

Density, Temperature and Elastic Constants of Earth's Mantle

389. WE-Heraeus-Seminar

Das Dichteprofil des Erdmantels ist Geophysikern aus einer Vielzahl von Beobachtungen mit einer erstaunlichen Genauigkeit von ca. 0,5 Prozent bekannt. Die Unsicherheit in der Kenntnis lateraler Dichteveränderungen $\Delta\rho$ und deren Ursachen ist jedoch weit größer und rückt zunehmend in den Mittelpunkt geophysikalischer Grundlagenforschung – in Deutschland z. B. durch die von der DFG geförderten Schwerpunktprogramme 1275 („Massentransporte und Massenverteilung im System Erde“) und 1375 („South Atlantic Margin Processes and Links with Onshore Evolution“). Denn laterale Dichteveränderungen des Erdmantels sind Antriebskräfte der Plattentektonik und somit einer Vielzahl dynamischer Phänomene einschließlich Erdbeben. Theorien zur tektonischen Kräftebilanz und der inneren Dynamik der Erde stehen und fallen also mit einem besseren Verständnis von $\Delta\rho$.

Seismische Tomographien der 3D-Kompressions- und Scherwellengeschwindigkeitsstruktur des Erdmantels kartieren $\Delta\rho$, allerdings gekoppelt an die elastischen Kompressions- und Schermodule, K und μ . Geodynamische Computersimulationen globaler Mantelzirkulation auf Hochleistungsrechnern ermöglichen heute realistische Abschätzungen lateraler Temperaturvariationen im Erdinneren. Die gefolgerten Werte für $\Delta\rho$ sind allerdings gedämpft um den für Silikate typischen thermischen Expansionskoeffizienten α in der Größenordnung von $10^{-5}/\text{K}$. Eigenschwingungen der Erde ermöglichen einen direkten Zugriff auf $\Delta\rho$, gemittelt allerdings auf $\sim 10\,000$ km. Ein erheblicher Fortschritt ist in der Mineralphysik zu verzeichnen, die das Hochdruckverhalten von Silikaten und den Zusammenhang von K , μ und ρ zu Temperatur und Komposition mit bisher unbekannter Genauigkeit ermittelt.

Im 389. WE-Heraeus-Seminar „Density, Temperature and Elastic Constants of Earth's Mantle“ wurden diese Probleme von weltweit bekannten Experten aus der Seismologie, Geodynamik und Mineralphysik diskutiert. Ein beherrschendes Thema war die Antikorrelation zwischen Kompressions- und Scherwellengeschwindigkeit, die an manchen Stellen im tiefsten Erdmantel beobachtet wird, und von der unklar ist, ob sie sich entweder durch chemische Anomalien (Anreicherungen im lokalen Eisengehalt) oder durch hohe Temperaturen erklären lässt. Ein Höhepunkt waren drei intensiv geführte Diskussionsabende, an deren Ende beschlossen wurde, diese interdisziplinären Diskussionen in Zukunft weiter voran zu treiben.

Ich danke der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige För-

derung, ohne die dieses äußerst wertvolle und nutzbringende Treffen mit 41 Teilnehmern im schönen Park von Schloss Linderhof nicht zustande gekommen wäre.

Hans-Peter Bunge

Attosecond Physics

391. WE-Heraeus-Seminar

Vom 1. bis zum 5. August 2007 fand im MPI für Physik komplexer Systeme Dresden der internationale Workshop Attosecond Physics statt. 130 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Altersgruppen und aus vielen verschiedenen Ländern tauschten vier spannende Tage lang von morgens und oft bis spät in die Nacht die neuesten Ergebnisse und Perspektiven des noch jungen Forschungsfeldes aus. 32 eingeladene und acht „hot topic“-Vorträge sowie zwei Postersitzungen mit insgesamt 63 Beiträgen boten hierzu reichlich Gelegenheit. Die Diskussionszeit nach jedem Vortrag wurde ungewöhnlich intensiv genutzt, um oftmals überraschende und noch nicht verstandene Resultate der Vorträge noch einmal zu thematisieren. Dazu gehören Oszillationen scheinbar einfachen Ursprungs im Ionisationssignal von Helium, wenn ein Attosekundenpulszug gegen den gleichzeitig applizierten Infrarotpuls zeitlich (um Bruchteile einer Femtosekunde) verschoben wird, vorgetragen von Anne L'Huillier (Lund), aber auch die ersten Resultate von Attosekundenpuls-Response aus dem elektronischen Band eines Festkörpers, präsentiert von A. Cavaliere (MPQ München). Einen vielversprechenden Vorschlag für eine neue Art der Erzeugung intensiver Attosekundenpulse machte A. Pukhov (Düsseldorf). Prinzip ist die Reflexion von Hohen Harmonischen an einer Oberfläche, wobei der einfallende infrarote Lichtstrahl Intensitäten im Bereich relativistischer Licht-Materie-Wechselwirkung benötigt. In einem weiteren theoretischen Beitrag wies Ulf Saalman (MPI Dresden) auf die mit Attosekundenpulsen sich erstmals bietende Möglichkeit hin, schnelle dissipative Prozesse zu erfassen, wie etwa die Aufladung von Edelgasclustern unter einem intensiven Laserpuls.

