

## Spin transport beyond Boltzmann

### 550. WE-Heraeus-Seminar

Die Hauptziele im aktiven Forschungsgebiet der Spintronik sind die Erzeugung, die Manipulation und die Detektion von Spinströmen. So soll der Elektronenspin als Informationsträger für neuartige Bauelemente genutzt werden. Viele neue spinabhängige Effekte sind in den letzten Jahren untersucht worden, zum Beispiel der Spin-Hall-Magnetowiderstand, der anisotrope Tunnel-Magnetowiderstand, der Spin-Seebeck-Effekt und der Tunnel-Magneto-Seebeck-Effekt. Bei einigen Effekten reicht es aus, den Spintransport mit Hilfe der Boltzmann-Theorie und nicht-wechselwirkenden Spins zu beschreiben. Manchmal ist es allerdings notwendig, den kollektiven Charakter der Spinbewegung und Präzession zu berücksichtigen, das heißt die Beschreibung muss über Boltzmann hinausgehen.

Vor diesem Hintergrund trafen sich vom 8. bis 10. Januar 2014 über 70 Wissenschaftler/innen im Physikzentrum Bad Honnef, um im Rahmen des 550. Wilhelm und Else Heraeus-Seminars „Spin transport beyond Boltzmann“ die aktuellen Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Spintronik vorzustellen und zu diskutieren. Dabei wurden sowohl neue experimentelle als auch theoretische Ansätze sowie neue spinabhängige Effekte erörtert. Ein Schwerpunkt des Seminars lag auf der Entwicklung neuer Materialien und Geräte im Bereich der Spintronik, um die Grundlagen der Physik mit der angewandten Forschung zu verbinden. Im Detail wurden folgende Themengebiete diskutiert: Topological insulators, Spin polarized tunneling, Spin torque, Magnetic domains und Spin caloritronics.

Fünfzehn eingeladene und sechs zusätzliche Sprecher berichteten über ihre jüngsten Ergebnisse. Darüber hinaus waren besonders die Postersitzungen und die Shotgun-Präsentation ein großer Erfolg und haben zu vielen anregenden Diskussionen in den Seminarpausen und den gemeinsamen Abenden geführt. Jeweils die beiden besten Poster und Kurzvorträge wurden mit Geldpreisen ausgezeichnet.

Wir bedanken uns bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und insbesondere bei Martina Birkicht für die finanzielle und organisatorische Unterstützung.

**Tamara Nunner, Timo Kuschel und  
Andy Thomas**

## Active Nanoplasmonics and Metamaterial Dynamics

### 551. WE-Heraeus-Seminar

Optische Metamaterialien und Plasmonik verbinden die traditionelle Optik mit den kleinen Ausdehnungen der Nanowelt. Interessante und technologisch wichtige

Eigenschaften, die aus diesen neuen Materialien für die Optik hervorgehen, reichen von extremer Lichtlokalisierung und Fokussierung bis hin zu optischen Tarnkappen mit Anwendungen im Bereich der Ingenieurwissenschaften und Biophotonik bis zur Nanoelektronik. Häufig beschränken die optischen Verluste dieser neuen Materialien und Konzepte durch die Verwendung konventioneller Metalle die Bandbreite vieler Einsatzmöglichkeiten. In den vergangenen Jahren gelang es jedoch zu zeigen, dass das Erschließen neuer plasmonischer Materialien wie Metalloxidverbindungen oder Graphene und insbesondere die effiziente Kombination mit optisch aktiven Materialien einen verlustfreien Einsatz ermöglichen kann und damit sogar neue Wege für optische Verstärkung, nanoskalierte Lichtquellen und integrierte photonische Quantentechnologien auf der Nanoebene eröffnet.

Die Anforderungen an optisch aktive Materialien beim Einsatz in Kombination mit plasmonischen Nanostrukturen und Metamaterialien sind dabei zum größten Teil noch unverstanden, und zuverlässige numerische Verfahren zur Simulation der gekoppelten raum-zeitlichen (Quanten-) Eigenschaften aktiver Materialien, Plasmonen wie auch der Photonen befinden sich noch in der Entwicklung. Faszinierende offene Fragen betreffen auch die zugrundeliegenden Symmetrien und Geometrien der nanoskalierten Metallstrukturen und die Möglichkeiten einer extremen Verstärkung und Kontrolle raum-zeitlicher Licht-Materie-Wechselwirkungen beispielsweise durch „stopped-light“-Singularitäten („dark states“) realisiert in aktiven nanoplasmonischen Wellenleitern.

