

## Synergetics: Self-Organization Principles in Animate and Inanimate Systems

### 399. Heraeus-Seminar

Die Synergetik, die von Hermann Haken begründet wurde, beschäftigt sich als interdisziplinäre Wissenschaftsdisziplin mit Selbstorganisationsprozessen in Systemen fern vom Gleichgewicht, wobei die Entstehung von räumlichen, zeitlichen, raumzeitlichen und funktionalen Strukturen von einem einheitlichen Blickwinkel aus betrachtet und auf universelle mathematische Strukturen abgebildet wird. Die Synergetik findet Anwendungen in der Physik, Chemie, Biologie, Medizin, den Ingenieurwissenschaften aber auch in zunehmendem Maße in den Gesellschaftswissenschaften. Im Rahmen der Synergetik konnten beachtliche wissenschaftliche Fortschritte erzielt werden. Ausgehend von der Entwicklung der Theorie des Lasers hat sich eine interdisziplinäre Wissenschaftsdisziplin entwickelt, die universelle Gesetzmäßigkeiten formuliert, die auf unterschiedlichen Größenskalen, von der mikroskopischen Welt der Quantenmechanik über die Ausbreitung von Infektionskrankheiten bis hin zu Verkehrsstaus ihre Gültigkeit besitzen.

Das Seminar, das vom 22. – 24. Oktober 2007 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, gab einen spannenden Überblick über die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Synergetik. Neben den klassischen physikalischen Kernthemen wie z. B. kollektiven Phänomenen bei der Bose-Einstein-Kondensation in ungeordneten Systemen, Quantenchaos, Laserinstabilitäten und Nanolasern sowie der Datenanalyse und Kontrolle komplexer Systeme bildeten die Dynamik von Netzwerken und die damit zusammenhängenden Fragen zur Synchronisation in nichtlinearen Systemen einen Schwerpunkt des Workshops. Dabei wurde deutlich, dass mit zunehmendem Wissen über die Mechanismen der Selbstorganisation Verfahren entwickelt werden können, die das Verhalten komplexer Systeme der belebten und unbelebten Natur kontrollierbar machen. Geeignete Rückkopplungsmechanismen wie zum Beispiel die zeitverzögerte Rückkopplung erlaubt die gezielte Beeinflussung des kollektiven Verhaltens komplexer Systeme. Eingehend diskutiert wurde dabei die Frage, ob und wie das Gehirn pathologisches Verhalten lernen kann, das wie bei der Parkinson-Krankheit auf die synchronisierte Entladung von Gehirnzellen zurückzuführen ist. Neue Ergebnisse klinischer Studien deuten darauf hin, dass durch gezielte elektrische Stimulationsstrategien pathologisches Verhalten auch „verlernt“ werden kann.

Zu vielen der bei dem Workshop vorgestellten Arbeiten hat Hermann Haken,

Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

**28. März 2008**

Datum = Posteingang;  
Kontaktaufnahme vorab  
empfohlen

der in diesem Jahr seinen 80. Geburtstag feiern konnte, innovative Impulse gegeben. Wolfgang Weidlich verdeutlichte dies auf kurzweilige Weise in seinem Abendvortrag. Die von den Teilnehmern des Workshops, darunter viele ehemalige Schüler von Hermann Haken, vorgestellten Forschungsergebnisse belegen, dass die Synergetik als die „Lehre vom Zusammenwirken“ die richtigen Konzepte bereitstellt, komplexes Verhalten in der belebten und unbelebten Natur grundlegend zu verstehen. Die Organisatoren und die über vierzig Teilnehmer bedanken sich ganz herzlich bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Förderung und die gute Organisationsarbeit, ohne die der Workshop nicht zustande gekommen wäre.

