

DD 32: Poster – Quantenphysik

Time: Tuesday 16:15–17:45

Location: ZHG Foyer 1. OG

DD 32.1 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Didaktische Rekonstruktion photopolarisierbarer Flächen und Membranen — ●DENNIS LAFELD und HOLGER CARTARIUS — AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena

Im Rahmen des Graduiertenkollegs PhInt (Photo-Polarizable Interfaces and Membranes) erfolgt die Erforschung der Photoaktivität von Oberflächen und Membranen. So soll beispielsweise untersucht werden, ob lichtinduzierte Schaltprozesse benutzt werden können, um die Polarität und Permeabilität von Lipid-Membranen gezielt zu beeinflussen und zu steuern.

Ein zentraler Bestandteil von PhInt ist die didaktische Aufarbeitung der Forschungsergebnisse und deren Kommunikation an die breite Öffentlichkeit. Hierfür sollen (Analogie-)Experimente für Schülerlabore, Unterrichtsmaterialien und Exponate für das Deutsche Optische Museum erstellt werden. Die Erarbeitung dieser Materialien erfolgt durch enge Kooperation der Mitarbeitenden im Projekt, um sowohl die fachwissenschaftliche als auch die fachdidaktische Perspektive einzubeziehen.

In diesem Vortrag sollen ein Überblick über die Forschung von PhInt gegeben sowie erste Ideen zur didaktischen Rekonstruktion der Forschungsergebnisse vorgestellt werden.

DD 32.2 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Praxisorientiertes Fortbildungskonzept für Lehrkräfte mit Selbstlerneinheiten zur Quantenphysik * Fokus auf die Wesenszüge der Quantenphysik und Analogiemodelle — ●STEFAN AEHLE¹, KIM KAPPL², PHILIPP SCHEIGER² und HOLGER CARTARIUS¹ — ¹Arbeitsgruppe Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller Universität Jena — ²Abteilung Physik und ihre Didaktik, 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

Anknüpfend an einen gleichnamigen Beitrag werden hier Ergebnisse der Kooperation zweier Arbeitsgruppen der Universität Stuttgart und Friedrich-Schiller-Universität Jena vorgestellt, die daran arbeiten, einen Teil des hohen Bedarfs an Lehrerfortbildungen zur Quantenphysik zu decken. Dieser Beitrag geht genauer auf Inhalte praxisorientierter Selbstlerneinheiten ein, die, basierend auf den Wesenszügen der Quantenphysik, Materialien für den Schulunterricht bereitstellen. Neben der Vermittlung theoretischer Grundlagen stehen Analogiever suche und starker experimenteller Bezug im Fokus des Unterrichtskonzepts. Lehrkräften soll es so ermöglicht werden, sich möglichst effektiv auf das eigene Unterrichten vorzubereiten und die vorgestellten Materialien und Quellen einzusetzen. Mit Hilfe einer Analogie zum quantenmechanischen Messprozess und weiteren optischen Experimenten wird der Vergleich von klassisch-physikalischer und quantenphysikalischer Perspektive genutzt, um den Einstieg in das komplexe Themenfeld zu vereinfachen.

DD 32.3 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

NV-Zentrum Magnetometer und sein didaktisches Konzept — ●SIMON KOPPENHÖFER, PHILIPP MAUZ, PHILIPP SCHEIGER und RONNY NAWRODT — 5. Physikalisches Institut, Abt. Physik und ihre Didaktik, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

Das stärkere Auftreten von quantenmechanischen Themen in den neuen Bildungsplänen, wirft die Frage nach Experimenten und Anwendungsbeispielen auf. Experimente rund um das NV-Zentrum im Diamanten versprechen diese Lücke zu füllen, da sie bei Raumtemperatur, im sichtbaren Wellenlängenbereich und vergleichsweise günstig realisierbar sind.

Dieser Beitrag präsentiert experimentelle Aufbauten, wie auch dazugehörige didaktische Konzepte für Schulen, Schülerakademien und Schülerlabore. In den didaktischen Konzepten spielen zusätzliche (Analogie-) Experimente rund um die Themen Termschemata, Fluoreszenz und Spin eine zentrale Rolle.

DD 32.4 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Praxisorientiertes Fortbildungskonzept mit Selbstlerneinheiten zur Quantenphysik - Fokus auf dem Nachweis der Quantennatur des Lichts und der Erzeugung einzelner Photonen — ●KIM KAPPL¹, STEFAN AEHLE² und PHILIPP SCHEIGER¹ — ¹Arbeitsgruppe Physik und ihre Didaktik, 5. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart — ²Arbeitsgruppe Fachdidaktik der Physik und

Astronomie, Friedrich-Schiller Universität Jena

Anknüpfend an einen gleichnamigen Beitrag werden hier Ergebnisse der Kooperation zweier Arbeitsgruppen der Universität Stuttgart und Friedrich-Schiller-Universität Jena vorgestellt, die daran arbeiten, einen Teil des hohen Bedarfs an Lehrerfortbildungen zur Quantenphysik zu decken. In diesem Beitrag wird ein didaktisches Konzept rund um die Eigenschaften einzelner Photonen näher erläutert. So wird beispielsweise in einem interaktiven, aktivierenden Moodle-Kurs die Erzeugung einzelner Photonen basierend auf Grundlage der Spontaneous Parametric Down Conversion (SPDC) vorgestellt.

