

## 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-