Chaotische Nachrichten

Nummer 32 | ISSN 0939-4370 | November 1994

Chaos und Turbulenz

Frank Ohle

Inst. für Angewandte Mechanik und Strömungsphysik der Universität, D-37073 Göttingen

Überblick

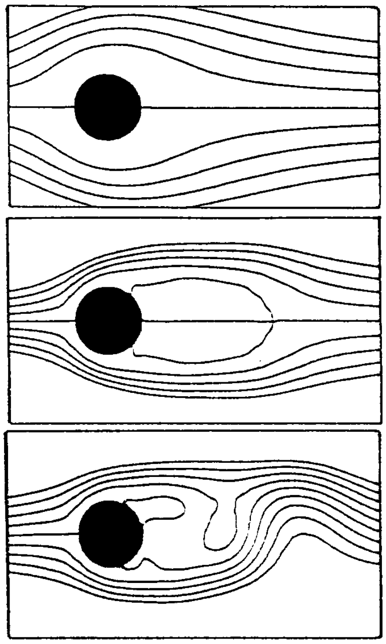


Bild 1: Schematische Darstellung der möglichen stationären Zustände eines Zylindernachlaufs. Stationäres Geschwindigkeitsfeld bei $Re = 1$ (oben), stationäres Geschwindigkeitsfeld mit Wirbelpaar bei $Re = 40$ (mitte) und periodische Wirbelstraße $Re = 100$ (unten). Die gezeigten Zustände wurden durch Lösung der hydrodynamischen Grundgleichungen mit einem Gridverfahren berechnet.

Bei allen Strömungen findet bei wachsender Strömungsgeschwindigkeit ein Übergang von stationärer zu turbulenter Dynamik statt. Der Übergang zur vollentwickelten Turbulenz ist nicht eindeutig, sondern kann über unterschiedliche Transitionsszenarien erfolgen, die von den gegebenen Randbedingungen des betrachteten Sytems abhängen. Es wird diskutiert, wie sich die möglichen Transitionsszenarien charakterisieren und vorhersagen lassen.

1. Einleitung

Viele Dinge in der Natur laufen nicht etwa logisch vorhersagbar, sondern völlig unerwartet ab. Diese Aussage beruht darauf, daß fast alle Phänomene, die in unserer realen Welt beobachtet werden, mehr oder weniger nichtlinear sind. Betrachtet man nichtlineare Probleme in der Physik, Chemie, Biologie und in Wirtschaftswissenschaften, so zeigt sich, daß sich viele ihrer dynamischen Zustände durch Differentialgleichungssysteme ähnlicher Form beschreiben lassen. Ziel der Theorie dynamischer Systeme und der Bifurkationstheorie ist es, solche Modellgleichungen zu analysieren, um z.B. die Stabiliät und die Komplexität eines Systems zu klassifizieren oder vorherzusagen, oder um universelle Phänomene der untersuchten dynamischen Systeme zu ermitteln. Die zur qualitativen Analyse verwendeten modernen Methoden haben ihren Ursprung in den Arbeiten von Poincaré [1], Birkhoff [2], Ljapunov [3] und anderen, die große Bedeutung und Einfluß auf den heutigen Kenntnisstand im Bereich der nichtlinearen, dynamische Systeme haben.

Im Bereich der Strömungsphysik erhofft man sich durch Anwendung und Entwicklung moderner Analysemethoden neue Erkenntnisse über eines der noch ungelösten Probleme der Physik, d.h. der Turbulenz, zu erhalten. In den letzten Jahren wurden im experimentellen Bereich große Anstrengungen vorgenommen, die aus der Theorie bekannten Ergebnisse, wie die Existenz chaotischer Zustände, Bifurkationsszenarien usw., auch in realen Systemen wiederzufinden.

... weiter auf Seite 3

In dieser Ausgabe:

Editorial

Liebe Leser,

die Zeitschriften sind voll davon: Das Internet — und speziell darin das World Wide Web (WWW) — revolutioniert die Informationsverbreitung. Diese Revolution wird nicht nur von den Naturwissenschaftlern, sondern auch stark von den Geisteswissenschaftlern und Künstlern begeistert getragen, wie die Ausstellung „Netzkultur“ in der Medienwerkstatt in München gezeigt hat. Auch die Nachrichtenmagazine FOCUS und DER SPIEGEL sind nun auch im WWW vertreten, englischsprachige wie TIME schon länger.

Die Chaosgruppe hat seit einem Jahr eine Seite im WWW, aber erst in letzter Zeit steht etwas brauchbares drin. Auch die „Chaotischen Nachrichten“ kann man jetzt über das WWW beziehen. Vielleicht ist dies auch die letzte Ausgabe der Chaotischen Nachrichten, die auch auf Papier gedruckt erscheint.

Der Hauptartikel zur Turbulenzforschung ist ein sehr verspäteter Nachtrag zu unserer Jahrestagung 1992. Er ist aber inhaltlich noch in vielen Punkten aktuell und auch als Einführung in die Problematik gut geeignet, so daß wir ihn auch jetzt noch bringen wollen. Weil der Artikel so alt ist, fehlen dort auch Referenzen auf die neueren Arbeiten von Prof. Großmann; man vergleiche dazu den Artikel in den Chaotischen Nachrichten Nr. 29.

Viele Grüße,

Werner Eberl

Impressum

Herausgeber: Chaosgruppe, Verein zur Förderung der Erforschung nichtlinearer Dynamik e.V. / Redaktion: Werner Eberl / Released: 19. November 1994/ Beiträge von Frank Ohle, Gert Eilenberger, J. Stelkens, H. Lustfeld und der Redaktion / Layout: Die Redaktion / Auflage: 400 / thanks to: Siegi Rahammer, Matthias Sperl und Martin Rast, Stefan Krempl / Symposium „Chaos und Strukturbildung '94“ sponsored by Intel, Motorola, IBM / Verlagsanschrift: ChaoNen, Chaosgruppe, Amalienstr. 11a, D-80333 München, Tel.: 089/281771, Fax: 089/3082348, / Bankverbindung: 14053-805, PostGiro-Amt München (BLZ 700 100 80) ISSN 0939-4370
V.i.S.d.P: Werner Eberl (t2601ac@sunmail.lrz-muenchen.de)

... Fortsetzunng von Seite 1
Die dazu verwendeten experimentellen Systeme sind hierbei u.a. die Konvektionsströmung zwischen zwei Platten mit unterschiedlichen Temperaturen, die sogenannte Rayleigh-Bérnard Konvektion [4, 5], und die Strömung zwischen zwei konzentrischen Zylindern, die sogenannte Taylor-Couette Strömung [6, 7]. Bis heute konnten gute Übereinstimmungen zwischen theoretischen und experimentellen Ergebnissen gefunden werden.

In diesem Text werden die unterschiedlichen dynamischen Zustände in strömungsphysikalischen Systemen diskutiert. Der Schwerpunkt soll hierbei auf der Aussage liegen, daß ein chaotisches System nicht gleichbedeutend mit einem turbulenten ist. Zu Beginn werden als Einführung die möglichen dynamischen Zustände hydrodynamischer Systeme allgemein und am Beispiel einer Nachlaufströmung hinter einem Kreiszylinder diskutiert. Im dritten Abschnitt wird gezeigt, wie sich experimentelle Systeme untersuchen und klassifizieren lassen, und sich deren Stabilität mit Anwendung der Floquet-Theorie berechnen läßt. Abschließend wird gezeigt, daß sich aus der Stabiliätsanalyse einer aus experimentellen Daten rekonstruierten Differentialgleichung eines periodischen Zylindernachlaufs das Übergangsszenario zur Turbulenz gut vorhersagen läßt.

1. Dynamische Zustände in der Strömungsphysik

In der Strömungsphysik unterteilt man im allgemeinen die möglichen dynamischen Zustände in die drei Kategorien:

a.) Stationäre Zustände

b.) Transition (Übergangszustände zur Turbulenz)

c.) Turbulente Zustände

Zu ihrer Charakterisierung spielen zunächst dimensionslose Kennzahlen eine wichtige Rolle, da Systeme mit unterschiedlichen Geometrien oder Systembedingungen (z.B. unterschiedliche Strömungsmedien) bei gleichen Werten dieser Kennzahlen ähnliche Phänomene bzw. ähnliches Verhalten zeigen. Beispiele für solche Kennzahlen sind die am häufigsten verwendete Reynoldszahl $Re = \frac{U_\infty l}{\nu}$, die als dimensionslose Geschwindigkeit, und die Strouhalzahl $Sr = \frac{f \cdot l}{U_\infty}$, die als dimensionslose Frequenz dient. Hierbei bezeichnet U_∞ die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Fluids, f eine charakteristische Frequenz, l eine charakteristische Länge (beim Zylindernachlauf ist z.B. $l = d$, mit d : Zylinderdurchmesser) und ν die kinematische Viskosität. Durch Berechnung dieser Kennzahlen lassen sich die drei oben genannten Zustandsbereiche für ein beliebiges System gut aus experimentellen Untersuchungen bestimmen. Zum besseren Verständnis sollen die charakteristischen Merkmale dieser Bereiche zum einen allgemein und zum anderen kurz am Beispiel der Nachlaufströmung hinter einem Kreiszylinder erläutert werden.

1.1 Stationäre Zustände

Unter dem Begriff *Stationär* fallen die Zustände, welche durch eine Fixpunktdynamik oder Dynamik mit T-periodischer Lösung (Grenzzyklusdynamik) charakterisiert sind.

Für einen Zylindernachlauf erhält man folgendes Schema: Bis $Re \approx 5$ beobachtet man ein stationäres Geschwindigkeitsfeld ohne Wirbelpaar (Bild 1, oben). Für $5 \leq Re \leq 45$ entwickelt sich ein Wirbelpaar hinter dem Zylinder, dessen Größe mit steigender Strömungsgeschwindigkeit zunimmt (Bild 1, Mitte). Die Stabilität dieses Wirbelpaares wird je nach Stärke infinitesimaler Störungen (z.B. dem Turbulenzgrad der Strömung) bei $Re \approx 45$ instabil, es entsteht ein periodischer Nachlauf, die sogenannte Kármánsche Wirbelstraße (Bild 1, unten). Erhöht man den Kontrollparameter Reynoldszahl, so wird diese Periodizität ab $Re \approx 160$ durch dreidimensionale Fluktuationen in Spannrichtung entlang des Zylinders zerstört, es beginnt der Transitionsbereich.

