

Einführung

Begnügte man sich noch vor wenigen Jahrzehnten hauptsächlich mit der Beschreibung linearer bzw. linearisierter Zusammenhänge, so kristallisierte sich mit der Zeit das Bedürfnis heraus, die ursprünglich meist nichtlinearen Zusammenhänge in ihrer Vollständigkeit zu beschreiben. Diese Entwicklung wurde durch prägnante Richtungen wie die *Synergetik* (H. HAKEN) – hier insbesondere durch die Arbeiten zum Laser –, durch die Untersuchungen über die Möglichkeit von *Selbstorganisation* und *Strukturbildung* – so vor allem durch die Arbeiten zur Thermodynamik fernab vom Gleichgewicht (I. PRIGOGINE) – vorangetrieben. Die Besonderheiten der nichtlinearen Zusammenhänge – z. B. die Selbstähnlichkeiten – werden immer stärker Untersuchungsgegenstand in den verschiedensten Wissenschaften bis hin zur Wirtschaft.

Worin besteht nun das Besondere in der Betrachtung nichtlinearer Systeme? In der Wissenschaft war man meist bestrebt, das zu untersuchende Objekt aus seiner Ganzheit in Teilsysteme zu zerlegen. Diese analytische Methode hat den Vorteil, grundlegende Eigenschaften, wie z. B. die Art der Wechselwirkung, genauer zu untersuchen. Die umgekehrte Methode, die Synthese, sollte in den elementaren Beziehungen ihren Anfang nehmen. Dieser Weg stellte sich bei den nichtlinearen Zusammenhängen jedoch als sehr kompliziert und derzeit nicht begehbar heraus. Man kann schwer auf das Gesamtverhalten schließen, wenn das vertraute Superpositionsprinzip nicht mehr gilt.

Beispielsweise wird das Doppelpendel als Komposition aus zwei gewöhnlichen Pendeln betrachtet. Besitzt das gewöhnliche Pendel ein wohlbekanntes reguläres Verhalten, wie wir es von der Uhr kennen, so zeigt das Doppelpendel in Abhängigkeit von der Auslenkung z. T. überraschende, fast wunderbare Bewegungsformen. Das Dreifachpendel, das den deutschen Pavillon auf der Expo92 zierte, kann man sogar als eine Herausforderung für die Physiker bezeichnen.¹

Es zeigt sich, daß das Verhalten auch in anderen Fällen, z. B. beim Wetter,

¹Richter, P.: *Physik zwischen Chaos und Ordnung – von Pendeln und Planeten*. In: Breuer, R.: *Der Flügelschlag des Schmetterlings*. Mannheim: DVA, 1994. – S. 9

prinzipiell nicht mehr auf lange Zeit vorhersagbar ist und dessen Entwicklung wesentlich vom Ausgangszustand bzw. von der Genauigkeit der Meßdaten abhängt. Ein solches Verhalten wird als chaotisch bezeichnet und erfordert diffizile Methoden der Beschreibung. Faszinierend ist, daß sich auch in dem Wechselspiel von chaotischem und regelmäßigem Verhalten unerwartete Ordnungsprinzipien finden lassen.

Im Einzelfall gelingt es zwar, für spezielle Systeme analytische Lösungen zu finden, jedoch fehlt auch heute noch eine allgemeingültige Beschreibungsweise. Es wurden die verschiedensten Methoden entwickelt, um den Geheimnissen in dieser nichtlinearen Welt auf die Spur zu kommen. Wegen der zumeist bestehenden Unmöglichkeit von geschlossenen Lösungen für die zugrundeliegenden Systemgleichungen haben sich numerische Untersuchungsmethoden immer stärker durchgesetzt.

Das Reich der Nichtlinearität besitzt eine sonderbare Anziehungskraft. Nicht zuletzt durch die Möglichkeiten der Computergrafik wird die Struktur dieser neuen Welt sichtbar. Ihre Formen sind gekennzeichnet durch *Selbstähnlichkeit* – ihre räumliche und zeitliche Dimension ist gebrochenzahlig, d. h. fraktal, im Gegensatz zu der als allgemeingültig anerkannten Ganzzahligkeit der Dimensionen von Raum und Zeit.

In dieser Publikationsreihe werden die beiden Begriffe Synergie und Syntropie mit dem der nichtlinearen Systeme paradigmatisch verknüpft. Die Synergie² ist eine besondere Energie, die für den Zusammenhalt und die Realisierung der funktionellen Aufgaben von Systemen genutzt wird und besonders in nichtlinearen Situationen prägend ist, was die Synergetik zutage förderte.

