

Physik mit Raspberry Pi und Arduino

DPG-Lehrerfortbildung

Was grenzt die Physik und damit auch das Unterrichtsfach von vielen anderen Disziplinen ab? Das Experiment oder konkreter die (quantitative) Erhebung einer physikalischen Größe. Kernfragen der Physik liegen damit am Übergang von Theorie und Praxis: Was möchte ich messen, und wie kann ich dies tun? Die Messbarkeit ist abgesehen von der theoretischen Machbarkeit meist durch die Umstände des Labors bzw. der Physiksammlung beschränkt. Somit verschiebt sich die Frage eher auf die Verfügbarkeit, die Passung oder die Finanzierbarkeit der (käuflichen) Messgeräte.

Davon ausgehend war der Besuch der DPG-Lehrerfortbildung genau der richtige Ansatz. Der Einplatinen-Computer Raspberry Pi und der Mikrocontroller Arduino bieten ein nahezu unerschöpfliches Anwendungsgebiet, das auf der Fortbildung aufgezeigt wurde. Dies hieß für die über 90 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Schulen und Hochschulen, sich mit Arduinos und Raspberry Pis aktiv auseinanderzusetzen. Breit angelegte und auf autonome Arbeit ausgerichtete Workshops, geleitet durch Angela Fösel (U Erlangen-Nürnberg) und Alexander Pusch (U Münster), ermöglichten schnelle und begeisternde Erfahrungen im Umgang mit der zur Verfügung gestellten Hardware und deren Programmierung.

Die in den Workshops aufgebauten Grundkenntnisse wurden in den folgenden Tagen durch aufschlussreiche Vorträge vertieft. Diese legten neben dem Ziel – der Messung einer physikalischen Größe – großen Wert auf die Darstellung des Entwicklungsprozesses, auf Überlegungen zu Kosten und Material, auf die Kommunikation zwischen selbst entwickelten Messgeräten, auf die Speicherung und Darstellung der Daten sowie auf konkrete programmiertechnische Umsetzungen. So reichte das Spektrum von einfachen physikalischen Grundgrößen wie Temperatur, Strecken (bzw. Abstände) und Beschleunigungen über anwendungsorientierte Systeme in Form von Wettermessung und Fledermausdetektion bis hin zu komplexeren und forschungsorientierten Messaufbauten wie Streuung, Lichtdurchlässigkeit und (kosmischer) Strahlung.

Die Veranstaltung war geprägt durch eine Atmosphäre der Faszination und Begeisterung, selbst tätig werden zu wollen und dies nun auch zu können. Unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern herrschte breiter Konsens darüber, dass diese Fortbildung ein tragender Grundstein und gleichzeitig ein Startschuss zur Vertiefung und Weiterentwicklung bildet, um das Erlebte in den MINT-Unterricht tragen und die Schülerinnen und Schüler mit der Begeisterung anstecken zu können.

Simon Schulte, Celle

Advances in Open Systems and Fundamental Tests of Quantum Mechanics

684. WE-Heraeus-Seminar

Die Wechselwirkung quantenmechanischer Systeme mit ihrer Umgebung, bestehend aus einer unendlichen Zahl unkontrollierbarer Freiheitsgrade, ist eine typische, in vielen Anwendungen auftretende Situation. Quantensysteme sind daher meist als nicht-abgeschlossene, offene Systeme zu betrachten, deren Kopplung an die Umgebung nicht vernachlässigbar ist und zu einem unwiederbringlichen Verlust quantenmechanischer Kohärenzen führt. In den letzten Jahren sind erhebliche Fortschritte in der theoretischen Charakterisierung, der numerischen Simulation sowie in experimentellen Anwendungen offener Quantensysteme gelungen, beispielsweise auf den Gebieten nicht-Markovscher Prozesse (Gedächtnis-Effekte), der Quantenkontrolle, des Probing und der Synchronisation komplexer Systeme. Zudem spielt die Behandlung offener Systeme eine wichtige Rolle in Grundlagenfragen, z. B. nach der Messung und Extraktion von Information oder bei der Suche nach alternativen Theorien.

Das zentrale Ziel des Seminars bestand darin, einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu offenen Quantensystemen zu vermitteln und den Zusammenhang zu experimentellen Tests der Grundlagen der Quantenmechanik herzustellen. Das Seminar mit 80 Teilnehmern aus 24 Ländern fand vom 2. bis 5. Dezember in Bad Honnef statt. 21 Vorträge und 49 Poster führten zu einem intensiven Informationsaustausch. Die große Spannweite der Themen erstreckte sich von Grundlagenproblemen der Quantengravitation über optomechanische Systeme bis zu Quantenkohärenz in molekularen Aggregaten und Lichtsammelkomplexen. Einen Schwerpunkt bildeten Strategien zur Untersuchung fundamentaler Fragen, z. B. der kausalen Struktur der Quantenmechanik, der Rolle quantenmechanischer Kohärenz, der Interferometrie mit Biomolekülen, der Detektion von Korrelationen, der Beobachtung von Thermalisierung und nicht-Markovscher Effekte sowie der Überprüfung alternativer Kollaps-Modelle.

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

Deadline für Anträge zur nächsten Sitzung der Stiftungsgremien:

22. März 2019
(zur Sitzung Mitte April 2019)

Bitte nehmen Sie vor der Deadline Kontakt mit der Stiftung auf.

Der große Erfolg des Seminars, sichtbar in vielen engagierten und kontroversen Diskussionen, ist nicht zuletzt der anregenden Atmosphäre des Physikzentrums zu verdanken. Die Organisatoren und Teilnehmer danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung herzlich für die finanzielle Förderung sowie den Mitarbeitern des Physikzentrums für die effiziente Organisation und Hilfe bei der Durchführung des Seminars.

Prof. Bassano Vacchini,
Università degli Studi di Milano
Prof. Dr. Heinz-Peter Breuer, U Freiburg
Prof. Angelo Bassi,
Università degli Studi di Trieste

Research Frontiers in Ultracold Quantum Gases

685. WE-Heraeus-Seminar

Vom 17. bis 21. Dezember 2018 stand das Physikzentrum Bad Honnef ganz im Zeichen des sich dynamisch entwickelnden Gebiets ultrakalter Quantengase. Die 100 Teilnehmer aus 22 Ländern tauschten in einem spannenden Mix aus Plenumsvorträgen von internationalen Experten und Nachwuchswissenschaftlern sowie aus engagiert präsentierten Posterbeiträgen ihre Erfahrungen aus. Die Beiträge zeigten eindrucksvoll, wie sich Erkenntnisse der Grundlagenforschung zu quantenentarteten Gasen aus Atomen und Molekülen in die Materialwissenschaften übertragen lassen. So ermöglicht die genaue Kontrolle von Quantenmaterie aus bekannten Bausteinen eine hochpräzise Vielteilchenphysik, bei der Theorie und Experiment in vielen Fällen im Prozentbereich übereinstimmen. Auch neue Formen der Materie lassen sich realisieren, wie Wolfgang Ketterle vom MIT in einem faszinierenden Abendvortrag am Beispiel der Supersolidität erläuterte. Durch Manipulation eines Bose-Einstein-Kondensats mit Lasern gelang es, einen quantenmechanischen Zustand der Materie herzustellen, der gleichzeitig Eigenschaften von festen und superfluiden Körpern zeigt.

Ferner wurde deutlich, dass die Kontrollierbarkeit ultrakalter Quantengase nicht nur zur Entdeckung neuer Phänomene, sondern auch zu idealen Quantensimulatoren im Sinne von Richard Feynman führt. So können Photonen in einer mit Farbstoff gefüllten Mikrokavität ein Bose-Einstein-Kondensat ausbilden. Außerdem kann es in atomaren Bose-Einstein-Kondensaten durch Kompensation von repulsiven und attraktiven Zwei-Teilchen-Wechselwirkungen zu einer Instabilität kommen, aus der Quantentröpfchen hervorgehen, die durch Quantenfluktuationen stabilisiert werden. In atomaren, magnetisch dipolar wechselwirkenden Quantengasen gelang es, metastabile Anregungen in Form von Rotonen nachzuweisen, wie sie von Helium bekannt sind. In der ultrakalten Chemie wurden bahnbrechende Fortschritte er-