Attosecond Physics wurde gemeinsam von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung als 391. WE-Heraeus-Seminar und vom Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme im Rahmen seines Workshop-Programms finanziell unterstützt und war offizielles Satellitenmeeting der XXV. ICPEAC (International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions), die unmittelbar zuvor in Freiburg stattfand.

Wie erwünscht fanden viele Kollegen aus der AMO-Physik und Teilnehmer der ICPEAC in Freiburg den Weg nach Dresden, was aber dank der effizienten Ta-

gungsorganisation durch Claudia Pönisch zu keinen Problemen für Attosecond Physics führte. Schließlich hatte der Workshop in Dresden noch dahingehend historischen Charakter, als die Veranstalter beschlossen haben, dass in Zukunft regelmäßig Attosecond Konferenzen veranstaltet werden sollen, mit einer stetigen Begleitung durch ein Steering Committee. Ferenc Krausz und Jan Michael Rost

Transport, Localization and Fluctuations in Complex Systems

392. WE-Heraeus-Seminar

Fluktuationen und Lokalisierungsphänomene haben entscheidenden Einfluss auf die Effektivität von Transportprozessen. Ihr tieferes Verständnis ist nicht nur relevant für aktuelle Problemstellungen in der Physik, wie z. B. die Elektronenleitung in molekularen Drähten oder die Ionenleitung durch Membrankanäle, sondern auch von Bedeutung für die Beschreibung von Transportprozessen in vielen anderen Wissenschaftsfeldern, wie z. B. der Ausbreitung von Epidemien oder dem Informationsaustausch in komplexen Netzwerken. Methoden und Konzepte der Statistischen Physik haben daher in diesem Forschungsgebiet ein sehr breites Anwendungsspektrum gefunden. Das WE-Heraeus-Seminar hatte das Ziel, diese Methoden und ihre aktuellen Weiterentwicklungen vorzustellen und zu diskutieren.

Hierzu kamen 65 Wissenschaftler aus elf Ländern vom 2. bis 5. September 2007 an die Technische Universität Ilmenau. Im historischen Curie-Bau mit überdachtem Innenhof am Institut für Physik ergab sich eine sehr angenehme Atmosphäre für Gespräche mit den hochkarätigen Vortragenden und für lebhaftes Diskussionen an den Postern.

Am Beginn des Seminars standen Vorträge zum anomalen Transportverhalten und Phasendiagramm von flüssigem Wasser. Aktuelle Experimente und Computersimulationen auch in nanoskopisch strukturierten Umgebungen stützen die Hypothese eines kritischen Punktes in der unterkühlten flüssigen Phase. Weiter wurde der Flüssigkeitstransport in porösem Material und in biologischen Systemen diskutiert sowie der Ionentransport in Gläsern, wobei universelle Aspekte von Relaxationsspektren und mögliche theoretische Erklärungen dieser Universalitäten erörtert wurden. Die komplexe ungeordnete Struktur der Materialien verlangt statistische Konzepte, die auch zur Beschreibung komplexer Netzwerke verwendet werden können. Hierbei wurden überraschende Verknüpfungen zu verallgemeinerten Boltzmann-Statistiken gezogen. Anwendungen der vorgestellten Transporttheorien in Netzwerken umfassten die Stabilität des Internets, den menschlichen Reiseverkehr und die Aus-

Prof. Dr. Hans-Peter Bunge, LMU München, Dept. für Geo- und Umweltwissenschaften

Prof. Dr. Ferenc Krausz, MPI für Quantenoptik, Garching, und Prof. Dr. Jan Michael Rost, MPI für komplexe Systeme, Dresden

