

Designed Quantum States of Matter

576. WE-Heraeus-Seminar

Die gezielte Herstellung und Manipulation von neuartigen Quantenzuständen ist ein hochaktuelles Thema, das in seiner Wirkung von der Quantenvielteilchenphysik bis zu fundamentalen Tests reicht. Im Rahmen des Seminars wurde das „Design“ von Quantenzuständen aus den unterschiedlichsten Perspektiven beleuchtet. Zunächst sind hier die verschiedenen Quantensysteme zu nennen, die im Zentrum des Seminars standen: von neutralen atomaren Ensembles und gespeicherten Ionen bis hin zu optomechanischen Systemen. Dabei wurde deutlich, dass diese Systeme im Moment von unterschiedlichen Startpunkten aus auf eine möglichst umfassende Kontrolle der relevanten Quantenfreiheitsgrade zustreben. Bei gespeicherten Ionen, wo eine hervorragende Kontrolle einzelner Teilchen vorliegt, verläuft die Entwicklung hin zu immer größeren Zahlen von Teilchen, die sich gemeinsam manipulieren lassen. Makroskopische z. B. optomechanische Systeme befinden sich im Gegenzug in einer raschen Entwicklung hin zu immer besserer Kontrolle einzelner, isolierter Freiheitsgrade, die von den Techniken der Quantenoptik inspiriert ist. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Kontrolle und Synthese von Quantenzuständen nicht nur neue und spannende Erkenntnisse liefert, sondern sehr viel weitreichendere Perspektiven eröffnet. Zum einen könnten zukünftige Frequenzstandards und Atominterferometer über speziell „designte“ Zustände jenseits des Standardquantenlimits betrieben werden. Zum anderen eröffnet die Synthese komplexer Quantenzustände neue Möglichkeiten, fundamentale Quantenvielteilchensysteme über Quantensimulation besser zu verstehen. Schließlich wurde auch deutlich, dass insbesondere neuartige hybride Quantensysteme, welche die Vorteile ihrer Konstituenten miteinander verbinden, ganz neue Möglichkeiten für die Synthese von Quantenzuständen und für Präzisionsmessungen bieten.

Den 30 engagierten Vortragenden möchten wir ganz herzlich für ihre individuelle Sicht auf dieses spannende Thema danken, ebenso den Teilnehmern, die 32 Poster präsentiert haben. Von diesen wurden dank der Unterstützung der WE-Heraeus-Stiftung vier mit einem Geldpreis für die beste Posterpräsentation ausgezeichnet. Sehr zum Erfolg des Seminars haben auch die vielen informellen Gespräche und Diskussionen beigetragen, auch auf den Exkursionen ins vorweihnachtliche Bonn und Köln. Ganz herzlich danken möchten wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Unterstützung und Betreuung, dem Team des Physikzentrums für die hervorra-

gende Atmosphäre sowie Jutta Lang von der Stiftung und Gunhild Faber vom Institut für Quantenoptik für die perfekte Organisation.

Wolfgang Ertmer, Ernst Maria Rasel,
Christian Ospelkaus und Piet O. Schmidt

Health, Energy and Extreme Events in a Changing Climate

577. WE-Heraeus-Seminar

Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass die durch den anthropogenen Klimawandel hervorgerufenen Erwärmungs- und Niederschlagstrends der letzten drei Jahrzehnte bereits über 150 000 Menschenleben jährlich gefordert haben. Projektionen zeigen einen weiteren Anstieg vieler Krankheiten und anderer Gesundheitsprobleme in der Zukunft. Der Klimawandel beeinflusst das Gesundheitssystem auch indirekt durch seine Auswirkungen auf die Infrastruktur, insbesondere die Energieerzeugung und -nutzung. Letztere ist nicht nur von der steigenden Häufigkeit und Schwere extremer Wetterereignisse betroffen, die zu Stromausfällen führen können, sondern treibt den Klimawandel umgekehrt über den Treibhauseffekt weiter an. Diese komplexen Zusammenhänge zwischen Gesundheitssystem, Energieerzeugung und Extremereignissen im Klimawandel bilden ein gutes Beispiel für ein globales, komplexes, dynamisches System mit netzwerkartigen Strukturen wie etwa Stromnetze, funktionale Netzwerke kausaler Interaktionen lokaler Klimavariablen, und sozio-ökonomische Netzwerke. Die moderne theoretische Physik bietet eine Vielzahl mächtiger Techniken für die Erforschung solcher Komplexe und ihrer emergenten Phänomene.

