

Biosensing with channels: faster, smaller, smarter

436. WE-Heraeus-Seminar

Nanoporen und Nanofluidik sind Schlagwörter eines aufkommenden Gebietes in der Physik. In der Natur ist das Konzept der Nanoporen ein fester Bestandteil der Zelle: Wie erkennt die Zelle bestimmte Moleküle und lässt diese durch die Zellwand? Wie nimmt sie Nährstoffe auf, verhindert aber das Eindringen toxischer Substanzen? Wie schleust die Zelle ganze Proteine durch die Wand? All diese Funktionen werden von Membrankanälen übernommen. Ein genaues Verständnis dieser Vorgänge ist wichtig, um zum Beispiel verschiedene Krankheitsbilder zu verstehen und gezielte mögliche Medikamente entwickeln zu können. Weiterhin stellen sich viele grundlegende Fragen: Welche Wechselwirkung bestimmt die Kinetik des Durchgangs? Wie muss ein Pharmastoff aussehen, um durch den Kanal zu schlüpfen? Wie lassen sich einzelne Moleküle beim Durchgang messen? Kann man diese Technik parallelisieren? Und darauf aufbauend: Kann man für technische Anwendungen spezifische Membrankanäle zur Detektion von Stoffen benutzen?

Das 436. Heraeus-Seminar, das vom 28. Juni bis 4. Juli an der Jacobs University Bremen stattfand, brachte 85 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Bereichen der Physik, Biologie und Chemie zusammen, die gemeinsam über bestehende Fortschritte und zukunftsweisende Entwicklungen diskutierten. Es ist z. B. möglich, die chemischen Modifikationen eines einzelnen Moleküls in einem Kanal stufenweise zu verfolgen. All-Atom-Molekulardynamik simuliert den Durchgang von Stoffen durch Membrankanäle.

Das Programm des Seminars umfasste weiterhin Beiträge aus der Biologie, in denen über neue Erkenntnisse zur Translokation durch Membranen und Membranproteine berichtet wurde. Ein weiteres „Hot Topic“ war die Möglichkeit, DNA in Nanoporen zu sequenzieren oder Kraftspektroskopie über Nanoporen zu betreiben. Weiterhin boten die Beiträge eine gute Mischung aus Theorie und Praxis. Es wurde über analytische und theoretische Beschreibungen der Systeme berichtet sowie über neueste experimentelle Ergebnisse.

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

Mathias Winterhalter und Ingo Köper

Steps in Evolution – Perspectives from Physics, Biochemistry and Cell Biology 150 Years after Darwin

Internationale WE-Heraeus-Sommer-schule

2009 ist das weltweit gefeierte Darwin-Jahr, 200 Jahre nach Darwins Geburt und 150 Jahre nach der Veröffentlichung seines Hauptwerkes „Über die Entstehung der Arten“, das den Beginn der modernen Evolutionstheorie markiert und unser Weltbild revolutioniert hat. Besonders in den USA, aber zunehmend auch in Europa liefern sich die Anhänger einer wissenschaftlich basierten Evolutionstheorie scharfe Debatten mit den Kreationisten. Anlass genug, eine Bestandsaufnahme zu machen und einen Blick auf die Evolutionstheorie aus naturwissenschaftlicher Sicht zu werfen.

Vom 28. Juni bis 5. Juli 2009 trafen sich etwa 60 Teilnehmer aus aller Welt (Master-Studierende, Doktoranden und Postdocs) auf dem Campus der Jacobs University in Bremen, um mehr über neueste Erkenntnisse zu zentralen Fragen der Evolution zu erfahren. 20 international renommierte Sprecher aus Europa, Kanada, Indien, Japan und Korea beleuchteten in ihren Vorlesungen Prozesse der Evolution aus Sicht der Mathematik, der theoretischen Physik und Chemie, der experimentellen Biophysik, Biochemie und Zellbiologie sowie der eigenen Disziplin „Artificial Life“. Auf dem sommerlichen Campus der Jacobs University ebenso wie beim gemeinsamen Ausflug nach Bremerhaven bot sich genügend Gelegenheit, die Diskussionen fortzusetzen.

