

Stochasticity in Fusion Plasmas

597. WE-Heraeus-Seminar

Der magnetische Einschluss von Plasmen stellt seit mehr als einem halben Jahrhundert interessante Fragen an Wissenschaftler auf der ganzen Welt. Drei führende Konzepte – Tokamaks, Stellaratoren und Reversed Field Pinches – haben sich im Laufe der Jahre als mögliche Kandidaten für einen Fusionsreaktor herausgestellt. Während Stochastizität schon lange als ein intrinsischer Bestandteil der Magnetfelder in Stellaratoren und Reversed Field Pinches anerkannt ist, wuchs im letzten Jahrzehnt das Bewusstsein, dass Stochastizität auch in Tokamaks eine wichtige Rolle spielen muss.

Vom 10. bis 12. September trafen sich 67 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Bad Honnef, um über die Auswirkungen der Stochastizität in Fusionsplasmen und die Zusammenhänge zwischen Stochastizität und Themen wie magnetische Störungen, magnetische Topologie, Disruptionen, Turbulenz, Instabilitäten, Plasma-Wand-Wechselwirkung und Plasmagleichgewicht und -einschluss zu diskutieren. In dreißig Vorträgen und dreißig Postern stellten Forscher aus allen Kontinenten ihr Wissen über den aktuellen Stand und Zukunftsperspektiven der verschiedenen Konzepte vor, wobei der weitreichende Einfluss der Stochastizität ausführlich diskutiert wurde.

Das Seminar hat die zunehmende Bedeutung der Stochastizität in Fusionsplasmen eindrucksvoll unterstrichen. Es wurde klar, dass stochastische Effekte für den optimalen Betrieb des Stellarators Wendelstein 7-X zu berücksichtigen sind und dazu dienen können, schädliche Instabilitäten in der nächsten Generation eines internationalen Tokamaks (ITER) zu steuern. Die fruchtbaren Diskussionen haben gezeigt, dass Tokamak- und Stellaratorphysik sich deutlich näher kommen und dass die weitere Diskussion dringend erforderlich ist. Deshalb waren sich die Teilnehmer darin einig, dass diese wichtige Reihe von Seminaren (nach 2011 und 2013) weitergeführt werden soll.

Eine wichtige Zutat im Erfolgsrezept dieser Seminare ist die einzigartige Umgebung des Physikzentrums Bad Honnef. Sie fördert den Austausch von jungen Wissenschaftlern und weltweit führenden Experten und gibt die Gelegenheit, voneinander zu lernen. Viele Probleme und Lösungsansätze wurden bis spät in die Nacht diskutiert. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre beispielhafte Unterstützung.

Yunfeng Liang und Thomas Sunn Pedersen

Foundations and New Methods in Theoretical Physics

WE-Heraeus-Sommerschule und 21. Doktorandenschule „Saalburg“

Vom 31. August bis 11. September 2015 fand in Wolfersdorf (nahe Jena) die 21. 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 38 Studentinnen und Studenten aus 26 Institutionen zusammen, um ihre Ausbildung im Hinblick auf eine Postdoktoranden-Phase in den Gebieten Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation zu verbreitern. 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 Black hole thermodynamics (Robert M. Wald, U Chicago), Quantum fields in curved space-time (Stefan Hollands, U Leipzig), Dynamical space-time and gravitational waves (Jan-Willem van Holten, Nikhef Amsterdam und U Leiden), Conformal field theory (Bert Schellekens, Nikhef Amsterdam) und Renormalization group: an introduction (Jean Zinn-Justin, CEA, IRFU und Centre de Saclay, Paris). 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.

Traditionell 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, das man später auf den Webseiten der Schule finden kann. In diesem Jahr waren drei Dozenten bereits mit ausgearbeiteten Skripten angereist, welche auf der Webseite verlinkt wurden. Die Doktorandinnen und Doktoranden arbeiteten mit hoher Motivation und großem Einsatz an den Übungen.

Im Vergleich zu früheren Schulen wurden die Formate der ersten und zweiten Woche vertauscht, sodass diesmal zunächst drei Kurse an sechs Tagen stattfanden, der Sonntag frei war und dann zwei Kurse an fünf Tagen durchgeführt wurden. Daneben wurde erstmalig ein thematischer Schwerpunkt zu „Gravitation“ mit drei aufeinander bezogenen Kursen gebildet. Zusammen mit der Prominenz einiger Dozenten hat dies mehr Teilnehmer angelockt als in den vergangenen Jahren. Etwa zwei Drittel der Teilnehmer waren nicht deutschsprachig, die Hälfte kamen aus dem europäischen Ausland oder aus den USA.