Eine zweite besondere Energie, die Ordnungsenergie oder Syntropie (H.-P. DÜRR)³, kennzeichnet die strukturelle Höherentwicklung, welche nichtlineare

²Synergie von grch. *συν* „mit“, *εργον* „Werk“: *συνεργεῖν* „etwas gemeinschaftlich bewirken“; in der Psychologie die Energie, die für den Zusammenhalt und die gemeinsame Erfüllung von Aufgaben zur Verfügung steht [Duden]

Synergetik von grch. *συνεργητικός* „mitarbeitend“: Interdisziplinäres Forschungsgebiet; stellt hauptsächlich die Verbindung zwischen der Theorie dynamischer Systeme und der statistischen Physik her

Lit.: Haken, H.: *Synergetik*. 3. Aufl. Berlin: Springer, 1990

Synergismus/Synergie: das Zusammenwirken und die gegenseitige Förderung verschiedener Faktoren oder Substanzen; die Gesamtwirkung ist größer als die Summe der Einzelwirkungen. S. spielt eine Rolle in der Pharmakologie, Physiologie, Chemie, Ökologie [*Lexikon der Biologie*, Achter Band. Freiburg i. Br.: Herder, 1987]

Syntropie von grch. *συν* „gemeinsam“, *τρόπος* „Art und Weise“ (zu *τροπή* „Wendung“): das Zusammentreffen zweier Krankheiten in einer Häufigkeit, die die statistische Wahrscheinlichkeit übertrifft [*Wörterbuch der Medizin*. 15. Aufl. Berlin: Ullstein-Mosby, 1993]

³Dürr, H.-P.: *Partnerschaftliche Verantwortung für die (Um-)Welt*. In: Gemeinsam

Systeme unter besonderen Bedingungen zulassen. Da die ständige Syntropiezufuhr die Evolution auf der Erde vorantreibt, ist es nicht verwunderlich, daß sie auch zur Beschreibung nachhaltiger Entwicklungen, die den Erhalt und die Optimierung der Systemleistungen für die gegenwärtigen und für die zukünftigen Generationen sicherstellen sollen, von Nutzen ist. *Nachhaltigkeit* ist hier ausgezeichnet durch eine quantitative Charakteristik und Meßbarkeit. Als Maß der Nachhaltigkeit kann z. B. der irreversible Stoffverlust gewählt werden.⁴ Nichtlineare Systeme und Systemphasen sind auch bevorzugte Untersuchungsobjekte der Nachhaltigkeitsforschung, einer wesentlich interdisziplinär orientierten Forschung.

Natürlich kann das breitgefächerte Spektrum von Anwendungen und Systemen in diesem einführenden Band nicht vollständig genannt werden. In loser Folge, aber mit fächerübergreifender Sicht, sollen in der geplanten Publikationsreihe Themengebiete mit Schwerpunkten wie

- Synergetik
- Umwelt, Technologie und Nachhaltigkeit
- Computerkonzepte – soft computing
- Fuzzy-Logik, Optimierung und Steuerung
- Fraktale und Selbstähnlichkeit
- Chaos und Katastrophen
- Selbstorganisation, Strukturbildung und Mustererkennung
- Thermodynamik des Nichtgleichgewichtes, Phasenübergänge
- stochastische Systeme
- nichtlineare Reaktionsprozesse
- Verkehrsprobleme – Dynamik und Stau
- Kunst und Wissenschaft
- Medizin
- Laser und Holografie
- Wirtschaft und Entwicklungsmodelle

nutzen statt einzeln verbrauchen / Internationales Forum für Gestaltung Ulm. Gießen: Anabas-Verl., 1993. – S. 35-45

⁴Ripl, W.: *Der ökologische Wirkungsgrad als Leitbild*. In: Tagungsband zum Workshop ökologische Leitbilder. Cottbus: TU, 1994. – S. 14-25

genauer behandelt werden. Eine strikte Trennung dieser Themen soll aber nicht künstlich erzeugt werden, da diese oft so eng miteinander verknüpft sind, daß eine isolierte Betrachtung nicht sinnvoll oder sogar unmöglich ist.

Weiterhin wollen die Autoren vermitteln, daß erst die inter- und intradisziplinäre Befruchtung einen ganzheitlichen Blick auf die im Detail oft komplizierten und damit manchmal kaum noch durchschaubaren Prozesse freigibt.

Wolfgang Eisenberg
Gerd-Wolfgang Reinicke
Uwe Renner
Klaus Vogelsang