

2.3 Irreversible Nichtlineare Dynamiken

2.3.1 Zufall

Mit dem Begriff Zufall ist nachfolgend immer der moderate Zufall gemeint, der in etwa gleichbedeutend ist mit dem umgangssprachlichen Chaosbegriff, Unbestimmtheit, Unordnung und Indeterminismus. Dieser darf jedoch nicht mit dem physikalischen Chaosbegriff verwechselt werden, dem Deterministischen Chaos. Neben den trivialen Erklärungen der Unvorhersagbarkeit, der Ignoranz und der Nichtwahrnehmung sind die Quantenmechanik, die Komplexität oder das Deterministische Chaos nicht-triviale Erklärungen für den Zufall.^[1] Sind weder die Anfangsbedingungen noch die Gleichungen bekannt, so erscheint dem Beobachter das Verhalten als zufällig. Erscheint uns etwas als zufällig, so ist dies abhängig vom Beobachter des Systems, dem Informationsstand sowie dem Interface zum Betrachtungsobjekt, mit dem er interagiert. Die Begriff der Relativität ist deshalb für das Verständnis des Wechselspiels zwischen Chaos und dynamischer Ordnung von großer Bedeutung (siehe auch Kapitel 2.2.3 und Kapitel 3.4).

Der Zufall wird immer da vermutet, wo man die Ursachen von Ereignissen nicht kennt. Letztendlich tritt hierbei das Problem auf, daß wir nie ganz sicher sein können, ob es nicht doch eine verborgene Regel hinter dem

zufällig erscheinenden Systemverhalten verbirgt, die wir bisher nur noch nicht wahrgenommen haben. Man kann sich deshalb nie sicher sein, ob eine Zahlensequenz Zufall ist, da irgend jemand einen neuen Test erfinden könnte, der das Gegenteil beweist. Und auch hier grüßt uns Kollege Gödel, denn die Zufälligkeit einer n-stelligen Binärfolge läßt sich nur innerhalb eines formalen Systems beweisen, dessen Komplexität größer ist als die der Binärfolge.

Wie Heinz von Foerster es darstellt, entsteht Zufall aus unserer Unfähigkeit, unfehlbare Induktionen zu machen.^{2/} Zufall ist ein subjektives Phänomen und hängt von unserer Beobachtung sowie unserer Wahrnehmungsfähigkeit (Mustererkennung und Codierung) ab. Die Zufälligkeit findet sich ganz natürlich im Besonderen.^{3/} In den Naturwissenschaften wurde die Verwendung des Wortes Zufall vermieden. Nach Einstein war es stets undenkbar, daß der Zufall zur fundamentalen Struktur des Universums gehörte, weshalb er ihn für die Physik ausschloß: in dieser dominiert die Unbestimmtheit, die Unschärfe und der Indeterminismus. Der Terminus Zufall wurde jedoch bereits zuvor durch die Mathematik und die Informationstheorie in die Naturwissenschaften hineingetragen. So war es Laplace, der die Gesetze von Zufallsspielen entdeckte. Dem Mathematiker Poincaré zufolge, gibt es drei Situationen, wo man von Zufall sprechen kann:^{4/}

a) Kleine Ursachen haben große Folgen: Meteorologie, Glücksspiele

b) Große Ursachen haben kleine Folgen: Durchmischung von Gasen, Wärmeausgleich

c) Die Ursachen sind komplex: Kollisionsereignisse in einem Gas, Sozialsysteme

Wenn im Kontext der Naturwissenschaften von Zufall die Rede ist, ist somit der moderate Zufall der schwachen Kausalität gemeint, bei dem die Anfangsbedingungen nicht hinreichend genau angegeben werden können. Das Deterministische Chaos ist zwar unbestimmt und in Grenzen frei, jedoch nicht absolut zufällig. Eher tritt eine makroskopische Wirkungs-Unschärfe beim Chaos auf, und zwar dadurch, daß wir bei dessen Auftreten nicht wissen können, ob dieses durch die Veränderung in der Systemumwelt oder durch die Veränderung im System selbst bedingt ist.^{5/} Viele Zahlenfolgen, die strukturell komplex sind, sind nicht absolut zufällig im Sinne von akausal oder indeterministisch, sondern sie sind moderat zufällig erzeugt worden. Absoluter Zufall bringt nicht maximale, sondern nur minimale Komplexität hervor.^{6/}

