

+ Die Beiträge der Veranstaltung werden als Sonderband im International Journal of Artificial Organs erscheinen.

#) Alle Vorträge dieses Workshops sind im Internet unter www.physik.uni-bielefeld.de/xqcd/ abrufbar.

Dr. Stefanie Komossa, MPI für extraterrestrische Physik, Garching; **Prof. Dr. Karsten Danzmann**, Universität Hannover und MPI für Gravitationsphysik, Golm; **Prof. Dr. Bernard Schutz**, MPI für Gravitationsphysik, Golm

Dr. Axel T. Neffe, Zentrum für Biomaterialentwicklung, Institut für Polymerforschung, GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, 14513 Teltow und **Prof. Dr. Andreas Lendlein**, Zentrum für Biomaterialentwicklung, Institut für Polymerforschung, GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, 14513 Teltow und Berlin-Brandenburg Center for Regenerative Therapies (BCRT), 13353 Berlin

Prof. Dr. Wolfgang Erntner und **Prof. Dr. Ernst M. Rasel**, Universität Hannover, Institut für Quantenoptik & QUEST; **Prof. Dr. Achim Peters**, Humboldt-Universität zu Berlin, AG Quantenoptik und Metrologie; **Prof. Dr. Wolfgang P. Schleich**, Universität Ulm, Institut für Quantenoptik

Prof. Dr. Frithjof Karsch, BNL Upton/USA u. Uni Bielefeld; **Prof. Dr. Krzysztof Redlich**, Universität Wrocław/Polen; **Dr. Christian Schmidt**, FIAS, Frankfurt/Main

Schwarze Löcher

460. WE-Heraeus-Seminar

Ursprünglich vorhergesagt aufgrund theoretischer Überlegungen, gibt es heute aus astrophysikalischen Beobachtungen eine Fülle von Hinweisen auf die Existenz Schwarzer Löcher. Das letzte Jahrzehnt hat eine schnelle Entwicklung in der Erforschung Schwarzer Löcher erlebt, sowohl in der „elektromagnetischen Astrophysik“ als auch in der „Gravitationswellen-Astrophysik“. Das Seminar, das vom 7. bis 11. Juni 2010 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, führte ca. 60 Experten aus diesen beiden Fachgebieten zusammen und gab einen Überblick über neue Forschungsergebnisse.

Das Seminar eröffnete Roy Kerr mit einem historischen Überblick – jener berühmte Mathematiker, der in den 60er-Jahren die Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen publizierte, die ein rotierendes Schwarzes Loch beschreiben. Er legte damit die theoretische Grundlage für die Beschreibung praktisch aller in der Natur vorkommenden Schwarzen Löcher.

Die Übersichtsvorträge führten ein in die astrophysikalischen Beobachtungen Schwarzer Löcher und die zugrundeliegende Theorie. So haben astrophysikalische Beobachtungen mit den großen boden- und weltraumgebundenen Observatorien gezeigt, dass die meisten massereichen Galaxien in ihrem Kern ein Schwarzes Loch beherbergen und die Eigenschaften der Schwarzen Löcher und ihrer Wirtsgalaxien eng miteinander verknüpft sind. Der Grund dafür war Gegenstand lebhafter Diskussionen. Mit Ausgeklügelten „Lichtecho“-Methoden lassen sich die Massen Schwarzer Löcher direkt bestimmen, und tiefe Beobachtungen ausgewählter Himmelsfelder ermöglichen es, Schwarze Löcher noch bis in große kosmische Entfernungen nachzuweisen. Messungen im Röntgenlicht erlauben es, bis in die unmittelbare Umgebung Schwarzer Löcher vorzudringen und Materie nahe des Ereignishorizontes nachzuweisen. Dank Durchbrüchen in der numerischen Relativität gelang es vor einigen Jahren erstmals, das Verschmelzen zweier Schwarzer Löcher zu berechnen. Bodengebundene Gravitationswellendetektoren sind bereits in Betrieb, der Nachweis der ersten Signale steht unmittelbar bevor.

