

Noise and Full Counting Statistics in Mesoscopic Transport

431. WE-Heraeus-Seminar

Aus der mikroskopischen Welt weiß man, dass die Fluktuation einer Observablen häufig interessanter als ihr Mittelwert ist (Beispiel: Ortsvariable beim harmonischen Oszillator). Werden quantenmechanische Systeme mit der Außenwelt verbunden, so skaliert sich die intrinsische Stochastizität der Quantenmechanik hoch und führt zu Fluktuationen makroskopischer Größen, wie z. B. die des elektrischen Stroms durch eine Nanostruktur. Selbst im stationären Zustand handelt es sich beim Transport um einen Nichtgleichgewichtsvorgang, bei dem sich das Rauschen der Elektronen vom üblichen, aus dem Fluktuations-Dissipations-Theorem bekannten thermischen Rauschen unterscheidet. Interessant ist dann, welche relevanten physikalischen Informationen, z. B. über Wechselwirkungsprozesse, Dekohärenz etc., aus Rauschmessungen oder der Zählstatistik der Elektronen gewonnen werden können.

Das 431. WE-Heraeus-Seminar, das vom 17. bis 20. Mai in Bad Honnef stattfand, fasste den gegenwärtigen theoretischen und experimentellen Stand des Gebietes zusammen und gab eindrucksvolle Beispiele neuer theoretischer und experimenteller Entwicklungen.

Zur quantenmechanischen Theorie des Rauschens sind seit etwa zwanzig Jahren Methoden für den mesoskopischen Transport weiterentwickelt worden, etwa durch die Einführung von Zählfeldern in Nichtgleichgewicht-Greenschen Funktionen oder in die aus der Quantenoptik bekannten Mastergleichungen. Die Frage nach der Rolle des Messprozesses ist dabei ein Bindeglied zwischen diesen komplementären theoretischen Ansätzen. Die Zählstatistik baut gewissermaßen den Detektor mit in die theoretische Beschreibung ein und kann damit auch auf neuere experimentelle Entwicklungen von Nanostrukturen wie z. B. Quantenpunkt-Kontakten zum Zählen einzelner Elektronen eingehen.

Als eines der spannendsten und ergiebigsten physikalischen Systeme stellten sich im Laufe des Seminars Halbleiter-Quantenpunkte heraus, insbesondere was neuere Entwicklungen in der Zählstatistik (universelle Oszillationen sehr hoher Kumulanten) und die Übertragung und Weiterentwicklung quantenoptischer Konzepte für die Festkörperphysik angeht (quantenmechanische Verschränkung, Dunkelzustände, nicht-Markovsche sowie zeitabhängige Phänomene). Weitere interessante Entwicklungen waren mesoskopische Interferometer, frequenzabhängiges Rauschen, Fluktuationen der Elektronen-Temperatur sowie Rauschmessungen an Einzelmolekülen und Josephson-Kontakten sowie die Bestimmung der dritten

Kumulante des Rauschens.

Insgesamt waren mit den knapp 50 Teilnehmern eine Schar führender Experten sowie hochqualifizierter Doktoranden und Post-Docs vor Ort, wie sich dann auch in den anschließenden Diskussionen und in der Poster-Sitzung zeigte. Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danken wir für die großartige finanzielle und organisatorische Unterstützung.

Tobias Brandes und Tomas Novotny

Nucleosynthesis – Making the Elements in the Universe

432. WE-Heraeus-Seminar

Die Frage, wie die chemischen Elemente im Universum entstanden sind, beschäftigt seit vielen Jahrzehnten die Wissenschaft. Versuche, sie zu beantworten, erfordern die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Kernphysikern, Astrophysikern und Astronomen, von Theoretikern mit Experimentatoren und Beobachtern, und in der Tat wurden in den letzten Jahren durch diese Zusammenarbeit enorme Fortschritte erzielt. So haben wir inzwischen verstanden, wie die leichtesten Elemente Wasserstoff, Helium und Lithium im Urknall entstanden sind. Wir wissen, dass die meisten schwereren Elemente bis hinauf zur Eisengruppe ihren Ursprung in Supernovaexplosionen massereicher Sterne haben, ebenso wie viele neutronenreiche Isotope noch schwererer Elemente, wahrscheinlich bis zu den Aktiniden. Selbst die chemische Entwicklung der Milchstraße und anderer Galaxien ist inzwischen recht gut verstanden.