Als roter Faden durch die Beiträge zog sich das skalen- und fächerübergreifende Konzept der Selbstorganisation. Ursprünglich entwickelt in Physik und Chemie als Erklärung von Muster- und Strukturbildung, wird es mittlerweile auf biologische Systeme erfolgreich angewendet. So erfuhren die Teilnehmer von Modellen zur Erklärung der Entstehung galaktischer Strukturen im Universum bis hin zur Spindelbildung in lebenden Zellen. Intuitiv mag man in Zweifel ziehen, wie aus zufälligen Strukturen am Anfang komplexe Strukturen am Ende entstehen können, und zwar in endlicher Zeit. Hierzu wurden Mechanismen aufgezeigt, die aus einem zufälligen Anfangsgemisch eine strukturierte, heterogene Population entstehen lassen.

Einhergehend mit der Frage nach der Entstehung komplexer Strukturen wiederholt sich die Frage nach den Anfangsbedingungen auf verschiedenen Ebenen. Wie viel an Struktur soll man in die Anfangsbedingungen stecken, um daraus komplexere Strukturen ableiten zu können? Sollte man in der präbiotischen Phase bereits die Existenz von RNA annehmen, oder reicht es aus, mit einer Welt

von einfacher strukturierten Lipiden zu beginnen? Wie lassen sich aus minimalen nicht lebenden Bestandteilen Vorstufen von lebenden Zellen erzeugen, wie es der Zugang von *Artificial Life* versucht? Zellen sind die elementaren Bausteine lebender Organismen, aber die Evolution blieb bei einzelligem Leben nicht stehen. Parallelen in der Organisationsstruktur zwischen Zellen und sozialen Systemen wurden aufgezeigt. Die Sprache der evolutionären Spieltheorie ist dazu bestens geeignet. Welche Arten überleben, welche sterben aus, wie viel verschiedene können koexistieren, und mit wie vielen Vorfahren sind wir genetisch verwandt? Diesen Themen widmet sich die Populationsgenetik. Nicht zuletzt verbleibt die Frage nach dem Anfang schlechthin, deren Antwort am Ende so offen ist wie die Frage nach einer Quantentheorie der Gravitation. Klar wurde, dass man nach einer solchen Theorie suchen sollte, um sich nicht in unauflösbare Widersprüche zu verstricken, wenn man die klassischen Begriffe von Raum und Zeit bis zum Urknall zurück extrapoliert.

Bei aller Vielfalt an Inhalt und methodischen Zugängen in Theorie und Experiment wurden Parallelen deutlich, bei denen sich die Evolutionsmuster auf verschiedenen Längen- und Zeitskalen wiederholen und Gesetzmäßigkeiten erkennbar wurden. Gemessen am Kenntnisstand zu Zeiten Darwins gibt es beachtliche Fortschritte, insbesondere was das Verständnis der Rolle des Zufalls, der Selektion und strukturbildender Mechanismen betrifft. Aber auch die Evolutionstheorie selbst lädt ein zu ihrer Weiterentwicklung und stellt eine spannende Herausforderung dar.

Im Namen aller Sprecher und Teilnehmer wie auch persönlich möchte ich der WE-Heraeus-Stiftung ausdrücklich für ihre großzügige finanzielle Unterstützung danken, die die Realisierung der Sommerschule zum Darwin-Jahr überhaupt erst möglich machte.

Hildegard Meyer-Ortmanns

Nano-Scaled Oxides – Big Opportunities in Small Structures

WE-Heraeus-Physikschule

Die Organisatoren dieser Physikschule, die vom 2. bis 8. August 2009 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, legten beim Programm besonderen Wert auf die Darstellung neuartiger Grundlagenphänomene nano-skaliertes Oxidsysteme (z. B. 2D-Elektronengase hoher Beweglichkeit an Oxid-Oxid-Grenzflächen) und deren potenzieller Nutzbarmachung in innovativen Technologien (z. B. Mikroelektronik, Katalyse, Sensorik etc.). Da zur Erforschung der Physik nano-skaliertes Oxidsysteme viele klassische Verfahren der Materialdeposition und -charakteri-

Prof. Dr. Mathias Winterhalter, Jacobs University Bremen;
Dr. Ingo Köper, MPI für Polymerforschung Mainz

Prof. Dr. Hildegard Meyer-Ortmanns, School of Engineering and Science, Jacobs University Bremen

