

**Prof. Dr. Ernst Maria Rasel**, Institut für Quantenoptik, Universität Hannover,  
**Prof. Dr. Wolfgang P. Schleich**, Institut für Quantenphysik, Universität Ulm

**Prof. Dr. Norbert Hampp**, **Dr. Frank Noll**, Fachbereich Chemie, Universität Marburg, **Dr. Daniel Rhinow**, MPI für Biophysik, Frankfurt/M.

**Prof. Dr. Manuel Angst**, **Dr. Jörg Voigt**, Forschungszentrum Jülich, **PD Dr. Joachim Hemberger**, Physikalisches Institut II, Universität Köln, **Dr. Jörg Strempler**, Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg

**Dr. Michael Gensch**, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, **Dr. Josef Feldhaus**, Deutsches Elektronen-Synchrotron Hamburg, **Prof. Dr. Manfred Helm**, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf/TU Dresden

## Highlights of Quantum Optics

### 500. WE-Heraeus-Seminar

In den letzten zwanzig Jahren hat sich die Quantenoptik enorm verbreitert. Während sie früher auf Themen wie z. B. Resonator-Quantenelektrodynamik, Quanteneffekte des Strahlungsfeldes oder Laserkühlung beschränkt war, ist sie inzwischen sehr differenziert und auch stark interdisziplinär geworden. In der Tat spielen sich heute die interessanten Fragen an den Schnittstellen der Quantenoptik mit anderen Gebieten ab. Daher ist es schwierig, einen Gesamteindruck von allen Entwicklungen der aktuellen Quantenoptik zu erhalten. Das Ziel des 500. WE-Heraeus-Seminars, das vom 7. bis 11. Mai 2012 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, war es, einen solchen Überblick zu geben.

Obwohl das Seminar über eine volle Woche ging, mussten wir uns auf einige „Highlights“ der Quantenoptik beschränken und haben als interessante Themenfelder identifiziert: fundamentale Fragen der Quantenmechanik und deren Beantwortung mithilfe der Quantenoptik, Hawking-Strahlung und Metamaterialien, Quanteninformationsverarbeitung, Festkörperphysik und kalte Atome, ultrakurze Pulse sowie optische Technologien. Als Dozenten für unser Seminar konnten wir Wissenschaftler gewinnen, deren Pionierarbeiten und aktuelle Forschung grundlegende Einsichten gegeben und die oben genannten Themenfelder vorangetrieben haben. Eine Liste der Sprecher, die sich wie ein „Who is Who?“ der Quantenoptik liest, findet sich auf der Webseite des Seminars.<sup>8)</sup>

Es würde den Rahmen dieses Berichts sprengen, wenn wir auf alle „Highlights“ eingehen würden. Deshalb möchten wir uns auf einige wenige beschränken. Festzuhalten bleibt aber, dass alle Vorträge exzellent waren und zu ausführlichen Diskussionen nicht nur in der Fragerunde, sondern auch während des gesamten Treffens Anlass gaben. Deshalb geriet auch oft der Zeitplan aus den Fugen. Ein Qualitätsmerkmal eines Seminars ist die Intensität der Diskussion. Nach diesem Kriterium war das 500. WE-Heraeus-Seminar ein großer Erfolg.

Ein Höhepunkt des Seminars war ohne Zweifel die Postersitzung. Hier wählte eine Jury aus den von Nachwuchswissenschaftlern präsentierten Postern drei aus, die dann in Vorträgen ausführlicher dargestellt und mit Geldpreisen prämiert wurden. Diese Vorträge und die anschließende heftige Diskussion beeindruckten selbst „erfahrene Hasen“.

In einer Feierstunde aus Anlass des 500. WE-Heraeus-Seminars sprach Anton Zeilinger zur Geschichte der Quantenmechanik und berichtete über die neuesten Entwicklungen der Quantenkryptographie und der Quanteninformationsverarbeitung. Zentrales Thema waren seine wegweisenden Experimente zur

Verschränkung, deren fundamentales Anliegen der Test der Vorhersagen von J. Bell und ein vertieftes Verständnis der Quantenmechanik sind. Sein Vortrag, der mit historischen Gedankenexperimenten startete und in Experimenten zu Verschränkung im Weltraum kulminierte, führte allen den Fortschritt in der Quantenoptik auf eine faszinierende Weise vor Augen.

