

Taking Detection to the Limit: Biosensing with Optical Microcavities

560. WE-Heraeus Seminar

Die Physik der Biosensorik, also die Detektion von Biomolekülen und deren Interaktionen, ist von besonderer Bedeutung, wenn diese mit hoher Sensitivität auf der Einzelmolekülebene erzielt werden kann. Mikrokavitäten ermöglichen eine solche Detektion nahe den Grenzen des Möglichen – ohne vorherige biochemische Markierung der Moleküle, sondern nur mittels Licht. Dazu wird die Ausbreitung der Lichtwelle innerhalb einer Mikrokavität, z. B. durch Totalreflexion, auf kleinstem Raum eingeschränkt und optische Flüstermoden (FM)-Resonanzen können angeregt werden. Die Ausbreitung der Lichtwelle innerhalb der Mikrokavität führt zur wiederholten Interaktion mit Biomolekülen, die an die Mikrokavität binden. Durch präzise Messung der induzierten optischen Resonanzfrequenz- und Linienbreitenänderung lassen sich so einzelne Viren und selbst einzelne Biomoleküle detektieren. Die zeitaufgelöste Interaktionsdynamik ermöglicht Aussagen über die biophysikalischen Mechanismen und Spezifität der Interaktion. Die FM-Biosensoren lassen sich in verschiedensten optischen Materialien herstellen, z. B. Glas, Silizium oder Kristallen, wodurch sich interessante Fragestellungen für das Engineering solcher Systeme ergeben.

Die großzügige Förderung der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ermöglichte es, dass sich vom 14. bis 18. April in Bad Honnef fast 90 Teilnehmer aus Europa, Asien und Amerika zusammenfanden, die sich mit der Physik, der Konstruktion und den biologischen Anwendungen von FM-Biosensoren beschäftigen. In mehr als 30 Vorträgen und 43 Postern wurden die neusten Ergebnisse vorgestellt. Die rege Teilnahme resultierte in mehr als acht Stunden Diskussion über Themen wie FM-Mikrolaser zur Nanopartikelendetektion, Plasmon-unterstützte Raman-FM-Spektroskopie, Optische Kräfte zur Nanopartikelmanipulation, markierungsfreie Detektion von Einzelmolekülen, Ring-up/Ring-down sowie optofluidische und optomechanische FM-Spektroskopie. Beiträge zur Moleküldetektion mittels Lichtstreuung rundeten das Thema gelungen ab.

Die Organisation und der hervorragende Ablauf des Seminars wäre nicht ohne die tatkräftige Unterstützung von Frau Lang, Frau Nowotka, Herrn Dreisigacker und natürlich den Mitarbeitern im Physikzentrum Bad Honnef möglich gewesen, denen an dieser Stelle noch einmal gedankt sei.

Harald Schwefel und Frank Vollmer

Massive Neutrinos

561. WE-Heraeus-Seminar

Auch 16 Jahre nach Entdeckung der Neutrinooszillationen ist die absolute Neutrinomassenskala noch unbekannt, hat aber nichts an Relevanz für die Teilchenphysik, Astrophysik und Kosmologie verloren – ganz im Gegenteil. Auf dem 561. WE-Heraeus-Seminar, das vom 22. bis 24. April im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, präsentierten und diskutierten über 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer von vier Kontinenten die neuesten experimentellen Resultate und theoretische Entwicklungen zu diesem Thema.