DD 32.5 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen * Von den KMK Standards in den Unterricht am Beispiel von Farbzentren in Salzen — ●PHILIPP MAUZ, SIMON KOPPENHÖFER, PHILIPP SCHEIGER und RONNY NAWRODT — Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart

Das verstärkte Auftreten von quantenmechanischen Themen in den neuen Bildungs- und Lehrplänen, wirft die Frage nach Experimenten und Anwendungsbeispielen auf. Auch das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs wird in den KMK-Standards explizit genannt. Ein möglicher Grund dafür ist, dass für dieses theoretische Konstrukt der Quantenmechanik die Schrödingergleichung mit Schulmathematik gelöst werden kann. Gleichzeitig sollen aber auch die Grenzen dieses Modells diskutiert werden. Für eine ausführliche physikalische Betrachtung, sollte dieses Modell daher auch an Experimenten getestet und überprüft werden. Häufig werden hierfür Farbstoffe als Anwendungskontext gewählt. Diese sind für Schülerinnen und Schüler (SuS) aber kaum zugänglich und, die zum Modell am besten passenden Stoffe, oft gesundheitsschädlich. Farbzentren in Salzen bieten hier ein anderes (eventuell besser geeignetes) Anwendungsfeld des Potentialtopfes für die Schule. SuS sollten mit ihrem Vorwissen in der Lage sein Hypothesen selbst zu entwickeln, die anschließend experimentell überprüft werden können. Dieser Beitrag stellt die physikalischen Hintergründe, die experimentelle Umsetzung und mögliche Anwendungen in der Schule vor.

DD 32.6 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Praxisorientiertes Fortbildungskonzept mit Selbstlerneinheiten zur Quantenphysik * Fokus auf Verschränkung und das quantenmechanische Weltbild — ●PHILIPP SCHEIGER¹, KIM KAPPL¹ und STEFAN AEHLE² — ¹Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena

Anknüpfend an einen gleichnamigen Beitrag werden hier Ergebnisse der Kooperation zweier Arbeitsgruppen der Universität Stuttgart und Friedrich-Schiller-Universität Jena vorgestellt, die daran arbeiten, einen Teil des hohen Bedarfs an Lehrerfortbildungen zur Quantenphysik zu decken. In diesem Beitrag wird das quantenmechanische Weltbild im Kontext der Verschränkung diskutiert. Das notwendige Hintergrundwissen, mögliche Umsetzungen in der Schule und die Implementierung im Selbstlernkurs (aktivierende Moodle-Kurse) werden vorgestellt.

DD 32.7 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Evaluierung eines Einstiegskurses zu Quantentechnologien hinsichtlich des längerfristigen Einflusses auf die Lernenden — ●ISMET N. DOGAN¹, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL¹, FRANKA GREINERT¹, MALTE S. UBBEN² und RAINER MÜLLER¹ — ¹Technische Universität Braunschweig, IFdN, Physik und Physikdidaktik — ²Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Erdsystemwissenschaften, Institut für Didaktik der Physik

In der Industrie besteht ein Bedarf an Fachkräften zu Quantentechnologien. Gleichzeitig lassen sich kaum systematisch entwickelte Lernmaterialien zu dieser Thematik vorfinden. Das Projekt "Quantum Technologies Courses for Industries" (QTIndu) wirkt diesen Problemen entgegen, indem entsprechende Lernmaterialien für die Aus-, Weiter- und Fortbildung von Fachkräften zu Quantentechnologien entwickelt, evaluiert und überarbeitet werden. Unser Einstiegskurs verbindet die Wesenszüge der Quantenphysik mit relevanten Quantentechnologien, um eine anwendungsorientierte, kontextbasierte Lernbasis zu schaffen sowie theoretische Aspekte der Quantenphysik einzuführen. Ein Kapitel

dieses Einstiegsurses wurde im Rahmen der IOOI-Methode auch hinsichtlich des längerfristigen Einflusses auf Lernende quantitativ evaluiert. Das Poster gibt einen Überblick zu dem Aufbau des Einstiegsurses und dem Evaluationskonzept sowie einen Einblick in erste Ergebnisse.