Jun.-Prof. Dr. Jan Kantelhardt, Institut für Theoretische Physik, Universität Halle, und **Prof. Dr. Philipp Maass**, Theoretische Physik / Computational Physics, TU Ilmenau

Prof. Dr. Claus Kiefer, Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln

Dr. Tobias Kramer, Department of Physics, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA

breitung von Pflanzen und Epidemien. Gemeinsam ist allen komplexen Systemen die große Bedeutung von statistischen Fluktuationen, die häufig spezifisch korreliert sind und damit charakteristische Eigenschaften des Systems widerspiegeln. Am Beispiel Klimasystem wurden Langzeitkorrelationen, die Statistik extremer Ereignisse und die statistische Signifikanz von Vorhersagen kritisch beleuchtet. Ähnlich wurde aufgezeigt, wie Fluktuationen eine entscheidende Rolle spielen bei der atomaren Diffusion und Aggregation auf Oberflächen und dem Elektronen- und Wärmetransport in Nanosystemen. Den Abschluss bildeten Vorträge zur Unterdrückung ballistischen oder diffusiven Transports aufgrund gewöhnlich und anomal lokalisierter Eigenzustände von Elektronen, Schall und Licht in ungeordneten Systemen.

Die Teilnehmer haben das Seminar mit Begeisterung aufgenommen, und es ist unsere Hoffnung, dass der rege Gedankenaustausch neue Kooperationen und Forschungsvorhaben stimulieren wird. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Unterstützung, die auch einen Zuschuss zu dem im Springer-Verlag erscheinenden Band der Reihe „European Journal of Physics – Special Topics“ mit Artikeln der Sprecher einschließt.

Jan Kantelhardt und Philipp Maass

Cosmology of Fundamental Interactions

394. WE-Heraeus-Seminar

Seit einigen Jahren befindet sich die Kosmologie in einem bemerkenswerten Aufschwung. Dazu haben eine Reihe von Beobachtungen beigetragen, wie etwa von Supernovae in kosmischen Entfernungen und Messungen des Anisotropiespektrums der kosmischen Hintergrundstrahlung.

In dem gemeinsam mit Beatriz de Carlos (University of Southampton) veranstalteten Seminar ging es in erster Linie um die Relevanz fundamentaler, teilweise noch spekulativer Theorien für die Kosmologie. Der Bogen reichte von Quantengravitation einschließlich Stringtheorie und Modellen mit höheren Dimensionen über supersymmetrische Theorien bis zum Standardmodell der Teilchenphysik. Immerhin harren gerade einige der eindrucksvollsten Beobachtungsergebnisse einer überzeugenden Erklärung: die beschleunigte Ausdehnung des Universums und die Existenz der Dunklen Materie.

Etliche der Vorträge und Diskussionsbeiträge drehten sich um die Ursache für die Beschleunigung und die damit verknüpfte ominöse Dunkle Energie: Ist es die Kosmologische Konstante? Ein fundamentales skalares Feld? Oder eine abgeänderte Gravitationstheorie? Wie sich in den zum Teil sehr lebhaften Dis-

kussionen zeigte, waren die Meinungen hierzu durchaus geteilt. Eine Mehrheit neigte zu der Ansicht, dass die endgültige Antwort aus einer fundamentalen Theorie kommen müsse. Auf Interesse stießen insbesondere Modelle der Quantengravitation, die anstreben, sowohl Dunkle Energie als auch Dunkle Materie zu erklären, ohne zusätzliche Freiheitsgrade einführen oder merkwürdige Annahmen treffen zu müssen. Die Lösung käme in diesem Fall aus der direkten Quantisierung von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie.

Allgemein geht man davon aus, dass sich unser Universum bereits während seiner „inflationären Phase“ kurz nach dem Urknall beschleunigt ausgedehnt hat. Alexei Starobinsky (Moskau), der 1980 als erster ein solches Modell vorgestellt hat, betonte in seinem Übersichtsvortrag noch einmal, worin der Hauptsinn der Inflation liege: Sie gestatte es, auf befriedigende Weise die Entstehung der primordialen Störungen und damit aller Struktur im Universum aus Quantenfluktuationen zu beschreiben und deren Spektrum vorherzusagen.