Ein Highlight besonderer Art, dem wir Seminarteilnehmer beiwohnen durften, war die Feier zur Eröffnung des „Lichtenberg-Kellers“, der ehemaligen „Bürgerstube“, nach hervorragend gelungener Renovierung. Eine geschickte Regie hatte es so arrangiert, dass dieses Ereignis mitten in das Jubiläumsseminar fiel.<sup>9)</sup>

Der amerikanische Physiker John Archibald Wheeler gab einem von uns während dessen Assistenzzeit folgenden Rat: „Wolfgang, there are two iron rules in life: Never organize a conference and never become the Dean.“ Als Begründung für die letztere Warnung sagte er: „The Dean is to the faculty what the fire hydrant is for the dog“. Für jeden, der schon einmal eine Tagung organisiert hat, ist die erste Warnung von Wheeler offensichtlich. Jedoch haben wir bei unserem Seminar eine völlig andere Erfahrung gemacht. Die Arbeit beschränkte sich im Wesentlichen auf die Konzeption der Tagung, die Einladung der Sprecher, die Erstellung einer Webseite und die Auswahl der Teilnehmer. Alles andere, d. h. all die vielen Kleinigkeiten, die mit einer Konferenz verknüpft sind, wurden dankenswerterweise von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und insbesondere von Frau Elisabeth Nowotka übernommen und äußerst effizient und zur vollsten Zufriedenheit aller Teilnehmer abgewickelt. Deshalb danken wir und alle Teilnehmer der Stiftung nicht nur für die Finanzierung, sondern auch für die einzigartige Unterstützung bei der Organisation des Seminars. Jeder Leiter eines WE-Heraeus-Seminars wird gerne bestätigen, dass sich diese großartige Hilfe nicht auf dieses Seminar beschränkt, sondern Tradition hat. Zusammen mit ihren Kollegen vom Physikzentrum bilden die Damen der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ein bärenstarkes Organisationsteam.

**Ernst Maria Rasel und  
Wolfgang P. Schleich**

## Harvesting Light

### 502. WE-Heraeus-Seminar

Das Sammeln und Nutzen von Licht ist schon lange nicht mehr die exklusive Domäne der Natur. Vielfältige technische Ansätze zielen darauf ab, die solare Energie dem Menschen ohne den Umweg über die Biologie zu erschließen. Die vielversprechendsten Ansätze weisen strukturell und funktionell oft eine erstaunliche Ähnlichkeiten mit den natürlichen Vorbildern

auf. Gemeinsam ist ihnen die große Herausforderung der Systemintegration, vom nanoskaligen Element, das Schlüssel der Photokonversion ist, bis hin zum makroskopischen Modul für die „Lichternte“ im industriellen Maßstab.

Im Rahmen des 502. WE-Heraeus-Seminars, das vom 2. bis 4. April im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, trafen sich 50 Forscher aus fünf Ländern und präsentierten neueste Forschungsergebnisse. Von den biophysikalischen Grundlagen photosynthetischer Systeme, über biologische, biomimetische und vollsynthetische Lichtwandler bis hin zu deren Anwendung in Energietechnik und Medizin reichte der thematische Bogen der Präsentationen. Silizium-basierte Solartechnik, Farbstoff-sensitivierte Solarzellen bis hin zu einem „künstlichen Blatt“ einerseits und biotechnologische Solarenergienutzung durch Biomasseproduktion, CO<sub>2</sub>-Fixierung oder biologische Brennstoffproduktion andererseits repräsentierten die rasanten Fortschritte und vielversprechenden Zukunftsperspektiven in diesem Gebiet.