Typ	Transitionsszenario
I	Ruelle-Takens-Newhouse Szenario (→ Existenz chaotischer Zustände)
II	Periodenverdopplungsszenario
III	Intermittenzszenario

Tabelle 1: Universelle Transitionsszenarien in hydrodynamischen Systemen

1.2 Transition, Übergangszustände zur Turbulenz

Die *Transition* kennzeichnet die Entwicklung der Dynamik von einem stationären Zustand zur vollentwickelten Turbulenz. Dieser Bereich ist insbesondere für Dynamiker und Chaosforscher von besonderem Interesse, da sich nach heutiger Kenntnis die Turbulenz über verschiedene Transitionszenarien entwickeln kann und eine Vielfalt von universellen Phänomenen (z.B. Klassen von stabilen Zuständen) beinhaltet. Bei den bekannten Übergangsmechanismen haben sich mehrere Szenarien als universell erwiesen. Die drei klassischen Szenarien sind in Tabelle 1 aufgeführt. Auf die Bedeutung der einzelnen Szenarien soll später noch genauer eingegangen werden.

Im Fall der Zylinderumströmung findet man im Transitionsbereich ein ausgeprägtes intermittendes Verhalten. Zur Illustration ist in Bild 2 (links) ein durch Rauch sichtbar gemachter intermittender Zustand einer Wirbelstraße, sowie in Bild 2 (rechts) eine gemessene Zeitreihe bei $Re = 170$ gezeigt. In beiden Darstellungen sind die Unterschiede zwischen periodischen und aperiodischen Bereichen gut zu erkennen. Die zu erwartende Wirbelfolgefrequenz unterliegt bei gleichbleibender Reynoldszahl gewissen Schwankungen, d.h. im Vergleich zum periodischen Bereich ist das Frequenzspektrum um die mittlere Wirbelfolgefrequenz stark verbreitert. Bei steigender Strömungsgeschwindigkeit verstärkt sich das intermittierende Verhalten, bis keine stationären Wirbel mehr beobachtet werden. Die globale Struktur der Wirbelstraße bleibt jedoch erhalten.

1.3 Turbulente Zustände

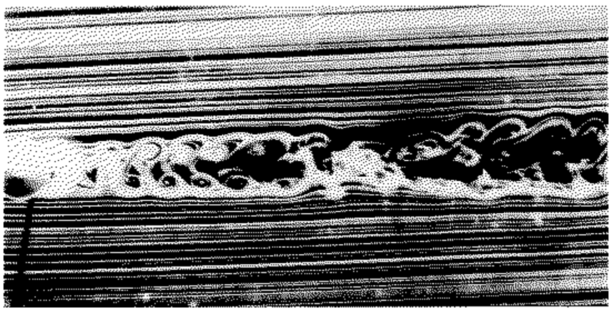
Unter turbulenten Zuständen versteht man sehr komplexe hochdimensionale Dynamiken. Anschaulich kennzeichnen lassen sich turbulente Strömungen durch eine unregelmäßige, scheinbar zufällige Veränderung ihrer Strömungsgeschwindigkeit $\vec{U}(\vec{x}, t)$ in Raum $\vec{x}$ und Zeit t. Diese Art von Fluktuationen macht eine statistische Beschreibung solcher Strömungszustände notwendig. Erkenntnisse über den Einsatz von Turbulenz von Ruelle und Takens [8] lassen es jedoch sinnvoll erscheinen, Strömungen als turbulent zu klassifizieren, deren Geschwindigkeitsspektrum eine kontinuierliche Komponente enthält.

Bei der Wirbelstraße beginnt der turbulente Bereich bei $Re \approx 300$. Besonders interessant bei diesem System ist, daß sich, abgesehen von kleinen Fluktuationen durch den turbulenten Wirbelzerfall im Bereich $Re \geq 300$ die Periodizität der Wirbelformation wieder stabilisiert, (siehe Darstellung in [10] S.31). Die Turbulenz ist in diesem Fall nicht global, d.h. die Wirbelformation ist gut zu lokalisieren, sondern die turbulenten Bereiche befinden sich in den Wirbeln selbst. Weitaus eindeutiger zu klassifizieren ist die durch Gitteranordnungen induzierte Turbulenz. (siehe [10] S.89). Da die Turbulenz generell ein sehr komplexer Vorgang ist und hier nur kurz angesprochen werden kann, sei hier für weitere Einzelheiten auf das Buch von Hinze [11] verwiesen.

2. Charakterisierung dynamischer Zustände

2.1 Zeitreihenanalyse

Durch die Untersuchung von gemessenen Zeitreihen eines Systems erhält man viele Informationen über dessen dynamischen Zustand. Neben den klassischen Methoden der Analyse von experimentellen Turbulenzdaten, wie Korrelations- und Spektralanalyse, gehörten im Rahmen der Erforschung der kohärenten Strukturen entwickelte Methoden wie der bedingten Signalanalyse zu den moderneren Verfahren. Seit einigen Jahren wendet man hierzu auch Methoden aus der Chaosforschung bzw. der Theorie dynami-



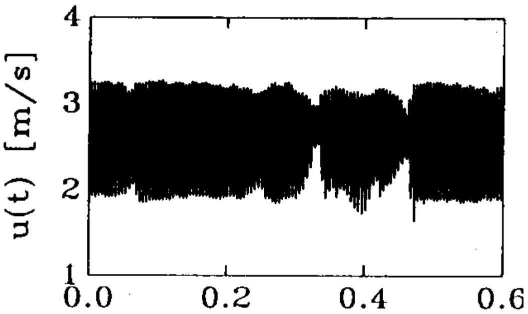


Bild 2: Nachlaufströmung im Transitionsbereich. Links: Strömungssichtbarmachung eines intermittenten Zustandes bei $Re \approx 170$. Rechts: gemessene Zeitreihe eines Wirbelstraßensignals bei $Re = 170$ ($u(t)$: Geschwindigkeitsamplitude, t : Zeit).

scher Systeme an (siehe z.B. [12]). In Tabelle 2 sind hierzu einige Methoden zur Untersuchung dynamischer Systeme dargestellt.

Bei deren Anwendung zeigt sich, daß einige dieser Methoden, die zunächst nur auf niederdimensionale Systeme angewendet wurden, auch zur Klassifizierung turbulenter Zustände geeignet sind. Betrachtet man z.B. den Ljapunov-Exponenten eines chaotischen und eines turbulenten Systems, so sind beide positiv, unterscheiden sich aber nur durch die Größe ihrer Werte. Da die Größe des Ljapunov-Exponenten aber gerade den Grad des exponentiellen Auseinanderstrebens von benachbarten Trajektorien im Zustandsraum beschreibt, und im allgemeinen bei Turbulenzdaten stärker ausgeprägt ist, ist der Unterschied auch anschaulich klar. Außerdem beschreibt der Kehrwert des Ljapunov-Exponenten gerade die mögliche maximale Vorhersagezeit der betrachteten Dynamik. Bei der Turbulenz ist bekanntlich die Vorhersagezeit sehr sehr kurz, weshalb es z.B. im Gegensatz zu chaotischen Systemen nicht möglich sein wird, die von Hübler und Lüscher [13] entwickelte rückkopplungsfreie Steuerung ohen zusätzliche Hilfmittel auch bei diesem Typ dynamischer Zustände effektiv einzusetzen.

Bei der Verwendung anderer Methoden, wie beispielsweise der Rekonstruktion von Differentialgleichungen aus experimentellen Daten (siehe z.B. [14]) zeigte sich, daß diese auf Turbulenzdaten nur bedingt anwendbar sind, da die Einbettung der Dynamik in einen geeigneten, im allgemeinen sehr hochdimensionalen Zustandsraum oder Phasenraum problematisch ist [9]. Außerdem stößt man z.B. bei der Bestimmung der Korrelationsdimension schnell an die Grenzen der zur Berechnung benötigten Anzahl von experimentellen Daten. Viel effektiver lassen sich deshalb diese Methoden auf eine niederdimensonale Dynamik anwenden, weshalb gerade der Transitionsbereich bei noch nicht zu starken Fluktuationen bzw. turbulenten Einflüßen von besonderem Interesse ist. Wie die unterschiedlichen Transitionsszenarien zur Turbulenz klassifiziert bzw. vorhergesagt werden können soll nun im Folgenden diskutiert werden.

2.2 Chaos und Turbulenz

Wo findet man Chaos bzw. in welchen Systemen erwartet man keine chaotischen Zustände? Aus vielen experimentellen Untersuchungen zeigt sich, daß in geschlossenen strömungsphysikalischen Systemen, wie der Taylor-Couette Strömung [6, 7] oder der Rayleigh-Bérnard Konvektion [4, 5] chaotische Zustände existieren. Hingegen findet man bei offenen Systemen, wie Nachlaufströmungen oder Freistrahlen, kein Chaos. Dieses Phänomen könnte bedeuten, daß das Chaos in den geschlossenen Systemen durch die Randbedingungen induziert wird. Ist diese Aussage richtig, so müßte man Chaos auch in den Grundgleichungen der Strömungsphysik, sprich den Navier-Stokeschen Gleichungen, wiederfinden. Durch die Komplexität dieser Gleichungen ist dieses Problem jedoch bis heute noch nicht gelöst.

Wie kann man sich aber nun den Übergang zur Turbulenz physikalisch vorstellen? Zunächst

Niederdim. Dynamik (z.B. Chaos)	**Turbulenz**
Ljapunov-Exponent	Ljapunov Exponent
Korrelationsanalyse	Korrelationsanalyse
Poincaré-Abbildung	Spektralanalyse
Fraktale Dimension	bedingte Signalanalyse
Topologische Entropie	Entropie
Existenz eines homoklinen Punktes	Häufigkeitsvert.: z.B. Schwankungsgeschw. (Schiefe, Flachheit)
...	...

