

Prof. Dr. Wilhelm Kley, Institut für Astronomie und Astrophysik, Universität Tübingen; Dr. Cornelis Dullemond, MPI für Astronomie, Heidelberg; Dr. Mario Trieloff, Mineralogisches Institut, Universität Heidelberg

Dr. Gerhard Grübel, Dr. Ivan Vartanians, Prof. Dr. Edgar Weckert, DESY/HASYLAB, Notkestraße 85, 22607 Hamburg

## Die Frühphase der Planetenentstehung

### WE-Heraeus-Physikschule

Mit der Entdeckung von jetzt bereits mehr als 270 extrasolaren Planeten, die um andere sonnenähnliche Sterne außerhalb unseres eigenen Sonnensystems kreisen, ist innerhalb der letzten Jahre das wissenschaftliche Interesse an der Entstehung und Entwicklung von einzelnen Planeten und ganzen Planetensystemen sehr stark angestiegen. Die Entstehung eines Planeten vollzieht sich parallel zu derjenigen eines Sterns. Dieser ist bei seiner Entstehung von einer protoplanetaren Scheibe, bestehend zu 99 % aus Gas und einer kleinen Staubbeimischung, umgeben. Der erste Schritt von den Bestandteilen der Scheibe hin zum Planeten ist die Kondensation von sehr kleinen, mikrometergroßen Staubteilchen zu immer größeren Staubklumpen (Staubaggregaten). Diese vergrößern sich durch eine Sequenz von haftenden Stößen von einem Mikrometer bis hin zu mehreren tausend Kilometern. Bei der Bildung eines Planeten müssen viele Einzelschritte durchlaufen werden. Insbesondere die erste Phase der Planetenentstehung, das Wachstum der Staubagglomerate innerhalb der protoplanetaren Scheibe, gibt noch viele Fragen auf.

Die Untersuchung dieser ersten Wachstumsphase sowie auch andere Prozesse und Probleme der Planetenentstehung sind momentan aktiver Forschungsgegenstand verschiedener internationaler Gruppen und Beobachtungsprojekte. Dies bot den Anlass zur Organisation dieser Winterschule, die vom 18. bis 22. Februar im Physikzentrum Bad Honnef stattfand. Aufgrund der Vielfalt der wissenschaftlich relevanten Fragestellungen wurden Redner aus unterschiedlichen Disziplinen wie Astronomie, Mineralogie, Kosmochemie und Planetologie beteiligt. Die etwa 75 Teilnehmer erhielten dadurch einen guten Überblick über die neuesten Ergebnisse der Sonnensystemforschung (Mineralogie, Chronologie), von extrasolaren Planetensystemen sowie der Physik von protoplanetaren Scheiben (Beobachtungen, Turbulenz, Evolution).

Einen Schwerpunkt bildete der anfängliche Wachstumsprozess der Teilchen. Die Beiträge der Redner waren optimal aufeinander abgestimmt und beleuchteten das Thema von der experimentellen, theoretischen und beobachtenden Seite. Die Teilnehmer beteiligten sich angeregt an den Diskussionen, Postersessions und Abendsitzungen.<sup>#)</sup> Die Organisatoren und Teilnehmer der Schule bedanken sich nochmals ausdrücklich für die hervorragende lokale Organisation beim Physikzentrum und bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle und organisatorische Unterstützung.

Wilhelm Kley, Cornelis Dullemond  
und Mario Trieloff

## Matter in Coherent Light

### 404. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar fand vom 17. – 20. März im Physikzentrum Bad Honnef statt und hatte zum Ziel, über die Kohärenzeigenschaften neuartiger, Beschleuniger getriebener Lichtquellen (Speicherringe und Freie Elektronen Laser) zu informieren, neue Messmethoden vorzustellen und deren Anwendung auf wichtige Fragestellungen in der Biologie und der Physik der kondensierten Materie auszuloten. 25 Sprecher referierten während des viertägigen Seminars vor nahezu 80 Teilnehmern.

Zu den neuen Lichtquellen gehören Speicherringe der dritten Generation wie BESSY in Berlin für den weichen und ab 2009 PETRA-III in Hamburg für den harten Röntgenspektralbereich oder Linearbeschleuniger getriebene Freie-Elektronen-Laser (FEL). Hierzu zählen insbesondere der VUV-FEL FLASH in Hamburg und die zukünftigen FEL-Quellen im Röntgenbereich – der europäische X-Ray Free Electron Laser (XFEL) in Hamburg, die Linac Coherent Light Source (LCLS) in Stanford/USA und die Spring-8 Compact SASE Source (SCSS) in Japan.

Übersichtsvorträge gingen auf die Kohärenzeigenschaften dieser Quellen ein und skizzierten die Notwendigkeit von Optiken, die die Wellenfront erhalten, sowie die Perspektiven für schnelle zweidimensionale Detektoren. Hierbei wurde klar, dass die bei FEL-Messungen zu erwartenden Datenmengen selbst jene von Teilchenphysik-Experimenten zu übertreffen drohen und ein Erfahrungsaustausch mit den Hochenergiephysik-Experten dringend geboten ist.

