

## Discrete Optics and Beyond

### 407. WE-Heraeus-Seminar

Vom 19. bis 22. Mai fand im Physikzentrum Bad Honnef ein WE-Heraeus-Seminar mit 64 Teilnehmern aus 13 Ländern statt, das der Optik in diskreten Systemen gewidmet war. Neben einem Überblick über die Entwicklung dieses dynamischen Forschungsgebietes in den letzten beiden Jahrzehnten wurden auch die neuesten Forschungsergebnisse vorgestellt und insbesondere die vielfältigen Verbindungen zu anderen Bereichen der Physik, z. B. zur Atomoptik und zur Supraleitung, diskutiert. Das Seminar zeichnete sich dadurch aus, dass viele Protagonisten auf diesem Feld teilgenommen haben.

Viele komplexe Prozesse lassen sich als Wechselwirkung schwach gekoppelter Einheitszellen interpretieren und damit effektiv diskretisieren. In der Optik hat dieses Konzept völlig neue Sichtweisen eröffnet und bietet neue Möglichkeiten, die Lichtausbreitung in mikro- und nanostrukturierten Materialien zu steuern. Ein typisches Beispiel ist das Wellenleiter-Array, in dem Licht zwar in einzelnen Wellenleitern konzentriert ist, durch die evaneszente Kopplung aber eine vom kontinuierlichen Fall völlig abweichende Feldausbreitung zeigt. Darüber hinaus ermöglicht die Optik es auch, grundsätzliche physikalische Phänomene, wie Bloch-Oszillationen, Zener-Tunneln, Anderson- und dynamische Lokalisierung, in eindrucksvoller Weise zu realisieren und zu visualisieren.

Prominente Wissenschaftler stellten in Keynote Talks die wichtigsten Entwicklungen auf diesem Gebiet vor. Dies waren insbesondere Vorträge von Y. Kivshar (Canberra) zu nichtlinearen Effekten in mikro- und nanostrukturierten Medien, Y. Silberberg (Rehovot) und M. Segev (Haifa) zur Anderson-Lokalisierung sowie zu Solitonenexperimenten in 1D- und 2D-photonischen Gittern, D. Chistodoulides und G. Stegeman (CREOL Orlando) zur Existenz von Oberflächen-solitonen an Grenzflächen photonischer Gitter und M. Oberthaler (Heidelberg) zu Tunnelphänomenen von Bose-Einstein-Kondensaten durch Potentialbarrieren. Auf große Resonanz stieß auch der Vortrag von A. Szameit (Jena), der ein Verfahren zur Herstellung von 2D-Wellenleiter-Arrays mit beliebig einstellbaren linearen und nichtlinearen Eigenschaften und die experimentellen Untersuchungen an diesen Arrays vorstellte. Darüber hinaus hatten Doktoranden und Post-Docs Gelegenheit, ihre jüngsten Forschungsarbeiten zu präsentieren.

Der Workshop bot vielfältige Möglichkeiten zum wissenschaftlichen Meinungsaustausch, wobei ein weites Spektrum von den mathematischen Grundlagen bis zu Anwendungsaspekten diskreter optischer Systeme diskutiert wurde. Zum Erfolg

des Seminars trug auch die angenehme Atmosphäre im Physikzentrum bei. Unser besonderer Dank gilt der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Unterstützung und die Betreuung vor Ort, ohne die dieses Seminar unter Beteiligung hochrangiger Wissenschaftler aus der ganzen Welt nicht möglich gewesen wäre.

Falk Lederer, Thomas Pertsch  
und Ulf Peschel

## Ultrafast Nanooptics

### 416. WE-Heraeus-Seminar

Vom 2. bis 4. Juni 2008 fand im Physikzentrum Bad Honnef das 416. WE-Heraeus-Seminar statt. Ziel war die Förderung des wissenschaftlichen Austauschs zwischen den in Deutschland auf diesem neuen Forschungsgebiet arbeitenden Gruppen und die Verstärkung der Wechselwirkung der beiden inhaltlich bislang noch wenig verflochtenen Arbeitsgebiete Nanooptik und Ultrakurzphysik.

Das Thema hat reges Interesse geweckt: Die 92 Teilnehmer des Seminars konnten sich durch 12 eingeladene Vorträge sowie durch 11 Kurzvorträge und 37 Posterpräsentationen regulärer Teilnehmer einen Überblick über das Gebiet der „Ultrafast Nanooptics“ verschaffen. Intensive Diskussionen nach den Vorträgen, an den Postern und in den Pausen haben zu der fruchtbaren und lebendigen Atmosphäre des Seminars beigetragen.