Absoluter Zufall ist ein Grenzfall, der z.B. in Kommunikationsnetzen so gut wie nie auftritt, da dort Ereignisse miteinander gekoppelt sind. Absoluter Zufall würde bedeuten, daß es Ereignisse ohne Ursache gibt, d.h. daß Ereignisse unabhängig von vorangegangenen Ereignissen sind. Absoluter Zufall ist somit der völlige Gegensatz von totalem Determinismus im Laplaceschen Sinne, der für die vollständige Bestimmtheit der Vorgänge steht. Dagegen sind bei chaotischen Verläufen die aufeinander folgenden Ergebnisse von Berechnungen nicht unabhängig voneinander. Im Kontext des Deterministischen Chaos von absolutem Zufall zu sprechen ist somit nicht korrekt.^{7/} **Maxwell** und **Boltzmann** führten mit ihren Arbeiten zur kinetischen Gastheorie die Irreversibilität und den Zufall in die Physik ein.^{8/} Die Quantenmechanik ist heute die bedeutendste Beschreibung von Zufallsprozessen in der modernen Physik (siehe Kapitel 2.2.3).^{9/} Die meisten Phänomene atomarer Unbestimmtheit verschwinden jedoch, wenn das "Gesetz der großen Zahlen" ins Spiel kommt, da sich hierbei die Ereignisse so ausgleichen, daß kleine Fluktuationen ignoriert werden können.^{10/}

Bei Spielen ist hingegen das absolute Zufallsverhalten sehr nützlich, da in einer Wettbewerbssituation die beste Strategie häufig in zufälligem, unvorhersehbarem Verhalten liegt (siehe Kapitel 2.2.2).^{11/} Jedoch kann der freie Wille nicht durch den absoluten Zufall erklärt werden. Der moderate Zufall im Rahmen des Deterministischen Chaos scheint hier einen besseren Erklärungsansatz zu liefern. Auch Peirce unterscheidet zwei Arten von Zufall, den absoluten und den relativen Zufall. Während ersterer sich laut **Peirce** aus der deterministischen Erklärung der Welt ableitet und deshalb von keinem allgemeinen Gesetz oder einem freien Willen bestimmt werden kann, ist ihm zufolge der relative Zufall ein Vorgang, der sich relativ zu den berücksichtigten Ursachen vollzieht und hierbei unwahrscheinliche Ereignisse hervorbringt.^{12/}

Ein Universum, das mehr Zustände einnehmen kann als ein anderes, besitzt auch ein höheres Maß an Unsicherheit.^{13/} Die Unsicherheit H erreicht in einem völlig deterministischen Universum ihr Minimum ($H=0$) und in einem vollkommen ungeordneten Universum ihr Maximum ($H=1$).^{14/} Absoluter Zufall ebenso wie totaler Determinismus sind somit als Grenzfälle von nichtlinearen dynamischen Systemen aufzufassen, wobei diese in der Realität so gut wie nie auftreten. Es ist von unserer Wahrnehmung der Wirklichkeit abhängig, d.h. von unserer Fähigkeit Ordnungsmuster zu erkennen, ob wir ein Ereignis als zufällig oder deterministisch einstufen.

