

DD 20: Poster – Quantenphysik

Time: Monday 17:00–19:00

Location: Empore Lichthof

DD 20.1 Mon 17:00 Empore Lichthof

Quantenphysik zum Anfassen - Von Papierstreifen zu Reißverschlüssen — ●FRANZISKA GREINERT¹ und MALTE S. UBBEN² — ¹TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland — ²WWU Münster, Münster, Deutschland

Quantenphysikalische Modellierungen sind fachlich komplex und oft unanschaulich. Dieses Poster stellt einige Ansätze vor, wie quantenphysikalische Ideen dennoch mittels haptischer Modelle dargestellt werden können. Dazu werden Modelle aus dem 3D-Drucker, Modelle aus Papierstreifen und Modelle aus Stoff gegenübergestellt und auf Grenzen und Potentiale für Schülervorstellungen untersucht. Die Modelle sind dabei vor allem mit dem Ziel entwickelt worden, unter Verwendung von wenig mathematischem Grundwissen topologische Ideen zu transportieren und zu visualisieren.

DD 20.2 Mon 17:00 Empore Lichthof

Teaching quantum effects using non-linear optics in laboratory courses — ●JENNIFER HEISS, SHREYA KUMAR, SIMONE D'AURELIO, and STEFANIE BARZ — Institute for Functional Matter and Quantum Technologies & IQST, University of Stuttgart, 70569 Stuttgart

Quantum technologies are rapidly developing and have tremendous potential to revolutionize communication, computing, and sensing. It is crucial for the preparation of the quantum workforce and the education of future teachers that quantum technologies are part of higher education. In particular, practical training in quantum technologies helps to improve their understanding and allows them to gain hands-on experience in working with quantum optics. Here, we show how two key concepts of quantum technologies, entanglement and quantum interference, can be taught and studied in laboratory courses. These experiments are designed to be performed independently by students, starting with planning the experimental setups and afterwards building the experiments step by step. The first experiment deals with the generation of entangled photon pairs using parametric down-conversion. The setup allows to study various types of entanglement and to perform both fundamental quantum experiments as well as measurements for characterizing the entangled states. The second experiment aims at performing a Hong-Ou-Mandel experiment and a so-called Bell measurement. These form the basis for many quantum technology applications like quantum teleportation.

DD 20.3 Mon 17:00 Empore Lichthof

Die Rolle mathematischer Repräsentationen für das Verständnis quantenphysikalischer Prinzipien — ●MORITZ FÖRSTER und GESCHE POSPIECH — TU Dresden, Professur für Didaktik der Physik

Im Forschungsprojekt wird die Rolle des mathematischen Formalismus für das Verstehen grundlegender quantenphysikalischer Prinzipien untersucht. Es wird die Frage gestellt, welche Aspekte einer mathematischen Beschreibung von Zwei-Zustands-Systemen zu einem konzeptionellen Verständnis beitragen und nicht nur prozedurale Rechenfertigkeiten fördern.

Dabei wird der Fokus im ersten Studienteil auf die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen gelegt. Um qualitativ Einblick in Lernprozesse und Einstellungen zu gewinnen, werden Teaching Experiments mit Lehramtsstudierenden und Lehrpersonen durchgeführt, in welchen Akzeptanz gegenüber einer formalen Behandlung der Quantenphysik sowie die Frage, welchen konkreten Beitrag die Mathematik zum Verstehen von Quantenphysik beitragen kann, untersucht wird.

Im zweiten Teil der Studie werden diese Erhebungsinstrumente für Lernende der Sekundarstufe II angepasst und analoge Fragestellungen untersucht. Der Fokus liegt darauf, zu untersuchen, inwiefern eine mathematische Beschreibung von Quantenphysik auch bei Schüler:innen zum Verständnis beiträgt.

DD 20.4 Mon 17:00 Empore Lichthof

Konzeption von experimentellen Kursen in Quantentechnologien für Berufstätige — ●ALDA ARIAS SUAREZ^{1,2}, ANNA DONHAUSER², EVA REXIGEL^{1,2}, JONAS BLEY¹, ARTUR WIDERA¹ und JOCHEN KUHN² — ¹Rheinland-Pfälzische Technische Universität, Kaiserslautern — ²Ludwig-Maximilians-Universität München, München

Das rasante Wachstum der Quantentechnologien in der Industrie er-

höht den Bedarf an qualifizierten Fachkräften in diesem Bereich, der nicht allein durch Hochschulabsolventen gedeckt werden kann. Deshalb entwickelt die Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RP-TU) einen interdisziplinären Fernstudiengang zu Quantentechnologien für Berufstätige. Der neue Studiengang (QUANTUK) basiert auf drei Bausteinen: Grundkurse zu den mathematischen und physikalischen Grundlagen der Quantentechnologien, Vertiefungskurse in theoretischen und anwendungsbezogenen Bereichen wie Quantencomputern und Quantensensorik, und Praktika mit Experimenten sowie numerische Projekte in den Quantentechnologien.