Ein weiteres Schwerpunktthema waren Ansätze, biologische Photosysteme direkt in photovoltaische Aufbauten zu integrieren. Vollsynthetische Ansätze verfolgen das Ziel, auf die organische Matrix ganz zu verzichten und solare Wasserstoff-erzeugung mittels rein anorganischer Komponenten zu erreichen. Der Bogen schloss mit einer Reihe von Vorträgen über Lichtenergie-Wandlermoleküle, die an der biologischen Signaltransduktion beteiligt sind. Dazu gehören Blaulichtrezeptoren und Rhodopsine. Der vergleichsweise neuen Wissenschaftsdisziplin Optogenetik ist es gelungen, mikrobielle Rhodopsine auf genetischem Wege in Nervenzellen höherer Lebewesen zu integrieren und darüber die Aktivität der betreffenden Nervenzellen durch Licht von außen zu steuern. Faszinierende Resultate lassen erwarten, dass uns in den kommenden Jahren viele weitere bemerkenswerte Erkenntnisse und Ergebnisse aus diesem Forschungsgebiet erreichen werden.<sup>5)</sup>

Im Namen aller Teilnehmer danken wir der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, die durch ihre organisatorische und finanzielle Unterstützung dieses interdisziplinäre Seminar in der kommunikativen Atmosphäre des Physikzentrums Bad Honnef ermöglicht hat.

**Norbert Hampp, Frank Noll  
und Daniel Rhinow**

## New Routes to Single-Phase Multiferroics

### 505. WE-Heraeus-Seminar

Vom 23. bis 25. April trafen sich 61 Teilnehmende aus 14 Ländern im Physikzentrum Bad Honnef, um neue multifer-

<sup>8)</sup> [www.uni-ulm.de/nawi/nawiheraeus/program.html#c190384](http://www.uni-ulm.de/nawi/nawiheraeus/program.html#c190384)

<sup>9)</sup> vgl. S. 24 in diesem Heft

<sup>5)</sup> Die Homepage des Seminars wird unter [www.harvesting-light.de](http://www.harvesting-light.de) noch eine Weile online sein und damit dem interessierten Leser die Möglichkeit geben, mehr Detailinformation zu erhalten.

roische Materialien und Mechanismen, Effekte an Domänen, magneto-elektrische Anregungen und Techniken zur Untersuchung von Multiferroika wie z.B. dielektrische Spektroskopie, diverse Streumethoden und Dichtefunktionalrechnungen zu diskutieren.

Komplexe Übergangsmetall-Oxide bildeten wie erwartet die Hauptklasse der diskutierten Materialien, aber verschiedene Beiträge über Metall-organische Verbindungen lassen erwarten, dass diese Klasse von zunehmendem Interesse sein wird. So wurden etwa Ladungstransfer-Salze als neue Kandidaten für durch Ladungsordnung induzierte Multiferroelekttrizität diskutiert, während dieses Szenario für das prominente Beispiel von  $\text{LuFe}_2\text{O}_4$  nicht bestätigt werden konnte. In der Mehrzahl der diskutierten Multiferroika wird die Ferroelekttrizität jedoch durch antisymmetrische Austauschwechselwirkung in nichtkollinearen, spiralen Spinstrukturen getrieben. Neben den mittlerweile klassisch zu nennenden Vertretern dieser Materialklasse (wie z. B.  $\text{TbMnO}_3$ ) kann dieser Mechanismus auch in (magnetisch ungeordneten) Spingläsern zu starker magnetoelektrischer Kopplung führen oder auch zum Auftreten von Skyrmionen (topologischen Wirbel-Anregungen). Dabei kommt sowohl den elementaren Anregungen solcher komplexer magnetischer Strukturen (Elektromagnonen) als auch der Bildung von Domänen und Domänengrenzen eine besondere Bedeutung zu. So wurde etwa eine Analogie zwischen der Topologie multiferroischer Domänengrenzen in hexagonalen Manganaten und der Symmetriebrechung beim Entstehen kosmischer Strings kurz nach dem Big Bang vorgestellt – beide Phänomene lassen sich durch das gleiche mathematische Modell beschreiben.