Tabelle 2: Methoden zur Charakterisierung chaotischer und turbulenter Systeme

wurde hierzu 1944 eine klassische Annahme von Landau [15] entwickelt, bei der die Turbulenz aus einer unendlichen Sequenz von Hopf-Bifurkationen entsteht. Wird ein Kontrollparameter, z.B. die Strömungsgeschwindigkeit, erhöht, so werden durch eine Folge von n Hopf-Bifurkationen dem System weitere n inkommensurable Frequenzen generiert. Besonders wichtig ist hierbei, daß bei dieser Entwicklung das dazugehörige Frequenzspektrum immer diskret bleibt, und erst nach unendlich vielen Hopf-Bifuraktionen eine kontinuierliche Grenze erreicht ist. Charakteristisch für ein solches Spektrum ist eine Frequenzverteilung, die im allgemeinen dem Potenzgesetz $\sim (f^+)^{-5/3}$ (f^+ : dimensionslose Frequenz) gehorcht. Diese Universalität des Frequenzspekrums eines turbulenten Zustandes konnte erstmals von Effinger und Grossman [16] mit Hilfe einer "mean field Theorie" auch analytisch berechnet werden.

Daß Landaus Weg zur Turbulenz jedoch nicht universell ist, wurde von Ruelle und Takens [8] gezeigt. Swinney und Gollub [4] bewiesen diese Aussage wenig später auch experimentell an der Rayleigh-Bérnard Konvektion. Heute weiß man, daß diese Route nicht das einzige universelle Szenario ist, sondern, wie schon oben kurz besprochen, die Transition in unterschiedlicher Weise erfolgen kann. Die Art des Szenarios hängt dabei stark von den Anfangs- und Randbedingungen des betrachteten Systems ab. Bisher haben sich mehrere Typen (Typ-I, bis V) als universell erwiesen. Im Folgenden soll jedoch nur auf die klassischen Typen I - III eingegangen werden. Beim Typ-I-Szenario, dem sogenannten Ruelle-Takens-Newhouse Szenario [17], wird der Prozeß einer Hopf-Bifurkation zweimal durchlaufen. Hieraus resultiert ein zweidimensionaler Torus im Phasenraum. Die auftretenden Frequenzen sind inkommensurabel. Nach Erfolgen einer weiteren Hopf-Bifurkation kann ein seltsamer Attraktor im Phasenraum entstehen, der eine Haussdorff-Dimension zwischen zwei und drei besitzt. Dieser Attraktor ist in einen drei-dimensionalen Torus eingebettet, füllt ihn jedoch nicht ganz aus. Charakteristisch für ein solches Szenario ist, daß die Trajektorie im Phasenraum stark von den gewählten Anfangsbedingungen abhängt, sie überall instabil ist und sich ein kontinuierliches Geschwindigkeitsspektrum ergibt [17]. Ein typisches Beispiel für einen solchen Zustand ist der Lorenzattraktor [18]. Der Typ-II bezeichnet das Periodenverdopplungs-Szenario, bei dem die Turbulenz aus einer unendlichen Folge von Periodenverdopplungen (Feigenbaum-Sequenz [19]) ensteht. Hierzu kommt es, wenn der Grenzzyklus gegenüber Störungen mit der halben Frequenz instabil wird. Der dritte Weg zur Turbulenz (Typ-III) findet über ein Intermittenz-Szenario statt. Hierunter versteht man ein Zeitsignal, bei dem reguläres Verhalten mit irregulärem Verhalten abwechselt (siehe Bild 2, rechts). Die Fluktuationen, die sich in der Strömungsgeschwindigkeit bemerkbar machen, sind sowohl räumlich als auch zeitlicher Art. Im Zustands- oder Phasenraum kann man sich diesen Prozeß so vorstellen, daß am kritischen Punkt eines Kontrollparameters (z.B. Re) der stabile Grenzzyklus mit einem instabilen zusammenfällt und sich beide gegenseitig vernichten (Sattel-Knoten Bifurkation). Typisch ist, daß am Übergangspunkt die Trajektorie lange in dessen Umgebung, d.h. im Einzugsgebiet des ehemaligen Grenzzyklusses verbleibt und sich nur für kurze Zeit und auf nicht vorhersagbaren Bahnen in anderen Bereichen des Zustandsraumes aufhält [20]. Wird der Kontrollparameter weiter erhöht, so vergrößert sich die Anzahl dieser Exkursionen, bis keine reguläre Dynamik mehr existiert, d.h. sich das System vollständig turbulent verhält. In vielen Untersuchungen sind bis heute diese drei Transitionsszenarien auch experimentell am Beispiel der Taylor-Couette Strömung oder der Rayleigh-Bérnard-Konvektion nachgewiesen worden.

2.3 Stabilitätsanalyse

Was für weitere Möglichkeiten bietet die Chaosforschung bzw. die Theorie dynamischer Systeme? Eine der wichtigsten und aussagekräftigsten Methoden zur Untersuchung dynamischer Systeme ist die Stabilitätsanalyse. Zum Beispiel läßt sich mit ihr vorhersagen, welches Transitionszenario ein System im Übergang zur Turbulenz durchlaufen wird [21]. Einen guten Überblick über die Methoden zur Stabilitätsanalyse bietet das Buch von Jordan und Smith [22]. In dieser Arbeit soll die Art der Instabilität eines Systems mit Anwendung der Floquet-Theorie untersucht werden.

Um die Floquet-Theorie auf ein System anzuwenden, geht man in folgenden Schritten vor: Zunächst berechnet man sich die Grundlösung des Systems, z.B. aus einer Bewegungsgleichung der Form

$$\dot{\vec{a}} = \vec{f}(\vec{a}). \tag{1}$$

Diese Gleichung kann sowohl eine aus experimentellen Daten rekonstruierte Differentialgleichung sein als auch ein, aus den Grundgleichungen abgeleitetes, autonomes Differentialgleichungssystem darstellen. Das Vektorfeld $\vec{f}$ generiert einen Fluß $\vec{\Phi}$, d.h. eine Trajektorie, die $\vec{a}$ im Zeitpunkt $t = 0$ passiert, die für $t > 0$ bei $\vec{\Phi}_t(\vec{a})$ zu finden ist. Das dynamische System (Gl. 1) hat eine T-periodische Lösung, wenn ein Ausdruck $\vec{a}_0$ existiert, für den gilt

$$\vec{a}_0 = \vec{\Phi}_t(\vec{a}_0). \tag{2}$$

Die Stabilität der periodischen Lösung

$$\vec{a}_0(t+T) = \vec{a}_0(t) \tag{3}$$

kann nun untersucht werden, indem man die Entwicklung von infinitesimalen Störungen $\vec{a}'$ bezüglich des Systems betrachtet. Wird dazu die Ausgangsgleichung hinsichtlich $\vec{a}_0(t)$ linearisiert, so erhält man ein System von linearen, gewöhnlichen Differentialgleichungen der Form

$$\dot{\vec{a}}' = J(t)\vec{a}', \tag{4}$$

der sogenannten Störungs- oder Floquet-Gleichung, wobei $J(t)$ eine T-periodische Jakobi-Matrix $\frac{\partial \vec{f}}{\partial \vec{a}}|_{a_0(t)}$ definiert. Sei nun $W(t) := \vec{a_1}', \ldots, \vec{a_n}'$ die allgemeine Matrix mit den n linear unabhänigen Lösungen $\vec{a_i}'$ in ihren Spalten, so kann damit die Floquet-Matrix F durch die Beziehung $W(t+T) = W(t)F$ definiert werden. Danach wird numerisch das Eigenwertspektrum der Floquet-Matrix berechnet und daran anschließend die Eigenwerte μ dieser Matrix bestimmt. Diese sogenannten Floquet-Multiplier $\mu = \mu(Re\mu, Im\mu)$ stellen die Lösung des betrachteten Stabilitätsproblems dar.

Gedeutet werden nun die Eigenwerte der Floquet-Matrix nach bekanntem Prinzip. Besitzen alle berechneten Floquet-Multiplier einen Wert kleiner Eins, dissipieren die Störungen und der Zustand ist stabil. Existiert hingegen ein Multiplier außerhalb des Einheitskreises, so ist der Zustand instabil. Der Grenzwert Eins wird dabei durch geeignete Normierung des Gleichungssystems erzielt (siehe auch [22, 9]). Die Instabilität einer periodischen Lösung kann dann durch eines der drei oben diskutierten Transitionsszenarien klassifiziert werden. Überschreitet z.B. ein reeller Floquet-Multiplier den Einheitskreis bei $+1$ für veränderliche Störungsamplituden Γ und -frequenzen Ω, so kann ein Intermittenz-Szenario (Typ-III) auftreten. Die Überschneidung eines komplex konjugierten Paares mit dem Grenzzyklus führt zu einer Hopf-Bifurkation (Typ-I). Passiert hingegen ein reeller Floquet-Multiplier den Einheitskreis bei -1, so

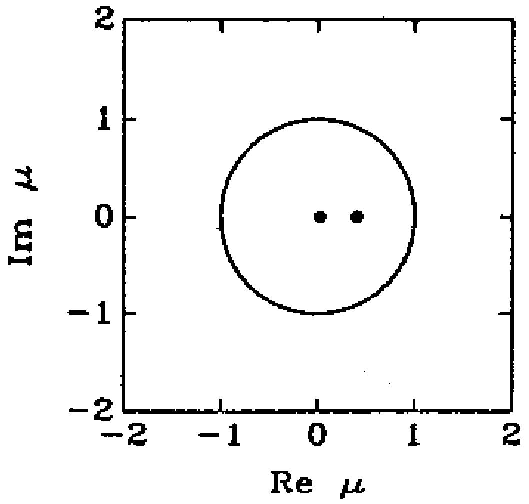


Bild 3: Typische Floquet-Multiplier Darstellung einer angeregten Wirbelstraße. $\Gamma = 0,5$ und $\Omega = 1,05$. Der Radius der Kreise ist gleich eins. Die hierzu verwendete Bewegungsgleichung resultierte aus der Rekonstruktion einer Differentialgleichung für einen stationären Zustand bei $Re = 100$ [9].

kann ein Periodenverdopplungsszenario (Typ-II) erwartet werden.

