

## Computational Many-Particle Physics

**Prof. Dr. Holger Fehske**, Universität Greifswald; **Priv.-Doz. Dr. Ralf Schneider**, MPI für Plasmaphysik Greifswald; **Dr. Alexander Weisse**, Universität Greifswald

**Prof. Dr. Wolfgang Hillebrandt**, MPI für Astrophysik, Garching; **Prof. Dr. Jutta Kunz**, Universität Oldenburg; **Priv.-Doz. Dr. Claus Lämmerzahl**, ZARM, Universität Bremen

**Prof. Dr. Guido Drexlin**, Universität und Forschungszentrum Karlsruhe; **Prof. Dr. Christian Weinheimer**, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

International WE Heraeus Sommerschool  
Die meisten Bereiche der Physik beschäftigen sich mit Problemen, bei denen viele Teilchen miteinander in Wechselwirkung stehen. In den wenigsten Fällen lassen sich solche Fragestellungen ohne den Einsatz von Computern lösen, vielmehr stoßen entsprechende Simulationen leicht an die Grenzen der jeweils besten Höchstleistungsrechner. Mit der vom Institut für Physik der Universität Greifswald und dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik gemeinsam organisierten WE-Heraeus-Sommerschule „Computational Many-Particle Physics“ vom 18. bis 29. September hatten wir uns zum Ziel gesetzt, Studenten und jungen Wissenschaftlern die für die Simulation von komplexen Vielteilchensystemen notwendigen Kenntnisse und Techniken zu vermitteln. Als Referenten konnten wir führende Experten aus Deutschland und dem Ausland gewinnen, die ein sehr breites Themenspektrum in Vorlesungen und begleitenden Übungen behandelten. Der erste Teil der Schule bot eine Einführung in die Simulation komplexer, turbulenter Plasmen. Als typische Methoden wurden Molekulardynamik, Monte-Carlo, die Particle-in-Cell-Methode, fluid-dynamische sowie hybride Verfahren vorgestellt. Im zweiten Teil der Schule ging es vorrangig um statistische und Festkörperphysik. In mehreren Vorlesungen wurden klassische und Quanten-Monte-Carlo-Verfahren erklärt, gefolgt von Methoden der exakten Diagonalisierung, der Dichtematrix-Renormierungsgruppe einschließlich jüngster Erweiterungen, Cluster-Verfahren und dynamischen Mean-field-Theorien sowie ab-initio-Methoden. Einen von vielen Teilnehmern sehr positiv aufgenommenen weiteren Schwerpunkt bildeten Vorlesungen über die Code-Optimierung für aktuelle Prozessor-Architekturen, die Programmierung von Parallelrechnern und die Perspektiven des Höchstleistungsrechnens. Nach dem harten Pensum bot das perfekte Spätsommerwetter Gelegenheit zur Erholung in Greifswalds maritimer Umgebung. Eine Tagungsnachlese mit vielen Fotos sowie Skripten aller Vorträge finden sich auf der Webseite <http://heraeus2006.physik.uni-greifswald.de/>. Darüber hinaus ist ein umfassendes Lehrbuch zu den Themen der Schule in Vorbereitung, das im nächsten Jahr in der Reihe „Lecture Notes in Physics“ bei Springer erscheinen soll. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Unterstützung der Schule und allen Studenten und Sprechern für ihre aktive Teilnahme.

**Holger Fehske, Ralf Schneider und  
Alexander Weiß**

## Kosmologie – Theorie und Beobachtung

WE-Heraeus-Lehrerfortbildung

Am 3. Oktober 2006 wurde der Nobelpreis für Physik an John C. Mather und George F. Smoot für ihre Entdeckung der Planckschen Form des Spektrums und der Anisotropien der kosmischen Hintergrundstrahlung verliehen, die sie mit dem NASA-Satelliten COBE machten. Die COBE-Ergebnisse haben zu einem wesentlich besseren Verständnis der kosmischen Evolution geführt und markieren einen Wendepunkt für die Kosmologie als exakte Wissenschaft. Das von COBE erstellte Bild des Kosmos wurde inzwischen von dem Ballonexperiment BOOMERANG und der COBE-Nachfolgeemission WMAP bestätigt und verfeinert, und die für 2008 geplante europäische Satellitenmission PLANCK wird mit Sicherheit weitere wichtige Erkenntnisse über unser Universum bringen.

