

Scalable Hardware Platforms for Quantum Computing

687. WE-Heraeus-Seminar

Quantencomputer haben im Moment Hochkonjunktur, und enorme Fortschritte sind zu verzeichnen bei Materialien, Fabrikation, Integration und Kontrolle der Qubits, beim Verständnis der Fehlerquellen und mit besseren Quantenalgorithmen. Dennoch ist noch einiges an Innovation und Technologie nötig, um einen Quantencomputer zu bauen, mit dem sich auf klassischen Rechnern unlösbare Probleme berechnen lassen.

Dieses Seminar brachte vom 13. bis 17. Januar im Physikzentrum Bad Honnef führende Wissenschaftler der universitären und industriellen Forschung zusammen, die mit unterschiedlichen Qubit-Implementationen an skalierbaren Quantensystemen forschen. Yoshihisa Yamamoto (Stanford) eröffnete das Seminar mit einem spannenden Abendvortrag über die Möglichkeiten von „Coherent Ising Machines“. Die Gruppen, die an Quantensystemen mit Ionenfallen arbeiten, zeigten eindrucksvoll die Fortschritte hin zu dem Ziel, mit 50 und mehr Ionen Quantenalgorithmen auszuführen. Unterschiedliche Ansätze zur Kopplung von mehreren Ionenfallen sollen es zudem erlauben, ein Hauptproblem in deren Skalierung zu überwinden. Zu Systemen, die auf supraleitenden Qubits basieren, wurden zukunftsweisende Schritte zur 3D-Integration von Qubit- und Kontrollchips gezeigt und Softwareplattformen zur effizienten Kalibrierung von Quantenchips mit hundert(en) von Qubits vorgestellt. Erste Realisierungen von kompletten Quantencomputersystemen lassen sich zudem über das Internet von beliebigen Anwendern programmieren (IBM-Q).

Darüber hinaus wurden erste Resultate zu Halbleiter-basierten Qubits auf Chips gezeigt, die mit herkömmlichen Silizium-Fabrikationsprozessen hergestellt wurden.

Neben diesen technologischen Fortschritten beleuchteten Fachvorträge auch die Anwenderseite. Dabei wurde klar, dass die Fehlerraten existierender Systeme schon bei relativ simplen Problemen ein limitierender Faktor sein können. Dies war auch Thema einer angeregten Podiumsdiskussion über das Zusammenspiel zwischen Quantensoftware und -hardware.

Das Seminar zeigte, dass sich dank der aktuellen Investitionen die Software sowie die Qualität und Kontrolle der Quantenchips kontinuierlich verbessern. Damit rückt die erste Demonstration eines Quantenalgorithmus wieder ein Stück näher.

Wir danken der WE-Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle und organisatorische Unterstützung dieses Seminars.

Prof. Dr. David DiVincenzo,
RWTH Aachen und FZ Jülich
Dr. Stefan Filipp und **Dr. Andreas Fuhrer**, IBM Research Zürich
Prof. Dr. Frank Wilhelm-Mauch,
Universität des Saarlandes

Physics and physiology of motile cilia

688. WE-Heraeus-Seminar

Der Fokus dieses Seminars, das vom 27. bis 30. Januar im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, lag auf der Biophysik motiler Zilien, oft auch Geißeln genannt. Diese dünnen Zellfortsätze üben wichtige biologische Funktionen aus. So dienen sie beispielsweise Zellen zur Fortbewegung, transportieren Flüssigkeiten und nehmen als zelluläre Antennen Umweltreize wahr. Das Studium dieser ubiquitären Zellorganellen stellt ein interdisziplinäres Unterfangen an der Schnittstelle von Physik, Biologie und Medizin dar und verlangt ein enges Zusammenspiel von experimentellen und theoretischen Untersuchungen. Das Ziel der Organisatoren war, die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Disziplinen zusammenzubringen, die die verschiedenen Aspekte der Zilienforschung bearbeiten. Rund 70 Teilnehmer aus aller Welt diskutierten aktuelle interdisziplinäre Forschungsfragen im Kontext der molekularen Ultrastruktur von Zilien, der selbstorganisierten Generierung und Modulation des Zilienschlags, der kollektiven Dynamik von Zilienrasen auf der Ebene von Zellen und Geweben sowie von medizinischen Aspekte gestörter Zilienmotilität.