DD 32.8 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Versuchsangebote für Schulen im Rahmen von MasterClass-Workshops — ●TIM OVERWIN, AZADEH GHANBARI und RAINER MÜLLER — Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Physik und Physikdidaktik, TU Braunschweig, Deutschland

MasterClass-Workshops bieten Schulklassen aus Braunschweig und Umgebung seit 2019 die Möglichkeit, einen Einblick in aktuelle physikalische Versuche und Forschung zu bekommen. Dabei sollen Interesse, Motivation und das Verständnis von meist quantenmechanischen Phänomenen gefördert werden. Die Workshops werden mit höheren Klassenstufen von Gymnasien oder Gesamtschulen entweder mobil in den Schulen oder in der TU durchgeführt. Aktuelle Versuche beschäftigen sich unter anderem mit Quantenkryptographie, -computing und -sensorik.

DD 32.9 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Didaktische Rekonstruktion zur Quantenbildung — ●DUSTIN-PHILIPP PREISSLER und HOLGER CARTARIUS — AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena

Moderne Themen der Quantenphysik halten Einzug in die Lehrpläne. Ein anwendungsorientiertes Beispiel ist Quantenbildung. Die Grundidee kann bereits auf Basis des Mach-Zehnder-Interferometers verstanden werden, weshalb sich eine Beschäftigung mit diesem Thema in Rahmen von Schülerlaboren eröffnet. Dieser Vortrag möchte die Grundlagen zweier Quantenbildgebungsverfahren, namentlich Quantenbildung mit undetektieren Photonen und Ghost Imaging anreißen. Anschließend wird erörtert, wie man Mach-Zehnder-Interferometer modifizieren kann, die sie für die Bildgebung interessant machen. Dafür werden wir die Fähigkeit zur Interferenz von Quantenobjekten genauer betrachten und Schwierigkeiten in der Realisierung eines Versuchsaufbaus erörtern. Wir entwickeln dazu erste Ideen für einen Versuch, der in einem Schülerlabor verwendet werden könnte.

DD 32.10 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Entwicklung einer Versuchsanleitung zu Interferenz-Experimenten mit Einzel-Photonen im Rahmen eines Quantenoptik-Praktikums — ●FELIPE LAUMEN, SEBASTIAN NELL, RALF DETEMPLE und HEIDRUN HEINKE — . Physikalisches Institut IA, RWTH Aachen University

Quantenphysik ist nicht nur in Nachrichten, Literatur und Unterhaltung inzwischen omnipräsent, sondern auch fester Bestandteil der Curricula im Physikunterricht. Unter anderem soll das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in Interferenzexperimenten mit „Welcher-Weg“-Informationen bei Quantenobjekten wie Photonen erklärt werden. Daran anknüpfend beschäftigt sich das vorgestellte Projekt mit Interferenz-Phänomenen von Einzelphotonen. Unter Verwendung eines Quantenoptik-Kits der Firma Thorlabs® wurde eine Versuchsanleitung entwickelt, mit der Schülerinnen und Schüler der Oberstufe und Bachelor-Studierende im Physik-Praktikum Einzel-Photonen-Interferenz und darauf aufbauend den Quantenradierer erkunden. Der wiederholte Vergleich von klassischen und quantenmechanischen Beschreibungen macht auf Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede aufmerksam und hat das Potential, Schülervorstellungen aufzudecken. Das Poster beschreibt theoretische Grundlagen und die experimentelle Umsetzung. Dann werden die Experimente Einzel-Photonen-Interferenz und Quantenradierer vorgestellt und Ergebnisse sowie Überlegungen bei der Entwicklung der Versuchsanleitung präsentiert. Dies eröffnet Einblicke in die laufende Entwicklungsarbeit des Quantenoptik-Praktikums an der RWTH Aachen.

DD 32.11 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Praxiserfahrung mit Versuchsaufbauten zur Quantenoptik und Konzeption einer didaktisch reduzierten Versuchsanleitung — ●NILS THORMANN, SEBASTIAN NELL, RALF DETEMPLE und HEIDRUN HEINKE — I. Physik. Institut IA, RWTH Aachen University

Der Vermittlung von quantenphysikalischen Konzepten wird sowohl in der Schule als auch in Hochschulen eine wachsende Bedeutung zugemessen. Gerade die Quantenoptik ist dabei ein spannendes Forschungsfeld. Im Rahmen einer Abschlussarbeit wurden mithilfe des Quantum

Optics Educational Kits des Herstellers Thorlabs® einerseits für Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe, andererseits für Studierende früher Semester physikalischer und physiknaher Studiengänge experimentelle Zugänge zu Grundlagen der Quantenoptik eröffnet. Aufbauend auf gesammelten Praxiserfahrungen in Montage, Justage und Versuchsdurchführung sowie -auswertung wurde eine didaktisch reduzierte Versuchsanleitung konzipiert, die die genannten Zielgruppen gleichermaßen adressiert. Die theoretischen Grundlagen wurden dabei so weit elementarisiert, dass allen Zielgruppen ein adressatengerechter Zugang ermöglicht wird. Für einen möglichst niederschweligen Zugang wurden für zentrale Montage- und Justageschritte Videoanleitungen realisiert. Dabei kann nach der konzipierten Anleitung die Versuchsanordnung je nach Präparation der Ausgangslage im Anforderungsniveau hinsichtlich der Montage und Justage der optischen Bauelemente variiert werden. Nach Erprobung, Evaluation und anschließender Überarbeitung ist ein Einsatz der konzipierten Anleitung im Schülerlabor und in physikalischen Praktika der Hochschule geplant.