Die experimentellen Schwerpunkte waren die Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall sowie die direkte Neutrinomassenbestimmung mittels Betazerfall und Elektroneneinfang. Giorgio Gratta (Stanford) berichtete über die neuesten Resultate des EXO-200-Experiments und das Nachfolgeexperiment nEXO. Peter Grabmayer (Tübingen) zeigte die Ergebnisse des GERDA-Experiments aus Phase 1 und wie in der 2014 beginnenden Phase 2 mit neuartigen Detektoren und aktiven Untergrundreduktionsmethoden die Empfindlichkeit nochmal um fast eine Größenordnung verbessert werden wird. Bei den direkten Neutrinomassenexperimenten erregten besonders die erfolgreichen Testmessungen am KATRIN-Spektrometer und die neuen Projekte ECHO und HOLMES zum Elektroneneinfang von ^{163}Ho mit kryogenen Bolometern mit den Vorträgen von Loredana Gastaldo (Heidelberg) und Flavio Gatti (Genova) das Interesse aller Teilnehmer. Verschiedene experimentelle Hinweise deuten immer mehr darauf hin, dass es über die bekannten drei Neutrinos hinaus noch ein viertes, „steriles“ Neutrino geben könnte. Zur Suche nach ihm präsentierten Susanne Mertens (Berkeley), Kathrin Valerius (Paris, Erlangen) und Christian Buck (Heidelberg) sehr interessante Vorschläge. Werner Rodejohann und Evgeny Akhmedov (beide Heidelberg) zeigten die neuesten Entwicklungen der Theorien jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik bzgl. Neutrinomassen und -mischungen, während Steen Hannestad (Aarhus) die jüngsten kosmologischen Neutrinomassengrenzen präsentierte.

Die Nachwuchswissenschaftler weckten mit Minivorträgen großes Interesse für ihre eigenen Projekte, die sie anschließend in zwei sehr lebhaften Postersitzungen im Detail präsentierten. Die Preise für die drei besten Poster und Präsentationen gingen an Fabian Harms, Philipp Rantzsch und Victoria Wagner.

Insgesamt erlaubten die besondere Atmosphäre des Physikzentrums, das Format des WE-Heraeus-Seminars und die Zusammensetzung des Teilnehmerkreises sehr viele und sehr intensive Diskussionen

zwischen allen Beteiligten, die auch die Abende im Lichtberg-Keller ausfüllten.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sowie den engagierten Mitarbeiter(inne)n der Stiftung und des Physikzentrums für diese Möglichkeit und die tolle Organisation sowie die gute Betreuung recht herzlich.

Klaus Blaum, Guido Drexlin, Christian Enss, Manfred Lindner und Christian Weinheimer

Functional Molecules at Surfaces

563. WE-Heraeus-Seminar

Funktionale Moleküle an Oberflächen bilden einen immer wichtigeren Aspekt für technologische Neuentwicklungen, da sie versprechen, günstig in der Herstellung und vielseitig in der Anwendung zu sein. Bis zu ihrem routinemäßigen Einsatz bedarf es allerdings noch des Verständnisses fundamentaler Phänomene, da bei der Integration von organischen Elementen in funktionale Bauteile schon kleinste Veränderungen der atomaren Umgebung die resultierenden Eigenschaften stark beeinflussen. In jüngster Zeit gab es einige bedeutende Entwicklungen, die in diesem Seminar präsentiert und diskutiert wurden.

Ziel des Seminars vom 19. bis 21. Mai im Physikzentrum Bad Honnef war es, Wissenschaftler/innen zusammenzuführen, die verschiedene Aspekte funktionaler Moleküle mit komplementären Methoden untersuchen, um aktuelle Entwicklungen zu beleuchten. 21 eingeladene Sprecher/innen hielten spannende Vorträge, die Anlass zu intensiven Diskussionen gaben. So wurden unter anderem Facetten der Selbstorganisation von Molekülen auf Oberflächen zur Herstellung von geordneten Netzwerken beleuchtet. Hier rücken insbesondere kovalent verknüpfte Architekturen in den Fokus des Interesses, da diese eine hohe Stabilität erwarten lassen. Neueste Ergebnisse des Elektronentransports durch molekulare Drähte zeigten eindrucksvoll, wie Stromfluss zur Erhitzung der Kontakte und Lichtemission führen kann, und wie diese durch elektronische Eigenschaften bestimmt sind. Eine große Herausforderung ist das reversible Schalten von Molekülen im Kontakt mit Elektroden. Hierzu wurden Experimente vorgestellt, die einen optimistischen Blick auf kontrollierbare Schalteigenschaften zulassen. Im Bereich der magnetischen Moleküle wurde aufgezeigt, wie die Oberfläche die Spinzustände beeinflusst und wie man diese Wechselwirkung benutzen kann, um zum Beispiel magnetische Kopplungen einzustellen.