Viele der kohärenzbasierten Messmethoden sind wohlbekannt aus dem sichtbaren Spektralbereich. Ihre Weiterentwicklung in den Röntgenspektralbereich verspricht aber eine Ortsauflösung bis in den atomaren Bereich. Zu den Methoden gehören insbesondere das „Imaging“, so z. B. „Coherent Diffraction Imaging“ (CDI) oder „Fourier Transform Holography“ (FTH). Mehrere Beiträge dokumentierten die beeindruckenden Fortschritte bei der Rekonstruktion kohärenter Streu- oder „Speckle“-Bilder und referierten über entsprechende Anwendungen im Bereich Nanowissenschaften (Imaging von Nanodrähten oder internen Verzerrungsfeldern in Nanokristallen) und Biologie (Femtosekunden-Imaging kleiner organischer Objekte). Dynamische Lichtstreuung im Röntgenbereich oder „Röntgenkorrelationsspektroskopie“ (XPCS) etabliert sich zunehmend, wenn es um das Studium der Gleichgewichtsdynamik von Oberflächen, Grenzflächen, dünnen Filmen oder komplexen Flüssigkeiten geht. Das gleiche gilt für die Nichtgleichgewichtsdynamik komplexer Festkörpermateriale. Mehrere Sprecher

stellten den Stand der XPCS-Methode in verschiedenen Anwendungsgebieten vor.

Eine Nachmittagssitzung mit Beiträgen junger Forscherinnen und Forscher, zwei Posterausstellungen sowie zwei Vorträge zu kohärenter ultrakalter Materie und zum Stand des europäischen XFEL-Projekts in Hamburg rundeten das Programm ab. Es wäre wünschenswert, ein entsprechendes Seminar in zwei bis drei Jahren zu wiederholen.

Der Dank aller Teilnehmer und der Organisatoren gilt der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stiftung für ihre Unterstützung.

Gerhard Grübel, Ivan Vartanians  
und Edgar Weckert

## Quarks and Hadrons in Strong QCD

### 415. WE-Heraeus-Seminar

Die elementaren Objekte der starken Wechselwirkung, Quarks und Gluonen, lassen sich nicht als freie Teilchen in der Natur beobachten. Stattdessen bilden sie stark wechselwirkende, gebundene Systeme, die in Experimenten als Hadronen nachgewiesen werden; Quarks und Gluonen sind somit „confined“. Die Massen der Hadronen werden in diesen Systemen dynamisch erzeugt. Confinement und dynamische Massenerzeugung sind bis heute in letzter Konsequenz unverstandene, fundamentale Eigenschaften der starken Wechselwirkung, die theoretisch durch die Quantenchromodynamik (QCD) beschrieben wird. Die Niederenergie-Eigenschaften der QCD und die daraus resultierende Struktur der Hadronen war Thema des Seminars, das vom 17. – 20. März 2008 im Schlosshotel Rheinfels in St. Goar stattfand. Insgesamt 54 Teilnehmer aus 17 Ländern und fünf Kontinenten stellten durch wissenschaftliche Vorträge, Poster und in außerordentlich lebhaften Diskussionen neue Ergebnisse auf diesem Feld vor.

In den letzten Jahren gelang es, erhebliche Fortschritte im Verständnis der Niederenergie-Eigenschaften der QCD zu erzielen. Verantwortlich hierfür ist das Zusammenspiel unterschiedlicher Methoden, wie der Gittertheorie und feldtheoretischer, funktionaler Zugänge. Letztere benutzen Dyson-Schwinger-Gleichungen, die funktionale Renormierungsgruppe und Feldstärkekorrelatoren. Wie aus zahlreichen Vorträgen hervorging, haben diese Methoden mittlerweile ein so hohes technisches Niveau erreicht, dass sie komplementär zur Gittertheorie herangezogen werden können. Diese Komplementarität und die sich daraus ergebenden Synergien in der Beantwortung zentraler physikalischer Fragestellungen wurden im Seminar

#) Alle Rednerbeiträge und viele Poster sind als Online-Proceedings weiterhin verfügbar ([www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~fgp/WS08/](http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~fgp/WS08/)).

heftig debattiert. Darüber hinaus wurde die Rolle globaler Symmetrien in der QCD und die Bedeutung von topologisch nichttrivialen Feldkonfigurationen betont. Insbesondere bei der Vorstellung neuer Resultate zum Phasendiagramm der QCD und zur Struktur der Hadronen (radiale Anregungen, Spinstruktur) wurde deutlich, welcher Reichtum an Phänomenen von der starken Wechselwirkung erzeugt wird. Dass in naher Zukunft ein immenser experimenteller Input zu erwarten ist, machten die Präsentationen der experimentellen Gruppen von ALICE, ATLAS, CBM und PANDA deutlich. Hier gilt es, weitere tragfähige Brücken zu schlagen zwischen den Ergebnissen der oben beschriebenen theoretischen Methoden und den experimentellen Resultaten.

