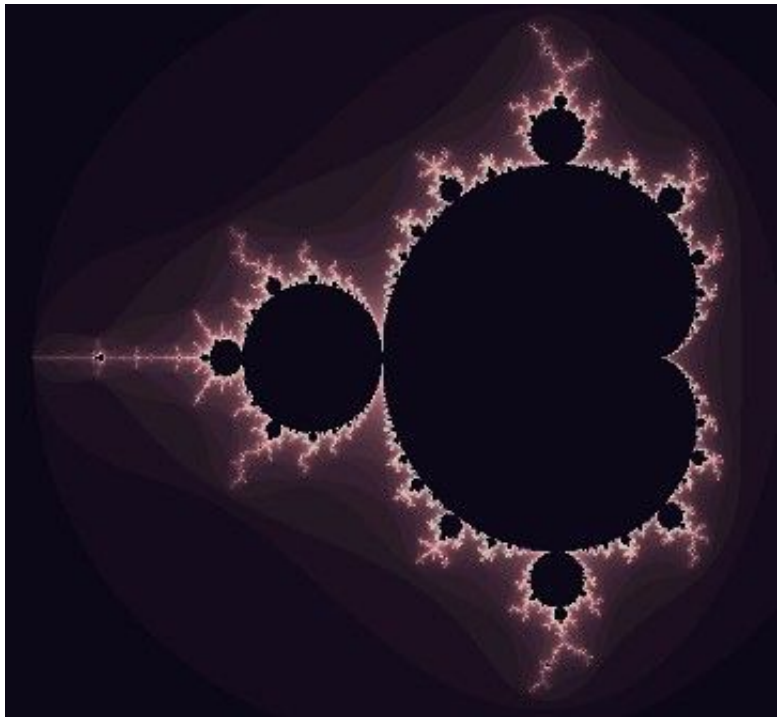
Fraktale sind nun die "Geometrie des Chaos", wobei unter Chaos immer noch ein solches deterministisches Chaos zu verstehen ist, wie es eben beschrieben wurde. Die Formeln, die diese Fraktale produzieren, verhalten sich auch chaotisch. Für bestimmte Anfangswerte springen die Algorithmuswerte chaotisch hin und her, wie bei der Tropffrequenz Ihres Wasserhahns.

Ein Beispiel: Wir nehmen eine einfache rekursive Formel, wo das Ergebnis immer wieder in die Formel eingesetzt wird:

$$a_{n+1} = a_n^2 + c$$

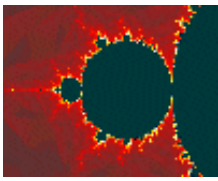
Nehmen wir an, diese Formel macht eine Aussage über das Tropfen Ihres Wasserhahns (nur eine Annahme), nämlich ob dieses chaotisch ist oder nicht. Der Parameter c steht dabei für die Einstellung des Wasserhahns. Für unterschiedliche Werte c wird nun durchprobiert, wie sich die Formel verhält (wie der Wasserhahn tropft). Alle die c 's, bei denen die Formelergebnisse nicht gegen unendlich streben, werden als Punkt im Koordinatensystem geplottet. (z.B.: $c = -1,9$)

Wenn Sie das ganze mathematische Drumherum vergessen, können Sie sich auch an dem Ergebnis, genannt Mandelbrotmenge (nach dem Entdecker Benoit Mandelbrot) oder auch



liebevoll Apfelmännchen, erfreuen (siehe rechts, das Schwarze ist die Menge aller nicht gegen unendlich strebenden c's, die farblichen Abstufungen entstehen ebenfalls durch Berechnung).

1.3. Eigenschaften von Fraktalen



Viele Fraktale sind selbst-ähnlich. Das heißt, man sieht eine kleine Kopie des Originals, wenn man in das Fraktal hineinzoomt (siehe Matruschkas). Dazu links eine kleine Animation, wo in die Mandelbrotmenge hineingezoomt wird. Überall kann man die Form des Apfelmännchens wiederfinden.