Die Arbeiten im Bereich der „Ultrafast Nanooptics“ kombinieren Ultrakurzpulstechniken, d. h. die Nutzung spektral breitbandiger kohärenter Strahlungsquellen, mit der Nahfeldoptik. Dies eröffnet neuartige Anwendungen sowie Mikroskopie- und Spektroskopieverfahren, die zum Verständnis der Licht-Materie-Wechselwirkung mit bislang unerreichter räumlicher und zeitlicher Auflösung beitragen. Nahfeldverteilungen gewährleisten eine räumliche Lokalisierung unterhalb des Beugungslimits, während die Anregung mit ultrakurzen Lichtimpulsen es ermöglicht, die zeitliche Entwicklung der Feldverteilung mit fs-Zeitauflösung zu steuern.

Die im Seminar vorgestellten Arbeiten zeigen, welche Themengebiete in den nächsten Jahren in diesem Bereich von Bedeutung sein werden. Dies sind unter anderem die Propagation elektronischer Anregungen auf der nm- und fs-Zeitskala, kohärente Steuerung nanooptischer Anregungen, Nanoantennen und Nanomitter und die nichtlineare Nanooptik. Beispielhaft seien hier zwei Anwendungen genannt: Optische Nichtlinearitäten und die raumzeitliche Fokussierung elektromagnetischer Energie in Nanoantennen ermöglichen die Realisierung von neuartigen Licht- und Elektronenemittern, die für Untersuchungen mit höchster Ortsauflösung eingesetzt werden. Die Kopplung transients Nahfelder an optisch

aktive Medien erlaubt die Verstärkung evaneszenter Felder und könnte so den Weg zu einer nanooptischen Informationsverarbeitung eröffnen.

Für die weitere Entwicklung des jungen Arbeitsgebietes ist ein enger Austausch zwischen Arbeitsgruppen, die Expertise im Bereich der Nanostrukturierung und Nahfeldoptik besitzen, und Gruppen aus dem Bereich der Ultrakurzphysik notwendig. Dieser Austausch wurde durch dieses Seminar gefördert und soll in den nächsten Jahren durch das im Frühjahr 2008 bewilligte DFG-Schwerpunktprogramm „Ultrafast Nanooptics“ ausgebaut werden.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die hervorragende finanzielle und organisatorische Unterstützung. Unser Dank gilt auch allen Teilnehmern, die durch ihre engagierten Präsentationen und ihre Diskussionsbeiträge zum Erfolg des Seminars beigetragen haben.

Walter Pfeiffer und Martin Aeschlimann

## Functional Hybrid Materials Design

### WE-Heraeus Physics Summer School

Innovative Materialentwicklungen erfordern in Zukunft immer stärker die interdisziplinäre Kombination von Wissen aus verschiedenen Fachgebieten. Dabei erweitern sich die Materialherausforderungen an den Schnittstellen von technischen Materialien und der organischen Welt, dem Leben, als besonders aktuell. Im Bereich Mensch, Ökologie und Energie bieten grenzflächenbasierte Kopplungen von technischen Materialien (Metalle, Halbleiter, Oxide etc.) mit organischen Komponenten (z. B. funktionelle Moleküle für elektronische Anwendungen) Lösungen für die moderne Medizin-, Umwelt- und Energietechnik. Anwendungsbeispiele sind molekular- und bioelektronische Systeme, künstliches Knochenersatzmaterial zur beschleunigten Knochenheilung, verbesserte antibakterielle Filter zur Wasseraufbereitung sowie neue Energieerzeugungssysteme. Aber auch hochfeste, nach den Bauprinzipien der Natur gefertigte anorganisch-organische Werkstoffverbunde haben das große Potenzial, zunehmend energieintensive und teure herkömmliche technische Lösungen zu ersetzen.

Diesen Themen war die Sommerschule gewidmet, die vom 16. – 27. Juni an der Jacobs University stattfand und gemeinsam von der Universität Bremen und der Jacobs University ausgerichtet wurde. Insgesamt 54 Teilnehmer aus 10 Ländern wurden mit Vorträgen von 22 international ausgewiesenen Wissenschaftlern in grundlegende Aspekte dieser komplexen Forschungsthematik eingeführt und über aktuelle Anwendungsbezüge informiert. Gleichzeitig gaben praktische Compu-

Prof. Dr. Falk Lederer, Prof. Dr. Thomas Pertsch, FSU Jena; Prof. Dr. Ulf Peschel, U Erlangen und MP-Forschungsgruppe

Prof. Dr. Walter Pfeiffer, Universität Bielefeld, Fakultät für Physik; Prof. Dr. Martin Aeschlimann, TU Kaiserslautern, FB Physik

terübungen mit Nutzung modernster Software tiefe Einblicke in quantenmechanische und klassische atomistische Simulationen, deren „trial-and-error“-Vorgehensweise bei der Entwicklung von Materialien zunehmend durch erkenntnisbasiertes Design ersetzt wird. Labor-exkursionen an beiden Universitäten sowie am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung demonstrierten schließlich die Aktivitäten zur Hybridmaterialforschung am Standort Bremen.