Der enge Kontakt zu den Dozenten und die informelle Atmosphäre eines abgeschiedenen Hotels tragen mit zum Erfolg der Schule bei, 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.^{*)}

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

Diffraction and Electromagnetic Processes at High Energies

International WE-Heraeus Physics School

Die internationale WE-Heraeus Physikschule fand vom 17. bis 21. August im Physikzentrum Bad Honnef statt. Mit der nach einer längeren Wartungsphase kürzlich erfolgten Betriebsaufnahme des Large Hadron Collider (LHC) am CERN bestand großes Interesse der Teilnehmer an Vorträgen der LHC-Experimente, die Resultate der ersten Betriebsperiode von 2009 bis 2013 vorstellten sowie die in den nächsten Jahren zu erwartenden Ergebnisse zusammenfassten.

Rein diffraktive Streuung in Hadron-Hadron-Kollisionen ist eine Erscheinungsform der starken Wechselwirkung. Diese Streuung wird durch Austausch von farbneutralen Multi-Gluon- und Multi-Quark-Objekten verursacht. Die theoretische Beschreibung dieser diffraktiven Reaktionen ist innerhalb der Quantenchromodynamik nur teilweise verstanden. Das gilt insbesondere für die diffraktiven Prozesse auf einer weichen Skala, d. h. bei kleinen Energie- und Impulsüberträgen. Die Analyse weicher diffraktiver Reaktionen bei hohen Energien ermöglicht deshalb Tests des nicht-perturbativen Bereichs der Quantenchromodynamik.

Einführende Vorlesungen fassten das notwendige Grundwissen zum Verständnis der verschiedenen Themen der diffraktiven und elektromagnetischen Prozesse bei hohen Energien zusammen. Die Resultate der Experimente des HERA-Beschleunigers bei DESY, des Intersecting Storage Rings am CERN, des TEVATRON-Beschleunigers am Fermilab sowie des RHIC-Beschleunigers in Brookhaven wurden in Übersichtsvorträgen vorgestellt. Den gegenwärtigen Stand der Datenanalysen der LHC-Experimente haben Sprecher der ALICE-, ATLAS-, CMS-, LHCb- und TOTEM-Kollaborationen diskutiert.

Die verschiedenen Vorlesungen wurden ergänzt durch Vorträge der teilneh-

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

Prof. Dr. Yunfeng Liang, Forschungszentrum Jülich; **Prof. Dr. Thomas Sunn Pedersen**, MPI für Plasmaphysik, Greifswald

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; **Prof. Dr. Andreas Wipf**, FSU Jena

Dr. Rainer Schicker, U Heidelberg; **Prof. Dr. Antoni Szczurek**, Institute of Nuclear Physics, Krakau, Polen

Matthias Werner, Universität Oldenburg

menden Studenten, in denen sie ihre eigenen Forschungsergebnisse präsentierten. Das beste eingereichte Poster sowie vier Vorträge der Teilnehmer wurden mit einem Zertifikat der WE-Heraeus-Stiftung ausgezeichnet.

Eine Wanderung auf den nahegelegenen Drachenfels ergänzte das wissenschaftliche Programm. Weitere Möglichkeiten zu anregenden Diskussionen gab es für die 59 Teilnehmer aus 17 Ländern während und nach dem gemeinsamen Abendessen im Physikzentrum Bad Honnef, wobei die Teilnehmer mehrfach den Wunsch nach einer Fortsetzung dieser Schule äußerten.

Im Namen aller Teilnehmer möchten wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung herzlich danken für die finanzielle Unterstützung sowie Jutta Lang und dem Team im Physikzentrum für die perfekte lokale Organisation.