Zum zweiten sind Fraktale sehr ästhetisch. Ich glaube, daß noch kein anderes mathematisches Thema so viel Öffentlichkeit angezogen hat, weil viele diese bunten Bildchen mit Fraktalen schon mal gesehen haben und sie schön finden. Was sieht in der Mathematik sonst noch schön aus?

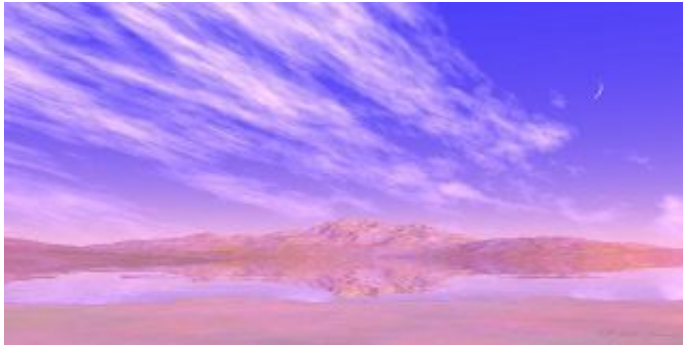
Vielleicht ein Paar Beispiele von Fraktalen. Jedes dieser Fraktale wurde von einem trockenen Algorithmus produziert :

<p>Dieses Fraktal heißt Barnsley 3. Sieht der Ausschnitt nicht ein bißchen wie eine Welle aus?</p>	<p>Ein Fraktal mit dem Namen Plasma wurde hier auf eine Kugel übertragen, die nun wie ein Planet aussieht.</p>	<p>Hier haben wir einen Ausschnitt der Julia-Menge in Schwarzweiß.</p>
<p>Die Ähnlichkeit zu den Zeichnungen von M.C.Escher brachten diesem Fraktal den Namen Escher-Julia ein.</p>	<p>Das Fraktal Heißt Barnsley-Julia 2.</p>	<p>Mit einer Rechenzeit von 5 min dauerte dieses Chip-Fraktal am längsten.</p>

Fraktale sind auch interessant, da sie eine bisher unerforschte starke Verbindung zur realen Welt haben. Viele Sachen in der Natursind Fraktale (natürlich keine langweilig perfekten). Man betrachte nur einen Blumenkohl. Die kleinen Röschen sehen genauso aus, wie der gesamte Blumenkohl in bis zu vier Verkleinerungsstufen. Bäume, Farne,



menschlichen Nieren sind auch Fraktale. Noch überraschender ist aber, daß mit einem mathematischen Algorithmus solche Naturbilder simuliert werden können. Der Baum, der Farn und die fraktalen Landschaften sind vom Computer generiert und sehen doch der Realität sehr ähnlich.



Blessed State (1988)

Diese Bilder sind von [Ken Musgrave](#) mit einem auf Fraktalen basierendem Computerprogramm erstellt worden. (Auf das Bild klicken, um es zu vergrößern)



Zabriskie Point (1990)

Aufgrund der Eigenschaften von Fraktalen und der besonderen Verbindung zur realen Welt ist die Idee, diese mathematischen Bilder mit Kunst zu verbinden, naheliegend. Ein neues Feld der modernen Musik ist die Fraktale Musik. Sie stellt die Verbindung zwischen den Bildern und der Musik her.

2. Fraktale Musik




2.1. Fraktale Variation eines Musikstücks

Diese erste Möglichkeit, Musik mit Fraktalen zu verbinden, wurde von der amerikanischen Konzertpianistin [Diana Dabby](#), damals Student am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entworfen. Ausgangspunkt war der Lorenzattraktor, der mit unterschiedlichen Parameterwerten ein anderes Aussehen hatte.

Wie sah das nun praktisch aus? Da sich der Lorenz-Attraktor in einem Koordinatensystem befindet, besitzt jeder Punkt logischerweise auch eine x-Koordinate. Nun wird einfach die Tönhöhe der einzelnen Noten eines Musikstücks zu einem speziellen Bereich von x-Werten zugeordnet. Die Punkte des Lorenz-Attraktors korrespondieren nun mit den Tonhöhen. Wenn nun der Attraktor geringfügig durch andere Ausgangsparameter abgeändert wird, verändern sich auch die korrespondierenden Tonhöhen.

Dabby wählte als Musikstück das Präludium in C des Wohltemperierten Klaviers 1 von Bach. Die Variationen klingen erstaunlicherweise nicht zufällig, sondern scheinen

"musikalisch gedacht" zu sein. Das ist natürlich ungewöhnlich, weil sie nur durch die Variation eines mathematischen Gebildes gewonnen wurden. Hier sieht man wieder die erstaunliche Verbindung zu realen Welt.

Original: Präludium in C von Johann Sebastian Bach (Auszug)	 MP3-Format 65,4 KB 22 sec. 24 kbps, 16 khz
Variation 1: leichte Veränderungen	 MP3-Format 65,3 KB 22 sec. 24 kbps, 16 khz
Variation 2: stärkere Veränderungen	 MP3-Format 65,4 KB 22 sec. 24 kbps, 16 khz
MP3-Player Winamp hier	



2.2. Fraktal-produzierte Musik

Wenn man diese Art der fraktalen Musik hört, dann kann es für einen Laien schon relativ schwierig sein, ihr etwas abzugewinnen. Allerdings ist dies bei moderner klassischer Musik ähnlich. In der Tat erscheint fraktale Musik vielen genauso innovativ wie andere moderne Musik. Natürlich liegt hier nicht der Schwerpunkt auf Harmonien, sondern auf Effekten. Die Übergänge zur fraktalen Musik als Ausgang für Eigene Kompositionen ([Punkt 2.3.](#)) sind fließend, weil es immer darauf ankommt, inwieweit ein Mensch dem Algorithmus freie Hand läßt, oder die Ergebnisse mehr mit seiner eigenen Intention kombiniert.

Auch diese fraktale Musik kann so entstehen, daß einem x-Bereich ein bestimmter Ton zugeordnet ist. Wenn nun die Punkte eines Fraktals nacheinander geplottet werden, wird je nachdem, in welchem x-Abschnitt der Punkt erscheint, der entsprechende Ton erklingen.

Man kann natürlich auch die y-Achse mit Tonabschnitten versehen, außerdem kann durch die Anordnung der Töne Einfluß auf das Resultat genommen werden. Es gibt auch noch andere Möglichkeiten, fraktale Musik zu produzieren, diese soll hier aber genügen.

Hier ein paar Beispiele von Martin Gürtner. Resultierend aus der Kompositionsart sind sie relativ abstrakt.

Structure 1	 MP3-Format 72,6 KB 25 sec. 24 kbps, 16 khz
Structure 2	 MP3-Format 63,1 KB 22 sec. 24 kbps, 16 khz

[MP3-Player Winamp hier](#)

2.3. Fraktale Musik als Ausgang für eigene Kompositionen

Diese Art ist wohl die kreativste, weil der Komponist fraktale Melodien (entstanden wie in 2.2) zu seinen eigenen Ideen verarbeitet. Das Schlagwort "der Computer als Komponist" ist hier sicher fehl am Platze, da es viel schwerer ist, eine gegebene Melodie zu untermalen, und ein den eigenen Vorstellungen entsprechendes Ergebnis zu schaffen, als wenn man sich eine eigene Melodie vorgeben würde. Bei dem Kompositionsprozeß merkt man, daß sich fraktale Melodien besonders eignen, da sie sehr frei sind, kaum Konventionen der herkömmlichen Harmonievorstellung folgen, und damit zu innovativen Akkordverbindungen anregen, was auch gleichzeitig die Schwierigkeit ist. Denn eine starre Harmonik wird an der Dynamik der fraktalen Melodie brechen.

