

Referat: Allgemeiner Überblick über die Chaos – Theorie

45 min . Physik LK – 12/1

I. Was ist Chaos ?

Das Wort CHAOS stammt aus dem Griechischen und bedeutet: Gähnender Schlund, Abgrund, klaffende Leere.

In der heutigen Alltagssprache wird der Begriff hauptsächlich mit der Bedeutung „Unordnung, Durcheinander“ verwendet.

In der Mathematik wurde der Begriff das erste Mal 1973 vom amerikanischen Mathematiker James A. Yorke eingeführt. Er tat dies in der Absicht sehr komplexen dynamischen Systemen (Prozesse, die sich in der Zeit entwickeln) einen Namen zu geben, die sich auf den ersten Blick scheinbar zufällig, 'chaotisch' entwickeln. Theoretisch ist es zwar möglich, solche Systeme in Formeln zu binden, in der Praxis ist es jedoch aufgrund der enormen Komplexität und Größe dieser Funktionen nicht umsetzbar.

II. Komplexität dynamischer Systeme

Beispiele solcher dynamischen Systeme sind Wetterentwicklung, Populationsbildung, Strömungsberechnungen, das Universum. Als Beispiel für die Komplexität soll zuerst das stark vereinfachte Beispiel der Beziehung der *Katzen – Mäuse Population* herangezogen werden.

1. Durch eine große Anzahl vorhandener Mäuse steigen mit der Zeit die Zahl der Katzen in einem System an.
2. Irgendwann ist eine so große Zahl Katzen vorhanden, dass die Zahl der vorhandenen Mäuse zurückgeht.
3. Dadurch geht irgendwann wieder die Zahl der Katzen zurück ... → Mauspopulation steigt,... usw...

In der Praxis entsteht jedoch keine vorher berechenbare Hin – und Herschwingung, die sich mit einer einfachen Formel berechnen ließe. Dies liegt daran, dass in der Realität wesentlich mehr Faktoren die Systeme beeinflussen. (in diesem Fall z. B.: Krankheiten, Naturkatastrophen, andere Tiere in der Nahrungskette, Wetterbedingungen und die daraus resultierenden Paarungsverhalten, ...)

Diese Faktoren beeinflussen die Vorhersage über einen kurzen Zeitraum oft nicht, jedoch je länger dieses System abläuft, desto größere Auswirkung können durch auf den ersten Blick sehr unwesentliche Faktoren hervorgerufen werden. Man spricht vom "deterministischen" Chaos: Die Naturgesetze gelten, trotzdem ist die Entwicklung des Systems nicht mehr vorhersagbar. Minimalste Unterschiede in den Startbedingungen schaukeln sich nach wenigen Schwingungen auf.

Entdeckung von Lorenz

An einem Wintertag des Jahres 1961 sitzt der amerikanische Wissenschaftler Edward Lorenz vor seiner elektronischen Rechenmaschine. Er ist Meteorologe und Mathematiker, eine Voraussetzung, ohne die er seine folgenschwere Entdeckung an diesem Tage niemals hätte machen können. Lorenz simuliert im Computer Wetterabläufe. An diesem Tage will er zur Kontrolle eine Zeit "zurückgehen", und den Apparat eine bestimmte Sequenz noch einmal rechnen lassen, die er schon mal "ausgespuckt" hatte. Aber: Lorenz gibt als Rechenbasis nicht die im "Gedächtnis" des Computer gespeicherte Zahl mit sechs Dezimalstellen (0.506127) ein, sondern rundet nach alter Mathematikersitte und tippt nur 0.506. Dann will er dem Lärm der Maschine entfliehen und geht eine Tasse Kaffee trinken. Als er wiederkommt und die beiden errechneten und graphisch ausgedruckten Kurven vergleicht, stellt er zu seinem höchsten Erstaunen fest, daß die aus seiner Sicht äußerst geringe Abweichung der Eingabedaten höchst unterschiedliche Ergebnisse gebracht hat. Von nahezu denselben Ausgangsdaten ausgehend, hat der Computer Kurven errechnet, die immer weiter und weiter von einander abweichen, bis sie zuletzt keine Gemeinsamkeit mehr zeigen. Lorenz, der zunächst an einen Defekt seines Gerätes glaubt, erkennt als erster die verhängnisvollen Folgen, die Rundungsfehler in Computer haben können: Kleinste Abweichungen können zu höchst unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Ein faszinierendes Beispiel hierfür ist die Bewegung einer *Billardkugel auf einem Billardtisch*:

Billard-Stöße werden oft mit bewundernswerter Exaktheit ausgeführt; auch nach mehreren Kollisionen trifft die Kugel ihr Ziel. Nimmt man an, ein Zuschauer steht einen Meter vom Tisch entfernt. Dann bewirkt jedoch seine minimale Gravitationskraft auf die Kugeln, dass deren Stoßverhalten mit dem 9. Zusammenstoß völlig unberechenbar wird! Die Kausalität gilt also nur für die ersten Stöße.