Rainer Schicker und Antoni Szcurek

Computational Physics of complex and disordered systems

Bad Honnef Physics School

Neben Experiment und Theorie haben sich Computersimulationen in den letzten Jahren als drittes Standbein im wissenschaftlichen Betrieb etabliert. Dies zeigt die steigende Zahl an Veröffentlichungen im Bereich der Computational Sciences und lässt sich damit begründen, dass zur Beschreibung realer Systeme immer komplexere Modelle dienen, die meistens keine analytische Lösung zulassen. Daher gewinnen numerische Methoden mehr und mehr an Bedeutung. Ermöglicht wird diese Entwicklung durch immer leistungsfähigere Rechner. Der programmieraffine Forschergeist muss sich aber keineswegs auf physikalische Systeme wie Spingläser oder Fluide beschränken. Inzwischen sind auch Netzwerke in den Fokus geraten, wodurch sich beispielsweise soziale Strukturen oder epidemiologische Phänomene erfassen und erforschen lassen.

Um einen Einblick in das weite Feld Computational Physics zu erhalten, kamen 43 Studierende, Doktoranden und Postdocs aus verschiedenen Ländern vom 21. bis 25. September im Physikzentrum Bad Honnef zusammen, um der von Alexander K. Hartmann (U Oldenburg) und A. Peter Young (U of California Santa Cruz, USA) organisierten Schule beizuwohnen. In fünf Tagen standen spannende Vorträge von hochkarätigen Rednern auf dem Plan, abgerundet durch aktive Programmierübungen.

Zu Beginn führte Helmut G. Katzgraber (Texas A&M University, USA), in die Welt der Monte-Carlo-Simulationen ein. Abends konnten die Teilnehmer ihre eigene Forschung in einer Postersession vorstellen, die durch ein Quiz mit

Aussicht auf Gewinn ein spielerisches Element bekam, das zum regen Austausch einlud. Am Dienstag referierte Walter Kob (U Montpellier, Frankreich) über die Simulation von Gläsern und molekularer Dynamik. Am Mittwoch lehrte Werner Krauth (Ecole Normale Supérieure, Paris) sowohl Cluster Algorithmen und ihre Anwendung auf Ising-Spinmodelle, als auch „hard-sphere“-Probleme. Am Donnerstagmorgen brach die muntere Gesellschaft auf und erklimmte bei strahlendem Sonnenschein den Drachenfels.

Als abschließenden Themenkomplex stellten Baruch Barzel (Bar-Ilan University, Israel) und Roberta Sinatra (North-eastern University, USA) Netzwerke anhand vieler praktischer Beispiele und einem interessanten Versuch am Publikum vor, bei dem die Bekanntschaften in der Teilnehmerschaft grafisch dargestellt wurden. Diese vier thematischen Blöcke teilten sich gleichermaßen in die Vorträge der Redner und in die Übungen am Computer, wodurch die Teilnehmer das Gelernte unmittelbar selbst umsetzen, tieferes Verständnis der Inhalte erwerben und praktische Programmiererfahrung sammeln konnten.

Neben den Veranstaltungen gab es viele Gelegenheiten zum informellen Austausch der Teilnehmer untereinander, aber auch mit den Dozenten.

Zusammenfassend war die DPG-Schule eine sehr lehrreiche Veranstaltung, die einen tiefen Einblick in die computerorientierte Physik ermöglichte und zur weiteren Auseinandersetzung mit den vorgestellten Themen inspirierte. Es wurden, wie die Netzwerkstudie belegte, viele zum Teil auch Ländergrenzen überschreitende Bekanntschaften geschlossen und fachliche Anekdoten, Erfahrungen und Ergebnisse ausgetauscht.

Matthias Werner

Gravitationswellen für die Schule

WE-Heraeus-Lehrerfortbildung in Astronomie

Vom 31. August bis 5. September trafen sich etwa siebzig Studenten und Lehrer an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena zur dritten Heraeus-Sommerschule „Astronomy from 4 Perspectives“. Sie kamen zu etwa gleichen Teilen aus Padua und Florenz sowie aus Heidelberg und Jena. Die Sommerschule ist eine bi-nationale, italienisch-deutsche Fortbildungsveranstaltung für Studenten und Lehrer mit dem primären Ziel, aktuelle Inhalte aus der modernen Astrophysik und Kosmologie für die Schule lehrbar zu machen.

Aus Anlass des hundertsten Jubiläums der Allgemeinen Relativitätstheorie war das Thema „Gravitationswellen-Astronomie“. Die nächste Sommerschule soll 2016

in Florenz von „Kosmischen Ursprüngen“ handeln.