Als Illustration einer Stabilitätsanalyse ist eine typische Floquet-Multiplier-Darstellung für eine periodische Wirbelstraße in Bild 3 für $\Gamma = 0,5$ und $\Omega = 1,05$ gezeigt. In allen berechneten Fällen verließen die kritischen Multiplier den Einheitskreis in der Nähe von $+1$. Dies bedeutet, daß die Instabilität der Wirbelstraße durch ein Intermittenz-Szenario sehr wahrscheinlich ist. Diese Aussage kann nach bisherigen Untersuchungen auch experimentell bestätigt werden [9] (siehe Bild 2).

3. Zusammenfassung

Durch die Anwendung von Methoden aus Chaostheorie und der Theorie Dynamischer Systeme ist das Turbulenzproblem zwar noch nicht gelöst, jedoch wurden in den letzten Jahren wichtige Erkenntnisse über dessen Entwicklungsmechanismus, d.h. der Transition gewonnen. Es läßt sich z.B. zeigen, daß eine chaotische Dynamik bei offenen Systemen wie einer Wirbelstraße sehr unwahrscheinlich ist [9]. Im Vergleich dazu findet man in geschlossenen Systemen häufiger chaotische Zustände, die aus den Randbedingungen des Systems resultieren könnten. Zudem konnten durch neue Ansätze wie Entropiebetrachtungen [23, 16] Modenanalysen [24] oder durch Kopplung niederdimenionaler Modellgleichungssysteme [25] Fortschritte im Bereich der Turbulenzerforschung gemacht werden, bzw. interessante Analogien zwischen mathematischen Modellen und experimentellen Beobachtungen gefunden werden.

Literatur

[1] H. Poincaré, Mémoire sue les cóurbes défines par les équations différentielles I-VI, Oeurvre I, Gauthier-Villar: Paris, (1880).
Les Methodes Nouvelles de la Mechanics Celeste, 3. Vols, Gauthier-Villar: Paris, (1899)

[2] J. Birkhoff, Dynamical Systems, A.M.S. Publications: Providence (1927)

[3] A.M. Ljapunov, Probléme Général de la Stabilité du Mouvement, Annals of Mathematical Studies, Vol. 17, Princton University Press: Princton, (1949)

[4] H.L. Swinney und J.P. Gollup, Phys. Today **31 (8)**, 167 (1978)

[5] M. Dubois und P. Bergé, J. Phys. (Paris) Let. **43**, L 295 (1982)

[6] G. Pfister, In: Flows of real fluids, Lecture notes in Physics, Springer Verlag, **235**, 199 (1985)

[7] T. Mullin, IMA J. Appl. Math. **40**, 1 (1990)

[8] D. Ruelle und F. Takens, Comm. Math. Phys. **20**, 167 (1971)

[9] F. Ohle, Max-Planck-Institut für Strömungsforschung Göttingen, Report 17/1992, (1992)

[10] M. Van Dyke, An Album of Fluid Motion, The Parabolic Press, Stanford, California, S. 31, S. 89

[11] J.O. Hinze, Turbulence, McGraw-Hill, New York, (1959)

[12] J. Guckenheimer und P. Holmes, Nonlinear Oscilations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields, Applied Mathematical Sciences 42, Springer-Verlag, New York

[13] A. Hübler und E. Lüscher, Naturwissenschaften **76**, 67 (1989)

[14] A.J. Cremers und A. Hübler, Z. Naturforsch. **42a**, 797 (1987)

[15] L.D. Landau, C. R. Dokl. Acad. Sci. USSR **44**, 311, (1944)
L.D. Landau und E.M. Lifschitz, Course in Theoretical Physics, Fluid Mechanics, Pergamon Press, 108 (1987)

[16] H. Effinger und S. Grossmann, Z. Phys. **B66**, 289 (1987)

[17] S. Newhouse, D. Ruelle und F. Takens, Comm. Math. Phys. **64**, 35 (1978)

[18] E.N. Lorenz, J. Atmospheric Sci. **20**, 130 (1963)

[19] M.J. Feigenbaum, Physica **7D**, 16 (1983)

[20] Y. Pomeau und P. Mannville, Comm. Math. Phys. **74**, 189 (1980)
P. Mannville und Y. Pomeau, Physika D **1**, 219 (1980) & Comm. Math. Phys. **77**, 35 (1980)

[21] H.G. Schuster, Deterministic Chaos, VCH Verlagsges., Weinheim, 181 (1989)

[22] D.W. Jordan und P. Smith, Nonlinear Ordinary Differential Equations (2. ed), Clarendon Press, Oxford, (1987)

[23] C. Voigt, Eine quatitative Theorie der lokalen isotropen Turbulenz, Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, (1991)

[24] U. Boberg und U. Brosa, Naturwissenschaften **80**, 321 (1991)

[25] N. Aubry, P. Holmes, J.L. Lumley und E. Stone, Physica D, **37**, 1 (1989)

Bericht über die Dynamics Days 1993

Hier der Bericht über die *Dynamics Days 1993*. Ich will mich diesmal etwas kürzer fassen als sonst.

Ort: Schloß Rydzyna, 80km südlich von Posen, wie letztes Jahr. Barockschloß des Königs Stanislaw Lescinski. Hotel, Restaurant, Bar und Konferenzräume. Qualität: akzeptabel für hiesige Verhältnisse, exzellent für dortige Verhältnisse, sehr preiswert.

Zeit: Anreise 8.6, Abreise 12.–13.6.1993; Wetter: gut

Teilnehmer: angemeldet 235, erschienen 196 einschließlich Organisatoren und eingeladenen Sprechern davon gesponsort: 104 (örtliche Unkosten), darunter alle eingeladenen Sprecher und alle 74 Ostblockteilnehmer. Teilnehmerzahl aus westlichen Ländern rückläufig (Geldmangel).

Finanzierung: 15 000,– ECU $\approx$ 30 000,–DM von EG $320 \cdot 10^6$ Zl $\approx$ 32 000,–DM von der Ges. f. Polnisch–Deutsche Zusammenarbeit Gesamtumsatz: $\approx$ 100 000,– DM (ohne KFA Eigenleistungen),

Organisatoren: Chairman: Dr. P. Pieranski, Posen, Inst.f.Molekularphysik der poln. Akad. der Wissenschaften (sehr engagierter, tüchtiger Mann !) Vice chairman: G. Eilenberger, Jülich. Verantwortlich für Finanzierung und für die gesamte Kommunikation mit Interessenten und Teilnehmern außerhalb Polens (mit Frau Hake, Dr. Lustfeld und 2 Doktoranden)

wiss. Programm: 11 eingeladene Hauptvorträge (1–stündig). Von ursprünglich 13 geplanten sind zwei ausgefallen. 22 ausgewählte Beitrage (20–minütig), etwa 150 Posterbeiträge in großzügig gestalteten Postersitzungen während dreier Tage — Hauptsache des workshops: “Markt der Ideen und Fortschritte”

Kulturprogramm: Arts of Chaos – Ausstellung. Örtliches Blechbläserensemble, “Camp fire” mit Grill und polnischer Folklore im Park.

Beurteilung: von Teilnehmern sehr positiv bewertet Organisatoren sind sehr zufrieden.

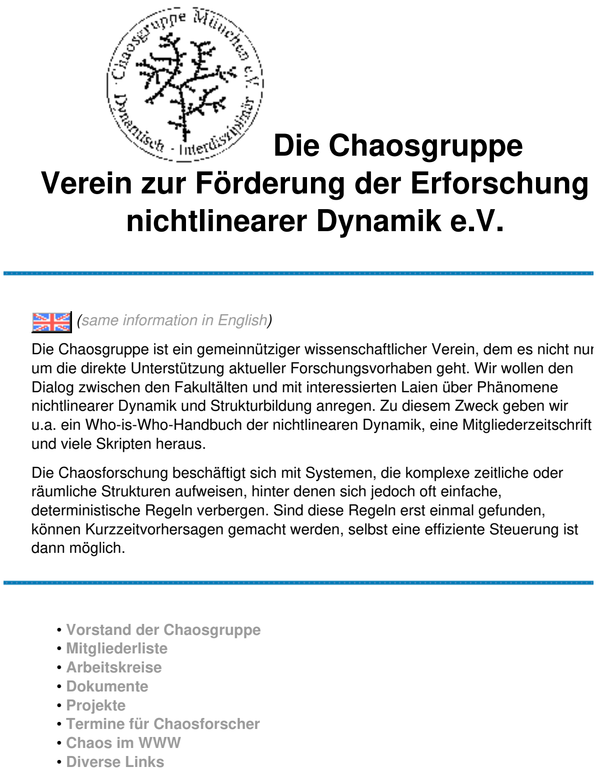
Künftige DD: 1994: Budapest, 15.–18.6. Organisatoren: Dr. T. Tél, Budapest, G. Eilenberger, Jülich. 1995: noch unklar, möglicherweise mit Prof. Ciliberto, Lyon; sonst vielleicht künftig nur noch zweijähriger Zyklus. 1996: wieder Rydzyna, wie 1993.

Gert Eilenberger

Was ist das World Wide Web?

Eine kurze Einführung in das Internet-Medium, das gegenwärtig die Kommunikation in der Wissenschaft revolutioniert — Von Werner Eberl

Vereinfacht gesprochen ist das World Wide Web (WWW) ein einziges riesiges elektronisches Lexikon. Man schlägt es auf einer bestimmten Seite auf (z.B. bei „Chaotische Nachrichten Nr.32“) [1] und liest was da so drin steht. Fettgeschrieben sind dabei diejenigen Worte, zu denen es eine genauere Erklärung auf einer anderen Seite gibt. Diese Seite kann man dann durch Mausklick anwählen. Auf dieser Seite sind dann wieder Querverweise zu anderen Seiten usw. In den Seiten (oder als Anhang) können auch Bilder, Sounds und Videos enthalten sein, die dann automatisch erscheinen oder erklingen.



Die Chaosgruppe
Verein zur Förderung der Erforschung nichtlinearer Dynamik e.V.

(same information in English)

Die Chaosgruppe ist ein gemeinnütziger wissenschaftlicher Verein, dem es nicht nur um die direkte Unterstützung aktueller Forschungsvorhaben geht. Wir wollen den Dialog zwischen den Fakultälten und mit interessierten Laien über Phänomene nichtlinearer Dynamik und Strukturbildung anregen. Zu diesem Zweck geben wir u.a. ein Who-is-Who-Handbuch der nichtlinearen Dynamik, eine Mitgliederzeitschrift und viele Skripten heraus.

Die Chaosforschung beschäftigt sich mit Systemen, die komplexe zeitliche oder räumliche Strukturen aufweisen, hinter denen sich jedoch oft einfache, deterministische Regeln verbergen. Sind diese Regeln erst einmal gefunden, können Kurzzeitvorhersagen gemacht werden, selbst eine effiziente Steuerung ist dann möglich.

- Vorstand der Chaosgruppe
- Mitgliederliste
- Arbeitskreise
- Dokumente
- Projekte
- Termine für Chaosforscher
- Chaos im WWW
- Diverse Links

Bild 1: Der Anfang der Welcome-Page der Chaosgruppe im WWW. Bestimmte Worte des Textes sind Querverweise zu anderen Dokumenten, die durch Anklicken des Wortes erscheinen.

Bis hierhin nennt sich das ganze Hypertext oder Hypermedia und kann auch lokal auf einem einzigen Rechner verwendet werden, etwa um spannende Dokumente für einen Sprachkurs o.ä. zu erstellen. Das besondere am WWW ist nun, daß die Dokumente auf irgendeinem der zigtausend WWW-Server auf der ganzen Welt liegen können. Die verfügbare Information geht damit in die Größenordnung von 10^{13} Byte. Nochdazu ist die Information maximal aktuell, weil die Information nicht vom Anbieter per Post versendet wird, sondern direkt vom Leser online abgefragt wird. Die Information ist also sofort verfügbar, wenn der Autor das Dokument auf den Server legt. Eine Reihe von Dokumenten wird automatisch (z.B. täglich) erzeugt, etwa Wetterbilder oder Auszüge aus Terminlisten.

WWW ist aber noch mehr als nur WWW. Es bietet über eine einheitliche Schnittstelle auch Zugang zu Gopher-, ftp-, News- und telnet-Dokumenten. Die anderen Schnittstellen wie xgopher werden damit überflüssig. Als Benutzer merkt man kaum noch, von wo auf der Welt und von welcher Serverart das Dokument kommt. Auf den Servern können auch gezielt Prozesse gestartet werden, die ein bestimmtes Dokument sofort berechnen. So berechnet z.B. der Postleitzahlen-Server in einer Sekunde die Seite, auf der die Antwort zu der Anfrage steht, die man gerade vorher mit einem Hypertext-Formular abgeschickt hat.

Den Durchbruch schaffte WWW allerdings erst mit der Einführung einer extrem benutzerfreundlichen Schnittstelle, dem Mosaic vom NCSA in Illinois. Erst damit war die Integration von Sound und Bildern, die ansprechenden Formulare und die Verwaltung von Ankerpunkten möglich. Letzteres ist wichtig, weil man sich sonst leicht in der Tiefe der Querverweise verliert. Xmosaic läuft unter X auf UNIX-Workstations; seit einiger Zeit gibt es aber auch Versionen für MS-Windows und Apple-Mac. Für andere Rechner gibt es auch Schnittstellen (sog. Browser), die allerdings nicht so ansprechend sind, wie Mosaic.

[1] URL: http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/Dokumente/chaonen32.ps

Wie komme ich mit meinem PC ans WWW ?

Ein kleiner Ablaufplan

1. *Habe ich einen direkten Anschluß ans Internet oder kann ich bei meinem Rechenzentrum per Modem eine PPP- oder SLIP-Verbindung aufbauen?* (Beim Rechenzentrum erfragen)
   Ja: Dann können Sie einen eigenen Browser installieren; weiter bei 5

2. *Läuft X-Windows (nicht MS-Windows!) auf meinem PC und habe ich ein schnelles Modem ($\geq$ 9600 Baud) ?*
   Ja: Dann können Sie xmosaic auf einem anderen Rechner starten; weiter bei 10

3. *Kann ich per Modem eine telnet-Verbindung aufbauen und kann mein Terminalprogramm ein VT100 emulieren?*
   Ja: Dann verwenden Sie lynx als Browser; weiter bei 11

4. *Kann ich per Modem email in alle Welt verschicken?*
   Ja: Dann können sie die WWW-Seiten per email anfordern; siehe Bild unten; ENDE
   Nein: WWW ist ein globales Netz. Sie müssen sich also irgendwie an das Netz einkoppeln. Dazu brauchen Sie:
   a) einen Homecomputer (gebraucht ab ca. 50 Mark)
   b) ein Modem (gebraucht ab ca. 20 Mark)
   c) ein Terminalprogramm (public domain)
   d) eine Telefonnummer und eine Accountnummer von einem Rechenzentrum in Ihrer Nähe. Für Studenten und Wissenschaftler ist dies im Regelfall kostenlos am Uni-Rechenzentrum möglich, für Privatpersonen gibt es eigene Vereine, die den Zugang vermitteln. Die Gebühren liegen zwischen 50 und 600 DM pro Jahr. Eine (unvollständige) Liste der Organisationen findet sich im nächsten Artikel in dieser Ausgabe. ENDE

5. *Habe ich eine UNIX-Workstation mit X-Windows?*
   Ja: Dann holen Sie sich xmosaic per ftp von ftp.ncsa.uiuc.edu. ENDE

6. *Habe ich eine schwarze NeXT ohne X-Windows?*
   Ja: Dann holen Sie sich OmniWeb per ftp von ftp.omnigroup.com. ENDE

7. *Habe ich einen Apple Macintosch?*
   Ja: Dann holen Sie sich MacMosaic per ftp von ftp.ncsa.uiuc.edu. ENDE

8. *Habe ich einen PC mit MS-Windows?*
   Ja: Dann holen Sie sich WinMosaic per ftp von ftp.ncsa.uiuc.edu. ENDE

9. Hierher sollten Sie gar nicht kommen. Oder Sie haben einen ausgefallenen Rechner. Schreiben Sie mir bitte einen (Leser-)Brief.

10. Sie brauchen einen Account auf einem UNIX-Rechner, auf dem xmosaic läuft.
    Den bekommen Sie bei einem Uni-Rechenzentrum oder evtl. auch bei einem privaten Internet-Verein. Sie müssen dann mit xhost (oder besser xauth) den Fremdrechner autorisieren und die DISPLAY-Variable des Fremdrechners auf den Namen Ihres Rechners setzen. ENDE

11. Sie brauchen einen Account auf einem UNIX-Rechner, auf dem lynx läuft. Den bekommen Sie bei einem Uni-Rechenzentrum oder evtl. auch bei einem privaten Internet-Verein. Loggen Sie sich ein und starten Sie lynx. Statt der Maus verwenden Sie die Cursortasten. ENDE

```
www http://info.cern.ch
www http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/chaos.html
www http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/Dokumente/mailaccess.txt
```

Ein guter erster Einstieg ins WWW: Senden Sie eine email mit diesem Inhalt an listproc@www0.cern.ch, und Sie bekommen die entsprechenden WWW-Seiten zugesandt!

Privater Zugang zum Internet

Was man braucht ist ein Computer, ein Telefonanschluß, ein Modem und etwas Geduld. Auf alle Fälle muß man zuerst mit einer Institutiom Kontakt aufnehmen, die einen privaten Internet-Zugang bereitstellt. Die Chaosgruppe kann dies leider nur in Fällen übernehmen, bei denen der Anschluß ausschließlich wissenschaftlich genutzt wird. In jedem Fall ist es günstig, sich einen Anbieter zu suchen, der Modemanschlüsse in einem nahen Ortsnetz betreibt.

Auf meine Umfrage hin, wer vielleicht einigen Mitgliedern beim Einrichten eines privaten Internet-Zugangs helfen könnte, meldeten sich:

Stefan Krempl, 089/985056, 089/3209-3464
Ludwig Geiger, 089/535317
Roman Götter, 089/6372648, 3209-2585, -2485

Hier noch eine kleine Liste mit möglichen Kontaktadressen:

Name:	Individual Network e.V.
♡	Untervereine in ganz Deutschland
Adresse:	Scheideweg 65
	D-26121 Oldenburg
Tel.:	0441/980855-6, Fax:-7
email:	IN-GS@Office.Individual.NET

Name:	Gert Doering (greenie.muc.de)
Email:	gert.doering@physik.tu-muenchen.de
Geb.:	15-20 DM/Monat
Fax:	+49-89-3243328

Name:	Muc.De e.V., Seb. v. Bomhard
Adresse:	Frankfurter Ring 193a
	D-80807 München
Telefon:	089/324683-0 (tagsüber)
Geb.:	15–65 DM/Monat

Name:	DFN-Verein e.V.
Adresse:	Pariser Str. 44
	D-10707 Berlin
Tel:	030/884299-24, Fax:-70
email:	dfn-verein@DFN.D400.DE

Name:	CUBE NET
Modem:	089/1498811 (300-14400 Bd)
Geb.:	15,- DM pro Monat

Name:	EUnet Deutschland GmbH
Adresse:	Emil-Figge-Str. 80
	D-44227 Dortmund
Tel:	0231/972-00, Fax:-1111
email:	postmaster@Germany.EU.net

Name:	MAZ Internet Services
Adresse:	Karnapp 20
	D-21079 Hamburg
Tel:	040/76629-1623,-1731, Fax:-199
email:	info@maz.net

Name:	sub-Netz e.V.
Adresse:	Heiko Rupp, Gerwigstr. 5
	D-76131 Karlsruhe
Tel:	0721/9661521, Fax:661937
email:	info@subnet.sub.net

Name:	Internet Privat e.V.
Adresse:	T. Müller-Gerbes, Mainzer Str. 84
	D-66121 Saarbrücken
Tel.:	0681/842556
email:	IPinfo@saar.de

Name:	rhein-main.de
Adresse:	Oliver Böhmer, Linkstr. 15
	D-65933 Frankfurt/Main
Tel.:	069/39048413

Name:	Toppoint Mailbox e.V.
Adresse:	Eichhofstr. 10
	D-24116 Kiel
Tel:	0431/549050
Modem:	0431/549061 ... 549067

Name:	Mausnetz Regensburg
Modem:	0941/448518

Name:	CompuServe
Telefon:	0130/864643
Geb.:	8$/Monat + Volumengebühren

Die Daten stammen u.a. von M.Sperl, R.Weiss, L.Geiger, R.Fischer, G.Doering sowie natürlich aus dem WWW. Informationen über andere Anbieter finden sich z.B. in c't 7/94. In Kürze wird man bei mir eine ausführlichere Liste bei mir gegen frankierten Rückumschlag + 1DM Briefmarke extra beziehen können. *Werner Eberl*

Die Hypertext-Projekte der Chaosgruppe

Der Einsatz von Hypertext im World Wide Web erlaubt erstmals auf ansprechende Weise eine Zusammenarbeit von Mitgliedern, auch wenn sie örtlich weit voneinander entfernt sind. Folgende Projekte der Chaosgruppe werden vordringlich mit Hypertext realisiert, weil sich hier der Einsatz des neuen Mediums besonders anbietet:

1. Das Who-Is-Who-Handbuch der Nichtlinearen Dynamik

Hier bietet die internationale Vernetzung die Möglichkeit, ein Handbuch zu erstellen, das über die Grenzen des deutschen Sprachraums hinausreicht. Die über Mailing-Lists und Newsgroups angesprochenen Institute können sich selbst in das Who-Is-Who eintragen, da ein mail-fetch-Programm automatisch ankommende emails auswertet.

Auf die Hypertext-Seiten der Institute kann über verschiedene Listen zugegriffen werden, die nach Namen, Fachgebieten, Themen, Orten bzw. Postleitzahlen sortiert sind. Bisher gingen bereits an die einhundert emails von Instituten aus aller Welt ein, die sich registrieren lassen wollten.

Der Einstiegspunkt zum Who-Is-Who ist:
http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/wiw.html

2. Das Chaos-Lexikon

Das Lexikon steht nun auch online zur Verfügung unter: http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/Projekte/Chlex/chlex.html

Hier erscheint es nicht sinnvoll, ein mail-fetch-programm einzusetzen, weil jeder Beitrag durch die Hände eines kompetenten Chaosforschers muß, um die fachliche Qualität zu gewährleisten. Momentan werde ich diese Aufgabe wahrnehmen, würde mich aber auch freuen, wenn jemand anderes sich mit dem Lexikon identifiziert.

3. Die Chaotischen Nachrichten

Unabhängig davon, ob die chaotischen Nachrichten auch in Zukunft noch als Papierexemplare verschickt werden oder nicht, kann man die Ausgaben 25, 26, 27, 30, 31, 32 und alle weiteren auch über WWW abrufen. Der Vorteil ist neben der höheren Funktionalität durch die Hypertext-Features (z.B. „Anklicken der Referenzen") auch eine höhere Aktualität, weil die Kopieraktion und der Versand erfahrungsgemäß einige Wochen dauert. (URL: http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/Dokumente/chaonen.html)

4. Der Terminkalender

Besonders wichtig ist die Akualität beim Terminkalender. Martin Rast (t2372ca@sunmail.lrz-muenchen.de) trägt alle wichtigen Termine in die WWW-Seite http://www.nonlin.tu-muenchen.de/chaos/termine.html ein.

Werner Eberl

Ausstellung in der Medienwerkstatt und im WWW

am 7.11.94 um 18.00 Uhr eröffnet die Medienwerkstatt der Akademie der Bildenden Künste München ihre Galerie <IMAGO>.
Sie sind herzlich „real" in der Medienwerkstatt und „virtuell" im Netzwerk unter der WWW-Adresse http://www.lrz-muenchen.de/Adbk/index.html eingeladen.

In der ersten Ausstellung von <IMAGO> werden KünstlerInnen und StudentInnen der Akademie ihre computergenerierten Bilder, Architektur-Visionen und Klänge ausstellen.

J. Stelkens

Kontakt: Dipl.Ing. J. Stelkens, Akademie der Bildenden Künste, Akademiestr.2, 80799 München, Tel.: 089/3852-177, Fax.: 089/3956-84, email: kl51101@sunmail.lrz-muenchen.de

Meinungen zu den Auswirkungen des WWW

Das Internet und speziell das WWW können zur Ausbildung eines „Global Brain“ führen. (vgl. Abstract in ChaoNen 31) *Gottfried Mayer-Kress*

Je eher wir die Zeitschriften loswerden, desto besser. *David Mermin*

Super Idee, das mit dem WWW. *Henrik Alt*

Für mich und andere, die regelmäßig am Netz sind sicher eine gute Idee. Aber viele der auswärtigen Mitglieder haben kein Email und als fast einzigen Service die Chaonen. Man könnte aber anbieten, daß Leute freiwillig auf die elektronische Ausgabe umsteigen, evtl. mit finanziellem Anreiz, da ja die Arbeit mit Eintüten und Versenden wegfällt. Dann kann ja jemand für den Rest diese Arbeit fest übernehmen (so wie Roman das mit den Doppelpendeln macht) und den entsprechenden Differenzbetrag kassieren. *Ulli Köster*

Eine gigantische intellektuelle Umweltverschmutzung ... *Prof. G. Eilenberger*

Finde ich eine gute Idee ... *Matthias Ditsch*

Thanks for the information on your handbook. It is truly an excellent service for the field. I will be happy to send in a ‘page’ for the handbook, and will do so this weekend. *Louise Comfort*

Es ist alles offen, und das macht es spannend.
. *DMV-Präsident Martin Grötschel*

Vertrieb umgestellt

1. Bücher, Skripten, Software

Um einen sicheren Vertrieb der Produkte der Chaosgruppe zu gewährleisten, wurde der Vetrieb an den Verlag Kunst & Alltag übergeben. Wolfgang Baur, der Eigentümer des Verlags, ist Gründungsmitglied der Chaosgruppe; in bessere Hände als in diese hätte man diese Arbeit nicht geben können.

Der Verlag Kunst & Alltag kann auch alle im Buchhandel erhältlichen Bücher bestellen und ohne zusätzliches Porto versenden.

Am besten geht die Bestellung per Fax an:
Verlag Kunst & Alltag
Gartenstr. 1
D-80809 München
Tel./Fax: 089/3082348

2. Skripten der Arbeitskreise

Die Skripten, die speziell von Arbeitskreisen als Arbeitsunterlagen erstellt werden, sind direkt bei den AK-Leitern zu beziehen. Dies gilt momentan insbesondere für den AK Kunst/Musik (Elisabeth Zahner, Tel. 089/555109) und den AK Didaktik (Dieter Beckmann, Tel. 089/8348914).

3. Doppelpendel

Das Doppelpendel aus Aluminium kann bei Roman Goetter (Tel. 089/6372648 oder email: rgoetter@cip.physik.tu-muenchen.de) bezogen werden.

Neue Workstation

Die Firma Esmarch Datentechnik[1] hat uns eine HP-Workstation im Wert von DM 8.000.– geschenkt.

Es handelt sich um eine gebrauchte Hewlett-Packard-Workstation des Typs HP 9000 / 319 C Plus mit 17” Farbdisplay, 4 MB Memory, 340 MB HP-IB Platte, Streamer 9144A (16/67 MB), Environment Development (Motif, C, Pascal usw.), Dokumentation und HP-UX Unix. Der Internet-Name unseres neuen Rechners ist: alfred.nonlin.tu-muenchen.de

Da der Rechner nicht sehr schnell ist, wird er von uns vor allem als X-Terminal (z.B. für WWW) und als ftp-server eingesetzt. Die Anpassung der Rechnerkonfiguration an unsere Netzstruktur gelang Stefan Krempl.

Vielen Dank!

[1] Die Firma erstellt systemnahe Software für UNIX. Kontaktadresse: Wolfgang Esmarch, Wolfratshauser Str. 195, D-81479 München, wolfgang@esmarch.de, Tel. 089/749848-0, Fax: -33

Terminkalender

Daten gesammelt von Martin Rast (t2372ca@sunmail.lrz-muenchen.de)

17.11.1994
Chaos and Biology: Simple Rules and Complexity in Space and Time. Vortrag von Robert M. May, Dept. of Zoology, Univ. Oxford , *Der Vorlesungszyklus „CHAOS - Ein Dialog zwischen den Wissenschaften“ dauert das ganze Wintersemester*, Frankfurt/Main, JWG-Uni, Phys. Inst., Robert-Mayer-Str. 2-4, 1. Stock, großer Hörsaal, 18 Uhr, K: Info: wgrothe@whu-koblenz.de

19.11.94
Jahrestagung der Chaosgruppe e.V.: Chaos und Strukturbildung ’94: 4. öffentliches, interdisziplinäres Symposium zu Theorie, Anwendung und Didaktik Nichtlinearer Dynamik. , *Hauptvortrag: O.Rössler (Univ. Tübingen), „Chaos als zweite Objektivität“*, TU München, K: Chaosgruppe e.V, Amalienstr. 11a, D-80333 München, rahammer@cip.physik.tu-muenchen.de

21.11.-25.11.1994
Complex Dynamics in Higher Dimensions, München, K: pfitzner@rz.mathematik.uni-muenchen.de

05.12-09.12.1994
Integrable Hamiltonia Systems (Votragsreihe von Prof. Fomenko und Prof. Bolsinov, Moscow State University, Russia) , Universität Bremen, Gebäude NW1, Raum W1180, Germany, K: awittek@physik.uni-bremen.de

09.12.-10.12.1994
The Role of Dynamics and Representation in adaptive Behaviour and Cognition , Palacio de Mirmar, San Sebastian, Spain, K: sfrbizia@si.ehu.es

17.01.-18.01.1995
11th Israeli Symposium on Artificial Intelligence , Jerusalem, K: Shaul Markovitch, 11th IAI, Computer Science Dep., Technion, Israel Inst. of Technology, Haifa, 32000, shaul@cs.technion.ac.il

