

Exploring the limits of the quantum superposition principle

WE-Heraeus-Physikschule

Eine Physikschule, die sich mit den Grenzen des Quantensuperpositionsprinzips befasst, mag für manchen Leser wie Häresie klingen. Stellt die Quantentheorie nicht die am besten bestätigte Naturbeschreibung dar, die uns zur Verfügung steht? Haben ihre Vorhersagen bisher nicht alle experimentellen Überprüfungen bravourös bestanden? Warum sollte man das grundlegendste Prinzip der Quantenphysik, die Linearität ihrer Grundgleichungen, in Frage stellen? Die wohl ehrlichste Antwort lautet: Weil es unserem an den Alltagserfahrungen gebildeten Verstand auch nach hundert Jahren Quantenforschung sehr schwer fällt, die verblüffendste Konsequenz dieser Linearität zu begreifen, die gleichzeitige Koexistenz scheinbar völlig unvereinbarer physikalischer Zustände.

Jedes physikalische System, ob groß oder klein, sollte dem Superpositionsprinzip unterworfen sein. Dies reicht von im Doppelspalt delokalisierte Materie über makroskopische Quantengase bis zu massiven Pendeln, die hinreichend gekühlt in ihrer Bewegung unscharf werden. Gleichzeitig bilden Superpositionszustände die Grundlage zahlreicher technologischer Anwendungen. Sie werden in Quantensensoren benötigt, etwa in hochsensiblen Atominterferometern und Elektronenmikroskopen. In modernen metrologischen Verfahren werden Neutronen über große Distanzen delokalisiert, ja selbst Moleküle, die aus Hunderten von Atomen bestehen. Auch basiert die Zukunft der Quanteninformationstechnologie auf der Überlagerung von Mehrteilchenzuständen, die zur quantenmechanischen Verschränkung führt.

Es gibt also zwei klare Motive, sich mit dem Superpositionsprinzip zu beschäftigen: Wir wollen zum einen verstehen, warum die verrückten Effekte der Quantenphysik in unserer Alltagswelt nicht sichtbar werden, ob es etwa eine objektive Grenze ihrer Gültigkeit gibt. Zum anderen wollen wir experimentelle Techniken so weit treiben, dass sich Quantenphänomene für zunehmend komplexe Systeme nutzen lassen, um auch technologisches Neuland zu beschreiten.

Die WE-Heraeus-Physikschule, die vom 12. bis 17. Mai 2013 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, bot einer Gruppe von über 30 jungen und sehr motivierten Physikerinnen und Physikern Gelegenheit, von 15 europäischen Experten in jeweils zweistündigen Vorlesungen zu lernen. Besonders interessant war es zu erleben, wie sie darüber stritten, welche theoretischen und experimentellen Grenzen es für die Superposition massiver Körper geben könnte. Die Breite der Themen reichte von der Kohärenz energie-

tischer Elektronen auf der Attosekunden-skala bis zu Tests des Standardmodells, des Äquivalenzprinzips und von Gravitationsanomalien mit kalten Neutronen und Atomen. Die Quantendynamik und Dekohärenz von Molekülverbänden bis hin zu Lichtsammelkomplexen und mikroskopischen Oszillatoren wurde ebenso diskutiert wie die Grundlagen und Grenzen der Quantentheorie sowie neue Vorschläge, diese experimentell auszuloten.

Die jungen Forscherinnen und Forscher trugen mit eigenen Vorträgen und Posterpräsentationen bei. Auch wenn es tagsüber gelegentlich Scheu gab, alles zu hinterfragen, wurde abends umso intensiver diskutiert. Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ermöglichte zudem die Vergabe von zwei Posterpreisen. Sie wurden an einen Experimentalphysiker (Henning Albers, U Hannover) und einen Theoretiker (Luke Govia, U Saarbrücken) vergeben. Im Namen aller Teilnehmer bedanken wir uns ganz herzlich bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung und bei allen Mitarbeitern des Physikzentrums Bad Honnef für die perfekte Organisation.

Markus Arndt und Klaus Hornberger

Development of High-Resolution Pixel Detectors and their Use in Science and Society

532. WE-Heraeus-Seminar

Hochauflösende Pixeldetektoren durchlaufen seit vielen Jahren eine stürmische Entwicklung. Ursprünglich als Sensoren für das sichtbare Licht konzipiert, hat sich ihr Anwendungsgebiet massiv erweitert und umfasst inzwischen auch den Nachweis von geladenen Teilchen in der Teilchenphysik, UV-Licht und Röntgenstrahlung.

Vom 23. bis 25. Mai dieses Jahres trafen sich über 50 Wissenschaftler aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, Südkorea und den Vereinigten Staaten, um die Fortschritte auf dem Gebiet der Pixeldetektoren zu diskutieren und den Bedarf für zukünftige Entwicklungen zu evaluieren. In 18 Übersichtsvorträgen wurden innovative Pixeldetektoren vorgestellt und mögliche Einsatzgebiete diskutiert. Die Aktualität dieses Themas unterstrichen fünf Vorträge mit Fokus auf kommerziellen Anwendungen: Carsten Degenhardt und Thomas Frach von Philips informierten über neueste Entwicklungen im Bereich der digitalen Silizium-Photomultiplier, Seok-Hee Hwang von Samsung stellte aktuelle Trends für bildgebende CMOS-Detektoren vor, und Piet de Moor zeigte die Entwicklungskapazitäten von imec auf. Renato Turchetta, STFC, berichtete über Erfahrungen der Wissenschaftler mit dem Technologietransfer in die Industrie

und zurück. Ein hervorstechendes Thema vieler Präsentationen war die 3D-Integration von Sensor und Ausleseelektronik. Die Vielfalt der Detektortypen und Anwendungen spiegelte sich in den Vorträgen wider; sowohl Beiträge zu den Physikexperimenten an FAIR und RHIC, an Photonenquellen als auch medizinische Entwicklungen wie ein Mammographie-CT oder die Reichweitenmessung am Ionenstrahl wurden vorgestellt.

In einer Poster-Session präsentierten Doktoranden aktuelle Arbeiten ansprechend und spannend. Die Posterpreise gingen an Robert Schnell, Uni Gießen, für „Contributions to the development of the PANDA MVD strip detector“ sowie an Piotr Skwierawski, KIT, für „Optical data communication in particle detectors“.

Die Ziele des Workshops, zu denen die Identifikation neuer Trends und Fragestellungen, der Kontakt junger Wissenschaftler mit den führenden Experten sowie die Initiierung neuer wissenschaftlicher Kollaborationen zählten, wurden vollständig erreicht. Wir bedanken uns herzlich auch im Namen aller Teilnehmer bei der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, bei Frau Jutta Lang und den Mitarbeitern des Physikzentrums Bad Honnef für die Förderung des Seminars und die Schaffung einer wissenschaftlich und kommunikativ äußerst fruchtbaren Atmosphäre.

Fine Fiedler, Hans-Günther Moser, James Ritman und Marc Weber

Advanced Functional Polymers for Medicine

533. WE-Heraeus Seminar

Polymere werden in der Biomedizin vielfältig eingesetzt, wobei das Anwendungsspektrum von typischen in-vitro-Versuchen über extrakorporale Applikationen bis zum Einsatz als Implantat im lebenden Organismus reicht. Jede Anwendung von Polymeren erfordert dabei gezielt eingestellte Eigenschaften und Funktionen. Insbesondere müssen mechanische Eigenschaften, thermische Übergänge und Grenzflächeneigenschaften maßgeschneidert werden. Funktionen von Polymeren ergeben sich aus der gezielten Kombination molekularer Strukturen mit Prozessen und müssen in einem System unter bestimmten äußeren Bedingungen betrachtet werden. Beispiele für Funktionen, die auf Kombinationen von molekularen Strukturen mit physikalischen Prozessen beruhen, sind der Formgedächtniseffekt, der auf Entropieelastizität und Phasenübergängen beruht, oder der Wirkstofftransport, der sich aus Diffusionsprozessen und Wechselwirkungen an Biogrenzflächen ergibt. Um Struktur-Funktions- und Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von (multi)

Prof. Dr. Markus Arndt, Universität Wien, Fakultät für Physik, VCQ, QuNaBioS; Prof. Dr. Klaus Hornberger, Universität Duisburg-Essen

Dr. Fine Fiedler, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf; Dr. Hans-Günther Moser, Halbleiterlabor der Max-Planck-Gesellschaft, München; Prof. Dr. James Ritman, Forschungszentrum Jülich; Prof. Dr. Marc Weber, Karlsruher Institut für Technologie

funktionalen Polymeren zu ermitteln und zu verstehen sind daher physikalische Grundlagenuntersuchungen von entscheidender Bedeutung. Dies war ein Ergebnis des 459. WE-Heraeus-Seminars „Degradable Polymers as Biomaterials“, das 2010 stattfand.

Um die Bedeutung der physikalischen und physikochemischen Grundlagen und Charakterisierungstechniken für Anwendungen in der Medizin herauszuarbeiten, kamen nun herausragende Wissenschaftler/innen auf dem Gebiet der funktionalen Polymere beim 533. WE-Heraeus-Seminar zusammen. Dementsprechend war das vom 27. bis 29. Mai 2013 im Physikzentrum Bad Honnef durchgeführte Seminar sehr interdisziplinär angelegt. Der 50-köpfige Teilnehmerkreis setzte sich aus Chemikern, Materialwissenschaftlern, Biologen, Pharmazeuten und Physikern zusammen.

Thematische Schwerpunkte des Seminars waren Synthese und Charakterisierung funktionaler Polymere, Polymerphysik funktionaler Polymere sowie ihre biomedizinischen Anwendungen. Das Seminar war geprägt von der intensiven und offenen Diskussion zu den Vorträgen und den ca. 30 Posterbeiträgen. Dabei zeichneten sich vielfältige Kontakte und mögliche Kooperationen ab. Die wissenschaftlichen Beiträge der Veranstaltung werden in Sonderbänden der Zeitschriften „Macromolecular Bioscience“ sowie in „Macromolecular Symposia“ veröffentlicht.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung einschließlich der drei Posterpreise und für die exzellente Organisation des Seminars. Dem Team des Physikzentrums Bad Honnef gebührt unser besonderer Dank für den sehr angenehmen Aufenthalt.

Axel T. Neffe und Andreas Lendlein

Klimawandel

DPG-Fortbildungskurs für Physiklehrer

Die diesjährige DPG-Sommerschule zog Lehrerinnen und Lehrer aus Österreich, der Schweiz und Deutschland nach Bad Honnef. Vom 24. bis 28. Juni informierten international anerkannte Klimaforscher über den aktuellen wissenschaftlichen Stand der Klimaforschung. Die übereinstimmenden Einschätzungen der Experten über das Ausmaß der Klimaänderung und ihren möglichen Folgen führten den Teilnehmern den dringenden gesellschafts- und bildungspolitischen Handlungsbedarf vor Augen.

Der Vortrag von M. Latif (GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung und Universität Kiel und Mitautor der Berichte des Weltklimarates IPCC 2001 und 2007) machte klar: Der globale Temperaturanstieg ist im Wesentlichen menschengemacht; die in die Atmosphäre eingebrachten Klimagase werden auf Grund ihrer langen Verweilzeit unabänderliche Auswirkungen auf viele Generationen haben, selbst bei einem sofortigen Stopp der Emissionen.

Ch.-D. Schönwiese (U Frankfurt) wies nach, dass die in ihrer Stärke und Häufigkeit zunehmenden Extremereignisse hinsichtlich Temperatur und Niederschlag nach der jetzigen Datenlage im Wesentlichen auf die anthropogen verursachte Klimaänderung zurückzuführen sind.

Auch F. W. Gerstengarbe (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung) bestätigte mit seinen statistischen Modellen diese globale Tendenz für Deutschland. Außerdem entkräftete er in einem weiteren Vortrag die geläufigen „Argumente“ der Klimaskeptiker.

W. Jacoby (U Mainz) und O. Schwarz (U Siegen) thematisierten in ihren Vorträgen den Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Klimaänderung und zeigten die Grenzen des Wachstums auf. Besonders schockiert waren die Teilnehmer davon, dass nicht einmal die erneuerbaren Energien ausreichen werden, um einen weiterhin exponentiell wach-

senden Energiehunger der Menschen zu stillen.

In einer spontanen Reaktion auf die dramatische Faktenlage haben die Teilnehmer als erste Maßnahme beschlossen, sich zu vernetzen, um erprobte Unterrichtskonzepte länderübergreifend auszutauschen. Solche wurden von engagierten Lehrkräften bereits seit vielen Jahren umgesetzt, ohne durch die Lehrpläne ausreichend legitimiert zu sein. Trotz seiner Dringlichkeit und Relevanz ist das Thema Klimawandel in kaum einem der aktuellen Physiklehrpläne verbindlich geregelt.

Die Teilnehmer der Sommerschule appellieren an die Verantwortlichen in den Kultusministerien der Bundesländer, diese Problematik in den Lehrplänen verpflichtend aufzunehmen und die Auseinandersetzung mit dieser Thematik in der Lehrerbildung und in Lehrerfortbildungen flächendeckend zu etablieren.

Darüber hinaus sind die Teilnehmer der Überzeugung, dass die Erkenntnisse der Wissenschaft noch mehr öffentliche Beachtung finden müssen. Insbesondere fordern sie die Journalisten der Medien auf, wissenschaftliche Erkenntnisse ernst zu nehmen und ihren Beitrag zur Aufklärung der Gesellschaft zu leisten.

Von den Politikern erwarten die Lehrerinnen und Lehrer der Sommerschule, die Ratschläge der international anerkannten Klimaexperten in ihre Entscheidungen einzubeziehen und ihr Handeln auf die für die Menschheit existentiellen Probleme zu fokussieren.

Diese von den Teilnehmern verfasste Resolution zur schulischen Behandlung des Klimawandels ist an alle 16 deutsche Kultusministerien, die Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ), die Süddeutsche Zeitung, die Berliner Morgenpost, die Neue Zürcher Zeitung, die MNU-Zeitschrift sowie an die Kultusministerkonferenz übergeben worden.

Die Teilnehmer der Sommerschule bedanken sich für die vorbildliche Betreuung im Physikzentrum Bad Honnef insbesondere durch Victor Gomer.

Wieland Müller

Dr. Axel T. Neffe und Prof. Dr. Andreas Lendlein, Institut für Biomaterialforschung und Berlin-Brandenburg Centre for Regenerative Therapies (BCRT), Helmholtz-Zentrum

Prof. Dr. Wieland Müller, Universität Koblenz-Landau