Bevor die Aufbereitung dieser Themen für den Unterricht und die Erarbeitung der Lehrmaterialien in Angriff genommen werden konnte, war es zunächst erforderlich, den Lehrern die Inhalte verständlich nahezubringen, denn sie sind in ihrer bisherigen Ausbildung nicht enthalten. Das dicht gedrängte Programm bestand deshalb nicht nur aus Vorträgen, sondern auch aus Tutorien in vier Gruppen sowie aus Kurzvorträgen der Teilnehmer. Die elf Plenarvorträge hatten die Eigenschaften der Gravitationswellen, deren Quellen und indirekte wie direkte Nachweismethoden zum Gegenstand. Auch die Perspektiven, diese Inhalte in elementarisierter, gleichwohl wissenschaftlich korrekter Weise zu lehren, waren Bestandteil der Vorträge und in noch stärkerem Maße der Tutorien und einer sehr ergiebigen Plenardiskussion am Ende der Veranstaltung. Zum ersten Mal wurden einige experimentelle Aspekte des Nachweises von Gravitationswellen, darunter die Isolation der Apparate gegen seismische Störeinflüsse, in den Labors der Jenaer Physikalisch-Astronomischen Fakultät „hands-on“ studiert.

Die Redner kamen von den Universitäten der vier Partnerstädte, aber auch von Max-Planck-Instituten und dem Institut für Gravitationsforschung der Universität Glasgow. Die Vorträge und bereichernden Diskussionsbeiträge von Bernard Schutz (Cardiff) und Martin Hendry (Glasgow) seien besonders hervorgehoben.

Das Rahmenprogramm umfasste neben einem Stadtrundgang durch Jena und einem Gesellschaftsabend auf dem „Fuchsturm“ einen Ausflug in das nahegelegene Weimar mit einem Besuch der historischen Herzogin-Anna-Amalia-Bibliothek. Dort ist auch eine der frühesten Darstellungen einer Wurfparabel von Galileis eigener Hand aufbewahrt. Diese Anlässe boten Gelegenheit, sich über Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Lehrerausbildung und Lehrerberuf in Italien und Deutschland auszutauschen und die Perspektiven des Projekts „Astronomy from 4 Perspectives“ zu diskutieren.

Alle Teilnehmer waren sich darüber einig, dass die Reihe der Heraeus-Sommerschulen sehr bereichernd und nützlich ist, dass aber gleichzeitig ein Prozess des Voneinander- und Miteinander-Lernens in Gang gesetzt wurde, der nach der vierten Veranstaltung in Florenz 2016 nicht abgeschlossen sein wird. Daher wurden bereits in Jena Vorstellungen entwickelt, wie das Programm inhaltlich weitergeführt und neue Teilnehmer einbezogen werden können.

Zunächst einmal sei aber der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung herzlich für die großzügige Förderung des ersten Zyklus von Veranstaltungen gedankt.

Karl-Heinz Lotze und Silvia Simonato

Entropy and Information: The Statistical Mechanics Perspective

Bad Honnef Physics School

Die Entropieabnahme eines isolierten thermodynamischen Systems steht im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz. Durch das Gedankenexperiment eines Maxwell'schen Dämons scheint die Abnahme der Entropie allerdings möglich und führt zu einem Paradoxon, das erst durch den Einsatz von Information als physikalische Größe zu lösen ist. Dies war das Kernthema der Sommerschule in Bad Honnef vom 13. – 19. September.

Den Anfang machte Hays Hinrichsen (Würzburg) mit einer Einführung zur Informationstheorie, in der er die Information in ihren stochastischen Kontext einordnete und veranschaulichte. Das Paradoxon des Maxwell'schen Dämons bildete die zweite Hauptvortragsreihe (Jordan Horowitz, Boston). Dabei wurde anhand der Szilard-Maschine gezeigt, dass sich das Paradoxon bzgl. der Abnahme der Entropie lösen lässt, indem man die Entropie, die beim Löschen von Information entsteht, mit berücksichtigt.

In der Vortragsreihe zur Quanteninformation (Janet Anders, Exeter) ging es um den Quantenschlüsselaustausch als sicherer Weg zur Übertragung von Informationen. Im Gegensatz zu normalen Verschlüsselungsverfahren wird hier auf physikalische Effekte gesetzt. Eine Einführung in die stochastische Thermodynamik (Massimiliano Esposito, Luxembourg) rundete das Angebot ab.