07.02.-10.02.1995
Fractals in the natural and applied sciences , Marseille, K: novak@kingston.ac.uk

11.02.1995
3rd Interdisciplinary Conference on Evolutionary Systems , Washington, D.C., K: WESS Conference III, c/o Jerry LR Chandler, 837 Canal Drive, McLean, VA, 22102, chandler@casa.nids.nih.gov

13.02-24.02.1995
Chaos - The Interplay Between Stochastics & Quanta , Karpacz Winter School, Karpacz, Wroclaw PL, K: karp95@ift.uni.wroc.pl

21.02.-24.02.1995
Interdisciplinary meeting on integrable systems (RCP 264): Nonlinearity and integrability - from mathematics to physics , Montpellier, France, K: rcp@lpm.univ-montp2.fr

04.03-05.03.1995
Special Session in Ergodic Theory , Hartford, CT, K: Cessar Silva, Mathematics Department, Williams College, Williamstown, MA 01267, csilva@williams.edu

11.03.-14.03.1995
Dynamical Systems and Related Topics , University of Maryland at College Park, K:

17.03-19.03.1995
2nd Annual Meeting of the Society for Nonlinear Dynamics and Econometrics , , K: jaditzt@oplc.psb.bls.gov

20.04.-24.04.1995
Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft , *Zwei Themenkomplexe: Chaos und Fraktale, Niederdimensionale feldtheoretische Modelle*, Berlin, K:

26.03.-30.03.1995
SoftStat ’95 , Heidelberg, Germany, K: ZUMA, Postfach 122155, D-68072 Mannheim

03.04.-07.04.1995
27. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie , *extra session on: Modelle der räumlichen und sozialen Mobilität*, Halle an der Saale, K:

18.04.-21.04.1995
ICANNGA95 International Conference on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms , Ecole des Mines d'Ales, France, K:

16.05.-20.05.1995
7th international Conference on Random Structures & Algorithms , Atlanta, Georgia, K: Andrzej Rucinski, Dep. of Discr. Math., A. Minkiewicz University, Matejki 48/49, 60–769 Poznan, Poland, rg95@plpuam11.amu.edu.pl

21.05.-24.05.1995
Third SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems , Snowbird, Utah, K: meetings@siam.org

26.05.-27.05.1995
First ICSC International Symposium on Fuzzy Logic , ETH Zurich, Switzerland, K: ICSC-Sekretariat, P.O. Box 657, CH-8055 Zuerich

25.06.-29.06.1995
AMS Summer Workshop in Smooth Dynamical Systems and Dimension Theory , Univ. of. Washington, Seattle, K: Yokov Pesin, Penn. State Univ., pesin@math.psu.edu

05.07.-08.07.1995
10th Int. Conference on Mathematical and Computer Modelling and Scientific Computing , Boston Marriot Hotel Copley Place, Boston, MA, U.S.A., K: avula@umr.edu

10.07.-14.07.1995
3rd Technical Conf. on Nonlinear Dynamics (Chaos) and Full Spectrum Processing , Mysitc, Connecticut, USA, K: katzra@nl.nuwc.navy.mil

15.07.-20.07.1995
ICGA-95: 6th Int. Conference on Genetic Algorithms , University of Pittsburgh, Pittburgh, Pennsylvania, K: rob@comec4.mh.ua.edu

9.10.-11.10.1995
Motion Control , Lehrstuhl B für Mechanik, TUM, K: Prof. Dr.-Ing. F. Pfeiffer, TUM, D-80290 Muenchen, Germany, Tel:+49 89 2105 3201, Fax: +49 89 2105 3209, ifacmoco@lbm.mw.tu-muenchen.de

Chaos in Würzburg

Gleich zwei Veranstaltungen hintereinander gab es vom 26.09. bis 03.10.1994 in der schönen Stadt Würzburg. Zuerst eine Autumn School on Nonlinear Analysis of Time Series und anschließend einen Workshop on Nonlinear Dynamics, Fractality and Selforganisation of Complex Systems. Die Rednerliste war gut ausgesucht. Neben den bekanntermaßen spannenden Vorträgen unserer Mitglieder Hübler und Mayer-Kress (Urbana) und Meesmann (Würzburg) hat mich besonders der Vortrag von Prof. Grassberger aus Wuppertal beeindruckt.

Grassberger betonte ausdrücklich, daß die von ihm entwickelte Methode zur Abschätzung der Einbettungsdimension nicht unvorsichtig verwendet werden darf, außer, wenn die Dimension maximal 3 beträgt. In letzterem Fall sollte es aber auch nicht nötig sein, die Dimension überhaupt zu berechnen. Diese selbstkritische Betrachtung war vorbildhaft und gleichzeitig eine Ermahnung an alle populärwissenschaftlichen Dozenten, selbst noch einmal mit gesundem Menschenverstand über die scheinbar so etablierten Methoden der sog. „Chaostheorie“ nachzudenken.

Abschließend liegt es mir noch am Herzen, mich bei den Herren Organisatoren Meesmann, Kniffki und Scharf zu bedanken, vor allem auch für das edle Rahmenprogramm, wo sie Mut zeigten, auch moderne Musik aufzuführen.

Einen ausführlicheren Bericht wird Dr. Meesmann in der nächsten Ausgabe veröffentlichen.

Werner Eberl

Bericht über Dynamics Days Budapest 1994

H. Lustfeld, Forschungszentrum Jülich

Der diesjährige workshop Dynamics Days fand vom 15.-18. Juni 1994 im Agrohotel in Budapest bei strahlendem Wetter statt. Die Organisation stand unter der Leitung von T. Tél, Universität Budapest und von G. Eilenberger, KFA Jülich.

Im Unterschied zu den früheren Dynamics Days gab es diesmal keine Kurzvorträge sondern 20 Vorträge der eingeladenen Sprecher und daneben Postersitzungen. Bei der großen Anzahl der Poster (mehr als 240) und der Vielfalt der in ihnen behandelten Themen war das eine sehr angenhme Neuerung, die es erlaubte, mit den Autoren der Poster weniger hektisch zu diskutieren als das in den vergangenen Jahren der Fall war.

Die Teilnehmeranzahl der dynamics days betrug 295, davon 28 aus nichteuropäischen Staaten (15 allein aus USA). Auf die Länder verteilt ergibt sich folgendes Bild der Teilnehmer: aus Deutschland 72, Ungarn 38, Rußland 29, Polen 21, USA 15, Österreich 12, Großbritannien 11, Frankreich 10. Aus allen anderen Ländern kamen weniger als 10 Teilnehmer.

Die nächsten Dynamics Days in Europa werden 1995 in Lyon stattfinden. Sie werden von S. Ciliberto und J.-F. Pinton organisiert werden.

Während in den Postersitzungen alle Themen der nichtlinearen Dynamik abgedeckt wurden, ergaben sich bei den Vorträgen der eingeladenen Sprecher drei Schwerpunkte:

- Quantenchaos - klassische und quasiklassische Näherung
- Turbulenz und daran angrenzende Probleme
- Kontrolle des Chaos

Ich möchte aus diesen Themenkreisen über einige Vorträge berichten.

D. Weiss (Stuttgart),
Complex electron dynamics in antidot arrays

Auf einem 2 dimensionalen Gitter werden lithografisch Defekte mit abstoßendem Potential (antidots) aufgebracht, aber in *periodischer* Anordnung. Im Prinzip ist das eine feine Sache, denn man kann durch Wahl dieser künstlichen Gitterkonstante stufenlos vom klassischen Bereich in den der Quantenmechanik kommen. In der Praxis hat man allerdings den Bereich kleinerer Gitterkonstanten nicht erreicht, so daß man die Bewegung der Elektronen in diesem Supergitter klassisch beschreiben kann. Man sieht die folgenden Effekte: Bei Anlegen eines Magnetfeldes sind gerade die geschlossenen Bahnen stabil, die entlang der Potentialmulden laufen. Da sie keinen Beitrag zum Magnetwiderstand liefern, erscheint die effektive Teilchendichte kleiner. Je nachdem, wie groß B ist, werden diese Bahnen zerstört und man sieht Resonanzspitzen im Magnetwiderstand, an Hand derer die Bahnen identifizieren kann. Auch bei Anlegen eines Magnetfeldes laufen die nicht auf geschlossenen Bahnen befindlichen Elektronen entlang der 'Gitteralleen', also entlang der geradlinigen Potentialmulden, wodurch der Hall Effekt zunächst weitgehend unterdrückt wird. Er kann sogar negativ werden.

S. Grossmann (Marburg),
Turbulent fluid flow

Das plötzliche Einsetzen von Turbulenz infolge einer Störung, die bei höheren Reynoldszahlen minimal sein kann, kann erklärt werden, wenn man sich die lineare Näherung anschaut. Die entsprechenden Operatoren sind nicht hermitesch und daher können die Eigenvektoren beliebig schwach linear unabhängig sein. Dies tritt in der Tat auch auf. Als Konsequenz erfordert auch eine minimale Störung wegen der Fastparallelität große Entwicklungskoeffizienten, wodurch der Gültigkeitsbereich der linearen Näherung sehr klein wird. Darum spielen schon bei sehr kleinen Störungen Nichtlinearitäten eine wichtige Rolle, die ihrerseits den turbulenten Zustand stabilisieren.

I. Procaccia (Rehovot),
Anomalous scaling in turbulence

Kolmogorov hat schon 1941 aus Vergleich der relevanten Einheiten den Schluß gezogen, daß im turbulenten Bereich die q. Potenz der Geschwindigkeitskorrelationsfunktion nach einem Potenzgesetz zerfallen sollte mit der Potenz $q/3$. Dies Verhalten ist für kleine q auch im wesentlichen nachgewiesen worden, dagegen scheint es Abweichungen für große q zu geben. Während viele ad hoc Modelle alles recht gut zu erklären scheinen - bis auf das Modell selbst natürlich - geht P. von der Idee aus, daß die Feinstruktur der Turbulenz lokal 2 dimensionalen Charakter haben könnte. Mit dieser Annahme bekommt P. Korrekturen, die in die richtige Richtung weisen.