Mit diesem Poster wird das Konzept und die fachdidaktischen Ansätze der Praktika vorgestellt, die durch Experimente die theoretischen Kursinhalte elaborieren. Zusätzlich werden aktuelle Herausforderungen, wie eine geeignete, den experimentellen Lernprozess unterstützende Visualisierungen, präsentiert.

DD 20.5 Mon 17:00 Empore Lichthof

Analyse Graphischer Repräsentationen zu Qubits — ●EVA REXIGEL^{1,2}, ANNA DONHAUSER², JONAS BLEY¹, ALDA ARIAS^{1,2}, ARTUR WIDERA¹ und JOCHEN KUHN² — ¹RPTU Kaiserslautern Landau, Kaiserslautern — ²LMU München, München

Quantentechnologien erfahren immer größeres wissenschaftliches und auch gesellschaftliches Interesse, und werden somit auch im Bereich der Hochschullehre immer relevanter. Eine wichtige Rolle nehmen hierbei Quanten-Bits, sog. Qubits, ein. Analog zu den klassischen Bits können sich Qubits im Zustand 0 oder 1 befinden. Darüber hinaus ist jedoch auch jede Superposition dieser beiden Basiszustände möglich. In einem System aus mehreren Qubits ist außerdem jede Superposition der gemeinsamen Basiszustände zulässig. Aktuell gibt es keine einheitliche graphische Darstellung von Qubit-Systemen. Populäre graphische Repräsentationen, wie die Blochkugel, bieten kontextspezifische Vorteile. Sie sind im Allgemeinen jedoch nicht universell anwendbar. Für eine vollständige Erklärung quantentechnologischer Zusammenhänge müssen deshalb auf unterschiedliche graphische Repräsentationen zurückgegriffen.

Ausgehend von aktuellen Forschungserkenntnissen werden die derzeit genutzten graphisch-visuellen Repräsentationen zu Qubit-Systemen hinsichtlich ihrer Einsatzzufähigkeit untersucht. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse der jeweiligen repräsentationalen Funktion und den damit einhergehenden kognitiven Aufgaben. Das Ziel ist, spezifische Vorteile und mögliche Lernhindernisse bei der graphischen Darstellung von Qubit-Systemen zu identifizieren.

DD 20.6 Mon 17:00 Empore Lichthof

Students Exactly Derive Quantization and its Universality — ●HANS-OTTO CARMESIN — Gymn. Athenaeum, Harsefelder Str. 40, 21680 Stade — Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

Quantization and its relation to general relativity provide an exciting problem of physics [1]. Based on the mathematics of class 11, students exactly derive the universality of quantization from the equivalence principle, EP, of general relativity. We introduce a measurement of a gravitational parallax distance r by using a pair of hand leads [2]. So, that distance is an element of physical reality. Additionally, we use the EP and the Lorentz factor. With it, we exactly derive a universal position factor $\varepsilon_E(r)$ providing the energy of a falling object [2,3]. With it, we exactly derive quantization and its universality.

Moreover, the present result is a basis for far reaching results, see e. g. [2]. Experiences about teaching in classes, research clubs and general study courses at a university are presented.

[1] Einstein, A. and Podolski, B. and Rosen, N. (1935): Can the quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? Phys. Rev., 47, pp. 777-780.

[2] Carmesin, H.-O. (December 2022): Unification of Spacetime, Gravity and Quanta. Berlin: Verlag Dr. Köster.

[3] Burisch, C. et al. (2022): Universum Physik Gesamtband S2, Berlin: Cornelsen Verlag.

DD 20.7 Mon 17:00 Empore Lichthof

Demonstration Experiment for a Quantum Computer — ●PHILIPP SCHÖNEBERG¹, PHIL IMMANUEL GUSTKE¹, and HANS-OTTO CARMESIN^{1,2,3} — ¹Gymn. Athenaeum, Harsefelder Str. 40, 21680

Stade — ²Hohenwedeler Weg — ³Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

Quantum computers provide a potential for very fast computations [1, 2]. So, quantum computers are especially interesting for students at high schools, professional schools or at universities [3]. For such students, a demonstration experiment is very useful. Here, we present a demonstration experiment that is based on an interferometer and that provides a CNOT quantum gate. For it, we modified a similar experiment [4]. We present the demonstration experiment, experimental results and an extension to a universal set of quantum gates. Moreover, we show how quantum algorithms such as the Groover algorithm

can be provided by such a universal set of quantum gates.

- [1] Arute, F. et al. (2019): Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574, pp. 505-511.
- [2] Zhong, H. et al. (2020): Quantum computational advantage using photons. *Science* 370/6523, pp. 1460-1463.
- [3] Gerke, F. et al. (2021): Ermittlung von Anforderungen an künftige Quanten-Fachkräfte. *PhyDid B*, pp. 495-500.
- [4] Lopes, J. H. et al. (2018): Experimental realization of a quantum CNOT gate for orbital angular momentum and polarization with linear optical elements. arXiv: 1807.06065v1, pp. 1-5.