Bei diesem interdisziplinären Seminar, das vom 6. bis 9. Dezember 2014 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, trafen sich über 50 theoretische Physiker und andere Experten der Complex-Systems-Theorie, herausragende Wissenschaftler der Themenbereiche Gesundheit, Energieversorgung und Klimawandel sowie Doktoranden und Postdoktoranden der Physik, um sich über die vielfältigen komplexen Wechselwirkungen zwischen diesen globalen Systemen auszutauschen und Nachwuchsphysikern die Möglichkeit zu geben, Anwendungsfelder der Physik von hoher gesellschaftlicher Bedeutung kennenzulernen. Trotz der ungewöhnlich hohen Heterogenität der Teilnehmer fand man sehr schnell eine gemeinsame Sprache und diskutierte engagiert die Potenziale neuester Modellierungs- und Datenanalysetechniken aus der theoretischen Physik für die Untersuchung der genannten Subsysteme und des gemeinsamen Themenkomplexes. Dabei bewahrheitete sich, dass die Sprache der theoretischen,

#) Weitere Informationen zu der Sommerschule, einschließlich aller bisherigen Auflagen, lecture notes und Teilnehmerfotos finden sich unter www.itp.uni-hannover.de/saalburg.

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung
Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

27. März 2015
(zur Sitzung Ende April 2015)

Bitte nehmen Sie schon vor der Deadline Kontakt mit der Stiftung auf.

insbesondere der statistischen Physik und der Theorie dynamischer Systeme und komplexer Netzwerke ein natürlicher und fruchtbarer Rahmen für die transdisziplinäre Erforschung komplexer globaler Systeme ist. Auch die hohe Beteiligung von Wissenschaftlerinnen ist besonders hervorzuheben. Als ein zukunftsweisendes erstes Ergebnis des Seminars ist für den Herbst 2015 ein Sonderband der Zeitschrift *European Physical Journal* in Vorbereitung, für den die Organisatoren gerne weitere Beiträge einladen.

Jobst Heitzig

Quo vadis BEC? V

579. WE-Heraeus-Seminar

Auch wenn die ersten Experimente zu Bose-Einstein-Kondensaten in stark verdünnten Gasen von Alkali-Atomen nun schon fast zwei Jahrzehnte zurückliegen, erfreut sich die Forschungsrichtung ultrakalter Quantengase immer noch eines ungebrochenen Interesses. Dies zeigt sich eindrucksvoll daran, dass die 80 Teilnehmer dieses Seminars, das vom 16. bis 20. Dezember 2014 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, aus 120 Bewerbern ausgewählt werden mussten. Bedingt durch diese große Nachfrage gab es neben den 21 eingeladenen Hauptvorträgen insgesamt 55 Posterbeiträge von meist jüngeren Teilnehmern, von denen acht in kurzen Vorträgen vorgestellt wurden. Dieser exemplarische Querschnitt durch die vielfältige Forschungslandschaft ultrakalter bosonischer und fermionischer Systeme bot nicht nur eine aktuelle Bestandsaufnahme, sondern zeigte auch neue Forschungsrichtungen auf, die sicherlich künftig für andere physikalische Teildisziplinen von Bedeutung sein werden.

So wurde deutlich, dass die bisher schon extrem gute Kontrollierbarkeit von Parametern dieser verdünnten Vielteilchen-Quantensysteme noch weiter ausgebaut und verbessert werden konnte. Nicht nur die Wechselwirkung zwischen kalten Teilchen oder deren Fallenpotentiale lassen sich heutzutage präzise kontrollieren, sondern künstlich erzeugte

abelsche oder nichtabelsche Eichfelder erlauben es nun auch, deren kinetische Energie zu modellieren. Somit sind ultrakalte Quantengase heute etablierte Modellsysteme zur Untersuchung von Phänomenen der kondensierten Materie im Sinne von Richard Feynman, die neben traditionellen Gebieten wie Magnetismus, Hochtemperatur-Supraleitung, Anderson-Lokalisierung oder Quanten-Hall-Effekt auch neuere Felder wie topologische Isolatoren umfassen. Hierbei ist der faszinierende Abendvortrag von Immanuel Bloch (LMU München) hervorzuheben, der anhand von ultrakalten Atomen in optischen Gittern eindrucksvoll zeigte, dass sich topologische Größen wie die Chern-Zahl heute mit Hilfe präzise ausgemessener Bloch-Bänder experimentell bestimmen lassen. Bei den Hybrid-Systemen werden Bose-Einstein-Kondensate an eine weitere Komponente gekoppelt, die z. B. aus einem einzelnen Atom, einem Ion oder einem atomaren Fermi-Gas bestehen kann. Einerseits lassen sich diese zusätzlichen Komponenten als Sonden zur Untersuchung der Eigenschaften von Bose-Einstein-Kondensaten verwenden, andererseits führen sie zu neuen kollektiven Moden wie dem Polaron. Diese Tendenz zu komplexeren Systemen kann aber auch zu überraschenden Einsichten führen. Bei Erbium-Atomen tritt aufgrund der dipolaren Wechselwirkung eine verwirrend große Zahl an Feshbach-Resonanzen auf, die sich aber im Rahmen der Quantenchaos-Theorie durch die Wigner-Dyson-Verteilung beschreiben lassen. All diese Beispiele zeigen, dass die ultrakalten Quantengase eine aufstrebende Forschungsrichtung darstellen, die auch in Zukunft zu weitreichenden Erkenntnissen führen wird.