Dr. Thomas Schroeder, Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder; **Dr. Jürgen Schubert**, Forschungszentrum Jülich

Prof. Dr. Thomas Frauenheim, Universität Bremen, Fachbereich Physik; **Prof. Dr. Ulrich Kleinekathöfer**, Jacobs University Bremen

Dr. Stefan Kinne, MPI für Meteorologie, Hamburg

sierung an ihre Grenzen stoßen, lag ein weiterer Fokus auf modernen Verfahren zur Herstellung und Vermessung oxidischer Nanosysteme. Bei letzterem Punkt wurde neben Laborverfahren modernen Synchrotronmethoden ein besonderer Platz eingeräumt (z. B. Photoelektronenspektroskopie bei hoher Anregungsenergie). Zur Bewältigung dieser Aufgabe konnten 16 nationale und internationale Sprecher mit ausgewiesener Reputation gewonnen werden, die sich aus universitären sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen rekrutierten. Vorträge und Diskussion fanden in englischer Sprache vor ca. 50 überwiegend studentischen Zuhörern statt. In der regen Diskussion wurde deutlich, dass – bei aller Verschiedenheit der technologischen Anwendung – oftmals sehr ähnlich geartete Grundlagenphänomene nano-skaliertes Oxidensysteme (z. B. der Einfluss von Defekten in Oxiden wie etwa Sauerstoff-Vakanzen etc.) die Leistung bzw. Zuverlässigkeit moderner Technologien limitieren.

Es besteht kein Zweifel, dass durch die interdisziplinäre und internationale Ausrichtung der Schule zahllose Anregungen und Kontakte entstanden. Diese werden vielen Studenten den Zugang in dieses faszinierende Forschungsfeld eröffnen sowie den beteiligten Wissenschaftlern und ihren Gruppen Möglichkeiten zum Aufbau exzellenter Forschungskollaborationen erschließen. Alle Beteiligten danken herzlich der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung sowie dem Physikzentrum Bad Honnef für die Unterstützung bei der erfolgreichen Umsetzung der Physikschule.

Thomas Schroeder und Jürgen Schubert

Quantum and Classical Simulation of Biological Systems and their Interaction with Technical Materials

WE-Heraeus-Physikschule

Die funktionellen Eigenschaften von Biosystemen lassen sich immer besser durch eine enge Korrelation von hochauflösenden Strukturanalysen und modernsten Computersimulationen verstehen. Dabei werden in der Regel klassische Kraftfeld- und Coarse Graining-Methoden über Schnittstellen in einer Multi-skalenhierarchie mit sehr genauen und hocheffizienten quantenmechanischen Simulationen verbunden. Entsprechende Simulationsansätze kommen neuerdings zunehmend auch für innovative Materialentwicklungen im Rahmen eines molekularen Designs zum Einsatz.

Die Sommerschule mit 53 Teilnehmern aus 21 Ländern, die vom 15. bis 27. Juni 2009 stattfand, wurde gemeinsam von der Universität Bremen und der Jacobs University ausgerichtet. International ausgewiesene Wissenschaftler führten in 22

Vorträgen in grundlegende Aspekte dieser komplexen Forschungsthematik an der Grenze von Biosystemen und Materialforschung ein und vermittelten aktuelle Anwendungsbezüge. Gleichzeitig gaben zwei praktische Computerübungen Einblicke in quantenmechanische und klassische atomistische Simulationen, mit denen sich die Strukturen und Eigenschaften von funktionellen Biosystemen verstehen lassen und Materialentwicklungen an der Schnittstelle zum Leben unterstützt werden. Laborexkursionen an der Jacobs University sowie am Fraunhofer-IFAM demonstrierten die Aktivitäten zur Hybridmaterialforschung in Bremen.

Unter der großen Anzahl der attraktiven Lectures ist besonders eine Evening Lecture hervorzuheben, in der Viola Vogel (ETH Zürich) die Bedeutung einer engen Wechselwirkung von experimentellen und computational Ansätzen für das Design von Materialien an der Grenze zum Leben betonte und über innovative Entwicklungen von Biomaterialien berichtete.

