

qualitative Einführung in die Quantenphysik in der 10. Jahrgangsstufe, während Andreas Kellerer (Memmingen) ein Projekt in der Begabtenförderung vorstellte. Dass wirkungsvolle Unterstützung bei der Gestaltung des Schulunterrichts existiert, demonstrierte Volker Geis von der experimenta Heilbronn mit einem Querschnitt durch das vielfältige Angebot an Experimenten und Kursen. Mit Blick auf übergreifende Fragen der Verbesserung des Physikunterrichts präsentierte Ingolf Hertel (Berlin) die DPG-Studie „Physik in der Schule“. Zur Geschichte und Interpretationsdebatte der Quantenmechanik und schulrelevanten Implikationen beleuchtete Oliver Passon (Wuppertal) den historische Kontext, in dem die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation entdeckt wurde, sowie neuere Entwicklungen hinsichtlich ihrer Deutung. Tobias Jung (München) widmete sich der Beziehung antiker Naturphilosophien zur modernen Physik und der Darstellung bei Heisenberg. Manfred Stöckler (Bremen) rekapitulierte den Disput Quantentheorie und Realismus und setzte sich kritisch mit neuen epistemischen Deutungen der Quantenmechanik auseinander, während Klaus Mainzer (München) Bewertungskriterien der verschiedenen Interpretationen der Quantenmechanik unter dem Blickwinkel der Quanteninformation diskutierte. Erweitert wurde der wissenschaftliche Horizont durch fesselnde Darstellungen des Fortschritts in der Präzision von Atomuhren (Ekkehard Peik, Braunschweig) und der Entdeckung von Neutrino-Oszillationen (Christian Spiering, Zeuthen).³⁾

Die exzellenten Referate und die Diskussionsbeiträge der Lehrerinnen und Lehrer aus der Praxis machten den Workshop zu einer sehr lebendigen und fruchtbaren Veranstaltung. Spezieller Dank gebührt der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, die durch ihre großzügige finanzielle Unterstützung erheblich zum Erfolg des Workshops beigetragen hat.

Reinhold Rückl

From Photosynthesis to Photovoltaics: Theoretical Approaches for Modelling Supramolecular Complexes and Molecular Crystals

621. WE-Heraeus-Seminar

Das Vorbild für die artifizielle organische Photovoltaik ist die biologische Photosynthese, die hohe Effizienz mit niedrigem Materialaufwand zu kombinieren vermag. Der Vielzahl experimenteller Daten bezüglich biologischer und artifizieller Photosysteme stehen im Verhältnis nur wenige theoretische Beschreibungen der auftretenden Prozesse gegenüber. Dies liegt an der Schwierigkeit, die Schrö-

dingler-Gleichung für große Systeme zu lösen. Um dies zu bewerkstelligen, existieren verschiedene Näherungen. Um den aktuellen Forschungsstand in der Methodenentwicklung zu erfahren, fanden sich vom 26. bis 29. Juli in Bad Honnef 47 Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein.

Zur Erdung der theoretischen Vorträge wurde jeder Programmblock von einer Sprecherin bzw. Sprechern aus der experimentellen Physik angeführt. Tobias Brixner (U Würzburg), Greg Scholes (Princeton U) und Elizabeth von Hauff (VU Amsterdam) gelang es, die Anforderungen an theoretische Untersuchungen deutlich zu machen. Dank der ausgereiften Kurzzeitlaser-Spektroskopie ist inzwischen ein sehr genauer Vergleich zwischen Theorie und Experiment möglich.

Von der theoretischen Seite wurde ein volles Spektrum von Ab-initio-Methoden bis zur Dynamik von offenen Quantensystemen abgedeckt. Ein beliebter Ansatz ist es, das molekulare System auf die relevanten elektronischen Zustände zu reduzieren. Der Hamilton-Operator wird so zu einer (zeitabhängigen) Hamilton-Matrix und die Schrödinger-Gleichung auf eine numerisch zu lösende Matrixgleichung reduziert. Dabei ist die akkurate Parametrisierung der Hamilton-Matrix entscheidend, was eine enge Zusammenarbeit zwischen theoretischer Physik und Quantenchemie erfordert. Von hoher Bedeutung für die Beschreibung von Energietransfer in natürlichen Photosystemen ist die Modellierung der Kopplung von elektronischen Freiheitsgraden an die Schwingungsmoden der Kerne.

