

## DD 30: Poster – Quantenphysik

Time: Tuesday 14:00–16:00

Location: P5

DD 30.1 Tue 14:00 P5

**Die Tiefenstruktur des Interesses von Studierenden zu Quantentechnologien** — •ISMET N. DOGAN, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL und RAINER MÜLLER — Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, TU Braunschweig, Deutschland

Interessen spielen eine bedeutende Rolle in Lernprozessen. Die Tiefenstruktur sowie Natur von Interesse wird stark in der Literatur diskutiert. Es finden sich Ansätze, die Interesse als Emotion oder als mehrteilige Struktur auffassen sowie weitere diffuse Angehensweisen. An erster Stelle ist es unser Ziel, die Tiefenstruktur des Interesses zu erforschen und zu verstehen, wie das Interesse zu Quantentechnologien aufgebaut und klassifiziert werden kann. Quantentechnologien stellen als zukünftig relevante Technologie ein spannendes Themengebiet dar, das auch einen guten Kontext zur anspruchsvollen Quantenphysik bietet. Als anspruchsvolles Themengebiet ermöglicht es uns, potentielle Verbindungen von kognitiven Komponenten zum Interesse darzulegen. Es fand eine Erhebung statt in der die Teilnehmenden - Studierende unterschiedlicher Studienrichtungen - einen Text zu Quantentechnologien gelesen und darauf folgend Items zum Interesse ausgefüllt haben. Die Items wurden auf Grundlage der Theorie nach Krapp formuliert. Hier geht man davon aus, dass das Interesse drei Komponenten besitzt: eine emotionale, eine kognitive und eine wertorientierte Komponente. Schlussendlich wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt und ausgewertet. Das Poster beschäftigt sich mit dieser Erhebung des Interesses von Studierenden zu Quantentechnologien und liefert bedeutende Erkenntnisse zum Interesse von Studierenden zu Quantentechnologien.

DD 30.2 Tue 14:00 P5

**Entwicklung und Erprobung einer Unterrichtseinheit zu Magnetfeldsensoren auf Basis von Quanteneffekten in NV-Zentren** — •FLORIAN BÖTTCHER, MORITZ FÖRSTER, ALEXANDER SCHUSTER und GESCHE POSPIECH — TU Dresden, Professur für Didaktik der Physik

Im Rahmen der zweiten Quantenrevolution schreitet die Forschung und Entwicklung im Bereich moderner Quantentechnologien rasant voran. Für den Schulunterricht bietet die Einbettung entsprechender Kontexte die Möglichkeit, deren gesellschaftliche Relevanz aufzuzeigen und zugleich berufsorientierende Bezüge herzustellen.

Eine der vielversprechendsten und realitätsnahesten Anwendungen moderner Quantentechnologien ist die Quantensensorik, darunter vor allem Quantenmagnetometer, die auf Basis von Stickstofffehlstellen (NV-Zentren) in Diamanten arbeiten.

In einer wissenschaftlichen Abschlussarbeit wurde eine Unterrichtseinheit zu Magnetfeldsensoren auf Basis von Quanteneffekten in NV-Zentren konzipiert sowie im Rahmen eines Ferienkurses erprobt und mit qualitativen Methoden evaluiert. Das Poster stellt die Grundkonzepte der Unterrichtseinheit vor und gibt Einblick in erste Ergebnisse der Evaluation.

DD 30.3 Tue 14:00 P5

**Quantum AR Lab: Das Quantenoptik-Labor für Schule und Co. in Augmented-Reality** — •PHILIPP BITZENBAUER, JUDITH SCHMID und MALTE UBBEN — Institut für Didaktik der Physik, Universität Leipzig

Das Poster stellt Quantum AR Lab vor, eine Multiplayer-AR-App, die zentrale Experimente der Quantenoptik authentisch und interaktiv zugänglich macht. Reale quantenoptische Aufbauten bleiben im schulischen und hochschulischen Alltag aufgrund hoher Kosten und technischer Komplexität meist unzugänglich; Quantum AR Lab schließt diese Lücke, indem sechs typische Einzelphotonen-Experimente - Koinzidenzmessung, Antikorrelation am halbdurchlässigen Spiegel, Einzelphotoneninterferenz, Hong-Ou-Mandel, sowie zu Verschränkung und Franson-Interferenz - in einer ortsunabhängigen, praxistauglichen AR-Umgebung erfahrbar werden. Maßstäbliche 3D-Nachbauten experimenteller Komponenten, justierbare Elemente sowie die Integration originaler Messdaten ermöglichen ein realitätsnahes Experimentieren. Drei Schwierigkeitsgrade je Experiment und ein Multiplayer-Modus unterstützen individuelles und kollaboratives Arbeiten gleichermaßen.