zielt, welche die Erzeugung quantenentarteter heteronuklearer Moleküle mit starker elektrisch dipolarer Wechselwirkung bald möglich machen werden. Viele Vorträge befassten sich mit der kollektiven Dynamik ultrakalter Quantengase wie Solitonen, Vortizes, Quantenturbulenz, Vielteilchen-Lokalisierung oder eine durch Dissipation induzierte nichtstationäre komplexe Dynamik. Ein weiterer Schwerpunkt bestand darin, mit Hilfe synthetischer Quantensysteme die verschiedensten Phänomene der Festkörperphysik zu untersuchen. Auf diese Weise wurden Aspekte der Polaronenphysik, des Magnetismus, der Supraleitung sowie von Spinflüssigkeiten erforscht. Schließlich eröffnen sich Möglichkeiten für eine experimentelle Quantenkosmologie, da sich Schwarze Löcher, die Hawking-Strahlung oder die Expansion des Universums mit Hilfe ultrakalter Quantengase im Labor simulieren lassen.

Das Physikzentrum ermöglichte durch seine angenehme Atmosphäre intensive Diskussionen. Im Namen aller Teilnehmer danken wir der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige Förderung sowie für die professionelle organisatorische Unterstützung.

Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, TU Kaiserslautern
Prof. Carlos Sà de Melo, Georgia Institute of Technology, Atlanta/USA

Spin Based Information Processing

686. WE-Heraeus-Seminar

Moderne Informationstechnologie basiert auf größtenteils effizienten Prozessoren und der Silizium-Halbleitertechnologie. Seit den 1970er-Jahren treibt das sog. Mooresche Gesetz die Entwicklungen voran und garantiert ein nahezu exponentielles Wachstum der Rechenleistung. Heutzutage betragen die Abmessungen der Transistoren nur noch wenige Nanometer, und das elektronische Tunneln sowie Quantisierungseffekte bilden immer größere Hürden für eine weitere Skalierung. Daher werden neue Konzepte gesucht, die zu einem geringeren Energieverbrauch oder zu einer neuen Funktionalität der Schaltkreise führen.

Vom 7. bis 9. Januar 2019 diskutierten im Physikzentrum Bad Honnef 60 Teilnehmer die aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen auf dem Gebiet der spinbasierten Datenverarbeitung. So wurden Datenverarbeitungsvorgänge zur Mustererkennung mittels neuromorphischen Systemen, welche den Vorgängen im menschlichen Gehirn entlehnt sind, diskutiert. Ein weiterer Themenblock beschäftigte sich mit Logik-Schaltkreisen, die auf magnetischen Anregungen oder Magnonen basieren. Hier wurden verschiedene Ansätze für magno-

nische Transistoren sowie erste integrierte Schaltungskonzepte präsentiert. Höchste Schalt- und Auslesegeschwindigkeiten von Informationen sind in diesem Themenfeld ebenfalls extrem wichtig. Konzepte zur „ultraschnellen Magnetisierungskontrolle“ mittels Licht bildeten deshalb eine weitere Säule des Programms. In verschiedenen Vorträgen wurde zudem der aktuelle Forschungsstand zu Quanteninformationsverarbeitung mit magnetischen Molekülen, Quantenpunkten und sog. Majorana-Fermionen diskutiert. Ein Abendvortrag gab einen Einblick in die Anwendungsfelder und Herausforderungen moderner Informationstechnologie im Bereich selbstfahrender Autos und dem Internet der Dinge. In mehreren Postersitzungen hatten die Teilnehmer Gelegenheit, ihre Forschung zu präsentieren und mit Kollegen zu diskutieren.

Wir danken allen Teilnehmern für ihre interessanten Beiträge und die lebhaften Diskussionen, die bis tief in die Nacht hinein reichten. Ein weiterer großer Dank geht an die Wilhelm und Else-Heraeus-Stiftung für die finanzielle und organisatorische Unterstützung.

Dr. Ulrike Ritzmann, Uppsala University
Priv.-Doz. Hans Hübl,

Walther-Meissner-Institut, Bayerische Akademie der Wissenschaften

Dr. Evangelos Papaioannou, TU Kaiserslautern

intensified sCMOS

the new intensified **pco.dicam C1**
with 16 bit dynamic range

pco.

exposure time **4 ns**
with 25 mm intensifier

104 fps
@ full resolution

intensified
sCMOS technology
2048 x 2048 pixel

enhanced
**extinction
ratio gating**



with
LinkHS
interface

pco-tech.com