

Gauge theory and topological quantum matter

Bad Honnef Physics School

Als um zwei Pole angeordnet könnte man die Sommerschule sehen, die im September knapp 80 Teilnehmende nach Bad Honnef zog. Zum einen wurde Grundsätzliches diskutiert: Wie steht es um die Eichinvarianz des Elektromagnetismus, wenn ein Supraleiter von seinem Normalzustand in seine geordnete Phase übergeht? So formuliert, wird wohl niemand widersprechen, dass es dem Elektromagnetismus egal sein muss, ob es Supraleiter gibt oder nicht. Was passiert aber in einem solchen? Jörg Schmalian zeigte, dass die Symmetrie globaler Phasenrotation wie in einer ungeladenen Supraflüssigkeit gebrochen wird. Dass dieser Übergang nicht durch einen lokalen Ordnungsparameter charakterisiert wird, kann den Ausgangspunkt für eine Reinterpretation der Supraleitung im Kontext der topologischen Ordnung bilden. Noch grundlegender war Martin Zirnbauers Einführung in die $SU(2)$ -Eichinvarianz der nichtrelativistischen Quantenmechanik. Ein jeder ist frei, sich die Basis auszusuchen, in der ein gegebener Vektor entwickelt wird. Dies gilt auch für die Spinwellenfunktion des Elektrons, und so kommt man zur lokalen $SU(2)$ -Invarianz.

Um auch die Experten zu fordern, wurden zudem neuste Ansätze vorgestellt. So skizzierte Peter Teichner die Klassifikation gewisser topologischer Feldtheorien, von denen vermutet wird, dass sie die Grundzustände wechselwirkender topologischer Isolatoren und Supraleiter beschreiben. Hier gelang eine vollständige und systematische Klassifikation, die in der Physikkultur bis dahin eher auf einer Fall-zu-Fall-Basis erfolgte. Allerdings sollte man von Hinweisen auf diesen Schulterschluss zwischen algebraischer Topologie und Materialwissenschaft sprechen, da der Zusammenhang meist nur heuristisch verstanden wird.

Etwas konkreter ist die Verbindung in Quanten-Hall-Systemen, wie Jürg Fröhlich darlegte. Dass deren Niedrigenergie-dynamik nämlich von topologischen Feldtheorien beschrieben wird, ist zwar nicht bewiesen, aber doch berühmt und getestet. Jürg Fröhlich beendete die Sommerschule mit dem Appell, über die Auswirkungen der eigenen Forschung auf die Gesellschaft nachzudenken.

Lorenz Mayer

Physics with Free-Electron Lasers

Bad Honnef Physics School

Seit Freie-Elektronen-Laser (FEL) im Röntgen- und extrem-ultravioletten Spektralbereich ultrakurze, intensive Lichtpulse zur Verfügung stellen, versprechen

sich Wissenschaftler*innen die Untersuchung von Materie auf atomaren Längen- und Zeitskalen. Die Inbetriebnahme des Hamburger FEL FLASH im Jahr 2005 markierte den Beginn einer rasanten Entwicklung technischer Möglichkeiten und experimenteller Methoden. Das Ziel dieser Bad Honnef Physics School war es, einer neuen, internationalen Generation von Forscher*innen die physikalischen Grundlagen der FEL und einen breiten Überblick zum Stand aktueller Forschung an FEL zu vermitteln. Dazu hatten die Organisatoren Wolfgang Eberhardt, Serguei Molodtsov und Wilfried Würth hervorragende Vortragende eingeladen, die in 90-minütigen Vorlesungen interessante und aktuelle Themen ausführlich und verständlich aufbereitet haben. Insbesondere die sich anschließenden Fragerunden sowie die Ansprechbarkeit der Vortragenden während der abendlichen Poster-Sessions (und oft auch danach) trugen zum tieferen Verständnis bei und regten weiterführende Diskussionen an. Dabei gelang es, eigene Messungen aus neuen Blickwinkeln zu betrachten und erste Ideen für weiterführende Experimente zu entwickeln. Der lebhafteste Austausch beschränkte sich jedoch nicht nur auf das ausgeschriebene Thema: In allgemeinen Diskussionsrunden sowie dem „Energy Quiz“ wurden gesellschaftlich relevante Themen wie der Klimawandel debattiert. Den idealen Rahmen für all dies schuf das Physikzentrum Bad Honnef durch eine inspirierende Atmosphäre und wunderbare Bewirtung. Bei der von Shaukat Khan organisierten Exkursion zur Dortmunder Elektronenspeicherring-Anlage (DELTA) wurden die besprochenen Prozesse zur Beschleunigung und Strahlungserzeugung direkt demonstriert.

Die vielfältigen Eindrücke wurden durch eine Wanderung zur Burgruine Drachenfels abgerundet. Die großzügige Förderung durch die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ermöglichte einen umfangreichen Einblick in die faszinierende Welt der Forschung an FEL.

Jakob Jordan, Katharina Kolatzki
und Bruno Langbehn

Search and problem solving by random walks: drunkards vs quantum computers

672. WE-Heraeus-Seminar

Ein Betrunkener kann zufällig torkeln und dennoch bestimmte Probleme lösen: Zum Beispiel kann er einen markierten Laternenpfahl finden – indem er dagegen läuft. Wenn der Trunkenbold noch dazu statt den Gesetzen der klassischen Physik der Quantenmechanik folgt, gelingt dies – manchmal – noch schneller. In beiden Fällen ist das Problem charakte-

risiert durch die erste Trefferzeit (je nach Kontext auch Erkennungs- oder Adsorptionszeit genannt). Dies ermöglicht es, die Leistung verschiedener Zufallsuchalgorithmen zu quantifizieren und den effizientesten auszuwählen.

Der Grundgedanke dieses Seminars, das vom 28. Mai bis 1. Juni in Bad Honnef stattfand, war es, die klassische und die quantenmechanische Community zusammenzubringen, die an dem Problem der ersten Trefferzeit arbeiten. Vorträge von Rednern aus der klassischen Physik bzw. der Quantenphysik folgten im Wechsel aufeinander, und es gab zwei Kolloquien von führenden Vertretern beider Lager – Sid Redner (Santa Fe Institute, USA) bzw. Reinhard Werner (U Hannover). Viele Vorträge wurden bewusst in Form von Überblicken und Tutorials gestaltet.

Während des Seminars fanden sich mehrere Kontaktpunkte, an denen die gemeinsame Forschung an der Schnittstelle der beiden Communities ansetzen kann. Ein Beispiel dafür ist das Problem von Random Walks mit Neustart, einem Prozess, bei dem der Irrfahrer zu zufälligen Zeitpunkten plötzlich zu einem Startpunkt zurückkehrt und dann erneut mit seiner zufälligen Bewegung beginnt. Paradoxe Weise kann dies manchmal die Effizienz der Suche erhöhen (zumindest klassisch). Ein weiteres Beispiel ist die Statistik der ersten Erkennungs-/Trefferzeit und nicht nur deren Durchschnittswert. Die Verteilung der Trefferzeiten ist interessant, da sie oft nicht-triviale Strukturen aufweist, die wichtige Leistungsmerkmale des entsprechenden Random-Walk-Algorithmus widerspiegeln.

Der Erfolg des Seminars war dank der einzigartigen Infrastruktur und Atmosphäre des Physikzentrums möglich, welche die Teilnehmer zu einem regen Austausch von Ideen inspiriert hat. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sehr, deren großzügige Förderung dieses Seminar ermöglicht hat.

Tamás Kiss, Sergey Denisov und Eli Barkai

Towards a molecular understanding of atmospheric aerosols

677. WE-Heraeus-Seminar

Luftqualität und Klimawandel sind große globale Herausforderungen für unsere Gesellschaft. Aus Sicht der Grundlagenforschung gibt es die größten Wissenslücken bei einigen fundamentalen Prozessen in der Atmosphäre, an denen Aerosole beteiligt sind. Diese mindern die Vorhersagekraft von Modellen für die künftige Entwicklung der Umwelt. Das Seminar war daher auf das Thema atmosphärischer Aerosolpartikel fokussiert. Das sind feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft, mit typischen Größen von Nanometern bis wenigen Mikrometern. Sie weisen eine

Lorenz Mayer,
U Köln

Prof. Dr. Jakob Jordan, TU Berlin, Katharina Kolatzki, Max-Born-Institut Berlin, Bruno Langbehn, TU Berlin

Prof. Sergey Denisov, U Augsburg;
Prof. Eli Barkai, Bar-Ilan Univ., Israel;
Prof. Tamás Kiss, Wigner Research Center, Budapest, Ungarn

große Variabilität auf bezüglich ihrer Konzentration, Größe, chemischen Zusammensetzung und Eigenschaften.

Das Seminar sollte als Katalysator fungieren für eine vertiefte Interaktion von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Physik, Chemie und Meteorologie, die eine theoretische Modellierung von fundamentalen Prozessen betreiben, mit denjenigen, die experimentelle Untersuchungen im Labor durchführen.

23 Übersichtsvorträge, 11 Kurzvorträge und 26 Poster führten zu angeregten Diskussionen – nicht nur nach den Vorträgen und während der Postersitzungen, sondern auch in den extra reservierten längeren Diskussionsphasen zu den sechs Themenbereichen des Seminars: Physikalische Aerosolchemie, Aerosolnukleation, Aerosolpartikel als Eiskeime, Aerosoloptik, Bildung von sekundären organischen Aerosolen, neue Techniken zur Bestimmung molekularer Eigenschaften.

Auch wissenschaftlich wurde Spannendes präsentiert, z. B. neue Mechanismen der Nukleation von biogenen sekundären organischen Aerosolen sowie bisher unbekannte chemische und optische Eigenschaften verschiedenster organischer Aerosole. Über fundamentale neue Erkenntnisse zur Nukleation von Eis an Aerosoloberflächen wurde berichtet und von neuen experimentellen Techniken, die eine Analyse bisher unverstandener Aspekte von Aerosolpartikeln erlauben,

etwa heterogene Oberflächenreaktionen auf der molekularen Skala zu verfolgen.

Die hervorragenden Rahmenbedingungen taten das Übrige, um Diskussionen und Gespräche zwischen etablierten Wissenschaftlern und Nachwuchswissenschaftlern zu initiieren. Die Teilnehmern waren sich einig, einen ähnlichen Workshop nach gleichem Konzept in zwei Jahren in den USA zu wiederholen. Der WE-Heraeus-Stiftung sei gedankt für die großzügige Förderung des Seminars.

Thomas Koop und Thomas Leisner

Foundations and New Methods in Theoretical Physics

WE-Heraeus-Sommerschule

Vom 10. bis 21. September fand in Heigenbrücken (im Spessart) die 24. Auflage der Doktorandenschule statt. Es kamen 29 Studierende aus 22 Institutionen zusammen, um ihre Ausbildung in Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation zu verbreitern. Ziel der Schule ist das Heranführen an neue Methoden, Techniken und mathematische Hilfsmittel.

Geboten wurden fünf Kurse über „p-form gauge theories in physics“ (Gia Dvali, LMU und MPI für Physik, München), „Phase transitions in the early universe“ (Mark Hindmarsh, University of Sussex, Brighton), „Dualities in 2+1 dimensions

and beyond“ (Andreas Karch, University of Washington, Seattle), „Anomalies in quantum field theory“ (Stefan Theisen, MPI für Gravitationsphysik, Potsdam) und „Localization and holography“ (Konstantin Zarembo, Nordita, Stockholm).

Die Vorlesungen wurden ergänzt durch vierstündige Übungen, in denen unter Betreuung eines Dozenten in Kleingruppen eine Reihe von Aufgaben zu bearbeiten und zu diskutieren war. Traditionell wird an der Tafel vorgetragen, zu vier der fünf Vorlesungsreihen haben Freiwillige ein LaTeX-Skript erstellt.

Wie erstmalig 2015 fanden drei Kurse an sechs Tagen statt, der Sonntag war frei, danach wurden zwei Kurse an fünf Tagen durchgeführt. Der Schwerpunkt lag in diesem Jahr auf „Quantenfeldtheorie“, was zu unerwarteten Synergieeffekten zwischen den Vorlesungen führte. 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 Evaluation zeigte. Die elf Arbeitstage wurden durch einen Exkursionstag unterbrochen.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Förderung der Sommerschule.¹⁾

Laura Covi, Arthur Hebecker, Olaf Lechtenfeld, Ivo Sachs und Stefan Theisen

1) Weitere Informationen zur Sommerschule, lecture notes und Fotos finden sich unter saalburg.aei.mpg.de.

Prof. Dr. Thomas Koop, U Bielefeld; Prof. Dr. Thomas Leisner, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Laura Covi, U Göttingen; Prof. Dr. Arthur Hebecker, U Heidelberg; Prof. Dr. Olaf Lechtenfeld, U Hannover; Prof. Dr. Ivo Sachs, LMU München; Prof. Dr. Stefan Theisen, Albert-Einstein-Institut Potsdam



DER CALLISTER JETZT AUCH AUF DEUTSCH KANN'S

W. D. CALLISTER
D. G. RETHWISCH
Übersetzungsherausgeber:
M. Scheffler

**Materialwissenschaften
und Werkstofftechnik**

Eine Einführung

ISBN: 978-3-527-33007-2
November 2012 906S. mit 1200 Abb.,
davon 800 in Farbe. Gebunden
€ 79,-

Der „Callister“ bietet für Hauptfachstudenten an Universitäten und Fachhochschulen den gesamten Stoff der Materialwissenschaften für den Bachelor und das beginnende Masterstudium.

Das Buch ist auch perfekt als Lehrbuch in Wahlpflichtvorlesungen für Nebenfachstudenten geeignet.

Das erprobte didaktische Konzept zielt auf „Verständnis vor Formalismus“ ab und erleichtert den Studenten die Bewältigung des Stoffs mit ausformulierten Lernzielen und Kapitelzusammenfassungen, durchgerechneten Beispielen, Fragen und Antworten sowie Aufgaben und Lösungen.

Für Hauptfachstudenten
Materialwissenschaften • Werkstofftechnik • Maschinenbau

Für Nebenfachstudenten
Physik • Chemie • Bauingenieurwesen • Ingenieurwissenschaften

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400 • E-Mail: service@wiley-vch.de
Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. Stand der Daten: Dezember 2013

WILEY-VCH