DD 30.4 Tue 14:00 P5

**Photonenverschränkung in der Sekundarstufe II: Intervention zum Vergleich kognitiver & affektiver Variablen bei Real-**

**vs. Bildschirmexperiment** — •JOSEFIN METJE<sup>1</sup>, SALOME FLEGR<sup>2</sup>, MARCO SEITER<sup>1</sup> und HEIKO KRABBE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum — <sup>2</sup>Technische Universität Dresden

Die Einführung von Verschränkung kann in der Schule durch reale Experimente (RE) und interaktive Bildschirmexperimente (IBE) mit verschränkten Einzelphotonen erfahrungsbasiert erfolgen. IBE sind interaktive, auf Fotos oder Videos basierende Szenarienaufnahmen des Real-experiments, die sich an Computern oder Tablets durchführen lassen und eine vereinfachte und weniger fehleranfällige Interaktion mit dem Experiment erlauben als die Durchführung des realen Experiments. Im Rahmen eines Promotionsprojekts wird untersucht, inwiefern sich diese beiden Varianten (RE und IBE) hinsichtlich Motivation, Wissenszuwachs sowie mentalem Load und Effort von Schülerinnen und Schülern unterscheiden. Die Studie ist als empirische, quasi-experimentelle Untersuchung angelegt, wobei der Einsatz von RE bzw. IBE als unabhängige Variable dient. In der Intervention sollen die Lernenden das Phänomen der Verschränkung sowie quantenmechanische Messprozesse und deren stochastische Vorhersagbarkeit am Beispiel verschärkter Einzelphotonen erschließen und beschreiben. Der Wissenszuwachs wird mit einem selbst entwickelten und evaluierten Testinstrument erfasst. Auf dem Poster wird die Übersetzung des Interventionskonzepts in das Interventionsmaterial gemäß der allgemeinen Validierungslogik für Interventionsstudien (Seiter & Krabbe, eingereicht) vorgestellt.

DD 30.5 Tue 14:00 P5

**Experiment für Schüler:innen zur Quantenbildung mit nicht-detektiertem Licht** — •BENEDIKT WEISS<sup>1</sup>, VERENA SPATZ<sup>1</sup>, MARKUS GRÄFE<sup>2</sup> und JENS KÜCHENMEISTER<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Didaktik der Physik, TU Darmstadt — <sup>2</sup>Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt — <sup>3</sup>Thorlabs GmbH

Die Quantenphysik zählt zu den faszinierendsten und zugleich herausforderndsten Bereichen der modernen Physik und bestimmt nicht nur maßgeblich unsere aktuelle wissenschaftliche Weltsicht, sondern auch unseren Alltag. Quantentechnologien (LASER, PV-Anlagen, Mikrochips, etc.) sind längst etabliert und noch immer fließen Forschungsgelder in Milliardenhöhe in die Entwicklung von Quantentechnologien der zweiten Generation (Quantencomputer, Sensortechnik und Kommunikation). Angesichts dieser Entwicklung ist es wichtig, dass nicht nur Schüler:innen, sondern auch die Öffentlichkeit im allgemeinen mit den Grundprinzipien dieser Technologien vertraut gemacht werden.

Ziel des Projekts ist ein Nachbau des Experiments zur Quantenbildung von Zeilinger et. al. (Nobelpreis für Physik 2022) und die Erforschung, inwiefern das Experiment für die Lehre sinnvoll eingesetzt werden kann, welche Lernziele mithilfe des Experiments angestrebt werden können, an welchen Stellen des Experiments Lernende Quantenphysik erkennen (können) und ob sich der Aufwand für dieses Realexperiment im Gegensatz zu einer Simulation lohnen kann. Auf dem Poster werden das Experiment und das geplante Studiendesign vorgestellt.

DD 30.6 Tue 14:00 P5

**Ein Experiment zum Welle-Teilchen-Dualismus aus dem 3D-Drucker** — •NORMAN THIMM, NELE HÖTTE, SEBASTIAN NELL, RALF DETEMPLE und HEIDRUN HEINKE — RWTH Aachen University, Aachen, Germany

In der Quantenmechanik fällt es Schüler:innen oft schwer, die zugrunde liegenden Phänomene anschaulich zu begreifen, auch weil es im Vergleich zur klassischen Mechanik deutlich weniger leicht nachvollziehbare Experimente gibt. Bekannt sind etwa der Doppelspaltversuch, der die Wellennatur von Quantenteilchen demonstriert, oder der Photoeffekt, der die Teilchennatur von Photonen illustriert.

Der Aufbau PHODE verfolgt das Ziel, beide Aspekte, Wellen- und Teilcheneigenschaften von Photonen, in einem einzigen Experiment anhand des sich entwickelnden Beugungsbildes bei der Beugung von Photonen am Doppelspalt sichtbar zu machen. So wird deutlich, dass Photonen und andere Quantenobjekte nicht „entweder ... oder“ sind, sondern gleichzeitig durch Eigenschaften von Wellen und Teilchen beschrieben werden müssen.