In einer abendlichen Postersitzung hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, eigene Forschungsarbeiten vorzustellen und sich über ihre Arbeiten auszutauschen. Zum Abschluss der Schule vergab eine Jury den Preis für das beste Poster an zwei junge Wissenschaftler von der Universität Cambridge sowie der Universität Groningen.

Die Physik-Schule war geprägt von einer hohen wissenschaftlichen Aktivität hochmotivierter Teilnehmerinnen und Teilnehmer, von vielen neuen Kontakten sowie dem zwanglosen Beisammensein zu Sport, abendlichen Barbecues 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 und
Ulrich Kleinekathöfer

Determination of Atmospheric Aerosol Properties Using Satellite Measurements

439. WE-Heraeus-Seminar

Die Bestimmung von Aerosoleigenschaften mit Satelliten ist schwierig, weil sie eine äußerst genaue Kenntnis des generell vom Blickwinkel abhängigen Hintergrundsignals erfordert. Dies bedeutet vor allem über Land eine große Herausforderung. Zudem ist das Aerosolsignal nicht allein ein Maß für die Aerosolmenge, da auch Größe und Absorption der Aerosole das Signal beeinflussen. Somit hängt die hergeleitete Genauigkeit der Aerosolmenge in der atmosphärischen Säule oft von der Qualität der getroffenen Annahmen zum Absorptionsverhalten des Aerosols ab. Schließlich darf man

nicht vergessen, dass die Herleitung von Aerosoleigenschaften generell nur in wolkenfreien Regionen möglich ist.

Vergleiche zu Fernerkundungsdaten von der Erdoberfläche, bei der sich die Aerosolmenge durch Messung der abgeschwächten Sonnenstrahlung sehr genau abschätzen lässt, ermöglichen eine Bestimmung der Ungenauigkeiten. Dabei zeigt sich, dass die Standardabweichung für die hergeleitete Aerosolmenge der verbreitet benutzten MODIS- und MISR-Sensoren im Mittel bei etwa 25 % über Ozeanen und bei etwa 75 % über Land liegt.

Zur Erörterung der Fernerkundung atmosphärischer Aerosole trafen sich vom 17. bis 19. August 2009 im Physikzentrum Bad Honnef 68 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt und stellten dieses Themenfeld in 30 Vorträgen und zahlreichen Postern vor. Die Vorträge wurden thematisch verschiedenen Blöcken zugeordnet, in denen spezielle Methoden, generelle Komplikationen bei der Herleitung, Vergleiche von Resultaten und Zeitserien, aber auch Aspekte der Genauigkeit besprochen wurden. Zu letzterer gehören innovative Verfahren, die über die Analyse spektral abhängiger Signale hinausgehen. Als vielversprechend gelten vor allem Methoden, die neben Informationen unter verschiedenen Blickrichtungen zusätzlich zeitliche und räumliche Zusammenhänge berücksichtigen und/oder Signale des polarisierten Lichts verwerten. Außerdem wurden Resultate aktiver Fernerkundung mit Lidarmessungen vorgestellt, die ergänzende Details über die Höhenverteilung der Aerosole liefern.

Abschließend wurde auf die Bedeutung des Aerosols zum Verständnis des Klimas hingewiesen. Hierzu sind globale Verteilungen nötig, die genauere Daten über für die Bestimmung der Aerosolmenge liefern, sowie Daten über Größe und Zusammensetzung des Aerosols. Zudem spielt zur Beurteilung des Aerosoleinflusses auch die Höhenverteilung des Aerosols eine große Rolle, speziell im Vergleich zu Wolkenhöhen. Daher wird die aktive Fernerkundung vom All ergänzend zu den räumlich besser abdeckenden passiven Fernerkundungsmethoden einen wesentlichen Beitrag zum Klimaverständnis des Aerosols liefern.

Das Treffen bot eine großartige Möglichkeit, sich fachlich auszutauschen und neue Zusammenarbeiten zu beginnen. Alle Konferenzteilnehmer waren von dem gebotenen Umfeld und der Organisation begeistert, und es wäre schön, ein solches Treffen in Zukunft wiederholen zu können. In diesem Sinne bedanke ich mich für die großzügige Unterstützung durch die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und auch für die begleitende organisatorische Hilfe vor allem durch Frau Uebel.

Stefan Kinne