Um dies zu untermalen, habe ich eine kurzes zweitaktiges Motiv von etwas jazzigen, unkonventionellen Akkorden gesetzt. Das Motiv kann natürlich nicht im kadenziellen Stil sein kann, denn die fraktale Musik läßt sich, wie gesagt, nicht so leicht in eine bestimmte Tonalität pressen. Über diese freie Akkordfolge läuft nun die fraktale Melodie, während das Motiv aus Akkorden immer wiederholt wird, und durch die verschiedensten Tasteninstrumente geht. Im Zeitalter des Rhythmus muß schon noch ein bißchen Schlagzeug drunter, so daß es etwas mehr nach Pop klingt. Dieses Schema der fraktalen Melodie über gleichbleibender Harmonik wird mit zwei unterschiedlichen Akkordfolgen ausgeführt.

<p>Akkordmotiv A: Das ist die erste Akkordfolge, sehr schnell und jazzig angelegt.</p>	MP3-Format 15,3 KB 5 sec. 24 kbps, 16 khz
<p>Akkordmotiv B: Die zweite Folge ist eher ruhiger angelegt und doppelt so lang.</p>	MP3-Format 28,2 KB 9 sec. 24 kbps, 16 khz
<p>Fraktale Melodie: Sie taucht die ganze Zeit im Stück auf und wird von einem Synthesizer-Baß gespielt.</p>	MP3-Format 17,9 KB 6 sec. 24 kbps, 16 khz
<p>Musikbeispiel: Beim Aneinanderhängen der Samples entsteht dieses Beispiel. Verfolgen Sie den Verlauf anhand der Hörpartitur:</p>	MP3-Format 298 KB 1 min 41 sec. 24 kbps, 16 khz

Hörpartitur Ereignis	Instrument	Zeit
Zuerst wird das <i>Akkordmotiv A</i>		


vorgestellt, indem es allein gespielt wird.	Fender-Rhodes E-Piano Hammond Orgel dazu	00:00 00:03
Nun kommt die <i>fraktale Melodie</i> dazu.	Synthesizer-Baß 1	00:10
Sie läuft immer über dem <i>Akkordmotiv A</i> , das von immer mehr Instrumenten ausgeführt wird.	Honkey-Tonk Piano dazu Konzertflügel dazu Streicherensemble dazu Brass + Lead dazu	00:13 00:16 00:20 00:24
Zwischenspiel mit dem <i>Akkordmotiv A</i> und einer Legato-Linie darüber (ohne <i>fraktale Melodie</i>).	Honkey-Tonk Piano Fender-Rhodes E-Piano	00:27
Zum letzten Mal erklingt die <i>fraktale Melodie</i> mit dem <i>Akkordmotiv A</i> .	Tutti mit Schlagzeug	00:30
2. Teil: Das <i>Akkordmotiv B</i> wird vorgestellt. Dabei wird eine freie Melodie gespielt.	Fender-Rhodes E-Piano Hammond Orgel	00:34
Die <i>fraktale Melodie</i> kommt dazu, allerdings im halben Tempo.	Synthesizer-Baß 1	00:40
Sie läuft immer über dem <i>Akkordmotiv B</i> (teilweise rhythmisch variiert) das von immer mehr Instrumenten ausgeführt wird.	Hammond Orgel dazu Honkey-Tonk Piano dazu Konzertflügel dazu Streicherensemble dazu Brass + Lead dazu Schlagzeug dazu	00:48 00:54 01:01 01:08 01:15 01:21
Der Schluß des <i>Akkordmotivs B</i> wird erweitert. Das Stück endet mit einem Aufgang in der <i>fraktale Melodie</i> .	Synthesizer-Baß 1 Hammond Orgel Honkey-Tonk Piano Konzertflügel Schlagzeug	01:29

[MP3-Player Winamp hier](#)

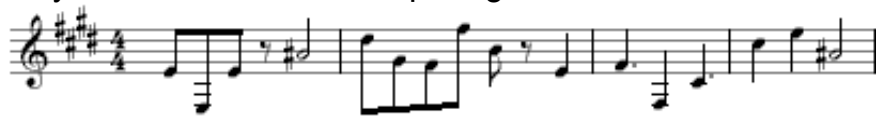
Als zweites Beispiel möchte ich einmal den Kompositionsprozess einer noch weiter vom eigentlichen fraktalen Grundmaterial entfernten Komposition darstellen.