Unter der großen Anzahl der attraktiven Lectures ist als Highlight der Abendvortrag „The next frontier – bioelectronic interfaces“ hervorzuheben, in dem Mark Reed (Yale University) über revolutionäre Entwicklungen in der Forschung und kontrollierten Herstellung von Biosensoren berichtete. – In einer abendlichen Postersitzung hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, eigene Forschungsarbeiten vorzustellen und sich darüber auszutauschen. Zum Abschluss der Schule vergab eine Jury den Preis für das beste Poster an zwei junge Wissenschaftler von der Universität Oldenburg.

Die zwei Wochen der Schule waren geprägt von einer hohen wissenschaftlichen Aktivität hochmotivierter Teilnehmerinnen und Teilnehmer, von vielen neuen Kontakten sowie dem zwanglosen Beisammensein bei Sport, abendlichen Barbues und Wochenendausflügen nach Bremen und Bremerhaven. Auch im Namen aller Teilnehmer danken wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung herzlich für die großzügige finanzielle Unterstützung.

Thomas Frauenheim, Veit Wagner und  
Kurosch Rezwan

## Characterization of the Quark Gluon Plasma with Heavy Quarks

### 417. WE-Heraeus-Seminar

Das Seminar fand vom 25. – 28. Juni 2008 im Physikzentrum Bad Honnef statt und konzentrierte sich auf schwere Quarks (Charm und Bottom) als Sonden für ein Quark-Gluon-Plasma (QGP). QGP bezeichnet einen Zustand von *deconfined* und thermalisierten Quarks und Gluonen, der in hochenergetischen Kollisionen schwerer Gold- oder Bleikerne erwartet wird. Aufgrund ihrer Produktion zu einem frühen Zeitpunkt in der Kollision sind schwere Quarks einzigartige Sonden zur Untersuchung eines QGP.

Experimentelle und theoretische Ergebnisse für Produktionsraten von schweren Quarks am Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC, BNL), der momentan die höchsten Kollisionsenergien für Atomkerne mit Massen bis hinauf zu Gold liefert, wurden vorgestellt. Ein unerwartetes Ergebnis der beiden Experimente PHENIX und STAR an RHIC ist, dass Charm-Quarks

genauso viel Energie im erzeugten Medium verlieren wie leichte Quarks (Up, Down, Strange). Theoretische Ansätze sind momentan in der Lage, diese Ergebnisse zumindest teilweise zu beschreiben. Allerdings benötigen sie weitere Verbesserungen oder gar eine strikte theoretische Grundlage für eine konsistente Beschreibung. Die erwarteten Messungen am Large Hadron Collider (LHC) bei einer um mehr als einen Faktor Zehn höheren Kollisionsenergie werden weiteren Aufschluss darüber geben.

Ein in dem Seminar heiß diskutiertes Thema war die Unterdrückung und Regeneration von Charmonium, einem gebundenen Zustand von einem Charm- und einem Anticharm-Quark, in einem QGP. Ergebnisse der beiden Experimente NA50 und NA60 am Super Proton Synchrotron (SPS) des CERN zeigen eine klare Unterdrückung von Charmonium in Indium-Indium- und Blei-Blei-Kollisionen relativ zu Proton-Proton- und Proton-Kern-Kollisionen. Diese Unterdrückung lässt sich qualitativ verstehen im Rahmen eines Modells, das die effektive Abschirmung von Farbladung in einem QGP berücksichtigt, analog zur Debye-Abschirmung in einem elektromagnetischen Plasma. Allerdings bleibt die Frage offen, ob selbst der Grundzustand des Charmonium ( $J/\psi$ ) in Kollisionen bereits bei SPS-Energien ungebunden ist.