DD 32.12 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

A Fundamental Path to Quantum Physics: The Space Paradox — ●HANS-OTTO CARMESIN — Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

Quantum physics is a very successful field of science with omnipresent relevant applications in everyday life. An exciting question is still, what is the fundamental reason for the dynamics and postulates of quanta?

A paradox is an apparent contradiction, the solution of which provides a deeper insight. Can we derive quanta and their dynamics with help of a paradox?

In present-day science, space is usually modeled as a single entity. However, special relativity shows that this view is paradoxical. As a consequence, space is a statistical average of rapidly moving volume portions. Their dynamics provides and explains the Schrödinger equation and the quantum postulates (Carmesin 2022, 2025).

Derivations as well as experiences with teaching are presented.

Literature: Carmesin, H.-O. (2022): Explanation of Quantum Physics by Gravity and Relativity. *PhyDid B Internet Journal*, pp 425-438. Carmesin, H.-O. (2025): On the Dynamics of Time, Space and Quanta. Berlin: Verlag Dr. Köster.

DD 32.13 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Supporting problem solving in Quantum Technologies with multiqubit state visualizations — ●JONAS BLEY¹, EVA REXIGEL¹, ALDA ARIAS¹, LARS KRUPP^{1,2}, NIKOLAS LONGEN¹, PAUL LUKOWICZ^{1,2}, STEFAN KÜCHEMANN³, JOCHEN KUHN³, MAXIMILIAN KIEFER-EMMANOULIDIS^{1,2}, and ARTUR WIDERA¹ — ¹RPTU Kaiserslautern in Kaiserslautern-Landau — ²DFKI Kaiserslautern — ³LMU München

The two-level quantum system, also called a qubit, is at the core of quantum technologies (QT). It finds universal application in all pillars of QT: Sensing, Communication, Computation and Simulation. When learning QT, stakeholders with and without prior training in quantum physics are confronted with complex properties and operations in multi-qubit systems. Visualization is likely a useful tool to overcome these barriers. The Hadamard gate is universally used to create and destroy superpositions, which are essential for quantum technological applications. In an eye-tracking study, we investigated the conditions under which task solvers benefit from the dimensional circle notation (DCN) visualization in terms of performance and cognitive load, when solving questions about the Hadamard gate in two- and three-qubit systems. We find that participants, when presented with visualization in addition to the mathematical Dirac notation, experience less intrinsic and extraneous cognitive load in general, and that they benefit in terms of performance under certain conditions. The findings have implications for teaching in QT and open new avenues for further research.

DD 32.14 Tue 16:15 ZHG Foyer 1. OG

Quantenschlüsselzeugung im Physikunterricht — ●GINA KLEINSTEINBERG, JOHANNA LOHMANN, OLIVER BURMEISTER und MORITZ WAITZMANN — Leibniz Universität Hannover

Mit der Einführung der Bildungsstandards für die Sek. II wurden die

Begriffe Zustand, Präparation und Superposition in den niedersächsischen Lehrplan integriert. Lernende mit erhöhtem Anforderungsniveau sollen diese anhand von polarisiertem Licht erläutern können. Zusätzlich soll eine technische Anwendung der Quantenphysik thematisiert werden (Nieders. Kultusministerium, 2022).e Eine passende Anwendung ist die Quantenschlüsselerzeugung nach dem BB84-Protokoll, bei dem Zufallsbits durch Polarisationszustände von Photonen erzeugt werden (Bennett & Brassard, 2020). Um die Quantenschlüsselverteilung im Physikunterricht lernendenzentriert zu gestalten, wurde in Zusammenarbeit mit der nieders. Multiplikatorengruppe NUN eine Web-

App entwickelt. Mit dieser App können Lernende die Schlüsselerzeugung und die Simulation eines Lauschangriffs durchführen. Das Poster stellt Ideen und Umsetzung der App vor. Teilnehmende können die App direkt ausprobieren.

Bennett, C. H., & Brassard, G. (2020). Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing.

Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.). (2022). Kerncurriculum für das Gymnasium gymnasiale Oberstufe die Gesamtschule gymnasiale OberstufeDas Berufliche GymnasiumDas Abendgymnasium-Das KollegPhysik.