Allerdings haben diese Fortschritte auch viele neue Fragen aufgeworfen, und einer Bestandsaufnahme sowie einigen dieser Fragen war das 432. Heraeus-Seminar vom 4. – 6. Juni 2009 im Physikzentrum Bad Honnef gewidmet. So ist die „Übersetzung“ von Sternspektren in Element- (und möglicherweise Isotopen-) häufigkeiten auch weiterhin ein Problem, das durch die Möglichkeit, inzwischen 3-dimensionale hydrodynamische Simulationen von Sternatmosphären durchführen zu können, eher noch verschärft wurde. In der Theorie der Sternentwicklung ist inzwischen offensichtlich geworden, dass der Massenverlust eine Schlüsselrolle spielt, aber noch nicht verstanden ist, ebenso wie die Rolle der Rotation. Der Explosionsmechanismus massereicher Sterne ist, trotz allen Fortschritts, auch weiterhin umstritten, und der Ort für den R-Prozess, die Synthese der neutronenreichen Isotope schwerer Elemente, ist weiterhin nicht eindeutig identifiziert. Supernovae sind hier der Hauptkandidat. Aber trotz stark verbesserter Supernovamodelle ist eine konsistente Reproduktion der beobachteten R-Prozesshäufigkeiten noch nicht gelungen. Erschwerend

kommt hier hinzu, dass viele Kerne, die in explosiven Nucleosyntheseprozessen wie dem R-Prozess eine wichtige Rolle spielen, kurzlebig sind und im Labor künstlich erzeugt werden müssen. Obwohl es in den letzten Jahren hier gelungen ist, Eigenschaften wie Halbwertszeit oder Masse einiger kurzlebiger Schlüsselkerne zu bestimmen, beruhen die meisten kernphysikalischen Daten noch auf theoretischen Vorhersagen und sind mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet. Diese werden systematisch in engem Wechselspiel von neuen Messdaten und verbesserten Modellrechnungen eingeschränkt. Den entscheidenden Durchbruch darf man aber wohl erst erwarten, wenn nach der Fertigstellung der Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt eine neue Ära der Nuklearen Astrophysik eingeleitet wird. Sind die Eigenschaften der kurzlebigen Kerne experimentell bekannt, so können detaillierte Untersuchungen der explosiven Nucleosynthese als stringente Tests der Dynamik dieser Prozesse herangezogen werden.

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danken wir auch im Namen aller 38 Teilnehmer für die großzügige finanzielle Unterstützung dieses Seminars und ihre professionelle Hilfe bei der Organisation.

**Wolfgang Hillebrandt und
Karlheinz Langanke**

Anions – from the lab to the stars

433. WE-Heraeus-Seminar

Die Bedeutung von geladenen Teilchen für das Universum ist seit langem bekannt. Schon in den 1930er Jahren wurden die ersten molekularen Ionen im interstellaren Raum entdeckt. Die Liste neutraler und positiv geladener interstellarer Moleküle verlängerte sich schnell, als Radioteleskope verfügbar wurden, und umfasst heute mehr als hundert Spezies. Nach lange vorherrschender Meinung sollten Elektronen entweder frei vorliegen oder an große Staubteilchen gebunden sein. In den 1980er-Jahren wurden negativ geladene Ionen postuliert, doch es dauerte bis 2006, bis Spektrallinien von Anionen im Weltraum entdeckt wurden. Seitdem beschäftigen sich viele Arbeitsgruppen mit der Frage, wie diese Anionen entstehen können und in welche weiteren Prozesse sie involviert sind.

Um dieses Thema, das Physiker, Chemiker und Astronomen in gleichem Maße interessiert, zu erörtern, hat die Heraeus-Stiftung vom 7. – 11. Juni junge und etabliertere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der ganzen Welt in das Physik-Zentrum in Bad Honnef eingeladen. Während des viertägigen Seminars wurde die Bedeutung von An-

Prof. Dr. Tobias Brandes, Technische Universität Berlin, Institut für Theoretische Physik; **Dr. Tomas Novotny**, Karlsuniversität Prag, Dept. für Festkörperphysik

Prof. Dr. Wolfgang Hillebrandt, MPI für Astrophysik, Garching; **Prof. Dr. Karlheinz Langanke**, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt

ionen für das interstellare Medium und die zu ihrer Identifizierung notwendigen Messungen in irdischen Labors behandelt. In verschiedenen Sitzungen wurde über die Entdeckung der ersten interstellaren Anionen, die Modellierung kalter, astrophysikalischer Plasmen, die Spektroskopie und die Untersuchung von Reaktionen negativer Ionen vorgetragen und der derzeitige Stand der Kenntnis intensiv diskutiert. Dies bot sowohl Nachwuchswissenschaftlern als auch ausgewiesenen Experten einen erstklassigen Einblick in die Facetten dieses Gebiets.

Als wichtiges Ergebnis des Seminars zeigte sich die Erwartung, dass mit den neuen Observatorien Herschel und SOFIA die Entdeckung weiterer Anionen im interstellaren Medium nicht lange auf sich warten lassen sollte. Die Beantwortung der Fragen, ob die negativen Ionen für die Bildung großer neutraler Moleküle im Weltraum entscheidend sind, und ob sie teilweise für die seit Jahrzehnten nicht identifizierten „Diffusen Interstellaren Banden“ verantwortlich sein könnten, wird auch von weiteren Laborexperimenten abhängen. Diese Fragen werden auch Thema der COST-Action „The Chemical Cosmos“ der European Science Foundation sein, die Anfang des Jahres gestartet wurde. Man kann also auf die Zukunft gespannt sein.

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und dem Physikzentrum Bad Honnef danken wir sehr herzlich für die ausgezeichnete Unterstützung, die dieses Seminar möglich gemacht hat.

Wolf D. Geppert und Roland Wester

Precision experiments at lowest energies for fundamental tests and constants

434. WE-Heraeus-Seminar

Traditionell gibt es zwei alternative experimentelle Zugänge zu „neuer Physik“: Entweder versucht man Experimente durchzuführen, die in einem noch nicht erschlossenen Bereich extremer Parameter (z. B. höchste Energien) angesiedelt sind, oder man versucht, in einem schon untersuchten Parameterbereich die Genauigkeit der Experimente extrem zu steigern. Beide Herangehensweisen sind komplementär, wobei bei niedrigen Energien die erwarteten Effekte oft klein sind. Dies lässt sich aber häufig durch die heute erreichbare extreme Genauigkeit ausgleichen.

Das 434. WE-Heraeus-Seminar, das vom 15. bis 17. Juni in Bad Honnef stattfand, konzentrierte sich auf Hochpräzisionsexperimente bei niedrigsten Energien. In vielen Gebieten der Physik wurde die Präzision der Experimente in den vergangenen Jahren in fast atember-

raubender Weise gesteigert. Die Messgenauigkeit hat inzwischen einen Stand erreicht, bei dem sehr grundlegende Aspekte der Physik wie Symmetrien, fundamentale Wechselwirkungen oder auch Fragen der Kosmologie ins Blickfeld kommen. Bekanntestes Beispiel ist die Atomuhr, welche die Messung von Frequenz und Zeit mit von Jahr zu Jahr steigender Präzision erlaubt, so dass zurzeit die Definition der Sekunde über die Hyperfeinaufspaltung des Cäsiumatoms die Limitierung darstellt. Auch andere grundlegender Größen konnten in den vergangenen Jahren mit immer höherer Genauigkeit bestimmt werden. Dazu zählen atomare Massen, die in vielen Bereichen der modernen Naturwissenschaften von großer Bedeutung sind, und die Eigenschaften von elementaren Bausteinen der Natur wie magnetische Momente von Elektronen oder Protonen. Auch wichtige Fundamentalkonstanten wie z. B. die Feinstrukturkonstante, welche die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung bestimmt, ließen sich in Bezug auf ihre Konstanz in den letzten Jahren sehr genau überprüfen. Die höchste Genauigkeit wird oft dann erreicht, wenn das betrachtete System eine möglichst geringe Energie hat (zumindest im eigenen Bezugssystem) und sich lange speichern lässt. Daher wurden in den letzten zwei Jahrzehnten extrem leistungsfähige Kühl- und Speichermethoden für Atome, Ionen, Neutronen, Elektronen oder Antiprotonen entwickelt.

Das 434. WE-Heraeus-Seminar hat viele der weltweit führenden Gruppen auf dem Gebiet der Präzisionsexperimente und der zugrunde liegenden Theorien zusammengeführt. Das gemeinsame Interesse an dieser Art von Physik, das besondere Ambiente des Physikzentrums in Bad Honnef und die effektive organisatorische Hilfe und großzügige Unterstützung durch die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung haben zum Erfolg dieses Treffens beigetragen.

Klaus Blaum und H.-Jürgen Kluge

Physics of Biological Function

435. WE-Heraeus-Seminar

Unser Ziel war es, das Heraeus-Seminar zu einem Treffen führender Arbeitsgruppen auf dem Gebiet der Physik biologischer Funktion mit jüngeren Teilnehmern zu machen. Motivation dafür ist der starke Bedeutungszuwachs biophysikalischer Forschung, insbesondere auch in Deutschland. Im Mittelpunkt des Seminars stand das Verständnis biologischer Funktion. Dieses bedarf eines interdisziplinären Ansatzes in Forschung und Lehre an der Schnittlinie zwischen Biophysik, statistischer Physik komplexer

Systeme, Zell- und Evolutionsbiologie.

Dieser Zielsetzung folgend, haben wir insgesamt 24 Sprecher vom 21. – 25. Juni 2009 zu diesem Seminar in das Physikzentrum Bad Honnef eingeladen. Die wesentlichen

Themen des Seminars waren Chemo-taxis, regulatorische und metabolische Netzwerke, molekulare Grundlagen der Genregulation sowie Mechanismen und Kontrolle zellbiologischer Prozesse. Beim Verständnis dieser Prozesse spielte der Blickwinkel der Evolution biologischer Funktionen eine wichtige Rolle. Neben den Vorträgen der eingeladenen Sprecher waren 45 Poster der weiteren Teilnehmer ein wesentlicher Teil des Programms. Die Poster wurden in Kurzvorträgen vorgestellt und nahmen an einem Posterwettbewerb teil. Die besten Poster wurden mit Preisen ausgezeichnet.

Die starke Resonanz sowohl auf Seiten der Sprecher als auch der jüngeren Teilnehmer hat die Notwendigkeit eines wissenschaftlichen Forums auf diesem Gebiet eindrucksvoll gezeigt. Die allermeisten der eingeladenen Sprecher sind der Einladung nach Bad Honnef gefolgt, und die hohe Zahl von Bewerbungen aus dem In- und Ausland hat zu einer Auslastung des Seminars an der Kapazitätsgrenze des Physikzentrums geführt. Insgesamt zählte das Seminar 84 Teilnehmer.

Das dreieinhalb-tägige Programm hat zu einem intensiven Meinungsaustausch in Vorträgen, Posterpräsentationen und Gesprächen zwischen den Teilnehmern geführt. Hervorzuheben ist insbesondere die rege Beteiligung der jüngeren Teilnehmer: Die Poster waren von außergewöhnlich hoher Qualität, Posterpräsentationen und Posterwettbewerb wurden begeistert aufgenommen, und es gab viele neue Anstöße zu wissenschaftlicher Kooperation.

Insgesamt hat das 435. WE-Heraeus-Seminar einen wichtigen Beitrag zur Bildung einer wissenschaftlichen Community auf dem Gebiet der Physik biologischer Systeme geleistet. Viele Teilnehmer haben sich enthusiastisch über den Verlauf des Seminars und den Tagungsort Bad Honnef geäußert und den Wunsch nach einer wiederkehrenden Veranstaltung ausgesprochen. Wir könnten uns sehr gut Seminare zu diesem Themenbereich in etwa zweijährigem Turnus mit wechselnden Organisatoren vorstellen, die aber immer in Bad Honnef stattfinden und dadurch ein gewisses „Markenzeichen“ erhalten. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung dieses Seminars und die hervorragende organisatorische Unterstützung bei der Durchführung.

Ulrich Gerland und Michael Lässig

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

31. August 2009

Datum = Posteingang; Kontaktaufnahme vorab empfohlen

Dr. Wolf Dietrich Geppert, Universität Stockholm, Molecular Physics Division; Priv.-Doz. Dr. Roland Wester, Universität Freiburg, Physikalisches Institut

Prof. Dr. Klaus Blaum, MPI für Kernphysik Heidelberg; Prof. Dr. H.-Jürgen Kluge, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt

Prof. Dr. Ulrich Gerland, Arnold Sommerfeld Zentrum für Theoretische Physik, LMU München; Prof. Dr. Michael Lässig, Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln