

2.2 Reversible Nichtlineare Dynamiken

2.2.1 Determinismus

Leukipp und **Demokrit** waren die Begründer des Determinismus. Dieser bedeutet, daß alle Prozesse dieser Welt nach konkreten Gesetzmäßigkeiten ablaufen und somit die Zukunft vorherbestimmt ist./1/ Deterministische Prozesse spielen bisher nur in den Naturwissenschaften eine dominierende Rolle, nicht jedoch in einer praxisorientierten Wissenschaft wie der Managementlehre. Dies ändert sich jedoch mit der Problematik der Interfaces und den damit verbundenen reversiblen Simulationen. Indeterminismus und Determinismus sind gleichberechtigte potentielle Charakteristika physikalischer Systeme, während Akausalität und Kausalität in den Geisteswissenschaften angewendet werden. Eine generelle synonyme Benutzung der Worte aus unterschiedlichen Bedeutungskontexten ist wissenschaftstheoretisch nicht korrekt. Die Begriffspaare sind vielmehr als komplementär in ihren jeweiligen Anwendungskontexten aufzufassen, d.h. objektive Kausalität und subjektive Unbestimmtheit sind zwei Seiten einer Medaille. Die Erforschung Nichtlinearer Dynamiken eröffnet hierbei eine neue Dimension für die Diskussion von Determinismus und Indeterminismus, wobei sich je nach Anwendungskontext folgende komplementäre Wortkombinationen finden lassen:

Naturwissenschaften:	Determinismus und Indeterminismus
- Chaosforschung:	Stabilität und Instabilität
- Endophysik:	Exo- und Endoperspektive
- Evolution:	Notwendigkeit und Freiheit
- Thermodynamik:	Gleichgewicht und "fern vom Gleichgewicht"
Mathematik und Logik:	Notwendige und hinreichende Bedingungen
- Geometrie:	Regularität und Irregularität
- Logik:	Ja/Nein und Fuzzy
Geisteswissenschaften:	Kausalität und Akausalität
- Sozialsysteme:	Zwang und Freiheit
- Philosophie:	Versuch und Irrtum
- Psychologie:	Physis und Psyche
- Fernöstl. Philosophie:	Yin und Yang
Systemtheorie:	Das Teil und das Ganze
- Komplexitätsforschung:	Reduktionismus und Emergenz
- Managementtheorie:	Anpassung und Autonomie
Umgangssprache:	Ordnung und Unordnung (Chaos)

Tab. 2.6: Komplementäre Wortkombinationen zu Ordnung und Chaos

Chaos und Ordnung bedingen sich gegenseitig, als eine Polarität aus einheitlicher Vielfalt und vielfältiger Einheit./2/ Zufall und Notwendigkeit schließen sich nicht aus, sondern treten miteinander in Wechselwirkung, um die Vielfalt der Formen und des Lebens hervorzubringen./3/ Die komplementäre Größe zur Notwendigkeit ist hierbei eigentlich nicht der Zufall, sondern die Freiheit./4/ **Primas** führt bezüglich der Komplementarität aus:/5/

"Die materielle Welt kann nur durch eine Vielheit von komplementären Beschreibungen vollständig erfaßt werden. Jede ist richtig, keine genügt für sich allein, alle sind notwendig. Falsch wird eine Beschreibung, sobald sie als die einzig wahre behauptet wird. Nur die Gesamtheit aller komplementären Beschreibungen kann die ungeteilte Realität repräsentieren."/6/

Betrachtet man das obige Begriffspaar Ordnung und Unordnung, so zeigt sich, daß Ordnungszustände nicht nur statisch sind, sondern vor allem dynamische Merkmale haben. Für eine Ordnung, die sich ständig wandelt, wie beim Deterministischen Chaos oder der Selbstorganisation, wird im Rahmen der Arbeit auch der Begriff der dynamischen Ordnung verwendet. Daß es einen Bereich geben muß, der die statische mit der dynamischen