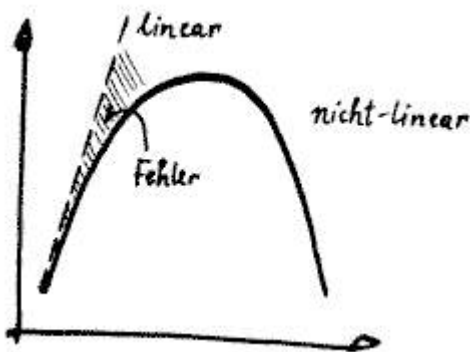
Ein berühmtes Beispiel dafür ist die 1963 von Lorenz aufgestellte These, die zu einem Inbegriff der Chaos – Theorie geworden ist:

Der Flügelschlag eines Schmetterlings in Tokyo könnte einen Hurrikan in den USA hervorrufen.

Je genauer man solche Systeme zu verstehen versucht, desto unverzichtlicher wird der Computer hierfür. Erst durch diese neue Technik war es Mathematikern des 20. Jahrhunderts möglich die Chaostheorie zu Ihrem heutigen Stand zu bringen.

Komplexe Rechnungen, für die früher Monate gerechnet wurde, könne in wenigen Sekunden berechnet werden. Bis vor hundert Jahren glaubte man vor allem in den Naturwissenschaften noch an die vollständige Kausalität von Ursache und Wirkung, also gleiche Ursache ergibt eine gleiche Wirkung und ähnliche Ursache ergibt eine ähnliche Wirkung jedoch wurde dies von der Chaostheorie total umgeworfen :ähnliche Wirkung *kann* eine total unterschiedliche Wirkung hervorrufen !

In der Natur kommen so gut wie keine *linearen* Beziehungen vor. In künstlichen Systemen wiederum sind *lineare* Zusammenhänge vorherrschend. Sie sind leichter zu beschreiben und mathematisch klar auszudrücken.



Nicht-Lineare Zusammenhänge lassen sich aber mit ausschließlich *linearen* praktisch nicht beschreiben. Wie die Abbildung zeigt, stimmen Gerade und Kurve bestenfalls in einem sehr kleinen Bereich überein.

Die Chaostheorie untersucht also Systeme, deren Verhalten wegen seiner Empfindlichkeit gegenüber der Anfangsbedingungen (zumindest langfristig) nicht vorhersagbar sind.

Außerdem erforscht sie die Wege, die zu diesem Chaos führen.

Heute wird die Chaostheorie vor allem in der Wettervorhersage, Mathematik, Physik (Astronomie) und Wirtschaft vorangetrieben.

Die Schweizer Börse überwacht zum Beispiel die Entwicklung von Börsenkursen mit Hilfe eines Programms, welches auf der fraktalen Logik basiert. Es werden damit nicht etwa konkrete Kurse vorhergesagt - aber es kann festgestellt werden, ob eine Kursentwicklung auf legalem Weg stattgefunden hat. Andernfalls besteht dringender Verdacht auf Insider-Operationen, welche unter normalen Voraussetzungen den Kurs nicht in auffälliger Weise beeinflusst hätten.

Autor: Arnd Hogh-Binder NGO 12

Quellen:

- „Fraktale und Chaos – Eine Einführung“ von Herbert Zeitler & Wolfgang Neidhardt. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, ISBN 3- 534-11538-4
- „Symmetrie – Bauplan der Natur“ von Henning Genz. Piper Verlag, ISBN 3-492-03107-2
- „Symmetrie in Geistes- und Naturwissenschaft“ von Rudolf Wille. Springer – Verlag, ISBN 3-540-16909-1

„Vom Chaos zur Chaostheorie“ <http://www.brg-traun.ac.at/IAAC/gmunden/chaostheorie.htm>

„Wie zufällig ist der Zufall?“ <http://home.t-online.de/home/wolfgang.neundorf/zufall.htm>

„Komplexitätsbegriff“

<http://ito.bwl.uniwi.ac.at/~schamane/kds/kom/komplex.htm>

„The Chaos Experience“ <http://library.thinkquest.org/3120/>