Ein Highlight der Veranstaltung waren die beiden Keynote Lectures, die einen Überblick über die medizinischen (Heymut Omran, Münster) und biophysikalischen Aspekte (Raymond Goldstein, Cambridge, UK) der Zilienforschung lieferten. Bemerkenswert war ebenfalls, dass sich alle Vortragenden bemüht haben, komplexe theoretische Konzepte klar und verständlich aufzubereiten, um den so wichtigen Austausch zwischen Theorie und Experiment zu fördern. Das Ambiente des Physikzentrums und die gemeinsamen Mahlzeiten erlaubten zudem intensive Diskussionen, oft bis spät in die Nacht. Besonders wertvoll war der rege Austausch zwischen Experimentatoren und Theoretikern. Das Programm bot auch jungen Wissenschaftlern die Möglichkeit, sich und ihre Arbeiten im Rahmen von Posterpräsentationen und ausgewählten Kurzvorträgen vorzustellen. Wir bedanken uns bei allen Teilnehmern, von denen wir durchweg positives Feedback bezüglich der Zusammenstellung, Originalität und Qualität des wissenschaftlichen Programms erhalten haben. Wir bedanken uns auch herzlich bei der WE-Heraeus-Stiftung und den Mitarbeitern des Physikzentrums für die äußerst generöse, engagierte und professionelle Organisation und Unterstützung des Seminars.

Priv.-Doz. Dr. Benjamin Friedrich und
Dr. Veikko Geyer, TU Dresden
Prof. Dr. Timo Strünker, UKM Münster

General Relativity as a Challenge for Physics Education

690. WE-Heraeus-Seminar

Die Allgemeine Relativitätstheorie stellt eine der Grundlagen des heutigen physikalischen Weltbildes dar. Trotz ihrer fundamentalen Bedeutung ist sie in den Curricula der Schulen und der Lehramtsstudiengänge jedoch noch wenig präsent. Für die Physikdidaktik ist die Allgemeine Relativitätstheorie eine Herausforderung: Es sind anspruchsvolle und abstrakte Konzepte zu vermitteln. Dabei ist die mathematische Formulierung mit den Mitteln der Schulmathematik nicht zugänglich. Für die Schule (und man kann argumentieren, dass das auch für das Lehramtsstudium zutrifft) besteht also das Anliegen, die Allgemeine Relativitätstheorie in ihren Grundzügen zu vermitteln, ohne wesentlich über Schulmathematik hinauszugehen.

Vom 10. bis 15. Februar trafen sich 43 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 14 Ländern im Physikzentrum Bad Honnef, um über diese Herausforderungen und den Stand der Forschung in der Didaktik der Relativitätstheorie zu diskutieren. Das Seminar führte Expertinnen und Experten aus den Bereichen fachdidaktische Entwicklungsforschung, Lehr-Lernforschung, Lehrerprofessionalisierung, relativistische Astrophysik sowie Visualisierung zusammen.

Ein inhaltlicher Schwerpunkt war die Vorstellung neuer Materialien. Gegenständliche Modelle und Computersimulationen wurden praktisch demonstriert. In Hands-on-Sessions wurde der Einsatz im Unterricht diskutiert. Ein weiterer Schwerpunkt betraf die Frage nach der Entwicklung konzeptuellen Verständnisses. Physikalische Intuition, geometrische Anschauung für gekrümmte Räume sowie Fehlvorstellungen sind einige der diskutierten Aspekte. Fragen der Kursentwicklung und der Lehrerfortbildung bildeten einen dritten Schwerpunkt, dies auch vor dem Hintergrund, dass die Allgemeine Relativitätstheorie zunehmend Eingang in Schulcurricula findet. Das Seminar hat die internationale Vernetzung im Forschungsbereich Didaktik der Relativitätstheorie maßgeblich gestärkt.¹⁾

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Förderung, die dieses inspirierende Seminar ermöglicht hat.

Prof. Dr. Ute Kraus und **Dr. Corvin Zahn**,
Universität Hildesheim

1) Unter <https://teaching-relativity.org/> wurde eine Dokumentation des Seminars zusammengestellt und mit dem Aufbau einer Übersicht zu Forschungsaktivitäten zur Didaktik der Relativitätstheorie begonnen.