Eine a priori Einstufung von Zufall und Determinismus kann es nicht geben./15/

Chaitins Zufallstheorem, daß der Beweis für die Zufälligkeit einer Zeichenfolge nur in den seltensten Fällen angegeben werden kann und **Gödels** Unvollständigkeitstheorem/16/ führen uns direkt zur Unbeweisbarkeit von Zufallshypothesen und der Unwiderlegbarkeit teleologischer Hypothesen./17/ Trotzdem ist es der Zufall, der Versuch und Irrtum wie auch eine Unterscheidung zwischen objektiv und subjektiv zuläßt. Denn wäre alles determiniert, hätte es keinen Sinn, zwischen objektiv und subjektiv zu unterscheiden. Erst die subjektive Freiheit des Einzelnen kann einen Willen erzeugen und gibt der Welt einen Sinn./18/

Das Problem des Computers ist, daß er, anders wie die Natur, keine spontan zufälligen Ereignisse produzieren kann. Ein arithmetischer Zufallsgenerator verfügt nicht über die Vielfalt des wirklichen Zufalls./19/ Nachfolgende Abbildung zeigt ein Zufallssystem, das durch einen Zufallsgenerator im Computer erzeugt wurde, wobei dieser keine absolut zufälligen Werte erzeugt, sondern nur moderat zufällige Werte, da der Berechnungsmodus durch einen Algorithmus, d. h. eine Simulation vorgegeben ist. Stellt man die erzeugten Werte, wie zuvor beim Beispiel des Determinismus, einander zeitversetzt gegenüber, so offenbaren sich zwar keinerlei geordnete Strukturen oder Muster; wir wissen jedoch, daß der "Zufallsgenerator" unseres Computers diese nach einem deterministischen Verfahren und somit nur einen scheinbaren, simulierten Zufall berechnet. Dies führt mich zur These, daß moderater Zufall eine kognitive Herausforderung ist, bei der es gilt, verborgene Muster und Codierungen zu erkennen. Zur Veranschaulichung von Zufälligkeit soll uns jedoch das nachfolgende Schaubild genügen, da sich durch die hier angewandte zeitversetzte Darstellung, im Gegensatz zu den anderen Beispielen, keine Ordnungsmuster erkennen lassen.

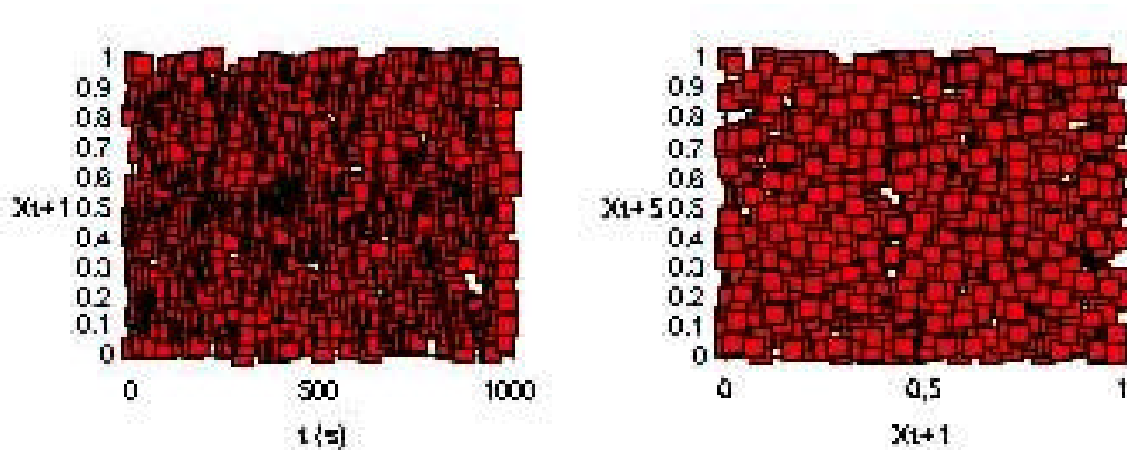


Abb. 2.25: Zufälliges Verhalten eines Systems

- Der Zufall ist die notwendige Bedingung für die Erneuerung bestehender Machstrukturen.

- Zufall und Freiheit bilden ein Gegengewicht zu Determinismus und Notwendigkeit.

- Der Zufall eröffnet uns die Freiheit zwischen subjektiv und objektiv zu unterscheiden.

- Der moderate Zufall ermöglicht Strukturen höchster Komplexität hervorzubringen.

Abb. 2.26: Konsequenzen für Macht und Freiheit

Wissenschaftliche Kontexte: **Auswirkungen auf das Management:**

- Situationen erscheinen dann als zufällig, wenn die Ausgangsbedingungen nicht bekannt sind.

- Managementsituationen erscheinen fälschlicherweise oft als zufällig, wobei dies nur daran liegt, daß die Ausgangsbedingungen nicht bekannt sind.

- Wo besondere und keine allgemeinen Situationen auftreten, findet man den moderaten Zufall.

- Wettbewerbssituationen sind von Besonderheit geprägt. Deshalb ist die beste Strategie unvorhersagbares Verhalten.

- Es ist der moderate Zufall, der uns ermöglicht, zwischen objektiv und subjektiv, zwischen Beobachtung und Teilnahme zu unterscheiden.

- Managementsituationen sind weder absolut zufällig noch völlig determiniert, sondern diese sind durch eine Unschärfe gekennzeichnet.

- Der moderate Zufall unterstützt Prozesse, bei denen es auf die Kreativität ankommt.

- Moderater Zufall ist eine kognitive Herausforderung, bei der es gilt, verborgene Muster und Codierungen zu erkennen.

Abb. 2.27: Konsequenzen für das Endo-Management

[1](#) Vgl. Farmer (Forecasts), 100f.

[2](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 93.

[3](#) Vgl. Kant (Urteilkraft), 359.

[4](#) Vgl. Poincaré (Wissenschaft), 57ff.

[5](#) Vgl. Rössler (Endophysik), 39.

[6](#) Strukturen mit maximaler Komplexität können jedoch durch Selbstorganisation oder dem Deterministischen Chaos hervorgebracht werden.

[7](#) Lediglich bei der Quantenmechanik und beim Boltzmannschen Chaos von Gasen, wo es sich um ununterscheidbare Zusammenstöße handelt, scheint die Verwendung des Wortes absoluter Zufall möglich.

[8](#) Vgl. Davies (Chaos), 33.

[9](#) Vgl. Wiener (Kybernetik), 142.

[10](#) Vgl. Peat (Synchronizität), 48.

[11](#) Vgl. Ruelle (Chaos), 35.

[12](#) Vgl. Peirce (Zeichenprozess), 119ff., 484.

[13](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 142.

[14](#) Vgl. von Foerster (Einsicht), 147.

[15](#) Die algorithmische Definition der Zufälligkeit beruht auf der Beobachtung, daß die in einer zufälligen Reihe von Ziffern enthaltene Information nicht komprimiert werden kann. In der Kolmogorow-Chatin-Formulierung wird eine Folge dann als zufällig bezeichnet, wenn es keinen Algorithmus gibt, der eine Turing-Maschine zur Erzeugung dieser Folge veranlassen könnte und gleichzeitig weniger Daten in Bits besitzt als die Folge selbst. Die Kolmogorowsche Definition hat zwar den Vorteil, daß sie keine mathematischen Widersprüche in sich trägt, jedoch nützt diese Definition für eine Anwendung in der Praxis wenig und wird hier nicht weiter verfolgt.

[16](#) Mit diesem deckte Gödel die Grenzen der axiomatischen Methodik auf.

[17](#) Vgl. Küppers (Lebendigen), 42.

[18](#) Der moderate Zufall in physikalischen Systemen hat als Analogie in sozialen Systemen die Freiheit der Teilnehmer.

[19](#) Vgl. Ekeland (Zufall), 31.