Eine große Überraschung in den RHIC-Daten über  $J/\psi$ -Produktion ist, dass die Stärke der Unterdrückung vergleichbar ist mit den SPS-Daten und stärker ausgeprägt ist in Bereichen des Phasenraums mit niedrigerer Energiedichte. Neuartige theoretische Zugänge, welche die Erzeugung von Charmonium während der gesamten Lebensdauer des QGP oder während der Hadronisierung berücksichtigen, sind in der Lage, die experimentellen Daten erfolgreich zu beschreiben. Bei LHC-Energien werden Charm- und Anticharm-Quarks in großer Anzahl produziert. Eine statistische Produktion von  $J/\psi$  an der Phasengrenze wäre eine bemerkenswerte Signatur für Deconfinement.

Reichlich Zeit war Diskussionen nach jedem Vortrag, in ausgedehnten Kaffeepausen und besonders abends und im Rahmen einer Wanderung zur Burg Drachenfels gewidmet. Am anschließenden Abend fand eine lebhaft Postersitzung statt, und zwei Poster wurden für einen Preis ausgewählt. Die rund 50 Teilnehmer aus allen Teilen der Welt genossen die angenehme Atmosphäre und exzellenten Bedingungen am Physikzentrum Bad Honnef. Wir sind der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung überaus dankbar für die großzügige Unterstützung dieses Seminars und möchten uns speziell bei Frau Jutta Lang für ihre großartige Hilfe bei der Organisation bedanken.

Kai Schweda und Anton Andronic

## Ab-Initio Nuclear Structure – Where do we stand?

### 410. WE-Heraeus-Seminar

Wie der Titel des Seminars schon andeutet, war das Thema eine Bestandsaufnahme der theoretischen Methoden zur ab-initio Beschreibung der Struktur von nuklearen Systemen. Im letzten Jahrzehnt ist die Idee, die Wechselwirkung zwischen Nukleonen mit Hilfe der chiralen Störungsrechnung im Sinne einer effektiven Feldtheorie aus der Quantenchromodynamik herzuleiten, weit vorangetrieben worden. Ziel dieser Bemühungen ist es, eine Beschreibung nuklearer Kräfte zur Verfügung zu stellen, die für alle Atomkerne und für Kernmaterie, wie sie im Inneren von Neutronensternen existiert, gleichermaßen geeignet sind.

Auf der anderen Seite sind auch große Fortschritte bei den Methoden zu verzeichnen, die das nukleare Vielteilchensystem exakt zu lösen versuchen. Diese Vielteilchenmethoden benötigen natürlich als Input die Wechselwirkung zwischen den Nukleonen.

Der Zweck dieses Seminars war es, die führenden „Kräfteentwickler“ mit den Vielteilchenexperten zusammenzubringen, um im gegenseitigen Gedankenaustausch eine möglichst effiziente ab-initio Beschreibung zu erreichen. Dass man diesem Ziel näher gekommen ist, zeigten die lebhaften Diskussionen während den Sitzungen, beim Kaffee in den Pausen und am Abend bei Bier und Wein im Garten des Physikzentrums. Wichtige Fragen waren, wie die von den Kräfteentwicklern abgeleiteten komplizierten Dreiteilchenkräfte im Vielteilchenmodell zu berücksichtigen sind und wie die bei der Herleitung der Wechselwirkung verbliebenen Freiheiten genutzt werden können, den numerischen Aufwand der Vielteilchenmethoden zu optimieren.

Ohne ins Detail gehen zu wollen, seien hier schlagwortartig einige Themen aufgelistet, die in den Vorträgen behandelt wurden: Chirale Dynamik, Chirale Zwei- und Dreiteilchenkräfte, Renormierung, Fadeev-Yakubowski, No-Core-Schalenmodell, Coupled Cluster Theorie, Fermionische Molekulardynamik, Nukleare Gitterrechnungen, Unitary Correlation Operator Method, Low momentum interactions, Similarity Renormalisation Group, Dichtefunktionaltheorie, RPA, Schalenstruktur exotischer Kerne, Spinbahnwechselwirkung revisited.<sup>#)</sup>

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung danke ich auch im Namen aller 40 Teilnehmer für die großzügige finanzielle Unterstützung dieses Seminars und besonders Frau Jutta Lang für ihre professionelle Hilfe bei der Organisation.

Hans Feldmeier

Prof. Dr. Thomas Frauenheim, U Bremen, Bremen Center for Computational Materials Science; Prof. Dr. Veit Wagner, Jacobs University, Bremen; Prof. Dr. Kurosch Rezwan, U Bremen

Dr. Kai Schweda, Helmholtz Young Investigator, Physikalisches Institut; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg; Dr. Anton Andronic, GSI Darmstadt

Prof. Dr. Hans Feldmeier, GSI Darmstadt

#) Das Programm und die Vorträge finden sich auch unter <http://theory.gsi.de/Heraeus>.