

Fluctuation-Induced Phenomena in Complex Systems

671. WE-Heraeus-Seminar

In der Natur sind Fluktuationen allgegenwärtig und sie beeinflussen die verschiedensten physikalischen Phänomene – von der Dynamik atomarer und mikrobiologischer Systeme bis zu den Eigenschaften Schwarzer Löcher. Aufgrund ihrer Rolle in der Nano- und Quantentechnologie werden die Untersuchung und das Verständnis fluktuationsinduzierter Phänomene zunehmend wichtiger. Gleichzeitig bieten diese Phänomene einen tiefen Einblick in die fundamentalen Konzepte der Quantenmechanik oder in die Theorien hinter der Beschreibung der zugehörigen Systeme. Das Ziel des Seminars war es, einen umfassenden Überblick über den Stand der Forschung an fluktuationsinduzierten Phänomenen in komplexen Systemen zu bieten und den Austausch von Informationen und Techniken sowie die Entwicklung neuer Ideen zu fördern.

Das Seminar brachte international führende Experten aus verschiedenen Feldern der Physik mit wissenschaftlichem Nachwuchs aus der ganzen Welt zusammen. Die hervorragenden Vorträge der 16 eingeladenen Sprecher befassten sich mit Themen wie Fluktuationskräften, Quanten- oder klassischer Thermodynamik sowie der Nicht-Gleichgewichtsphysik. Die neuesten Experimente und verschiedene Aspekte der Theorien, aktuelle Entwicklungen bis dato kontroverser Resultate inbegriffen, standen im Fokus.

Dabei wurden unterschiedliche Systeme thematisiert: Mikro-elektromechanische Maschinen, komplexe Flüssigkeiten, Bakterien, warme sowie kalte Atome, Ionen, Plasmonen, neuartige Materialien wie Graphen, nanophotonische Strukturen und hybride Systeme, die aus Kombinationen der genannten Systeme hervorgehen.

In dieser multidisziplinären Atmosphäre diskutierten die über 60 Teilnehmer intensiv und konstruktiv. Von besonderer Relevanz war die Beteiligung der jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch Fragen und lange, anregende Gespräche. Hervorzuheben sind auch die hohe Qualität der Poster-Präsentationen und die dynamische Poster-Sitzung.

Die besondere Gastfreundschaft des Physikzentrums Bad Honnef trug erheblich zum Gelingen des Seminars bei. Ein besonderer Dank gilt der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung sowie für die ausgezeichnete Organisation des Seminars.

Francesco Intravaia, Kurt Busch und Diego A. R. Dalvit

Quantum spacetime and the Renormalization Group

674. WE-Heraeus-Seminar

Was ist die fundamentale Quantenstruktur der Raumzeit? Diese Frage diskutierten die Teilnehmer dieses Seminars anhand verschiedener Ansätze zur Quantengravitation, wie der Asymptotischen Sicherheit, (Kausal) Dynamischen Triangulierungen, Schleifenquantengravitation, Kausalen Mengen oder Horava-Lifshitz-Gravitation. Schwerpunkt des Austauschs war die Idee, die mikroskopische Struktur der Raumzeit mit Renormierungsgruppenmethoden zu untersuchen und neue Brücken zwischen den verschiedenen theoretischen Ansätzen zu schlagen.

Besondere Highlights des Seminars, das vom 18. bis 22. Juni im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, waren die Forschungsergebnisse mit dem Potenzial zu neuen Verbindungen der verschiedenen Quantengravitationsmodelle. So zeigten Jack Laiho und Judah Unmuth-Yockey (U of Syracuse) neue Monte-Carlo-Simulationen in der Quantengravitation. Diese unterstützen die kontinuumsbasierenden Resultate aus der asymptotischen Sicherheit zum Effekt von Quantenfluktuationen der Raumzeit auf die Struktur von Materie, die in mehreren Vorträgen und Beiträgen in den lebhaften Poster-sitzungen diskutiert wurden. Eine spannende Verbindung zur Teilchenphysik boten die Vorträge von Gudrun Hiller (U Dortmund), Francesco Sannino (CP3, Odense) und Daniel Litim (U of Sussex) mit der Erweiterung des Paradigmas der Asymptotischen Sicherheit auf Teilchenphysik jenseits des Standardmodells. Tim Koslowski (UNAM), Sylvain Carrozza (Perimeter Institute), Joseph Ben Geloun (Paris) und Daniele Oriti (AEI) zeigten, wie sie die Renormierungsgruppenmethoden auf Modelle anwenden, in denen Raumzeit aus diskreten Bausteinen zusammengesetzt wird.