PHODE besteht überwiegend aus kostengünstigen 3D-gedruckten DIY-Komponenten auf der Basis der O3Q-Optikwürfel und ermöglicht es Schüler:innen, selbstständig ein eigenes Quantenexperiment zu realisieren. Auf dem Poster stellen wir den weiterentwickelten Aufbau

und seine didaktischen Potentiale vor.

DD 30.7 Tue 14:00 P5

**Der quantenmechanische Potentialtopf und sein didaktisches Konzept** — •SIMON KOPPENHÖFER, KIM KAPPL, LAUREEN DÄNZER, JOHANNES FUNK, ANJA GALM, PHILIPP MAUZ, FELIX FRITSCHLE, NILS KUGLER, RONNY NAWRODT und PHILIPP SCHEIGER — 5. Physikalisches Institut, Abt. Physik und ihre Didaktik, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

In aktuellen Bildungs- und Lehrplänen, sowie in den KMK-Standards, wird unter anderem der Potentialtopf stärker betont. Im erhöhten Anforderungsniveau soll dieser mit Schülerinnen und Schülern quantitativ besprochen werden, was beispielsweise experimentell mit Farbzentren in Alkalihalogeniden begleitet werden kann. Für das Basisniveau ist eine qualitative Behandlung vorgesehen, die mindestens die Begriffe Emission, Absorption, diskrete Spektren und Energieniveauschema erarbeiten soll. Ziel ist es hierbei, über das Bohrsche Atommodell hinaus den Aufbau von Atomen näherzubringen.

Dieser Beitrag stellt verschiedene Möglichkeiten vor, die Unterrichtsgänge beider Niveaus sowohl mit Demonstrations- als auch mit Schülerexperimenten zu begleiten. Diese optisch ansprechend aufbereiteten und erprobten Experimente verorten sich dabei in technischen, typisch physikalischen als auch biologischen Kontexten, um eine diverse interessierte Schülerschaft zu adressieren.

DD 30.8 Tue 14:00 P5

**Quantensensorik im Schülerlabor: Experimente und didaktische Materialien zu NV-Zentren in Diamant** — SIMON KOPPENHÖFER, KIM KAPPL, LAUREEN DÄNZER, JOHANNES FUNK, ANJA GALM, PHILIPP MAUZ, FELIX FRITSCHLE, NILS KUGLER, RONNY NAWRODT und •PHILIPP SCHEIGER — 5. Physikalisches Institut, Abt. Physik und ihre Didaktik, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

Quantensensoren auf Basis von Stickstoff-Fehlstellen-(NV-)Zentren in Diamant ermöglichen es, quantenphysikalische Phänomene mit hoher Anschaulichkeit und zugleich fachlicher Authentizität zugänglich zu machen. Für außerschulische Lernorte wie Schülerlabore stellen sie damit ein vielversprechendes Medium dar, um moderne Quantentechnologien erfahrbar zu machen. Im vorgestellten Projekt werden niedrigschwellige Experimente entwickelt, die die Fluoreszenz der Farbzentren sowie magnetische Feldmessungen mittels Optisch Detekterter Ma-

gnetresonanz (ODMR) demonstrieren und sich mit kostengünstigen Komponenten umsetzen lassen.

Der Beitrag skizziert den Entwicklungsprozess der Experimente sowie des didaktischen Begleitmaterials und diskutiert, wie NV-basierte Quantensensorik nachhaltig in Angebote außerschulischer Lernorte integriert werden kann.

DD 30.9 Tue 14:00 P5

**Schalten mit Licht - Entwicklung und Durchführung einer Versuchsreihe für Schülerlabore** — •DENNIS LAFELD und HOLGER CARTARIUS — AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich Schiller Universität Jena

Im Rahmen des Graduiertenkollegs PhInt (Photo-Polarizable Interfaces and Membranes) erfolgt die Erforschung der Photoaktivität von Oberflächen und Membranen.

Ein zentraler Bestandteil von PhInt ist die didaktische Aufarbeitung der Forschungsergebnisse und deren Kommunikation an die breite Öffentlichkeit. Hierfür wurde eine Versuchsreihe für Schülerlabore mit dem Ziel der Vermittlung grundlegender Eigenschaften und Funktionsweisen von Photoschaltern entwickelt. Die Versuchsreihe wurde anschließend im Rahmen des MINT-Festivals 2025 in Jena mit fünf Schulklassen der Thüringer Oberstufe erprobt.

In diesem Beitrag sollen die entwickelte Versuchsreihe sowie die Erprobung und Erfahrungen bei der Durchführung mit Schulklassen vorgestellt werden.

DD 30.10 Tue 14:00 P5

**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.