Insgesamt beurteilten die Teilnehmer dieses Treffen als großen Erfolg und werteten die vorgetragenen Resultate als wesentlichen Fortschritt hin zum Verständnis der fundamentalen Eigenschaften der QCD. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, ohne deren großzügige Unterstützung dieses Treffen nicht hätte realisiert werden können.

Christian Fischer und Axel Maas

## Quantum Gravity: Challenges and Perspectives

### 405. WE-Heraeus-Seminar

Die Suche nach einer Theorie, die nicht nur Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik „unter einen Hut“ bringen soll, sondern auch zu einer vereinheitlichten Beschreibung aller fundamentalen Wechselwirkungen führen könnte, gilt als die möglicherweise bedeutendste Herausforderung der theoretischen Physik im 21. Jahrhundert. Im Unterschied zu vielen anderen Veranstaltungen dieser Art war es ein erklärtes Ziel dieses Seminars, das vom 14. – 16. April in Bad Honnef stattfand, die Vertreter aller Zugänge zu Wort kommen zu lassen und die Erfolge und offenen Fragen der verschiedenen Ansätze zu diskutieren und zu bewerten. Dementsprechend wechselten sich im Programm Übersichtsvorträge und Diskussionen ab. Die Teilnehmer der Konferenz beteiligten sich überaus lebhaft an diesen Diskussionen, welche ihre Fortsetzung beim abendlichen Zusammensein in der „Bürgerstube“ fanden.

Aspekte der Supergravitation und Superstringtheorie wurden in den Vorträgen von I. Adam, R. Blumenhagen, B. de Wit, M. Henneaux und K. Stelle diskutiert. Dabei ging es u. a. um die noch nicht bewiesene UV-Endlichkeit der Stringtheorie (I. Adam) und der N=8-Supergravitation (K. Stelle) sowie um die Frage, was man aus Symmetrieprinzipien über eine vereinheitlichte Theorie („M-Theorie“) lernen kann (B. de Wit und M. Henneaux).

Lebhafte Diskussionen schlossen sich an den Vortrag von R. Blumenhagen an, in welchem die „Landschaft“ der Stringvakua und die sich daraus ergebenden Konsequenzen (Multi- und Megaversen) beschrieben wurden. Von der Superstringtheorie inspirierte Zugänge wurden in den Vorträgen von S. Giddings und D. Marolf vorgestellt, in welchen es zum einen um Lokalität und Streuung von Schwarzen Löchern bei hohen Energien und zum anderen um die sog. AdS/CFT-Dualität ging. Einen völlig anderen Zugang bildet die kanonische Quantengravitation, deren ältere und neuere Variante C. Kiefer (Quantengeometrodynamik) und T. Thiemann (Schleifenquantengravitation) vorstellten. A. Ashtekar diskutierte in seinem Vortrag kosmologische Anwendungen der Schleifenquantengravitation im Zusammenhang mit der Frage, ob und wie sich in diesem Zugang Singularitäten „auflösen“ lassen. Diskreten Modellen der Quantengravitation widmeten sich die Vorträge von H. Hamber (Gitterquantengravitation) und L. Freidel (Spinschaum-Modelle); diese Modelle stellen moderne Versionen des Feynmanschen Pfadintegrals dar. M. Reuter diskutierte Anwendungen der Renormierungsgruppe und das Konzept der „asymptotischen Sicherheit“. Die Subtilitäten, welche sich im Zusammenhang mit der Hintergrund-Unabhängigkeit von Eichtheorien und Gravitation ergeben, waren Thema des Vortrags von K. Meissner.

Wesentlichen Anteil am Erfolg dieses WE-Heraeus-Seminars hatten die Leiter der Diskussionssitzungen (M. Blau, D. Giulini, K. Peeters und S. Theisen). Einigkeit darüber, welcher Ansatz zur Quantisierung der Gravitation nun der „beste“ ist, ließ sich erwartungsgemäß nicht herstellen. Jedoch hat die Veranstaltung mit ihren ungewöhnlich offenen Diskussionen sicher dazu beigetragen, den Blick „über die Zäune“ hinweg zu öffnen. Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sowie Herrn Dr. E. Dreisigacker und Frau J. Lang sei an dieser Stelle noch einmal herzlich für ihre Unterstützung gedankt.

Hermann Nicolai

**Dr. Christian Fischer**, Institut für Kernphysik, TU Darmstadt; **Dr. Axel Maas**, Institut für Physik, Slowakische Akademie der Wissenschaften, Bratislava / Slowakei

**Prof. Dr. Hermann Nicolai**, MPI für Gravitationsphysik, Albert-Einstein-Institut, Golm