Einen Schwerpunkt bildeten längere Vorträge von Sprechern außerhalb der Quantengravitation, die neue Ideen und Methoden präsentierten. So stellte Kellogg Stelle (Imperial College) Ergebnisse zur Struktur von Schwarzen Löchern in einer Theorie vor, in der Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie durch Krümmungsterme höherer Ordnung ergänzt wird, deren Ursprung auf Quantengravitationseffekten basieren könnte.

Das Seminar zeichnete sich durch rege, ansatzübergreifende Diskussionen aus. Insbesondere die abschließende Diskussion führte zu einer vielversprechenden Sammlung neuer Vorschläge, anhand derer Verbindungen zwischen der Asymptotisch Sicheren Quantengravitation und der Stringtheorie ausgearbeitet werden könnten.

Astrid Eichhorn, Dario Benedetti und Frank Saueressig

Delayed Complex Systems

675. WE-Heraeus-Seminar

Zeitliche Verzögerungen (Delays) in Ursache-Wirkung-Beziehungen spielen eine fundamentale Rolle in vielen Wissenschaftsbereichen, etwa in Physik, Chemie, Ingenieurwissenschaften, Biologie, Mathematik oder Sozialwissenschaften. Die volle Breite dieser Disziplinen vertraten 55 Wissenschaftler/innen aus 17 Ländern vom 2. bis 5. Juli im Physikzentrum in Bad Honnef. Obwohl die Anfänge der Forschung zu Delay-Systemen über 60 Jahre zurückliegen, sind viele wichtige Fragen noch unbeantwortet, insbesondere wenn die Delays zeitlich oder zustandsabhängig variieren.

Der interdisziplinäre Charakter spiegelte sich auch in den 22 Vorträgen international renommierter Sprecher wider. Einen sehr guten Überblick zum aktuellen Stand von optischen und elektro-optischen Experimenten zu komplexen Delay-Systemen gaben Rajarshi Roy (University of Maryland, USA), Laurent Larger (FEMTO-ST, Besançon, Frankreich) und Ingo Fischer (UIB, Palma de Mallorca, Spanien), wobei die Themen von Einzelphotoneneffekten und der Erzeugung von Zufallszahlen über neuro-inspirierte Informationsverarbeitung mittels Reservoir-Computing bis hin zu Synchronisations- und Netzwerkaspekten reichten. In einem Abendvortrag berichtete Eckehard Schöll (TU Berlin) über den kombinierten Einfluss von Netzwerk-Topologien und Delays beim Auftreten von Chimeras, also partiell synchronisierten Zuständen. Sehr interessante Einblicke in die Relevanz von zustandsabhängigen Delays in der Klimadynamik und in biologischen Systemen gaben Bernd Krauskopf (University of Auckland, Neuseeland) und Michael Mackey (McGill University, Montreal, Kanada) anhand von Modellen zur El Niño Southern Oscillation bzw. zur Genregulation. Was man über das menschliche Gehirn aus zeitverzögerter Feedback-Dynamik lernen kann, zeigte John Milton (W.M. Keck Science Center, Claremont, USA) in seinem Vortrag über Experimente zum Balancieren von Gegenständen, bei denen stochastische Delays eine grundlegende Rolle spielen.

Nachwuchswissenschaftler/innen bekamen Gelegenheit, in Vorträgen und 26 Posterbeiträgen ihre aktuellen Ergebnisse vorzustellen. Joseph Hart (College Park, Maryland, USA), Courtney Quinn (Exeter, UK) und Gabriella Petrunaro (Buenos Aires, Argentinien) erhielten Posterpreise. Die Teilnehmer und Organisatoren danken der WE-Heraeus-Stiftung für ihre großzügige und professionelle Unterstützung bei der Durchführung des Seminars.

Andreas Otto, Günter Radons und Wolfram Just

Dr. Francesco Intravaia, MBI Berlin;
Prof. Dr. Kurt Busch, HU Berlin; **Dr. Diego A. R. Dalvit**, LANL Los Alamos/USA

Dr. Astrid Eichhorn, U Heidelberg; **Dr. Dario Benedetti**, U Paris; **Dr. Frank Saueressig**, U Nijmegen

Dr. Andreas Otto, **Prof. Dr. Günter Radons**, TU Chemnitz; **Dr. Wolfram Just**, U London