Der lebendige Abendvortrag von Günther Hasinger zeichnete eine eher düstere Zukunft des Universums, die uns aber erst in ca. 10^{100} Jahren erwartet. Die unmittelbare Zukunft ist dagegen sehr vielversprechend: Der geplante Röntgensatellit eROSITA wird nicht nur Millionen akkretierender Schwarzer Löcher nachweisen, sondern wahrscheinlich auch Ausbrüche elektromagnetischer Strahlung. In einigen Jahren sollen mit LISA erstmals direkt die Gravitationswellen verschmelzender massereicher Schwarzer Löcher nachge-

wiesen werden. Dementprechend war ein besonders intensiv und fruchtbar diskutiertes Thema die Frage, wie zukünftige elektromagnetische Beobachtungen mit Gravitationswellensignalen kombiniert werden können, um verschmelzende Schwarze Löcher erstmals genau zu untersuchen und zu verstehen. So bot das Seminar nicht nur ein Forum für lebhaft Diskussions, sondern hat sicher auch zukünftige, fachübergreifende Kollaborationen angeregt.

Unser Dank gilt der WE Heraeus-Stiftung für die finanzielle und hervorragende organisatorische Unterstützung, sowie dem Physikzentrum für die exzellente Betreuung vor Ort.

Stefanie Komossa, Karsten Danzmann und Bernard Schutz

Abbaubare Polymere als Biomaterialien

459. WE-Heraeus-Seminar

Abbaubare Polymere sind für zahlreiche biomedizinischen Anwendungen, insbesondere im Bereich der induzierten Autoregeneration sowie dem Tissue Engineering essentiell. Die wenigen heute in der klinischen Anwendung etablierten abbaubaren Materialien wurden in der Regel nicht spezifisch für diesen Anwendungsbereich entwickelt. Moderne Anwendungen beispielsweise in der regenerativen Medizin stellen komplexe Anforderungen an Materialeigenschaften und -funktionen. Dadurch entsteht ein hoher Bedarf an neuen maßgeschneiderten Materialien mit einstellbaren Eigenschaften. Abbaubare Polymere nehmen dabei eine Schlüsselposition ein, da Biomaterialien in medizinischen Anwendungen häufig nur temporär benötigt werden und die Abbaubarkeit eine Entfernung von Materialien aus dem Körper durch einen weiteren chirurgischen Eingriff überflüssig macht. Andererseits werden auch Polymere, die für Langzeitanwendung verwendet werden, in biologischen Systemen durch Zellen, Enzyme oder mechanische Belastung merklich erodiert. Für die zielgerichtete Entwicklung ist es daher notwendig, dass Wissenschaftler vieler Fachgebiete interdisziplinär zusammenarbeiten, um gemeinsam wissensbasierte Strategien für die Biomaterialentwicklung zu erforschen. Darüber hinaus findet derzeit im Bereich der Biomaterialforschung ein Generationenwechsel statt, der durch neue Gruppen mit eigenen Akzenten gekennzeichnet ist. Daher ist es von besonderer Bedeutung, dass das Wissen und die Erfahrungen der ersten Generation weitergegeben werden. Dementsprechend war das vom 30. Mai bis 2. Juni 2010 im Physikzentrum Bad Honnef durchgeführte Seminar ausgesprochen interdisziplinär angelegt. Der 52-köpfige

Teilnehmerkreis setzte sich aus Chemikern, Materialwissenschaftlern, Biologen, Ärzten und Physikern zusammen.

Thematische Schwerpunkte des Seminars waren Design und Synthese bioabbaubarer Polymere, In-vitro- und In-vivo-Tests von abbaubaren Biomaterialien und ihr Verhalten im Kontakt mit Zellen und Geweben, multifunktionale Materialien, Freisetzungs- und Transportsysteme für bioaktive Verbindungen unter besonderer Berücksichtigung von Proteinen und DNA/RNA-Systemen sowie deren therapeutische Anwendungen.