Welche quantendynamische Methodik sich in den nächsten Jahren zur Vorhersage von photoaktiven Prozessen am besten eignen wird, bleibt eine spannende Frage. Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern gilt unser Dank für die rege Teilnahme im Rahmen des Posterflashes, der Postersitzung und in den Diskussionen der Vorträge. Bei der WE-Heraeus-Stiftung bedanken wir uns für die reibungslose Durchführung und die großzügige finanzielle Unterstützung.

Tobias Kramer und Jörg Megow

Neuronal Mechanics

622. WE-Heraeus-Seminar

Im Rahmen dieses Seminars fanden sich rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus fünf Nationen und verschiedenen Fachbereichen zusammen, um sich über neueste methodische und konzeptionelle interdisziplinäre Ansätze zur Erforschung mechanischer Wechselwirkungen zwischen Nervengewebszellen und ihrer Umgebung auszutauschen.

Sowohl während der Entwicklung des Nervensystems als auch während neurodegenerativer und -regenerativer Prozesse

migrieren Zellen über weite Distanzen durch verschiedene Nervengewebe, und Neurone entsenden lange Zellfortsätze, (Axone) zu weit entfernten Regionen. Um sich durch ihre dreidimensionale Umgebung bewegen zu können, müssen die Zellen Kräfte ausüben und mechanisch mit dem sie umgebenden Gewebe interagieren. Trotz immenser Fortschritte im Verständnis der Rolle biochemischer Signale bei der Regulation neuronalen Wachstums wissen wir immer noch relativ wenig über die mechanische Kontrolle von physiologischen und pathologischen Vorgängen im Nervensystem.

Um sich allen relevanten Aspekten zu widmen, war das Seminar in fünf Abschnitte untergliedert, in denen auf verschiedenen Längenskalen aktive und passive mechanische Eigenschaften diverser Zell- und Gewebestrukturen, Mechanismen der Signalübertragung sowie die Rolle mechanischer Signale in Nervensystemerkrankungen beleuchtet wurden. Der Fokus lag auf neuen experimentellen und theoretischen Ansätzen, die biologische und physikalische Methoden vereinen. Sprecher aus der Physik, Biologie und Medizin stellten quantitative, biophysikalische und zellbiologische Studien in verschiedenen Systemen vor, welche wiederum die Grundlage für physikalische Modelle bildeten. Den Vorträgen schlossen sich lange und angeregte Diskussionen an.

Erwähnenswert ist die sehr hohe Qualität der präsentierten Poster. Posterspreise gingen an Stephanie Möllmert (TU Dresden), Eva Pillai (U Cambridge) und Gonzalo Rosso (U Münster). Die Nachwuchsteilnehmer nutzten nicht nur die Postersessions, sondern auch Kaffeepausen, Mittagessen und die Abende intensiv, um ihre Forschung mit Experten auf verschiedenen Gebieten zu diskutieren und Netzwerke auf- und auszubauen. Das Seminar profitierte sehr von zahlreichen Diskussionen in kleinen Gruppen, begünstigt durch die exzellente Atmosphäre im Physikzentrum Bad Honnef.

Die wissenschaftlichen Organisatoren danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung und die ausgezeichnete organisatorische Begleitung des Seminars sowie den Mitarbeitern des Physikzentrums für ihren unermüdlichen Einsatz.

Kristian Franze, Kyle Miller
und Daniel Suter

Frontiers of Quantum Matter

Bad Honnef Physics School

Vom 11. bis 16. September fand im Physikzentrum Bad Honnef eine Sommerschule zum Thema „Frontiers of Quantum Matter“ statt – finanziell unterstützt von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Prof. Dr. Reinhold Rückl, Universität Würzburg

Dr. Tobias Kramer, Zuse-Institut Berlin und Humboldt-Universität zu Berlin;
Dr. Jörg Megow, Institut für Chemie, Universität Potsdam

Dr. Kristian Franze, University of Cambridge; Prof. Kyle Miller, Michigan State University;
Prof. Daniel Suter, Purdue University

³⁾ Die Vortragsfolien sind unter www.heisenberg-gesellschaft.de/unterlagen-workshop-2016.html einsehbar.