Peter Tass, Rudolf Friedrich  
und Fritz Haake

## From small scales to coherent structures

### 396. WE-Heraeus-Seminar

Dieses internationale Seminar fand vom 7. – 10. Oktober an der Universität Bayreuth statt und wurde von I. Rehberg und W. Zimmermann organisiert. Gegenstand waren faszinierende Selbstorganisations- und Transportphänomene, wie sie in Flüssigkeiten, in der Biologie oder bei chemischen Reaktionen auftreten. Deren mathematische Beschreibung wirft zahlreiche fundamentale Fragen auf, insbesondere auch dann, wenn die Selbstorganisationsphänomene und die kohärenten Strukturen von Wechselwirkungen bestimmt werden, die auf unterschiedlichen Skalen wirken. Wie werden beispielsweise in diesen Fällen Kontinuumsmodelle zur Beschreibung für großskalige Bewegungen an eine relevante mesoskopische Dynamik gekoppelt, um die wesentlichen Züge der beobachteten Phänomene zu beschreiben? Die Bedeutung derartiger Fragestellungen drückte auf dem Seminar u. a. der Geowissenschaftler P. Tackely von der ETH Zürich mit seinem Vortragsthema „Multi-scale nature of Earth deformation, from the grain scale to plate tectonics“ prägnant aus. Aber nicht nur bei geophysikalischen Fragestellungen wie beim planetaren Geodynamo, auch im Zusammenhang mit Phänomenen in granularer Materie wurden Skalen über-

greifende Überlegungen und Theorien ausführlich diskutiert.

Was ist ein aktives Gel? Wo liegen die Grenzen einer Kontinuumsbeschreibung von Selbstorganisationsphänomenen bei Biopolymeren, die beispielsweise durch molekulare Motoren induziert werden? Wie können diese erweitert und durch Computersimulationen ergänzt werden? Während einige der vorgestellten Modelle inzwischen gute Erklärungen insbesondere für biomimetische Experimente liefern, wurden durch neue und auf dem Workshop vorgestellte rheologische Messungen an Zellmonoschichten weitere Fragen aufgeworfen und intensiv diskutiert.

Skalenübergreifende Theorien und kohärente Strukturen sind oft der Schlüssel zum Verständnis von Vorgängen in der Turbulenz. Neue Einsichten, Modelle und weitere experimentelle wie theoretische Herausforderungen in der Turbulenzforschung wurden im Rahmen mehrerer Vorträge intensiv diskutiert.

Neben den Hauptvorträgen trugen Nachwuchswissenschaftler mit zahlreichen interessanten Resultaten entscheidend zur inspirierenden Atmosphäre dieses interdisziplinären Workshops bei. Ein Beispiel für die fruchtbaren und Fächer übergreifenden Diskussionen auf dem Workshop ist der Anstoß zu einem geplanten Konvektionsexperiment mit einer temperatursensitiven kolloidalen Dispersion, das als Analogexperiment für Vorgänge in Magmakammern dienen soll, das quantitativen Messungen und damit genauen Vergleichen mit theoretischen Rechnungen zugänglich ist und bei dem Chemiker, Physiker und Geowissenschaftler zusammenwirken.

Das Seminar wurde durch die von der DFG an der Universität Bayreuth eingerichtete Forschergruppe Nichtlineare Dynamik komplexer Kontinua (Sprecher I. Rehberg) organisatorisch mitgetragen. Im Rahmen dieses Workshops hielt G. Ahlers von der University of California, Santa Barbara, die zweite öffentliche Lorenz-Kramer-Gedächtnisvorlesung mit dem Thema „Bubble, Bubble, Toil and Trouble: The world is a turbulent place“, welche von der Emil-Warburg-Stiftung gefördert wurde. Die lebhaften Diskussionen der Tagungsteilnehmer wurden auch am „Heraeus-Abend“ in einem fränkischen Dorfwirtshaus in Theta (der griechische Buchstabe  $\theta$  wird häufig als Symbol für den Ordnungsparameter in nichtlinearen Systemen verwendet) fortgeführt.

Walter Zimmermann und Ingo Rehberg

Prof. Dr. Peter Tass, Institut für Neurowissenschaften und Biophysik – Medizin, Forschungszentrum Jülich; Prof. Dr. Rudolf Friedrich, Institut für Theoretische Physik, Universität Münster; Prof. Dr. Fritz Haake, Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Walter Zimmermann, Theoretische Physik I, Universität Bayreuth; Prof. Dr. Ingo Rehberg, Experimentalphysik, Universität Bayreuth