L. Kadanoff (Chicago),
Necking and singularities in droplet break-off

Um zu testen, ob partielle DGLen, ausgehend von glatten Randbedingungen zu singulären Lösungen in endlicher Zeit führen können, wird eine besondere Situation untersucht: Eine Flüssigkeit, die auf zwei auseinanderliegende Bereiche konzentriert ist, die durch einen feinen Flüssigkeitsfaden (neck) verbunden sind. Wegen der Oberflächenspannung zu einem weiteren Gas wird sich der Faden immer weiter einengen. Diese Situation ist ähnlich der bei einem tropfendem Wasserhahn. Reißt der Faden in endlicher Zeit, dann hat man eine singuläres Verhalten nachgewiesen. Bei Computersimulationen fand man kein Abreißen des Flüssigkeitsfadens und für sehr dünnen Faden scaling Verhalten. Im Experiment dagegen wurde eindeutig Abreißen nachgewiesen, was aber auf thermische Fluktuationen zurückzuführen ist.

B. Matkowsky (Evanston),
Nonlinear dynamics and pattern formation in combustion

M. behandelt das Problem einer feinen Materialpulvermischung, in der durch Zünden eine chemische Reaktion ausgelöst wird. Diese breitet sich über das gesamte Material aus, wodurch ein neuer Stoff (Metall- oder Keramikverbindung) hoher Festigkeit entsteht. M. hat das System bestehend aus Wärmeleitungsgleichung + Gleichungen, die der Konzentrationsänderung Rechnung tragen, in Ginzburg -Landau Approximation gelöst. Er findet Ausbildung von Temperaturmustern, von besonders heißen Stellen (hot spots), bei Parameteränderung findet er nur endliche Folge von Periodenverdopplung.

J.A. Yorke (College Park),
Controlling chaos

Nach kurzem Eingehen auf den bisherigen Stand der Kontrolltheorie konzentrierte sich Yorke insbesondere auf das Ansteuern eines angestrebten instabilen Orbits auf einem Attraktor. Bisher war es so, daß man einfach abwartete, bis die Trajektorie auf dem Attraktor dem Orbit nahe kam und dann die Kontrolle einschaltete. Dies Verfahren ist besonders dann problematisch, wenn die Dichte des Attraktors in der Umgebung des angestrebten Orbits klein ist. Da auf dem Attraktor selbst die Bewegung sehr instabil ist, d.h. sensitiv auf Parameteränderungen reagiert, ist der Vorschlag von Y., experimentell die Abhängigkeit der Abbildungsfunktion von einem Parameter p in einer kleinen Umgebung zu bestimmen, um dann den Parameter leicht so abzuändern, daß man in größere Nähe zum angestrebten Orbit kommt. Anschließend wird in der neuen Umgebung wieder die Abhängigkeit von p getestet, und dann wieder geändert. Mit dieser Methode – targeting genannt – gelangt man sehr schnell zum angestrebten Orbit – weitaus schneller jedenfalls, als wenn man einfach warten würde.

C. Grebogi (College Park),
Communicating with chaos

G.'s Idee ist, durch Ablaufen von instabilen Orbits eines Attraktors in einer vorgegebenen Weise eine Botschaft zu übertragen, die kodiert ist durch die Symbolfolgen der periodischen Orbits. Dies Verfahren scheint zwei Vorteile zu bieten:
i) wegen der Instabilität der Orbits genügen sehr leichte Steuerimpulse (vgl. targeting im Vortrag von Yorke) um zu einem bestimmten Orbit zu gelangen. Das bedeutet auch, daß bereits intrinsisch eine Verstärkung vorliegt.
ii) Bei geschickter Wahl, Orbits durch Symbolfolgen zu beschreiben, gibt es für jede Symbolfolge sehr viele Orbits, so daß die Sprünge von einem zum nächsten minimiert werden können. Das bedeutet kurze Schaltzeiten. Grebogi führte sein Verfahren am Rössler Attraktor vor und

ging auch kurz auf das Problem ein, daß manche Symbolfolgen nicht zu verifizieren sind (wegen der verbotenen Symbolfolgen).

Poster

Bei den Postern fiel die – verglichen mit früheren Dynamics Days und den Dynamics Days USA – deutlich bessere Darstellung der Themen und der Resultate auf. Dies führte zu einem schnelleren Verständnis und zu besseren Diskussionsmöglichkeiten. Da die Thematik der Poster den gesamten Bereich der nichtlinearen Dynamik abdeckte, war das ein sehr angenehmer Effekt, der von den Teilnehmern honoriert wurde: die Posterstände waren gewöhnlich umlagert. Bei den Diskussionen kam immer wieder zum Ausdruck, wie zufrieden die Teilnehmer mit diesem workshop waren und wie sehr er die Zielsetzung erfüllt, auf neue Schwerpunkte und Trends im Bereich der nichtlinearen Dynamik hinzuweisen.

Proceedings der Jahrestagung 1993 erschienen

Die Proceedings „Chaos und Strukturbildung 1993“ sind jetzt in der Reihe FAKTUM der TU München erschienen. Sie können zum Preis von 25 DM beim Verlag Kunst & Alltag bezogen werden.

Anwendungen der Chaosforschung

Dieter Beckmann stieß auf den Bericht einer Studie zum Thema „Technologie-Analyse Nichtlineare Dynamik“, der 1993 erschien. [1] Hier einige Aspekte des in der Studie referierten Expertengesprächs:

W. Martienssen wies auf die zunehmende Bedeutung der Steuerung und Kontrolle nichtlinearer Systeme hin. Den Anfang machten dazu die Arbeiten von A. Hübler und E. Lüscher an der TU München; in neuerer Zeit spielen auch die Methoden von Ott, Grebogi und Yorke dabei eine Rolle.

In der Strömungsmechanik können jetzt sowohl neue Bereiche der Berechenbarkeit erschlossen werden, wie S. Großmann hervorhob, als auch technische Probleme wie das Flugzeugflügel-Flattern angegangen werden.

Die Anwendung der Nichtlinearen Dynamik auf wirtschaftliche und Management-Probleme scheint sich weiterhin auf die Reflexion einer Paradigmata der Chaosforschung zu beschränken (Beiträge von V. Alexander, W. Kroy, D. Röß).

Materialforschung: Bei Halbleitermikrostrukturen scheint es notwendig zu werden, Nichtlineare Dynamik mit Quantenmechanik zu koppeln (T.Geisel). Materialen mit neuen Eigenschaftsprofilen können durch fraktales Wachstum erzielt werden (H. Müller-Krumbhaar). In der chemischen Technik erscheinen chaotische Abläufe manchmal durchaus wünschenswert, aber momentan noch zu riskant (R. Scheuring).

Kontrovers wurden die Vorträge von W. Weidlich und R. Kühne zur Modellierung von Verkehrsdynamik mit nichtlinearen Gleichungen diskutiert.

[1] Kontaktadressen:
Dr. H. Eickenbusch, VDI-Technologiezentrum, Graf-Recke-Str. 84, 40239 Düsseldorf
Dr. V. Rosenbaum, DECHEMA e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt a. M

„Chaos und Strukturbildung '94"

Vorschau auf das Programm der Jahrestagung am 19.11.1994 in der TU München

Rund um die Vorträge Neben den Arbeiten und Experimenten, die das Thema Chaos und Strukturbildung von der wissenschaftlich didaktischen Seite beleuchten, wird es diesmal auch wieder einige künstlerische Arbeiten zu sehen und zu hören geben. Uraufführung einer fraktalen Komposition von Jörg Schäffer: „Cantorstaub".

Für das leibliche Wohl werden wie im Vorjahr die „Schmeckerlinge" sorgen.

Nach der offiziellen Veranstaltung wird es eine ungezwungene Nachfeier geben.

19. November 1994, 9:30 - 18:00 Technische Universität München Südgelände Barerstr. 23

Eintritt: 10 DM, ermäßigt: 5 DM

Unterstützt von:

Programm:

Hörsaal S 0320

10:00 : Hauptvortrag: Prof. Dr. O.E. Rössler: Chaos als zweite Objektivität

11.30 : Klaus Schröder: PowerPC: Changing for the Better

13:15: Kirsten Kruck: Das Chaos des Flirts – eine Grammatik aus dem Leben

14.00 : Nicole J. Saam: Nichtlineare Dynamik politischer Systeme

14.45 : Steffi Habermeier: Chaosforschung in der „Jurassic Park"

15.30 : Martin Grothe: Strukturbildung in Unternehmen

16.15 : Jörg Schäffer: Uraufführung einer

Hörsaal S 0314

11.30 : Friedrich Dinkelacker: Turbulente Verbrennung - Messung von höchst dynamischen Vorgängen

13.15 : Hans-Christoph Schulz: Experimentelle Einführung in Chaos und Strukturbildung

14.00 : Stefan Odenbach: Konvektion durch Diffusion in magnetischen Flüssigkeiten

14.45 : Jan T. Kim: Messung der Komplexität von Populationen auf der Grundlage von Distanzverteilung

15.30 : Herbert Spohn: Viskosität einer periodischen Flüssigkeit mit zwei harten Scheiben pro Einheitszelle

16.15 : Frank Deser: Der Mensch als nichtlineares dynamisches System

Hörsaal S 1128

11.30 : Bernhard Lani-Wayda: komplizierte Dynamik bei delay- Gleichungen mit global negativer Rückkopplung

13.15 : Werner Eberl: Chaostheorie eine wissenschaftliche Revolution?

14.00 : Andreas Hochecker: Internet - revolutionär wie die Erfindung des Buchdrucks

14.45 : Armin Mayer: Expedition in fraktale Landschaftsstrukturen der Erde

15:30 : Karl W. Kratky: Gemischte logistische Abbildung — Diskussion der

16.15 : Friedrich Heckmann: Bildung geordneter Strukturen bei der Alveolarverwitterung

Seminarraum S 1236

15.30 : Didaktik - Workshop: „Themen Nichtlinearer Dynamik Leitung: Hans-Christoph Schulz

Poster: (u.a. in der Mittagspause ab 12.15)

F. Heckmann: Bildung geordneter Strukturen bei der Alveolarverwitterung

K. Grote und R. Meyer-Spasche: Chaos durch Diskretisierung