Diesen aktuellen Themen widmete sich das 551. WE-Heraeus-Seminar vom 19. bis 22. Januar im Physikzentrum in Bad Honnef. Über 70 Teilnehmer aus 10 Ländern diskutierten über die aktuellen Entwicklungen und den Fortschritt auf dem jungen Gebiet der aktiven Nanoplasmonik und deren Einsatz in optischen Metamaterialien. Mit 20 Vorträgen von international ausgewiesenen Wissenschaftlern und Pionieren in der Metamaterial-Physik und Nanoplasmonik ist es gelungen, faszinierende Aspekte im Zusammenhang mit optisch aktiven Materialien abzudecken und so eine intensive Diskussion und einen Austausch zwischen verschiedenen Gruppen herbeizuführen. Den Auftakt machte dabei Sir John Pendry (Imperial College London), der in einem Abendvortrag Konzepte zur Fokussierung von Licht auf der Nanoskala vorstellte und die Frage: „How low can we go?“ diskutierte. Die

---

**Dr. Tamara Nunner**, Institut für Theoretische Physik, FU Berlin; **Dr. Timo Kuschel**, Fachbereich Physik, Universität Bielefeld; **Priv.-Doz. Dr. Andy Thomas**, Fachbereich Physik, Universität Osnabrück

**Prof. Dr. Ortwin Hess**, Imperial College London;  
**Prof. Dr. Thomas Zentgraf**, Universität Paderborn; **Prof. Dr. Falk Lederer**, Friedrich-Schiller-Universität Jena

**Dr. Alexander Schug**, **Dr. Abhinav Verma**, KIT Karlsruhe

**Dr. Andrea Alberti**, **Prof. Dr. Dieter Meschede**, Universität Bonn; **Prof. Dr. Reinhard Werner**, Universität Hannover

Bandbreite der Vorträge erstreckte sich über nichtlineare Plasmonik und aktive Metamaterialien bis hin zu Quanteneffekten aufgrund der kleinen Strukturgrößen. Aber beispielsweise auch neuartige Materialien für plasmonische Anwendungen und Materialien mit Brechungsindex nahe Null wurden in eindrucksvollen Vorträgen von Vladimir Shalaev (Purdue) und Nader Engheta (Pennsylvania) diskutiert und innovative Konzepte für nanoskalierte Lichtquellen von Xiang Zhang (Berkeley) in einem Abendvortrag vorgestellt. Zudem gab es für die Nachwuchswissenschaftler ausgiebige Zeit während der Poster-Präsentationen, intensiv über einzelne Aspekte ihrer eigenen Arbeit zu diskutieren und neue Kontakte zu knüpfen, wobei nicht zuletzt Poster-Preise die Gelegenheit boten, die hohe fachliche und darstellerische Qualität der Beiträge besonders zu würdigen.

Wir bedanken uns recht herzlich bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Förderung und Organisation des Seminars und beim Physikzentrum in Bad Honnef für die angenehme Atmosphäre vor Ort.

**Ortwin Hess, Thomas Zentgraf  
und Falk Lederer**

## Physics of biomolecular folding and assembly: Theory meets experiment

### 552. WE-Heraeus Seminar

Leben funktioniert auf der nanoskaligen Ebene durch ein Zusammenspiel biomolekularer Systeme wie DNS, RNS oder Proteinen. Die Forschung der letzten Jahre hat das quantitative Verständnis der zugrundeliegenden atomaren Ebene dieser Prozesse stark verbessert: Auf experimenteller Seite hat die Verfeinerung verschiedenster Messmethoden wie Röntgenstrukturanalyse, NMR, Neutronenstreuung, Rasterkraftmikroskopie oder Fluoreszenzmethoden wie FRET detaillierte Einblicke bis hin zur Einzelmolekülanalyse ermöglicht. Gleichzeitig ist die theoretische Modellierung der biomolekularen Prozesse, insbesondere durch zunehmend genauere Computersimulationen per Molekulardynamik oder Monte-Carlo-Verfahren, immer detaillierter geworden. Durch ein verzahntes Wechselspiel von Theorie und Experiment wächst das Verständnis selbst hochkomplizierter Prozesse wie Proteinfaltung oder biomolekulare Komplexbildung fortlaufend.

Diese aktuellen Entwicklungen wurden auf dem 552. WE-Heraeus-Seminar, das vom 2. bis 6. Februar im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, aufgezeigt und weiterdiskutiert. Die hochkarätige Sprechersliste von 31 Vortragenden bestand etwa hälftig aus experimentell und theoretisch

arbeitenden Wissenschaftlern. Ergänzt wurden diese Vorträge durch 46 Posterbeiträge von (zumeist) Doktoranden und Postdocs. Die insgesamt 77 Teilnehmer und Teilnehmerinnen kamen aus 11 Ländern in Europa, Amerika und Asien, was für eine anregende internationale Atmosphäre sorgte. Die behandelten Themenfelder hatten einen Fokus auf den atomaren Grundlagen biomolekularer struktureller Selbstorganisation. So umfassten die Vorträge z.B. theoretische Konzepte wie die Theorie von Energielandschaften, Computersimulationen riesiger biomolekularen Maschinen wie dem Ribosom oder Proteinkomplexen, neue Entwicklungen in der Einzelmolekülspektroskopie von Biomolekülen, die Messung von Faltungsprozessen per Rasterkraftmikroskopie, aber auch die Auswirkungen von Fehlfunktionen der Proteinfaltung auf Krankheitsbilder. Ein Ausflug zur Burg Drachfels rundete das wissenschaftliche Programm ab und stimulierte Diskussionen im informellen Rahmen.

Insgesamt waren die Plenarvorträge wie auch die Posterbeiträge von sehr hoher wissenschaftlicher Qualität und wurden sehr gut aufgenommen. Als Resultat ergaben sich spannende Diskussionen bis in die späte Nacht sowohl im Plenum als auch in den informellen Pausen und Postersitzungen. Dadurch konnten zahlreiche Teilnehmer und Teilnehmerinnen neue Kooperationen aufbauen. Zwei Posterbeiträge (Ruth Kellner, U Zürich und Ravishankar Ramanathan, CNB, Madrid) sind durch ein Preiskomitee mit einem Posterpreis ausgezeichnet worden.

Als wissenschaftliche Organisatoren möchten wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die umfangreiche organisatorische und finanzielle Unterstützung der Veranstaltung in der wunderbaren Atmosphäre des Physikzentrums danken. Insbesondere Frau Nowotka gilt großes Lob für ihre fantastische Betreuung und organisatorische Leistung in Vorbereitung und Durchführung des Seminars.

**Alexander Schug und Abhinav Verma**

## Discrete and Analogue Quantum Simulators

### 553. WE-Heraeus-Seminar

Vom 10. bis 12. Februar brachte das 553. WE-Heraeus-Seminar eine internationale Gruppe von 74 Physikern und Physikerinnen zum Thema „Discrete and Analogue Quantum Simulators“ im Physikzentrum Bad Honnef zusammen. Die Idee eines Quantensimulators geht auf Richard Feynman zurück, der im Jahr 1981 in einem zu dieser Zeit bahnbrechenden Seminar die Frage stellte, ob man schwierige Probleme in der Quantenphysik mittels einer Quantenmaschine effizienter als mit

klassischen Rechnern lösen könne. In diesem Sinne ist der Quantensimulator eine spezielle Art von Quantencomputer, der sich für konkrete physikalische Systeme statt allgemeiner, abstrakter Quantenalgorithmien eignet.

Die physikalische Realisierung eines solchen Simulators, die bei Feynman weitgehend ungeklärt blieb, ließ sich in den letzten zehn Jahren durch zwei komplementäre Herangehensweisen konkretisieren: die „analoge Simulatoren“ bilden das zu simulierende Quantensystem auf ein besser kontrollierbares System ab, das einem äquivalenten Hamilton-Operator gehorcht, dessen Parameter aber bequem einstellbar und dessen Zustände gut beobachtbar sind. Die „diskreten Simulatoren“ teilen die Zeitentwicklung des zu simulierenden Systems in viele kurze Zeitschnitte, innerhalb derer sich das System mit einfachen Hamilton-Operatoren (z.B. lokalen Wechselwirkungen) beschreiben lässt. Diese Dualität zwischen analogen und diskreten Simulationen zog sich wie ein roter Faden durch den Workshop hindurch. Eine eindrucksvolle Demonstration dieser Konzepte zeigte Rainer Blatt in seinen Experimenten mit gefangenen Ionen, in denen sowohl diskrete als auch analoge Quantensimulationen durchgeführt werden konnten. Obwohl dies ein sehr junges Feld ist, haben einzelne Experimente, insbesondere vom analogen Typ, inzwischen ein solches technisches Niveau erreicht, dass ihre Ergebnisse zum Beispiel dazu verwendet werden können, Modelle zur Beschreibung stark entarteter Materie in Neutronensternen zu testen und zu verfeinern, wie das Experiment von Martin Zwierlein zu Fermi-Gasen im unitären Regime gezeigt hat. Die Komplexität dieser Simulationen macht aber die Validierung der Gültigkeit der Simulationen selbst zu einer Herausforderung: das „Boson-Sampling“ in den Experimenten von Fabio Sciarrino und Andrew White war ein derartiges Beispiel. Aus einer theoretischen Perspektive stellte Jens Eisert daher explizit die Frage, wie und in welchem Sinn man Quantensimulationen vertrauen könne. Allerdings versprechen die Quantensimulatoren nicht nur existierende physikalische Systeme zu behandeln, sondern zum Beispiel auch vollkommen neue Situationen zu konstruieren, die noch kein reales Gegenstück in den bekannten Festkörpersystemen haben. In dieser Beziehung scheinen die von Mark Rudner und Alexander Szameit vorgestellten topologischen Isolatoren sehr zukunftsstrahend. Angesichts des schnellen Fortschritts in der Quantensimulation komplexer physikalischer Systeme erwarten wir, dass physikalische Probleme in den kommenden Jahren behandelbar werden, die mit den bisherigen klassischen Ressourcen schwer zu bearbeiten sind.

**Andrea Alberti, Dieter Meschede  
und Reinhard Werner**