Das hohe wissenschaftliche Niveau des Seminars wurde durch den eingeladenen Hauptvortrag „Physical Review Letter: Raising the Bar“ des Editors Yonko Millev unterstrichen, der bei den Teilnehmern aus 25 Ländern große Beachtung fand. Das Physikzentrum bot ideale Rahmenbedingungen für intensive Diskussionen im Plenum, aber auch bei den ausgedehnten Postersitzungen oder bei den Mahlzeiten. Wir danken der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung der interessanten Veranstaltung sowie Dr. Ernst Dreisigacker und Martina Albert für die organisatorische Unterstützung.

Axel Pelster und Carlos Sà de Melo

Foundations and New Methods in Theoretical Physics

WE Heraeus-Sommerschule und 20. Doktorandenschule „Saalburg“

Vom 1. bis 12. September 2014 fand in Wolfersdorf (nahe Jena) die 20. Auflage der Doktorandenschule statt, welche bis

2001 in Saalburg (Thüringen) beheimatet war und in der Vergangenheit häufig von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung unterstützt wurde. 20 Studentinnen und Studenten aus 11 Institutionen kamen zusammen, um ihre Ausbildung im Hinblick auf eine Postdoktoranden-Phase zu verbreitern in den Gebieten Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation. Ziel der Schule ist das Heranführen an neue Methoden, Techniken und mathematische Hilfsmittel, die wegen der starken Vernetzung der modernen theoretischen Physik für eine akademische Karriere nutzbringend sind.

Geboten wurden fünf Kurse zu den Themen Tools for supersymmetry (Antoine van Proeyen, U Leuven), Theory of cosmological perturbations (Misao Sasaki, Kyoto University), Lattice gauge theory (Christoph Gattringer, U Graz), Constrained dynamics (Kurt Sundermeyer, FU Berlin) und Introduction to gauge-gravity duality (Gordon Semenoff, U of British Columbia, Vancouver). Die üblichen vormittäglichen Vorlesungen wurden nachmittags ergänzt durch vierstündige Übungssitzungen, in denen unter Betreuung eines Dozenten in Kleingruppen eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten und anschließend zu diskutieren waren. Lange Mittagspausen (mit Zugang zu einem Waldschwimmbad) und ein gelegentliches Abendprogramm (Barbecue, Bowling, Fußball) erlaubten die notwendige Entspannung zwischendurch.

Traditionell (bei seltenen Ausnahmen) wird an der Tafel vorgetragen, und gelegentlich finden sich Freiwillige, die anschließend aus ihren Aufzeichnungen mit Unterstützung des Dozenten ein LaTeX-Skript einer Vorlesung erstellen, welches man dann später auf den Webseiten der Schule finden kann. In diesem Jahr waren jedoch fast alle Dozenten bereits mit ausgearbeitetem Skript oder eigenem Lehrbuch „bewaffnet“. Die Doktorandinnen und Doktoranden arbeiteten mit hoher Motivation und großem Einsatz an den Übungen und mussten häufig mit sanfter Gewalt zum Abendessen geholt werden.

Der enge Kontakt zu den Dozenten und die informelle Atmosphäre eines abgeschiedenen Hotels tragen mit bei zum Erfolg der Schule, der sich auch in diesem Jahr wieder in einer sehr positiven studentischen Evaluation zeigte. Die elf Arbeitstage wurden durch einen Exkursionstag unterbrochen, der für Wanderungen zu Schlössern der Umgebung und für einen Besuch der Stadt Weimar genutzt wurde.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Förderung der Sommerschule, die es ermöglicht, den Teilnehmern eine Vollpension zu bieten bei einer Gebühr von nur 150 Euro.^{#)}

Arthur Hebecker, Olaf Lechtenfeld, Ivo Sachs, Stefan Theisen und Andreas Wipf

Prof. Dr. Wolfgang Ertmer, Prof. Dr. Ernst Maria Rasel, Institut für Quantenoptik, Universität Hannover; Prof. Dr. Christian Ospelkaus, Prof. Dr. Piet O. Schmidt, Institut für Quantenoptik, Universität Hannover und PTB Braunschweig

Dr. Jobst Heitzig, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, Fachbereich Physik, TU Kaiserslautern, Prof. Dr. Carlos Sà de Melo, Georgia Institute of Technology, Atlanta/USA

Prof. Dr. Arthur Hebecker, Universität Heidelberg, Prof. Dr. Olaf Lechtenfeld, Universität Hannover, Prof. Dr. Ivo Sachs, Ludwig-Maximilians-Universität München, Prof. Dr. Stefan Theisen, Albert-Einstein-Institut Potsdam, Prof. Dr. Andreas Wipf, Universität Jena