Eine ausgedehnte Posterpräsentation mit hochklassigen theoretischen und experimentellen Beiträgen führte zu einem regen Wissensaustausch und intensiven Diskussionen. Das Seminar endete mit einer Podiumsdiskussion zur Ausrichtung der zukünftigen Forschung. In dieser zeigte sich, dass vor allem die Dynamik in magnetoelektrischen Multiferroika noch viele Fragen aufwirft und neben dem Design neuer, funktionalisierter Materialien Forschungsbemühungen auf sich ziehen wird. Neben konzeptionell wohlbekannten Anwendungen wie z. B. magnetischen Speicherelementen mit Kontrolle durch Spannung über die elektromagnetische Kopplung regte die Diskussion das Nachdenken über alternative Konzepte an, wie etwa die Nutzung von leitfähigen Multiferroelektrika für die Photovoltaik.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sehr herzlich für die großzügige Finanzierung und gute Organisation.

Manuel Angst, Jörg Voigt,  
Joachim Hemberger und Jörg Strepfer

## Free Electron Lasers: from Fundamentals to Applications

### 503. WE-Heraeus-Seminar

Dieses Seminar, das vom 10. bis 13. April im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, deckte erstmals das ganze Feld der schon seit zwei Jahrzehnten etablierten THz-Freie-Elektronen-Laser (FELs) bis zu den erst seit kürzerem verfügbaren Röntgen-FELs ab. Es hatte zum Ziel, jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Grundlagen der FELs und ihre wesentlichen wissenschaftlichen Anwendungen näherzubringen. FELs könnten zukünftig als Forschungsinstrumente eine ähnlich große Bedeutung für die Natur- und Ingenieurwissenschaften zukommen wie heute den sehr erfolgreichen Synchrotronstrahlungsquellen und optischen Kurzpulslasern. Denn FELs vereinen den enormen Spektralbereich und die Durchstimbarkeit der Synchrotron-Speicherringe mit der Kohärenz und kurzen Pulsdauer optischer Laser. In Anbetracht des breiten Spektrums der Teilnehmer – von Biologen über Materialwissenschaftler hin zu Beschleunigerphysikern – gelang es den Vortragenden, allesamt führende Wissenschaftler, auf hervorragende Weise, die Grundideen ihrer Fachgebiete zu vermitteln sowie die derzeit an FELs verfolgten Schlüsselexperimente vorzustellen.

Während sich der erste Tag mit der FEL-Physik (L. van der Meer, P. Preiss) und den wichtigsten Experimenten an THz-FELs (G. Meijer, L. Wilson, S. Winnerl, B. Murdin, L.M. Eng) befasste, hatte das Seminar am zweiten und dritten Tag die Röntgen-FELs im Fokus (J. Schneider, T. Möller, M. Vrakking, M. Först, S. Teichert, H. Chapman, S. Toleikis, T. Rasing, T. Cowan). Das zweiteilige Tutorial „FEL Theory for Pedestrians“ von P. Schmüser führte insbesondere bei den jüngeren Seminarteilnehmern zu vielen lebhaften Diskussionen. Die am Nachmittag des zweiten Tages gezeigten über 30 Posterbeiträge gaben einen weiteren exzellenten Überblick über derzeit verfolgte Projekte und Experimente. Die drei besten Poster wurden mit einem Preis ausgezeichnet.

Das Engagement der Vortragenden, das große Interesse der Teilnehmer und die ausgezeichnete Atmosphäre im Physikzentrum sorgten für spannende Gespräche und einen wirklich interdisziplinären Austausch auf dem Gebiet der Forschung mit und an Freie-Elektronen-Lasern. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung und die hervorragende organisatorische Unterstützung, insbesondere durch Frau Nowotka, sowie dem Physikzentrum für die Hilfe bei der Sicherstellung eines reibungslosen Ablaufs.

Michael Gensch, Josef Feldhaus  
und Manfred Helm