Neben diesen Hauptvorträgen gab es Spezialvorträge: Diese umklammerten naheliegende Themen wie die Relevanz von Informationen in Experimenten und Effizienz in thermodynamischen Nichtgleichgewichtssystemen. Aber auch Themen wie chemische Netzwerke, Turbulenz und schwarze Löcher kamen zur Sprache.

In den Pausen hatten die Teilnehmer Zeit, über die Inhalte zu diskutieren. Sehr erfreulich war, dass die Referenten größtenteils auch nach ihrem Vortrag am Veranstaltungsort blieben. Neben den Pausen und Übungen hatten die Teilnehmer in einer Postersession die Möglichkeit, selbst tätig zu werden. Auch dieses Ereignis half allen Personen, miteinander in Kontakt zu treten sowie Informationen auszutauschen. Der Kontakt der Teilnehmenden und Vortragenden wurde auf einer Wandertour vertieft.

Die Sommerschule wäre ohne externe Finanzierung nicht in der Art möglich gewesen. Daher sei an dieser Stelle der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung gedankt. Auch ohne das Engagement der Organisatoren wäre die Schule nicht möglich gewesen. Daher ein großes Dankeschön an Andreas Engel (Oldenburg), Christian van den Broeck (Hasselt) und Massimilia-

no Esposito (Luxembourg) sowie an Victor Gomer für die Organisation vor Ort.

Marcel Kahlen

Physikshows und Freihandexperimente

DPG-Lehrerfortbildung

Zu den Highlights eines Physiklehrerlebens gehört es, eine der DPG-Lehrerfortbildungen im Physikzentrum Bad Honnef zu besuchen. Besonders, wenn es darum geht, wie man mit Physik möglichst viel Spaß haben kann. Vom 16. bis 20. Oktober 2015 fand der Fortbildungskurs „Physikshows und Freihandexperimente“ statt, geleitet von Alexander Strahl (U Salzburg), Olivier Gaumer (Genf) und Herbert Dreiner (U Bonn). Zur Einstimmung stellte Olivier Gaumer die Organisation „EuroScienceFun“ vor, die den Austausch zwischen verschiedenen Physikshow-Projekten in Europa fördern will. Sein launiger Grundsatzvortrag über Physikshows endete mit der Botschaft „Think crazy“.

In den folgenden Tagen zauberten Gerd Lehnert (Berufskolleg Wipperfurth) und Gunther Wapler (MNU Berlin) im „Handumdrehen“ eine riesige Menge an spannenden, verblüffenden und verblüffend einfachen Experimenten auf die Bühne. Gewürzt wurde ihre fast zweistündige Darbietung mit feinen Bemerkungen über das Wie, Wo, Wann und Warum von Freihandexperimenten. Höchst amüsante Versuche führte Teilchenphysiker Herbert Dreiner (Uni Bonn) vor, der nebenbei einen Crash-Kurs zu Higgs-Teilchen und Neutrino-Oszillationen einflucht. Die Darbietung einer Physik-Show, vorgestellt von Johannes Hinrichs, Sebastian Skorzinski, Fabiola Buschendorf und Lara Bartels (alle Uni Göttingen) endete mit einem Flammentisch als physiko-musikalisches Highlight. Mit österreichischem Charme und Humor präsentierten sich Markus Herbst (Uni Salzburg) mit seiner Physikshow und Haimo Tentschert (Graz) mit Freihandversuchen aus dem Koffer.

Die Motivation, eine eigene Show auf die Bühne zu bringen, wuchs bei den Teilnehmern von Tag zu Tag. Der Lichtenberg-Keller wurde bis in die frühen Morgenstunden zum großen Austauschforum von Experimenten und Showideen. Vorbereitet durch Workshops zu Rhetorik, Schauspiel und Präsentation entwarfen und probten vier Gruppen ihre eigenen Vorführungen. Montagnachmittag hieß es dann: Bühne frei für „Frau sucht Physiker“, „Patentamt 309“, „Morgenfrühstück“ und „Die DPGianer“. Am Ende waren sich alle einig – die Veranstaltung war höchst gelungen.

Christian Gleixner

Prof. Dr. Karl-Heinz Lotze, Silvia Simonato, Friedrich Schiller Universität Jena

Marcel Kahlen, Universität Oldenburg

Dr. Christian Gleixner, Iffeldorf