Die Vorträge wurden intensiv und in großer Offenheit im Anschluss an die Präsentationen und während des gesamten Seminars diskutiert, wobei sich vielfältige Kontakte und mögliche Kooperationen abzeichneten. Zusätzlich zu den Vorträgen wurden von Nachwuchswissenschaftlern aller beteiligten Fachgebiete rund 30 Poster präsentiert, von denen drei ausgezeichnet wurden.⁺⁾

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung und gute Organisation des Seminars sowie dem Team des Physikzentrums Bad Honnef für einen sehr angenehmen Aufenthalt in der Tagungsstätte der Physiker.

Axel T. Neffe und Andreas Lendlein

Frontiers in Matter-Wave Interferometry

Internationale Heraeus-Physikschule

Die Sommerschule beleuchtete aktuelle Forschung und neue Trends in der Materieoptik und -interferometrie und ihrer Grenzgebiete. Der Bogen spannte sich von Elektronen über Neutronen, Ionen, makroskopischen Molekülen bis hin zu Quantengasen. Die Schule begann mit einem Exkurs in die spektakulären Fortschritte auf dem Gebiet der Präzisionsinterferometrie. In der Tat werden heute Materiewelleninterferometer für die Bestimmung fundamentaler Konstanten, die Erdbeobachtung, die Navigation und für die Gravimetrie entwickelt. Tests der Fundamente der Physik wie des Äquivalenzprinzips und der Gravitation auf kurzen Distanzen oder die Messung von Gravitationswellen stellen neue Herausforderungen dieses Gebiets dar. Die Welleneigenschaften der Materie, die sich in Interferenz, Delokalisation und Dekohärenz manifestieren, werden heute mit immer raffinierteren Experimenten demonstriert. Diese Fragen besitzen ungebrochene Aktualität – insbesondere in Kombination mit Gravitation und Verschränkung. Einen breiten Raum nahmen insbesondere neue Trends auf dem Gebiet der Quantenatomoptik und der nichtlinearen Atomoptik ein. Quetschung der Fluktuationen von Materie-

wellen, die Erzeugung nichtklassischer Zustände mithilfe des Kerr-Effektes und der parametrischen Verstärkung sowie die Untersuchung von Korrelationen bei atomaren Stößen seien nur als prominente Vertreter genannt. Atominterferometrie als Messmethode der gravitativen Rotverschiebung und neue Modelle zur Beschreibung von Stößen zwischen Atomen, die in Superpositionszuständen vorliegen, rundeten das Programm ab.

Die Sommerschule bot den 32 sehr motivierten und begabten Studenten die Gelegenheit, 31 renommierte Wissenschaftler aus der ganzen Welt kennenzulernen und sich mit ihnen auszutauschen. Das Treffen war getragen von der gemeinsamen Faszination aller Beteiligten an diesem interessanten Gebiet. So verwundert es nicht, dass man lebhaft und ausgiebig bis spät in die Nacht diskutierte. Neben dem Gespräch an den Postern, nutzten viele Studenten die Gelegenheit, ihre Arbeiten in kurzen Vorträgen vorzustellen, die das Programm durch ihre hohe Qualität bereicherten. Dank des sehr familiären Rahmens der Schule hinterließ diese spannende Woche bleibende Eindrücke bei allen Beteiligten, garniert mit schönen Erinnerungen an unsere Exkursion auf den großen Ölberg und das gemeinsame Fiebern bei den Qualifikationsspielen der Fußball-WM. Die Organisatoren bedanken sich bei allen Beteiligten für die gelungene Veranstaltung und bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die einmalige Unterstützung.

Wolfgang Ertmer, Achim Peters, Ernst M. Rasel und Wolfgang P. Schleich

Extreme QCD 2010

461. Wilhelm und Else Heraeus Seminar

Vom 21. bis 23. Juni 2010 fand im Physikzentrum Bad Honnef dieser internationale Workshop statt. Er war bereits die achte Veranstaltung einer Reihe, die sich mit der Untersuchung der Eigenschaften stark wechselwirkender Elementarteilchen bei hohen Temperaturen und Dichten befasst. Zentrale Themen waren dieses Jahr die Diskussion neuerer Resultate und Entwicklungen bei der Untersuchung des Phasendiagramms der starken Wechselwirkung sowie das Verhalten stark wechselwirkender Elementarteilchen in extrem starken Magnetfeldern.

Während es nun als gesichert gilt, dass der Übergang von stark wechselwirkenden Hadronen zu einem dichten Medium mit Quarks und Gluonen als relevanten Freiheitsgraden in Systemen mit verschwindender Baryondichte (gleiche Anzahl von Baryonen und Antibaryonen) kontinuierlich ist, deuten Rechnungen im Rahmen der Gittertheorie sowie auf effektiven Modellen basierende Untersuchungen darauf hin, dass bei nicht-

verschwindender Baryonenzahldichte ein kritischer Punkt existiert, sodass bei noch höheren Dichten Phasenübergänge erster Ordnung möglich werden. Dieses einfache Bild wurde in letzter Zeit durch die Diskussion möglicher weiterer Phasen, wie der von Larry McLerran und Robert Pisarski postulierten „Quarkyonic Phase“, infrage gestellt.

Larry McLerran (Brookhaven National Laboratory) berichtete über diese neuen Entwicklungen. Die Physik des „kritischen Punktes“, insbesondere aus seiner Existenz resultierende Konsequenzen für die experimentelle Beobachtung dieses Übergangs, wurden in mehreren Vorträgen diskutiert.

Ein gänzlich neues Thema für die „Extreme QCD“-Konferenzreihe war die Diskussion des Verhaltens stark wechselwirkender Materie in starken Magnetfeldern, die für kurze Zeit in Schwerionenkollisionen auftreten können. Dies kann zu neuen Effekten führen, die chirale Eigenschaften der QCD mit experimentell beobachtbaren Ladungsasymmetrien verknüpfen. Dieser „chirale magnetische Effekt“ wurde von Dmitri Kharzeev vorhergesagt und mit Ladungsasymmetrien in Verbindung gebracht, die kürzlich in Experimenten am relativistischen Schwerionenbeschleuniger (RHIC) am BNL beobachtet wurden. Dmitri Kharzeev berichtete über die grundlegende Physik dieses Effekts, Misha Polikarpov stellte erste numerische Rechnungen im Rahmen der Gittertheorie vor.

Das 461. Wilhelm und Else Heraeus Seminar stieß mit über 80 Teilnehmern auf großes Interesse und regte sowohl während der Veranstaltung als auch danach vielfältige Diskussionen an.⁴⁾

Frithjof Karsch, Krzysztof Redlich und Christian Schmidt

Synchronization in Complex Networks

458. WE-Heraeus-Seminar

Komplexe dynamische Systeme lassen sich mithilfe von Netzwerken charakterisieren, die sich aus sehr vielen Knoten zusammensetzen und eine komplexe Vernetzung (Topologie) aufweisen. In den letzten zehn Jahren sind sog. small-world-Netzwerke (einige lang-reichweitige Verbindungen) und skalenfreie Netzwerke (Existenz von Superknoten, sog. hubs) intensiv erforscht worden. In aktuellen Untersuchungen stehen insbesondere dynamische und sich entwickelnde Netzwerke im Mittelpunkt, d. h. jeder Knoten hat ein internes dynamisches Subsystem und die Vernetzungen verändern sich in Abhängigkeit von der Zeit. Derartige Netzwerke zeichnen sich durch reichhaltige Phänomene der Selbstorganisation aus. Obwohl dieser theoretische Zugang,

8) Weitere Informationen und das vollständige Programm sind unter <http://syncline.pik-potsdam.de/> verfügbar.

der statistische Physik mit nichtlinearer Dynamik verbindet, bereits zu wichtigen neuartigen Einsichten in verschiedensten Anwendungsfeldern geführt hat, gibt es eine Reihe offener Fragen und Herausforderungen für zukünftige disziplinäre wie auch interdisziplinäre Forschungen.

Das 458. WE-Heraeus-Seminar, das vom 26. bis 29. Mai 2010 im Physikzentrum in Bad Honnef stattfand, bot 95 ausgewählten jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Physik, den Neurowissenschaften und der Klimatologie die Möglichkeit, verschiedene Vorträge von zwanzig hochrangigen Experten zu hören und gemeinsam über die Potenziale neuer theoretischer Konzepte über dynamische Netzwerke mit komplexer Topologie zu diskutieren, sowohl über die Theorie als auch über ihre Anwendungen in den Neurowissenschaften und in der Klimatologie.

