

## Photonic Links for Quantum Technology Platforms

749. WE-Heraeus-Seminar

Noch ist nicht entschieden, welche Quantentechnologien sich durchsetzen werden. Photonen lassen sich mit geringsten Verlusten transportieren, Spin-Qubits oder Atome eignen sich besser, um Quanteninformation zu speichern, und supraleitende Qubits für schnelle logische Gatter. Dieses Seminar brachte vom 31. Mai bis 3. Juni rund 80 international führende Physiker aus Universitäten und Industrie zusammen, die an den Schnittstellen arbeiten, um unterschiedliche Quantensysteme miteinander zu verbinden. Das Ziel ist eine hybride Quantentechnologie, die von den einzigartigen Vorteilen jedes Einzelsystems profitieren kann.

Statt im Physikzentrum fand das Seminar virtuell statt. An vier Tagen bot die Meet-Anyway-Plattform einen idealen Rahmen für 16 eingeladene Vorträge sowie 35 Poster. Die Teilnehmer kamen aus Neuseeland, Australien, China, Nord- und Südamerika, UK, Europa und Asien.

Ein Hauptthema war die rauschfreie Frequenzumwandlung zwischen Mikrowellen und optischen Signalen. Die große Bandbreite an dafür untersuchten Systemen ist beeindruckend. Angefangen vom optomechanischen Strahlungsdruck, Elektro-Optik, Magnonen und Seltene-Erden-Spins, werden auch Rydberg-Atome verwendet, um Mikrowellen-Photonen kohärent in optische Photonen umzuwandeln. Aufgrund der notwendigen Rauschfreiheit werden die Systeme zum Teil bei Millikelvin-Temperaturen betrieben.

Weitere Schwerpunkte waren die nicht-lineare Optik und die integrierte Photonik, mit denen Schnittstellenelemente für Quantenrechner bei Raumtemperatur entwickelt werden. Diese basieren auf Halbleiter-Quantenpunkten, gefangenen Ionen, neutralen Atomwolken oder Fehlstellen in Diamant. Da diese Systeme meist nicht bei Telekom-Wellenlängen arbeiten, ist die effiziente Frequenzumwandlung der optische Signale eine zentrale Herausforderung, um Quantennetze mit großer Reichweite zu entwickeln.

Weitere Ansätze waren Quantennetze, die gänzlich auf kalte Temperaturen setzen und mehrere supraleitende Qubits mittels supraleitenden Wellenleitern zu einem Quantennetzwerk verbinden. Damit gelang es, erste deterministische Verschränkungs- und Kommunikationsprotokolle zwischen 1 und 10 Metern zu zeigen.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die organisatorische Unterstützung und die Bereitstellung des virtuellen Tagungsraums.

**Dr. Nicholas Lambert,**  
und **Prof. Dr. Harald Schwefel,**  
U Otago, Neuseeland  
**Prof. Dr. Johannes Fink,** IST Austria

## Exciting Nanostructures: Characterizing advanced confined systems

Bad Honnef Physics School

Für die meisten Teilnehmenden war es die erste Präsenzveranstaltung seit 16 Monaten, und entsprechend gelöst war die Stimmung. Organisiert wurde die Physics School von Christian Klinkke (Rostock) und Nikolai Gaponik (Dresden). In 15 Vorlesungen thematisierten international etablierte Sprecher die Grundlagen der Synthese, Analyse und Simulation größenquantisierter Systeme ebenso wie aktuelle Entwicklungen und Fragestellungen. So wurde etwa zunächst der absolute Begriff einer Monodispersität einer kolloidalen Lösung von praktisch unerreichbaren Ideal erklärt, um dann durch aktuelle Entwicklungen wieder greifbar zu werden. Denn während es derzeit praktisch unmöglich ist, Proben mit sphärischen Partikeln identischer Größe zu synthetisieren, besitzen quasi-2D-Systeme eine homogene Dicke, sodass aufgrund der starken Quantisierung in  $z$ -Richtung alle Plättchen identisches Verhalten zeigen. Aber es wurden nicht nur kolloidale Systeme, sondern praktisch alle Spielarten größenquantisierter Systeme diskutiert, von exfolierten Monolagen über Überstrukturen bis hin zu vollständigen Bauteilen wie Quantendot-basierten Solarzellen. Im Fokus stand dabei immer die Charakterisierung solcher Systeme, sodass den Teilnehmenden die grundlegenden spektroskopischen Methoden ebenso vermittelt wurden wie die THz-Pump-Probe-Spektroskopie oder Röntgenmethoden mit und ohne Synchrotron-Strahlung.