Ordnung verbindet, wurde bereits von **Planck** erkannt, der von einer dritten Möglichkeit zwischen Determinismus und Indeterminismus sprach.^{7/} Dieser Bereich wird vom Deterministischen Chaos gebildet (siehe Kapitel 2.3.2). Das Wirken des Determinismus wird somit ständig durch das Wechselspiel von Zufall und Notwendigkeit eingeschränkt, wobei sich notwendiger Zufall und zufällige Notwendigkeit abwechseln.^{8/} Folgende Übersicht soll die Unterscheidung nochmals verdeutlichen, wobei auch schon der nachfolgend erklärte Begriff der Kausalität berücksichtigt wird:

Zufall^{9/}		Unschärferelation	Notwendigkeit
Indeterminismus		Deterministisches Chaos	Determinismus
Absoluter Zufall	Moderater Zufall	Det. Moderater Zufall	Bestimmtheit
Akausalität	Schwache Kausalität	Schwache Kausalität	Starke Kausalität
Absolute Unordnung	Relative Unordnung	Dynamische Ordnung	Statische Ordnung
Keine Attraktoren/ Keine Fixpunkte	Keine Attraktoren/ Keine Fixpunkte	überwiegend Seltsame Attraktoren	Grenzyklus/ Fixpunkte

Tab. 2.7: Zufall und Notwendigkeit

- Kausalität

Kausalität charakterisiert das Verhältnis mehrerer Ereignisse zueinander, wobei zwischen diesen unterschiedliche Ursache-/Wirkungszusammenhänge bestehen. Der geistes- und sozialwissenschaftliche Begriff der Kausalität ist zwar etwas weiter gefaßt als der Begriff des Determinismus, beide sollen aber im Rahmen der Arbeit gleichbedeutend verwendet werden. Kausalitätsvorstellungen der Physik sind eine Idealisierung der Wirklichkeit, die nur in der Welt der Gleichungen von Computersimulationen existieren.^{10/} Das Kausalitätsprinzip hat zwei Ausprägungen von Kausalität, wobei das zweite Kausalitätsprinzip wegen der geringeren Beschränkung der Anfangsbedingungen stärker ist als das erste:^{11/}

Kausalitätsprinzipien:	Keine Wirkung ohne Ursache
1. Schwache Kausalität:	Gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen
2. Starke Kausalität:	Ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkungen

Das starke Kausalitätsprinzip setzt im Ggs. zum schwachen nicht voraus, daß die Natur in Bezug auf die Zukunft deterministisch ist, jedoch sind die Fälle nicht sehr häufig, in denen das starke Kausalitätsprinzip gilt. Dagegen tritt die schwache Kausalität bzw. der schwache Determinismus des Deterministischen Chaos relativ häufig auf. Das Rückkopplungsprinzip und die Attraktoren des Chaos offenbaren, daß Kausalität und Finalität einander nicht ausschließen müssen.^{12/}

- Finalität

Finalität ist ein Endzustand, auf den das System zusteuert, wobei das aktuelle Verhalten von diesem Endzustand abhängig ist. Finalität ist vor allem mit der Frage nach dem "Wozu?" unseres Handelns verbunden. Finalität bedeutet somit Abhängigkeit von der Zukunft, während Kausalität Abhängigkeit von der Vergangenheit bedeutet./13/ Ein besonderer Fall von Finalität ist die Äquifinalität, wobei derselbe Endzustand aufgrund unterschiedlicher Anfangsbedingungen und durch unterschiedliche Wege erreicht werden kann./14/ Beim Deterministischen Chaos wird durch eine Gesetzmäßigkeit eine Regel vorgegeben, die durch den Attraktor zwar den Kriterien der Finalität genügt, unter gewissen Bedingungen sogar der Äquifinalität; eine bestimmte Finalität wird jedoch durch das Wirken des Zufalls und der Komplexität der Ausgangsbedingungen verhindert. Somit gibt es eine unscharfe Finalität, die sich in einer Vielzahl von möglichen Attraktoren widerspiegelt, die zwar ähnlich sein können, jedoch so gut wie nie identisch sind. Wenn also von schwacher Kausalität gesprochen wird, so ist diese auch eine schwache Finalität. Laut **Riedl** darf die Finalität jedoch durch den Zufall nicht zu sehr eingeschränkt werden:/15/

"Nun wissen wir, daß die Evolution auch der kognitiven Vorgänge nur zwischen Zufall und Notwendigkeit vor sich gehen kann; aber wir wissen auch, daß die Erfolge nur bei kleinen Freiheiten des Zufalls groß werden können."