Das Programm des Seminars umfasste Theorie und Methoden zur Messung von Synchronisation in komplexen Netzwerken, Analyse und Modellierung von Synchronisationsphänomenen und Netzwerkeigenschaften im sich verändernden Klimasystem sowie im gesunden und erkrankten menschlichen Gehirn. Diese Themenkomplexe wurden von den Teilnehmern intensiv, lebhaft und durchaus kontrovers diskutiert, was sich auch in mehreren sehr intensiven Postersitzungen mit über 40 Postern fortsetzte. Die Poster von Christiane Toepser (U Bonn), Ramon Guevara Erra (U San Sebastian, Spanien) und Jonathan Donges (PIK, Potsdam) erhielten eine besondere Auszeichnung. Insgesamt haben sich die Teilnehmer enthusiastisch über den Verlauf des Seminars geäußert, und es wurden viele zukünftige Kooperationen verabredet.

Im Namen aller Sprecher und Teilnehmer wie auch persönlich möchten wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ausdrücklich für ihre großzügige finanzielle Unterstützung und für die professionelle Organisation danken, die dieses erfolgreiche und überaus spannende Seminar erst möglich machte.⁸⁾

Jürgen Kurths und Klaus Lehnertz

Transport across membranes: Multiple drug resistance, mechanisms, and new tools

462. WE-Heraeus-Seminar

Der selektive Transport von Stoffen, Energie und Information durch die Zellhülle ist für Organismen überlebenswichtig. Die Zellhülle verhindert einerseits das Eindringen von unerwünschten Stoffen, muss aber andererseits Nährstoffe durchlassen. In Bakterien sind dafür die sog. Porine zuständig, welche passiv die Aufnahme von Stoffen aus der Umgebung re-

gulieren. Ein wichtiges Beispiel sind Antibiotika-Moleküle, welche Bakterien abtöten sollen. Bakterien besitzen auch aktive Pumpen um Metabolite, Abfallstoffe oder Antibiotika aus der Zelle transportieren zu können. Ein Forschungsziel besteht u. a. darin, diese Transportmechanismen auf atomarer Ebene zu verstehen und gezielt zu blockieren bzw. den Transport von Antibiotika aus der Zelle heraus zu verhindern.

Das 462. WE-Heraeus-Seminar fand vom 4. bis 10. Juli auf dem Campus der Jacobs University Bremen statt. Zentrales Thema war das molekulare Verständnis von Porinen und Effluxpumpen und deren Anteil an klinisch relevanten Antibiotika-Resistenzen. Neue biophysikalische Methoden erlauben es, die limitierenden molekularen Wechselwirkungen beim Transport zu analysieren (Nanofluidik). Ein molekulares Verständnis der Transportvorgänge könnte zur Entwicklung neuer Antibiotika gegen derzeit resistente Bakterien beitragen. Die dargestellten Forschungsergebnisse kamen z. B. aus theoretischer und experimenteller Biophysik, Biochemie oder Mikrobiologie.

Die ausgiebigen Diskussionen der Teilnehmer aus den verschiedenen Bereichen zeigten die Interdisziplinarität der Fragestellung. Neben einem dichten Vortragsprogramm gab es auch zahlreiche Möglichkeiten zur Planung zukünftiger Kooperationen. Außerdem präsentierten junge Wissenschaftler ihre Ergebnisse in mehreren Postersitzungen und diskutierten direkt mit Experten des Gebietes.

Das Seminar wurde von Teilnehmern, Sprechern und Organisatoren einhellig als sehr gelungen eingeschätzt. Ganz besonders bedanken wir uns, auch im Namen aller Teilnehmer, bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung.