Erweitert wurde die Veranstaltung durch ein Event „Meet the Editor“, das einen Blick hinter die Kulissen des Publikationsprozesses gewährte. Zudem fand die Physics School zum ersten Mal in einem hybriden Format statt, sodass weitere Teilnehmende und ein Teil der Dozenten online zugeschaltet waren. Um den Hygienevorschriften vor Ort gerecht zu werden, wurde die Postersession kurzerhand in die laue Abendluft Bad Honnefs verlagert.

So bleiben am Ende der Erkenntnisgewinn aus Vorlesungen und Diskussionen sowie der Wunsch, sich auf den hoffentlich bald wieder regelmäßig stattfindenden Tagungen und Konferenzen wiederzufinden.

**Lars F. Klepzig,** U Hannover

## Ultracold Quantum Gases

Bad Honnef Physics School

Das Feld der ultrakalten Quantengase wächst auch über 25 Jahre nach der Herstellung des ersten Bose-Einstein-Kondensats rasch weiter. Wie sieht es etwa mit der Erstellung quantenentarteter Gase aus Molekülen aus? Oder mit der Simulation von Festkörpern mittels Quantengasen in optischen Gittern? Diese und andere Fragen wurden vom 8. bis 14. August in der Bad Honnef Physics School beleuchtet.

Mit seinem Vortrag zur Laserkühlung eröffnete William D. Phillips, einer der Väter dieses Feldes, die Schule. In der Folge gab es experiment- und theoriebezogene Vorträge zu verschiedenen Aspekten, beispielsweise zu den dynamischen Eigenschaften von Bose-Einstein-Kondensaten bis hin zu Quantenturbulenzen oder der Simulation des zweidimensionalen Fermi-Hubbard-Modells mittels optischer Gitter im Hinblick auf ein tiefergehendes Verständnis der Hochtemperatur-Supraleitung. Silke Ospelkaus berichtete über die Herstellung ultrakalter Quantengase aus Molekülen. Das Regime der quantenentarteten bosonischen Molekülgase liegt in greifbarer Nähe.

Die Sommerschule erfolgte mit ca. 40 Teilnehmern vor Ort und weiteren 30 online zugeschalteten Teilnehmern als Hybridveranstaltung. Mit sieben Nationen war das in Bad Honnef anwesende Publikum vielleicht nicht so international, wie es vor der Pandemie der Fall gewesen wäre, es war aber trotzdem überaus erfrischend, sich wieder in Person treffen zu können. Bedauerlich war lediglich, dass keiner der Vortragenden vor Ort anwesend sein konnte, sodass die persönlichen Diskussionen in den Kaffeepausen nur zwischen den Teilnehmenden stattfinden konnten. Vermisst hatten wir auch die sonst meist üblichen Postersitzungen, die wohl dem Konzept der Hybridveranstaltung weichen mussten. Den regen Austausch unter den anwesenden Teilnehmenden unterstützten aber die geselligen Abende sowie eine Exkursion zum Drachenfels.

Unter den aktuellen Umständen hat das Physikzentrum gezeigt, wie wissenschaftliche Fortbildungen mit internationalem Publikum wieder möglich sind. Wir danken hierfür allen Mitarbeitern und der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Unterstützung. Für die Organisation und das Anwerben der neun Vortragenden danken wir Carlos Sá de Melo (Atlanta, USA) und Axel Pelster (TU Kaiserslautern).

**Alexandra Beikert** (Heidelberg), **Phillip Groß** (Stuttgart), **Alexander Guthmann** (Kaiserslautern), **Rene Henke** (Hamburg) und **Alexander Wolf** (Ulm)