Maximilian Schulz,
Max-Planck-Institut
für Physik komplexer
Systeme, Dresden

**Julia Zimmer und
Carsten Ohlmann**

**Prof. Dr. Sarah Köster
und Dr. Florian
Rehfeldt**, Universität
Göttingen

Die akademische Organisation der Schule übernahmen Roderich Moessner, Jens H. Bardarson und Joel Moore. Ziel dieser Schule war es, in einem anspruchsvollen Programm die neusten Entwicklungen in theoretischer und experimenteller Physik der kondensierten Materie abzudecken.

Das ambitionierte Programm startete montags mit einem Vortrag über topologisch geordnete Materie von Steven Simon. Der Vortrag begann mit Knotentheorie und handelte unter anderem vom fraktionalen Quanten-Hall-Effekt. Wessen Gedanken daraufhin noch nicht genug „verknötet“ waren, durfte sich an einer Vorlesung von Felix von Oppen über Majorana-Fermionen erfreuen. Den Abschluss des Tages gab Charlie Marcus mit einem Vortrag über die experimentelle Realisierung dieser Majorana-Fermionen. Am Abend stand eine Postersession an, die viele mit großem Interesse besuchten.

Der Dienstag bot ein sehr breites Themenspektrum. Den Anfang machte Fabian Essler mit einer Vorlesung über Quantensysteme aus dem Gleichgewicht. Joel Moore sprach über die elektromagnetische Antwort von Isolatoren und Halbleitern durch Geometrie und Topologie. Am Nachmittag gab Matthias Troyer einen interessanten Einblick in die Welt von Quantencomputern. Zum Abschluss des Tages führte Jens Bardarson in die Vielteilchenlokalisierung ein.

Am Mittwochmorgen hielt Jens Bardarson den zweiten Teil seiner Vorlesung, und Audrey Cottet sprach über mesoskopische Elektrodynamik. Nachmittags stand eine Wanderung zum Drachenfels auf dem Programm.

Der Donnerstag begann mit einer Einführung in die Welt der Quantensimulation durch ultrakalte Gase. Am Nachmittag hielt Roderich Moessner eine interessante Vorlesung zu Floquet-Quantenvielteilchenphysik. Den Abschluss des Tages machte Christian Pfeilderer mit einem experimentellen Einblick in die Welt der Skyrmionen.

Am letzten Morgen gab es Vorlesungen von Andy Mackenzie zu Hydrodynamik von Elektronen und von Achim Rosch mit einem theoretischen Blick auf Skyrmionen. Insgesamt war es eine sehr gute und ausgewogene Sommerschule, von der man sich mehr ihrer Art wünscht.

Maximilian Schulz

Energiespeicher

DPG-Fortbildung

Energiewende ja – aber was ist, wenn die Sonne nicht scheint, wenn der Wind nicht weht, wenn es Nacht wird? So lauteten die einführenden Worte von Wieland Müller zur Eröffnung der Lehrerfortbildung in Bad Honnef. Die meisten Deutschen stehen laut einer FORSA-Umfrage aus dem

Jahre 2015 der Energiewende aufgeschlossen gegenüber. Grund dafür sind die Katastrophen von Fukushima und Tschernobyl, der Klimawandel sowie die Grenzen der Verfügbarkeit fossiler Energien.

Doch tritt in der Bevölkerung eine gewisse Skepsis gegenüber der Energiewende auf. Nur 33 Prozent der Befragten sind davon überzeugt, dass die Energiewende gelingt. 61 Prozent befürchten Engpässe. Lehrerinnen und Lehrer aus der Schweiz, Österreich und Deutschland kamen nach Bad Honnef, um sich fachlich und didaktisch-methodisch auf die Überwindung von Befürchtungen zur Energiewende weiterzubilden.

Im Rahmen dieser Bildungswoche gab es Vorträge zur Energiespeicherung (z. B. mechanische Großspeicher, Latentwärmespeicher, Wasserkraftspeicher) sowie Batteriesysteme der nächsten Generation. Des Weiteren wurde die Komplexität bei der Einspeisung erneuerbarer Energien in das Verbundnetzsystem thematisiert.