Die Atmosphäre des Seminars war sehr angenehm, gab Anlass zu intensiven Gesprächen und machte es leicht, neue Kontakte zu knüpfen. Ein Highlight war auch die Postersitzung, auf der 41 der insgesamt

Dr. Harald Schwefel, Priv.-Doz. Dr. Frank Vollmer, MPI für die Physik des Lichts, Erlangen

Prof. Dr. Klaus Blaum, Prof. Dr. Manfred Lindner, MPI für Kernphysik Heidelberg; Prof. Dr. Guido Drexlin, KIT Karlsruhe; Prof. Dr. Christian Enss, Universität Heidelberg; Prof. Dr. Christian Weinheimer, Universität Münster

Priv.-Doz. Dr. Florian Klappenberger, TU München; **Dr. Thiruvancheril Gopakumar**, Institute of Technology, Kanpur/Indien; **Prof. Dr. Katharina Franke**, FU Berlin

Jun.-Prof. Dr. Sandro Keller, Molekulare Biophysik, TU Kaiserslautern

68 Teilnehmer/innen ihre Resultate präsentierten. Bei schönstem Wetter konnte sie im Freien, vor dem Glasfoyer, abgehalten werden und sorgte bis weit in den Abend hinein für angeregte Diskussionen.

Wir bedanken uns bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Unterstützung und die exzellente Organisation dieses Seminars.

Florian Klappenberger, Thiruvancheril Gopakumar und Katharina Franke

Physical Approaches to Membrane Proteins

564. WE-Heraeus-Seminar

Membranproteine sind von herausragender physiologischer und pharmakologischer Bedeutung, da sie etwa 30 Prozent der im menschlichen Genom kodierten Proteine und 50 Prozent aller Wirkstoffziele darstellen. Daraus erklärt sich ein lang anhaltendes und intensives Bestreben, diese Klasse von Biomakromolekülen auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen, die von der theoretischen Physik bis zur Pharmaforschung reichen, besser zu verstehen. Trotz hoher Hürden für Experiment und Theorie, die sich vor allem aus der komplexen, heterogenen und anisotropen Natur biologischer Membranen er-

geben, konnten in jüngster Zeit zusehends Erfolge verbucht werden, die oft auf die Verschränkung unterschiedlicher Ansätze und Methoden zurückzuführen sind. Das Hauptanliegen des Seminars, das vom 25. bis 28. Mai im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, war es denn auch, führende Vertreter verschiedener Forschungsrichtungen zusammenzubringen und so eine Plattform für einen regen Austausch zwischen benachbarten, oft aber nicht gut miteinander vernetzten Disziplinen zu schaffen. 40 Wissenschaftler und 32 Wissenschaftlerinnen aus Europa, Nordamerika und Asien nahmen daran teil.

Die vier Hauptsitzungen des Seminars widmeten sich (i) neuen biophysikalischen Konzepten der Membranproteinfaltung, (ii) Modellsystemen von Membranen und Membranproteinen, (iii) computergestützten Herangehensweisen sowie (iv) Fortschritten in spektroskopischen und anderen experimentellen Methoden. Ein Glanzlicht und eine wichtige „take-home message“ der Veranstaltung war der beeindruckende Erfolg einer schnell wachsenden Zahl von Beispielen, in denen neue Erkenntnisse nur durch kluge Kombination von Experiment und Theorie in Form von computergestützten Verfahren gewonnen werden konnten. Einst gerne als Phantasterei abgetan, sind insbesondere Molekulardynamiksimula-

tionen heute nicht mehr aus dem Repertoire der biophysikalischen Forschung an Membranproteinen wegzudenken. Wie im Laufe des Seminars immer wieder deutlich wurde, ist damit in Verbindung mit experimentellen und konzeptionellen Weiterentwicklungen eine vielversprechende Ausgangslage für die Erlangung spannender Einsichten geschaffen, die noch vor nicht allzu langer Zeit in weiter Ferne schienen.

Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, die das Seminar finanziert und professionell organisiert hat, sowie dem Physikzentrum Bad Honnef, das für einen angenehmen, völlig reibungslosen Ablauf sorgte, sei an dieser Stelle noch einmal herzlich gedankt.

Sandro Keller