Das Seminar wurde überwiegend von jüngeren Leuten besucht, und es verwundert angesichts des Themas kaum, dass die Diskussionen nicht mit dem Verlassen des Hörsaals endeten, sondern im Bürgerkeller des Physikzentrums und bei gemeinsamen Spaziergängen am Rhein bis spät in die Nacht hinein fortgesetzt wurden. In der abschließenden Diskussionsrunde zum Thema „The Future of Fundamental Cosmology“ wurde vor allem darauf gedrängt, von theoretischer Seite nach allen Seiten hin offen zu sein. Es sei absehbar, dass durch Großprojekte wie den PLANCK-Satelliten, das Gravitationswelleninterferometer LISA im Weltall, das „Square Kilometre Array“ und nicht zuletzt den Beschleuniger LHC am CERN viele theoretische Modelle an Boden verlieren und neue Ideen an Beachtung gewinnen würden. Man darf gespannt sein.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige und unbürokratische Förderung, durch die diese Tagung ermöglicht wurde.

Claus Kiefer

Time-dependent Phenomena in Quantum Mechanics

395. WE-Heraeus-Seminar

Die Zeit spielt nicht nur in unserer Wahrnehmung, sondern auch in der Physik eine herausragende Rolle, wie an den hochaktuellen Themen dieses international besetzten Seminars deutlich wurde. Die 20 Haupt- und 15 Kurzvorträge zu den Postern lieferten ein Spektrum von der historischen Debatte zwischen Schrödinger, Dirac, Pauli und anderen zur Rolle der Zeit in der Quantenmechanik (hierbei spielen Fußnoten eine wichtige

Rolle!) bis hin zu aktuellen Attosekunden-Messungen, die Quantendynamik „live“ sichtbar machen. Semiklassische Methoden, Zeitverzögerung, Quasiresonanzen, Monodromie, Variationsprinzipien, Dichtefunktionalmethoden und kohärente Kontrolle wurden in verschiedenen Zusammenhängen vorgestellt.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer beteiligten sich in guter Atmosphäre regen an den Diskussionen und stellten hervorragende eigene Arbeiten vor, sodass es keine passive Hörschaft gab. Querverbindungen zwischen Bose-Einstein-Kondensaten und Transport durch Nanostrukturen wurden schnell gefunden. Wellenpakete ermöglichen nicht nur die Berechnung von molekularen Reaktionen, sondern auch von Spintransport und eröffnen neue Zugänge zur Quantenoptik. Es trug wesentlich zum Gelingen bei, dass sich die Tagung nicht auf ein einziges dieser zahlreichen Anwendungsgebiete beschränkte und dass alle bereit waren, sich in neue Systeme einzudenken. Dies dürfte auch zu neuen Kollaborationen führen. Die historische Perspektive vermittelte Manfred Kleber (TU München) in seinem einleitenden Vortrag, während Eric Heller (Harvard University) in seiner Zusammenfassung des Seminars die Dualität des Zeit- und Energiebildes von Quantenphänomenen mittels Fourier-Transformation akustisch und visuell vorführte. Interessanterweise lässt sich selbst für eigentlich zeitunabhängige Phänomene eine Lösung oft erst über den Umweg einer zeitabhängigen Beschreibung finden, wodurch es erstmals möglich wird, aktuelle Experimente theoretisch zu behandeln – hier zeichnen sich weitere Durchbrüche und Impulse vonseiten der Theorie ab.

Die gute Unterbringung im schönen gelegenen Heinrich-Fabri-Institut der Universität Tübingen trug sicher auch zum Gelingen und der freundlichen Atmosphäre des Treffens bei, das vom 12. bis 16. September 2007 stattfand und 35 Wissenschaftler und Studierende zusammenführte.^{#)} Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danke ich sehr herzlich für die Möglichkeit, eine hochkarätige Tagung mit Teilnehmenden aus so vielen verschiedenen Ländern (Brasilien, Deutschland, Mexiko, USA, Russland, Spanien, Türkei) durchzuführen.

Tobias Kramer

Optical Supercontinua and Frequency Combs

Internationale WE-Heraeus-Sommerschule

Optische Superkontinua und Frequenzkämmen haben in den letzten Jahren in vielen Bereichen der Physik, etwa der Präzisionsmetrologie, eine entscheidende Bedeutung gewonnen. Dies wurde u. a. durch das Nobelpreis-Komitee anlässlich

#) Ein Blick auf die Vorträge und die Proceedings ist allen Interessierten unter www.quantumdynamics.de möglich.

Dr. Harald Telle, Mikrooptische Messtechnik, PTB Braunschweig, und **Prof. Dr. Eberhard Riedle**, Lehrstuhl für Biomolekulare Optik, LMU München