Sehr aufschlussreich waren die didaktisch-methodischen Vorträge und deren Diskussionen zur unterrichtlichen Behandlung der Energiespeicherung. Beispielsweise stellte der Vortrag zum Gravitations-speicherwerk ein komplettes Unterrichtskonzept zum Lernbaustein Energie vor. Schwerpunkt des Vortrags war ein selbstgebautes Modell eines Gravitations-speicherwerkwerkes. Am Ende des Vortrages wurden die Grenzen und Erweiterungen des Modells diskutiert, der Einbau einer Pelton-Turbine, die Abdichtung der Rohre sowie der Einsatz einer leistungsstärkeren Pumpe. Die didaktische Reduktion bezüglich der Berechnung der potentiellen und elektrischen Energie wurde ebenfalls diskutiert.

Die Lehrerfortbildung hat allen Teilnehmern das notwendige Rüstzeug geliefert, um die Skepsis bei Schülerinnen und Schülern abzubauen und sie zu befähigen, kompetent und frei von Panikmache an der Energiedebatte teilzunehmen.

Julia Zimmer und Carsten Ohlmann

Cellular Dynamics

623. WE-Heraeus-Seminar

Neben biologischen und biochemischen Vorgängen spielt auch die Physik eine große Rolle für die Funktion biologischer Zellen. Das 623. WE-Heraeus-Seminar, das vom 4. bis 7. September im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, griff den Aspekt dynamischer Vorgänge in Zellen heraus. In fünf Sitzungen wurden die „mechanischen Bausteine“, Biopolymere im Zytoskelett sowie intrazelluläre Transportprozesse und die Bewegung ganzer Zellen und Zellgruppen beleuchtet, aber auch modernste Methoden zur Abbildung und Quantifizierung dieser Prozesse vor-

gestellt. Neben 19 hochkarätigen eingeladenen Sprechern trugen auch acht Nachwuchswissenschaftler vor. Ausführliche Pausen zwischen den Vorträgen sowie die Abendstunden wurden zum intensiven wissenschaftlichen Austausch an den Postern genutzt.

Zu Beginn des Seminars stellten Alexander Egner, Tim Salditt und Jörg Enderlein mit ihren didaktischen Übersichts-vorträgen die neusten Entwicklungen zur Nanometer-Mikroskopie mit sichtbarem Fluoreszenzlicht sowie mit Röntgenphotonen vor. Im Folgenden zeigten Fred MacKintosh und Gijssje Koenderink eindrücklich, wie sehr sich auch und gerade im Forschungsgebiet der zellulären Biophysik Experiment und Theorie ergänzen. Beide stellten physikalische Prinzipien aus Sicht eines Theoretikers und einer Experimentatorin vor, welche helfen, die außergewöhnlichen Eigenschaften von Biopolymeren zu verstehen. Warum z. B. reagieren biologische Materialien völlig unterschiedlich auf schwache oder starke Belastung und auf langsam oder schnell von außen einwirkende Kräfte? Cécile Sykes präsentierte Experimente an „Minimalsystemen“, die nur aus Liposomen und einzelnen Komponenten des Zytoskeletts bestehen, aber dennoch wesentliche Prinzipien innerhalb der Zelle imitieren. Der Vortrag von Timo Betz erinnerte alle Teilnehmer daran, dass wir bei der Untersuchung zellulärer und sub-zellulärer Vorgänge immer auch thermische Fluktuationen beobachten, die sich für ein präzises Verständnis des Systems ausnutzen lassen, jedoch zunächst von aktiven Vorgängen getrennt werden müssen. Joachim Rädler stellte Experimente zur kollektiven Migration ganzer Zell-Ensembles vor und zeigte, wie es moderne experimentelle Methoden erlauben, beispielsweise gezielt und systematisch den Einfluss einschränkender Geometrien zu untersuchen.

Im Namen aller Teilnehmer bedanken wir uns bei der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle und hervorragende organisatorische Unterstützung.

Sarah Köster und Florian Rehfeldt