<p><u>Fraktale Melodie:</u> Als erstes habe ich mir eine kurze fraktale Melodie mit dem Programm "The Well-Tempered Fractal" erstellt. Diese klingt erst mal nicht besonders verlockend.</p> 	 <p>MP3-Format 6,87 KB 2 sec. 24 kbps, 16 khz</p>
<p><u>Skript:</u></p>	

Nun habe ich die Melodie durch Änderung des Rhythmus unterteilt, und mir so bestimmte Abschnitte ausgesucht, die eine Harmonische Gruppe bilden könnten (meine Interpretation, das Fraktal sagt dies nicht aus). Das Ergebnis ist eine Art Skript.


 MP3-Format
38,3 KB
13 sec.
24 kbps, 16 khz

Neuer Rhythmus:
Im nächsten Schritt habe ich die fraktale Melodie noch einmal im Rhythmus geändert, um sie besser untermalen zu können. Der Rhythmus ist aber am Skript angelehnt.



 MP3-Format
24,4 KB
8 sec.
24 kbps, 16 khz

Musikbeispiel:
Jetzt beginnt die eigentliche Kompositionsarbeit. Es gilt Gegenstimmen zu finden, eine Baßlinie, kurz das Stück interessant zu machen. Im Mittelpunkt muß immer die kurze Fraktale Melodie stehen. Die Anlage ist so, daß immer mehr Stimmen hinzutreten mit unterschiedlichen Funktionen (Chromatische Untermalung, Harmonisierung, Baß, Schlagzeug) hinzutreten. Die Fraktale Melodie wird nach einer kurzen Einleitung immer von der Harfe dazu gespielt.

 MP3-Format
208 KB
53 sec.
32 kbps, 22 khz

Hörpartitur Ereignis	Zeit
Einleitung. Die Hammond-Orgel spielt eine Harmoniefolge als 1. Harmonisierende Stimme.	00:00
Das Schlagzeug kommt dazu.	00:07
Ab jetzt wird durchgehend die <i>Fraktale Melodie</i> in der Harfe gespielt. Eine 2. Harmonisierende Stimme dazu, ebenfalls von der Hammond-Orgel gespielt	00:15
Die Grundtonstimm als Baß mit langen Grundtönen kommt dazu	00:23
Nun setzt die zentrale Baßlinie ein und die 1.Chromatische Stimme erklingt. Die <i>Fraktale Melodie</i> bleibt aber immer durch die Harfe als Melodie bestehen	00:32
Während sich das Akkordthema zum letzten Mal wiederholt, findet eine Steigerung durch Triolen in den Grundtonstimmen statt	00:40
Mit dem Aufgang, der in den Schlußakkord mündet, endet das Stück	00:46

[MP3-Player Winamp hier](#)

Im letzten Beispiel sieht man, daß die eigentliche fraktale Musik nur als Anregung dient. Sie ist Ideengeber. Ich glaube, daß eine fraktale Musik an sich zwar erstaunlich komplex ist, aber von dem kreativen Schaffensprozeß eines Menschen noch entfernt ist. Aber sie kann interessante Anstöße für eigene Kompositionen geben. Die Musik aus dem Algorithmus erhebt für sich keinen Anspruch auf Kunst, die Frage ist aber, was *wir* in dieser Musik sehen und sehen können.

Ausführlichere Angaben zum Thema über Post und e-mail beim Verfasser: Philipp Fischer, Hegerstr. 1, 01187 Dresden, philipp.fischer@gmx.de

Sämtliche Beiträge dürfen ohne Einwilligung der Autoren ausschließlich zu privaten Zwecken genutzt werden. Alle Rechte vorbehalten.
© Medienobservationen 1999.