In der Woche vor Bekanntgabe des Nobelpreises fand in Bremen eine WE-Heraeus-Fortbildung für Lehrer und Lehrerinnen zum Thema „Kosmologie“ statt. Dieser einwöchige Workshop bestand aus drei Kursen, (i) Einführung in die Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie, (ii) Theoretische Kosmologie und (iii) Beobachtende Kosmologie, die von Claus Lämmerzahl (Uni Bremen), Jutta Kunz (Uni Oldenburg) und Wolfgang Hillebrandt (MPI Astrophysik, Garching) gehalten wurden. Ausführlich behandelt wurden die Anfänge des Universums und seine Entwicklung bis heute und in der Zukunft. Im Zentrum standen dabei insbesondere die Ergebnisse der Satellitenmissionen COBE und WMAP sowie die Galaxien-Surveys und die Analyse der Supernovae-Daten. Durch die Kursstruktur konnten Begriffe sukzessive aufgebaut und vertieft und bei Bedarf auch wiederholt werden.

Highlights des Kurses waren zwei lange Abendvorträge von Matthias Bartelmann<sup>\*)</sup> (Uni Heidelberg) und Bruno Leibundgut (ESO) zu den Themen „Dunkle Materie“ bzw. „Dunkle Energie“. Die Tatsache, dass der Workshop an drei Tagen von 9 Uhr morgens bis 10 Uhr abends ging, wurde von den Lehrern und Lehrerinnen zwar als anstrengend, aber auch als angemessen empfunden. Die Teilnehmer gaben uns das Gefühl, dass sie an den angebotenen Themen außerordentlich interessiert sind und sowohl mit dem vermittelten Stoff als auch mit der Kursstruktur sehr zufrieden waren.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für ihre großzügige Unterstützung, die es manchem Teilnehmer überhaupt erst ermöglicht hat, diesen Workshop zu besuchen.

**Wolfgang Hillebrandt, Jutta Kunz und  
Claus Lämmerzahl**

## Massive Neutrinos

372. WE-Heraeus-Seminar

Seit der Entdeckung der Neutrinooszillation wissen wir, dass Neutrinos von Null verschiedene Massen besitzen, kennen aber die Neutrinomassenskala noch nicht. Deren genaue Kenntnis ist zum einen wichtig für die Kosmologie und Strukturbildung im Universum, andererseits ist diese sehr bedeutend für die Suche nach einem neuen oder erweiterten Standardmodell der Teilchenphysik. Das Ziel des 372. WE-Heraeus-Seminars „Massive Neutrinos“ vom 10. bis 12. Juli in Bad Honnef war es, Wissenschaftler, die an der Bestimmung der Neutrinomasse experimentell oder theoretisch arbeiten, zu einem Erfahrungsaustausch zusammenzubringen. Die 60 Teilnehmer aus dem In- und Ausland stellten ihre Projekte in 15 Haupt- und 8 Seminarvorträgen sowie 15 Postern vor.

Sehr empfindliche Grenzen für die Neutrinomasse im sub-eV-Bereich kommen derzeit aus der Kosmologie. Die Obergrenzen beruhen darauf, dass eV-Massen der im frühen Universum relativistischen Hintergrundneutrinos aus dem Urknall bei der Strukturbildung ein Ausschmieren der Massenverteilung bei kleinen Skalen bewirkt hätten. Die Notwendigkeit, diese modellbehafteten Aussagen im Labor zu überprüfen oder zu übertreffen, wurde einhellig betont.

Zwei Labormethoden erreichen die dafür nötige Empfindlichkeit. Bei der direkten Neutrinomassenmessung wird das Karlsruher Tritium Neutrinoexperiment KATRIN die Empfindlichkeit gegenüber bisherigen Experimenten um eine Größenordnung auf 0,2 eV verbessern und damit den kosmologisch relevanten Neutrinomassenbereich abdecken. Die Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall ist nicht nur wegen der Neutrinomasse interessant, sondern sie bietet derzeit die einzige Möglichkeit zu überprüfen, ob Neutrinos gleich oder ungleich ihrer Antiteilchen sind. GERDA und weitere Doppelbetazerfalls-Experimente wollen in Zukunft eine Empfindlichkeit von unter 100 meV erreichen. Die jüngsten Fortschritte und die unterschiedlichen Methoden bei der Berechnung der Kernmatrixelemente wurden ebenfalls ausführlich diskutiert.

Insgesamt bot dieser Workshop durch den thematischen Fokus und die idealen Räumlichkeiten des Physikzentrums den Teilnehmern die Gelegenheit, experimentelle Methoden und theoretische Details wesentlich tiefer miteinander zu diskutieren als sonst auf größeren Konferenzen üblich. Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und den Mitarbeitern des Physikzentrums sei dafür herzlich gedankt.

**Guido Drexlin und Christian Weinheimer**

<sup>\*)</sup> Der Abendvortrag von M. Bartelmann wird in Kürze im Fernsehprogramm des Bremer Bürgerrundfunks zu sehen sein.