Atmanspacher hebt hervor, daß Finalität, als Alternative zu Kausalität sich als von nicht zu unterschätzender Bedeutung für ein angemessenes Verständnis der Begriffe Zufall und Stochastizität erweisen könnte./16/ Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, da zwar notwendige Bedingungen für eine Entwicklung in eine bestimmte Richtung angegeben werden können, nicht jedoch hinreichende Bedingungen, die sicherstellen, daß eine solche Entwicklung auch tatsächlich stattfindet./17/ Hinreichende Bedingungen können deshalb nur retrospektiv aufgedeckt werden.

- Teleologie

Die Wozu-Frage, die Frage nach dem Zweck (telos) wird gestellt, um neues Wissen in bekannte Kontexte zu integrieren. Sie ist deshalb für innovatives Verhalten die bedeutendste Frage. Die philosophische Teleologie trat erstmals bei **Anaxagoras** auf./18/ Bei **Aristoteles** finden wir als wichtigste seiner vier Ursachen die causa finalis, die Zweck- bzw. Endursache. Der Begriff Teleologie wurde 1728 von Christian **Wolff** in die Philosophie

eingeführt./19/ Freies Handeln und Zielorientierung der geistigen Entwicklung bilden keinen Widerspruch, sondern sind notwendig und hinreichend für die kulturelle Entwicklung des Menschen. Laut **Kant** zählte die Teleologie als Wissenschaft zu keiner Doktrin, sondern zur Kritik der Urteilskraft./20/

Nach **Spaemann** sind auch die Leibnizschen Monaden durch ihre teleologische Struktur geprägt, die eine Bewegung von innen heraus ermöglicht./21/ Biologen wie **Pittendrigh** versuchten das Konzept der Teleologie durch das Konzept der Teleonomie zu ersetzen. Während die Teleologie die Zweckorientierung von Systemen durch den freien menschlichen Willen beschreibt/22/, wird durch die Teleonomie die Zweckorientierung von Systemen aus den Eigenschaften von Teilen des Systems erklärt./23/ Somit ist die Teleologie die Voraussetzung für die Teleonomie/24/, die Zweckmäßigkeit kennzeichnet, ohne eine Ursachenerklärung bereitzuhalten.

Ohne Zweifel hat der Mensch Zwecke, denen er die Natur als Mittel unterwerfen will./25/ Diese Zwecke sind jedoch nur solange legitim, wie der Mensch die Natur nicht zerstört. Während Darwin die teleologische Erklärung aus der Biologie ausschloß, kommt durch die Ansätze des Künstlichen Lebens diese wieder in die Biologie zurück. Ernst **Mach**, Herbert Spencer und Charles S. **Peirce** betonten, daß wir bei der Frage, was das für eine Welt sei, immer wieder auf biologisch vorgeprägte Antworten stoßen./26/ Die Frage nach der Teleologie gewinnt insbesondere durch die Nichtlineare Dynamik neue Bedeutung. Das kybernetische Denken hat als Merkmal eine teleologische, auf die Zweckursache gerichtete Erklärungsweise./27/

Whitehead unterschied zwei Arten von Prozessen, makroskopische und mikroskopische, wobei der mikroskopische Prozeß, der für ihn teleologisch gerichtet ist, die Entwicklung vom Realen zum Wirklichen beschreibt./28/ Zelluläre Automaten (siehe Kapitel 2.3.4) sind deshalb nichts anderes als teleologische Maschinen, die sich in Computern simulieren lassen. Semmel betont, daß die mit der "natürlichen Teleologie" verbundene Vorstellung, daß Zwecke nicht von Anfang an gegeben zu sein brauchen, sondern sich erst aufgrund bestimmter Abläufe entwickeln können, für die Managementlehre von besonderem Interesse ist./29/

- Deterministisches Verhalten

Deterministisches Verhalten im physikalischen Sinne liegt vor, wenn die Entwicklung eines Systems eindeutig und vollständig durch die beschreibenden Gleichungen und die Anfangsbedingungen bestimmt ist. Eine dynamische Beschreibung ist deshalb nur dann deterministisch, wenn man die Anfangsbedingungen genau angeben kann. Da die Anfangsbedingungen selten vollständig bekannt sind, kann trotz deterministischer Gleichungen der Zustand eines Systems nicht mit exakter Genauigkeit beschrieben werden. In diesem Fall spricht man auch von deterministisch chaotischen Systemen. Es bleibt eine unvermeidliche Unschärfe und somit gibt es auch keine langfristige Prognostizierbarkeit. Wären die Anfangsbedingungen vollständig bekannt, könnte man das System als deterministisch bezeichnen.

Koch unterscheidet den nomischen Determinismus (Gesetze oder Funktionen) und den kausalen Determinismus (Ursache und Wirkung)/[30](#)/, der drei mögliche Ausprägungen hat:/[31](#)/

- Postdiktiver kausaler Determinismus: aus Wirkungen läßt sich auf die Ursachen schließen

- Prädiktiver kausaler Determinismus: aus den Ursachen läßt sich jede Wirkung vorhersagen

- Totaler kausaler Determinismus: gilt wenn post- und prädiktiver kausaler Determinismus gelten (Laplacescher Dämon)

Zeitinvarianz ist nach **Russell**, der einen postdiktiven Determinismus vertrat, ein Kennzeichen von deterministischen Differentialgleichungen./[32](#)/ Da hierdurch Gegenwart, Zukunft und Vergangenheit nicht prinzipiell voneinander zu unterscheiden sind, können reversible Simulationen in Modellwelten durchgeführt werden. Deterministische Systeme zeichnen sich dadurch aus, daß bestimmte Zahlenfolgen immer wiederkehren und sich somit je nach den Gleichungen ständig dieselben Muster ergeben. Ein Beispiel für solch ein sich bildendes Muster ist die Ellipse, die entsteht, wenn man die zeitversetzten Werte einer Sinuskurve gegeneinander in einem xy-Diagramm aufträgt ($x_t; x_{t+5}$ gegenüber $x_t; x_{t+1}$). Interessant an dieser Vorgehensweise ist, daß sich durch die zeitversetzte Gegenüberstellung derselben Zahlenreihe 'verborgene' Muster ergeben. So offenbart die Sinuskurve den zu erwartenden geschlossenen Kreislauf in der Darstellung

der zeitversetzten Werte. Diese Methode, die sich bei beliebigen Zahlenreihen anwenden läßt, bei denen anders als bei der Sinuskurve überhaupt keine Muster zu erwarten sind, werde ich auch später anwenden, um zufällige und deterministisch chaotische Zahlenreihen zu untersuchen:[/33/](#)

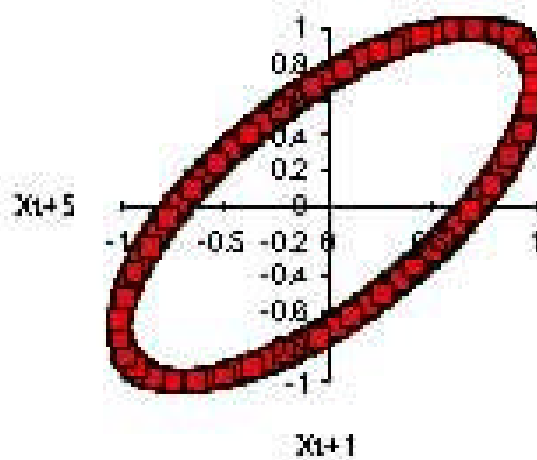
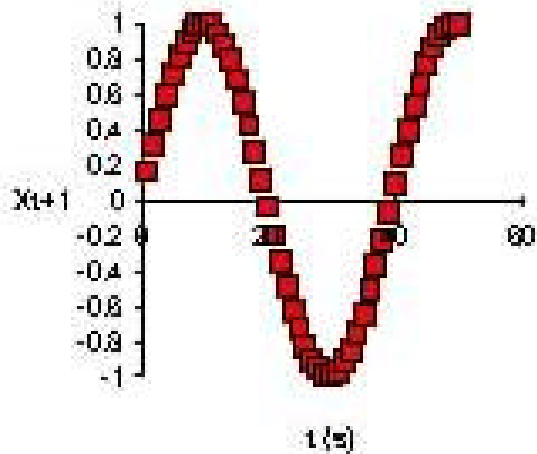


Abb. 2.13: Deterministisch periodisches Verhalten eines Systems/[/34/](#)

- Das Wechselspiel von Zufall und Notwendigkeit schränkt die Macht des Determinismus ein.
- Die Beschreibung der Welt erfordert die Freiheit zu komplementären Konstruktionen.
- Die Teleologie beschreibt die Zweckorientierung von Systemen durch den freien Willen.
- Die Nichtbestimmbarkeit von Anfangsbedingungen eröffnet die Freiheit zu deterministisch-chaotischem Verhalten.

Abb. 2.14: Konsequenzen für Macht und Freiheit

Wissenschaftliche Kontexte:	Auswirkungen auf das Management:
- Computer basieren auf deterministischen Programmen.	- Management wird durch den Einsatz von Computern für die Entscheidungsfindung zunehmend deterministisch.
- Das Wirken des Determinismus wird ständig durch das Wechselspiel von Notwendigkeit und Zufall eingeschränkt.	- Manager können nur die notwendigen Bedingungen für Entwicklungen vorgeben, nicht jedoch die hinreichenden.
- Zufall und Notwendigkeit schließen sich nicht aus, sondern treten miteinander in Wechselwirkung, um die Vielfalt der Formen und des Lebens hervorzubringen.	- Management kann nur durch komplementäre Beschreibungen der Wirklichkeit erfolgen.
- Durch evolutionäre Ansätze spielt auch die Teleologie eine immer wichtigere	- Management operiert an der Schnittstelle Rolle im Management.

Abb. 2.15: Konsequenzen für das Endo-Management

-
- [1](#) Der Determinismus liefert deshalb keine ausreichende Erklärung der Freiheit des Handelns und des Zufalls.
- [2](#) Vgl. Stoll (Vielfalt), X.
- [3](#) Vgl. Reeves (Schmetterlinge), 97.
- [4](#) Vgl. von Foerster (Kybernetik), 73.
- [5](#) Primas (Naturwissenschaft), 216.
- [6](#) Aus Primas Aussagen folgt natürlich, daß wir nur die Wirklichkeit, nicht jedoch die Realität kognitiv abbilden können.
- [7](#) Vgl. Rosenthal-Schneider (Einstein), 51.
- [8](#) Vgl. Riedl (Strategie), 10.
- [9](#) Koch unterscheidet zwischen Akausalität (absoluter Zufall) und Kausalität (moderater Zufall) und Bestimmtheit). Vgl. Koch (Determinismus), 129.
- [10](#) Vgl. Peat (Synchronizität), 59 u. 64.
- [11](#) Vgl. Koch (Determinismus), 163.
- [12](#) Vgl. Schiemenz (Systemtheorie), 4134.
- [13](#) Vgl. von Bertalanffy (System Theory), 76f.
- [14](#) Vgl. von Bertalanffy (System Theory), 79.
- [15](#) Riedl (Strategie), 214.
- [16](#) Vgl. Atmanspacher (Metis), 106.
- [17](#) Gespräch mit Scheingraber, 1995.
- [18](#) Vgl. Spaemann (Wozu), 27.
- [19](#) Vgl. Stöltzner (Teleology), 62.
- [20](#) Vgl. Kant (Urteilkraft), 372.
- [21](#) Vgl. Spaemann (Wozu), 117ff.
- [22](#) Vgl. Hegenbart (Philosophie), 236f.

[23](#) Vgl. Hegenbart (Philosophie), 237.

[24](#) Vgl. Spaemann (Wozu), 308.

[25](#) Vgl. Spaemann (Wozu), 284.

[26](#) Vgl. Peirce (Zeichenprozess), 29.

[27](#) Vgl. Ziemke (Subjekt), 44.

[28](#) Vgl. Whitehead (Prozeß), 396.

[29](#) Vgl. Semmel (Unternehmung), 48.

[30](#) Vgl. Koch (Determinismus), 14.

[31](#) Koch (Determinismus), 70.

[32](#) Vgl. Koch (Determinismus), 80, 89.

[33](#) Anhand der verborgenen Muster läßt sich nachweisen, ob es sich um deterministische, zufällige oder deterministisch chaotische Zeitreihen handelt. Im Beispiel offenbart sich als Attraktor ein Grenzzyklus.

[34](#) Da alle Werte hier auf einer Ellipse liegen, läßt sich von einem deterministischem Verhalten sprechen.