Ulrich Kleinekathöfer, Helge Weingart und Mathias Winterhalter

Sustainable Electronic Materials

Internationale Wilhelm und Else Heraeus-Sommerschule

International ausgewiesene Forscher verschiedener Fachrichtungen haben bei dieser Sommerschule, die vom 1. bis 6. August im Physikzentrum in Bad Honnef stattfand, über neueste Entwicklungen in der Elektronik, Optoelektronik, Photovoltaik und Thermoelektrik unter besonderer Berücksichtigung von Ressourcen und Nachhaltigkeit vorgetragen. Die Schule wendete sich an Bachelor- und Master-Studierende sowie Doktoranden und Postdoktoranden der Physik, Chemie und der Materialwissenschaften und wurde vom I. Physikalischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen organisiert.

Am ersten Tag gaben A. Reller (U Augsburg), A. Diederer (TNO, Rijswijk, Niederlande) und T. L. Theis (U Illinois, Chicago, USA) einen Einblick in die Ressourcenproblematik. Um den Fortschritt und die Steigerung des Wohlstands in unserer Informations- und Kommunikationsgesellschaft aufrecht zu erhalten, benötigen wir schon jetzt einen Großteil der weltweit zur Verfügung stehenden Material- und Energieressourcen. Diese Ressourcen sind ungleich verteilt, insbesondere in Europa gibt es kaum noch Vorkommen. Bei der Entsorgung unseres Elektroschrotts gehen wertvolle chemische Elemente verloren, weil sie nicht fachgerecht aufgearbeitet oder feinst in der Umwelt verteilt werden. Verstärkt wird das Problem dadurch, dass die Lebensdauerzyklen beispielsweise in der Konsumelektronik von den Herstellern bewusst verkürzt werden, um den Absatz zu steigern. An den folgenden Tagen zeigten die anderen Sprecher und Sprecherinnen auf, dass sich im Bereich der Elektronik (E. Fortunato und R. Martins, NU Lissabon, Portugal), Optoelektronik (T. Albrecht, OSRAM, Regensburg; Y. Maeda, U Kyoto, Japan), Photovoltaik (M. Lux-Steiner, Helmholtz-Zentrum Berlin; A. Freundlich, U Houston, USA) und Thermoelektrik (S. Schlecht, U Gießen; H.-I. Yoo, Seoul National University, Korea) die Ressourcenproblematik bemerkbar macht. Ein generelles Umdenken weg von einer alleinigen Ausrichtung auf eine Optimierung des Bauelements hin zu einer frühzeitigen Berücksichtigung des Ressourcenbedarfs zeichnet sich ab. Beispielsweise reichen die weltweiten Vorkommen an Tellur bei weitem nicht aus. Es lassen sich damit weder CdTe-Solarzellen im Terawatt-Maßstab herstellen, noch alle Autos auf der Welt mit Thermogeneratoren auf PbTe-Basis zur Nutzung der Abwärme bestücken. Ähnliches gilt für viele andere chemische Elemente. Nur etwa ein Zehntel der Elemente im Periodensystem sind in ausreichendem Maße vorhanden.

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen gestalteten selbst ein Tutorium zu Solarzellen und Lasern und hatten die Möglichkeit, ihre eigenen Arbeiten als Poster vorzustellen und zu diskutieren. Abgerundet wurde die Veranstaltung durch ein „Forum Semiconductor Industry“, bei dem die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit Vertretern von OSRAM Opto Semiconductors und Pfeiffer Vacuum über Berufschancen und Berufsanforderungen in der Industrie diskutierten.

Insgesamt ermöglichte die Veranstaltung den über 30 internationalen jungen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen Einblicke in die immer wichtiger werdende Frage des Ressourcenmanagements. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Finanzierung der Schule.

Peter Klar und Bruno K. Meyer

Prof. Dr. Jürgen Kurths, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam; Prof. Dr. Klaus Lehnertz, Universitätsklinikum Bonn

Prof. Dr. Ulrich Kleinekathöfer, Dr. Helge Weingart und Prof. Dr. Mathias Winterhalter, Jacobs University Bremen, Campusring 1, 28759 Bremen

Prof. Dr. Peter J. Klar und Prof. Dr. Bruno K. Meyer, I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen