

## Foundations and New Methods in Theoretical Physics

WE-Heraeus-Sommerschule und 19. Doktorandenschule „Saalburg“

Vom 2. bis 13. September 2013 fand in Wolfersdorf (nahe Jena) die 19. 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. Es kamen 33 Studentinnen und Studenten aus 12 Ländern 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 „Beyond Standard Model Signatures“ (Paul Langacker, Princeton, University und IAS), „Higher-Spin Theory: Problems and Perspectives (Dario Francia, Scuola Normale Superiore Pisa), „Effective Field Theory and its Application to Quantum Gravity“ (John Donoghue, University of Massachusetts at Amherst), „Geometry and Topology in Physics“ (Timo Weigand, Universität Heidelberg) und „Dynamics of the String Theory Landscape“ (Ben Freivogel, Universiteit van Amsterdam). Diese bestanden nicht nur aus den üblichen vormittäglichen Vorlesungen, sondern beinhalteten nachmittägliche vierstündige Übungen, in denen Kleingruppen unter Betreuung eines Dozenten eine Reihe von Übungsaufgaben bearbeiteten und anschließend diskutierten. 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. So auch in diesem Jahr; wir sind gespannt. Auch diesmal arbeiteten die Doktorandinnen und Doktoranden mit hoher Motivation und großem Einsatz an den Übungen und mussten vielfach 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 Wand-

### Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

11. April 2014  
(zur Sitzung Anfang Mai 2014)

Datum = Posteingang; Kontaktaufnahme vorab empfohlen

rungen 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.<sup>#)</sup>

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

## Pattern Creation in Nature and Materials

### 548. WE-Heraeus-Seminar

Die allgegenwärtigen Strukturbildungsphänomene üben eine große Faszination auf Forscher in den Natur- und Materialwissenschaften aus. Die zugrundeliegenden Prozesse in biologischen, chemischen, physikalischen und technischen Systemen sind naturgemäß sehr unterschiedlich. Die selbstorganisierten stationären und zeitabhängigen Muster haben jedoch gemeinsame, universelle Eigenschaften, die sich in einer gemeinsamen mathematischen Beschreibung widerspiegeln. Sind ähnliche universelle Konzepte auch für räumlich inhomogene Systeme möglich? Dies war eine zentrale Frage beim 548. WE-Heraeus-Seminar vom 6. bis 9. Oktober 2013, das 88 Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Universität Bayreuth zusammenführte.

Einen Themenschwerpunkt bildete die Klasse von aktiven Materialien fern vom thermischen Gleichgewicht („Active Matter“). Dies illustrieren Beiträge mit Titeln wie „Living Liquid Crystals“ oder „Pattern Formation in Active Matter“. Weitere Vertreter dieser Klasse sind Mikroschwimmer, Suspensionen aktiver Zytoskelett-Filamente oder geschüttelte Granulate. Für diese Materialklassen wurden Experimente, Modellbildungen und die Verallgemeinerung klassischer Konzepte, wie etwa der Boltzmann-Gleichung, vorgestellt.

Neben den inspirierenden Plenarvorträgen spielten die 46 Posterbeiträge eine gewichtige Rolle. Sie wurden als zweiminütige Zusammenfassung mündlich im Plenum vorgestellt und darüber hinaus in mehreren Sitzungen intensiv diskutiert. Die Auswahl der besten drei Posterbeiträge fiel dem dreiköpfigen Preiskomitee

aufgrund des insgesamt hohen Niveaus nicht leicht.

Den öffentlichen Vortrag im Rahmen der Tagung, die „8th Lorenz-Kramer-Memorial-Lecture“, hielt der Nobelpreisträger Gerhard Ertl aus Berlin über „Katalyse an Oberflächen: Vom Atomaren zum Komplexen“. Hierzu fanden sich im Audimax der Universität Bayreuth mehr als 600 Zuhörer ein. Dies ist sicherlich primär auf die Popularität des Sprechers zurückzuführen, darüber hinaus ist es ein Beleg für das große öffentliche Interesse an selbstorganisierten Strukturen.

Das 548. WE-Heraeus-Seminar wurde als internationaler Workshop von Mitgliedern des Forschungsschwerpunktes Nichtlineare Dynamik der Universität Bayreuth organisiert. Diese bedanken sich auch im Namen aller Teilnehmer herzlichst bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Förderung, welche vielen Nachwuchsforschern aus ganz Europa die Teilnahme ermöglicht hat.

Ingo Rehberg

## Liquid Metal MHD

### 549. WE-Heraeus-Seminar

Die Magneto hydrodynamik (MHD) untersucht die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und elektrisch leitfähigen Fluiden wie Plasmen, Elektrolyten und Metallschmelzen. Betrachtet man wie im 549. WE-Heraeus-Seminar Metallschmelzen, eröffnet sich ein breit gefächertes Themengebiet von der Astro- und Geophysik über Turbulenz bis hin zu industriell relevanten Anwendungen. So bildete ein Vortrag über den Geodynamo, der die komplizierten Strömungen im Erdinneren thematisierte, die zur Entstehung des Erdmagnetfeldes führen, den Auftakt des Seminars. Am zweiten Tag folgte ein spannender Einblick in die faszinierende Welt der turbulenten Strukturen, die in Schmelzen unter dem Einfluss von elektrischen Strömen und Magnetfeldern entstehen. Den Abschluss bildeten am letzten Tag Beiträge zu anwendungsorientierten Forschungsthemen, z. B. zur Erstarrung von Legierungen und Halbleitern unter dem Einfluss von Magnetfeldern und zur Strömung des metallischen Kühlmittels in Fusionsreaktoren.

Dieser Bogen von Grundlagen- zur Anwendungsforschung stellte den roten Faden des 549. WE-Heraeus-Seminars dar, das vom 15. bis zum 18. Oktober im Physikzentrum Bad Honnef stattfand. Mit 55 überwiegend jungen Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus zehn Ländern war das Seminar gut besucht. Die rege Teilnahme an jedem der Vorträge zeigte, dass das Ziel, die verschiedenen Gebiete der MHD zu vereinigen, erreicht wurde. Dazu trug sicher bei, dass aufgrund der großzügig bemessenen Zeit jeder Vortragende

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

Prof. Dr. Ingo Rehberg, Experimentalphysik V, Universität Bayreuth

#) Weitere Informationen zu der Sommerschule, einschließlich aller bisherigen Auflagen, Lecture Notes und Teilnehmer-Fotos finden sich unter [www.itp.uni-hannover.de/saalburg](http://www.itp.uni-hannover.de/saalburg)

**Dr. Christiane Heinicke**, TU Ilmenau, **Dr. Thomas Wondrak**, HZDR, **Dr. Gunter Gerbeth**, HZDR, **Prof. Dr. André Thess**, TU Ilmenau

**Prof. Dr. Tim Wehling**, TU Ilmenau, **Prof. Dr. Jörg Kröger**, Universität Bremen

**Dr. Christian Ast**, MPI für Festkörperforschung Stuttgart, **Dr. Kirsten von Bergmann**, Universität Hamburg, **Dr. Sebastian Loth**, MPI für Struktur und Dynamik der Materie Hamburg

in sein Themengebiet sehr ausführlich und tiefgreifend einführen konnte.

Die Mischung aus 12 hochkarätigen eingeladenen Vorträgen, 7 Teilnehmerbeiträgen, 24 Postern und ausgedehnten Diskussionszeiten ermöglichte einen intensiven Austausch zwischen den Wissenschaftlern ohne Termindruck. Gerade in den Kaffeepausen und nach den Mahlzeiten konnten die Gesprächsthemen in entspanntem Rahmen vertieft werden. Als kleiner Höhepunkt des Seminars wurden ein Teilnehmervortrag und zwei ausgewählte Poster mit Preisen der WE-Heraeus-Stiftung ausgezeichnet.

Als wissenschaftliche Organisatoren möchten wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und dem Physikzentrum an dieser Stelle noch einmal für die großzügige Finanzierung und die kompetente Unterstützung danken. Besonderes Lob gilt Frau Birkicht für ihre flexible und rundum gelungene Planung.

**Christiane Heinicke, Thomas Wondrak, Gunter Gerbeth und André Thess**

## Electron Transport through Atoms, Molecules and Nanowires: Advances in Experiment and Theory

### 543. WE-Heraeus-Seminar

Die Miniaturisierung von Festkörperstrukturen hat in vielen Materialsystemen eine ultimativ kleine Längenskala erreicht. Magnetische Atome und Moleküle auf Oberflächen, topologische Isolatoren und Graphen sowie mechanisch kontrollierte Bruchkontakte erlauben es, Transport in atomar kleinen Kontakten zu realisieren. Das Seminar zeigte in beeindruckender Weise den aktuellen Stand der Forschung in diesem Gebiet. Transport von Ladung, Spin und Wärme sowie die Mechanik auf der Nanometerskala waren die thematischen Schwerpunkte des Seminars, das vom 27. bis 31. Oktober 2013 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand und von den 67 Teilnehmern aus mehreren Ländern begeistert aufgenommen wurde.

Die Herstellung kleinster Kontakte mit atomarer Präzision erlaubt die modellhafte Untersuchung der genannten Transportphänomene im Experiment und macht diese theoretischen Beschreibungen zugänglich. Durch Kombination von Dichtefunktionaltheorie und Vielteilchenmethoden lassen sich Transport- und Dissipationsmechanismen auf atomistische Systemeigenschaften zurückführen. Experimente mit dem Rastertunnelmikroskop sind in diesem Zusammenhang bedeutsam, da die Kontakte atomar abgebildet und spektroskopiert werden können. Ein faszinierendes Thema ist der Ladungs- und Spintransport durch einzelne magnetische Atome, da er nicht nur den Zugang zu Magnetismus und

Magnetotransport in kleinsten Strukturen erlaubt, sondern zusätzlich die gezielte Änderung von atomaren magnetischen Momenten gestattet.

Die potenziellen Anwendungen reichen von Einzelatomspeichern über Spin-Dektoren zu kleinsten Peltier-Elementen. Das Studium kleinster Kontakte ist bei Weitem nicht abgeschlossen. Experimentatoren wie Theoretiker stehen vor der Herausforderung, Zeitauflösung zu berücksichtigen. Auch sind Transportphänomene bei Anwesenheit von Korrelationseffekten sowie starker Kopplung von Gitter- und Elektronendynamik sehr schwierig zu handhaben. Neue Effekte sind durch die Kombination von Molekularer und Spin-Elektronik sowie aus dem im Entstehen begriffenen Gebiet der Spin-Kaloritronik zu erwarten.

Die bewährten hervorragenden Rahmenbedingungen von WE-Heraeus-Seminaren im Physikzentrum Bad Honnef haben den regen Austausch und die lebhaften Diskussionen unter den Teilnehmern gefördert. Besonders war die stimulierende Atmosphäre während der Postersitzungen zu spüren, in denen vorwiegend Doktorandinnen und Doktoranden die Ergebnisse ihrer Forschung präsentierten. Wir bedanken uns bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Förderung des Seminars.

**Tim Wehling und Jörg Kröger**

## Interactions with the Nanoworld

### 544. WE-Heraeus-Seminar

Die Rastertunnelmikroskopie hat sich seit ihrer Erfindung im Jahr 1981 von einer rein bildgebenden Technik zu einem der vielseitigsten Instrumente der Festkörperphysik entwickelt. Zusammen mit verwandten Methoden wie der Rasterkraftmikroskopie gehen die gemessenen Signale heute weit über den Tunneleffekt hinaus und schließen atomare, elektrische und magnetische Kräfte ein, so dass man schon lange von der Rastersondenmikroskopie sprechen muss. Ziel des Seminars, das vom 11. bis 13. November 2013 stattfand und den Untertitel: „Local Probes with High Time, Energy and Force Resolution“ trug, war es, einen aktuellen Überblick über die neuesten Erkenntnisse aus dem Bereich der lokalen Rastersondentechniken zu erlangen. Dabei ging es nicht nur um die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse, sondern auch um die letzten technischen Entwicklungen, die es erlauben, die Grenze des Machbaren wieder einmal neu zu definieren.

Die hohe Dynamik des Forschungsfeldes der Rastersondenmethoden wurde durch das beeindruckend niedrige Durchschnittsalter der 77 Teilnehmer und Sprecher unterstrichen: 90 % waren jünger als 40 Jahre. Die insgesamt 25 Vorträge und

43 Poster waren allesamt von hoher Qualität und regten viele Diskussionen während der Vorträge und bis in die Nacht andauernden Postersessions an. Die vorgestellten Fortschritte reichten von der eindrucksvollen Demonstration der Auswirkung einer Symmetriebrechung auf die Eigenschaften eines topologischen Isolators über die hochpräzise Vermessung inter-atomarer Kräfte und genauer Atommanipulation sogar bei Raumtemperatur bis hin zu drastisch erhöhter Lebensdauer von magnetischen Anregungen durch Ausnutzung von Kristallsymmetrien oder einer supraleitenden Bandlücke. Die rasante Entwicklung der erst kürzlich eingeführten Möglichkeit, schnelle dynamische Prozesse zeitaufgelöst mit Rastertunnelmikroskopie zu untersuchen, wurde gleich in mehreren Beiträgen deutlich. So ging der Preis für das beste Poster an Christian Saunus von der RWTH Aachen, der zeigte, wie er 120 ps Zeitauflösung erzielen konnte. Ein weiteres Themengebiet waren magnetische Wechselwirkungen, die einerseits genutzt wurden, um die magnetischen Eigenschaften der Probe zu untersuchen und zu manipulieren, und andererseits der Vermessung immer kleiner werdender Strukturen mittels Kernspinresonanz dienten. Das Seminar profitierte sehr von zahlreichen, dynamischen Diskussionen und wurde durch die enthusiastischen Teilnehmer ein voller Erfolg. Wesentlich dazu beigetragen hat auch die angenehme Atmosphäre des „neuen“ Physikzentrums und die freundliche Betreuung durch die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

**Christian Ast, Kirsten von Bergmann und Sebastian Loth**