

GDCP-Schwerpunkttagung und QuBIT EDU-Konferenz
Didaktik der Quantenphysik mit Fokus auf Quantentechnologien – Status und Perspektiven

4. und 5. Oktober 2021, Online

Programm

	Montag, 4. Oktober	Dienstag, 5. Oktober
8:30 Uhr	Begrüßung <i>Holger Cartarius, Ronny Nawrodt</i>	
	Einführungsvortrag <i>Rainer Müller</i>	
9:00 Uhr	Physikalischer Impulsvortrag Quantensensorik mit NV-Zentren in Diamant <i>Rainer Stöhr</i>	Physikalischer Impulsvortrag Photonenpaarerzeugung in nanostrukturiertem Lithiumniobat <i>Frank Setzpfandt</i>
10:00 Uhr	Kaffeepause	Kaffeepause
10:15 Uhr	Hauptvortrag Delphi-Studie: Quantum Literacy und Competence Framework für die künftige Quantum Workforce <i>Franziska Greinert, Rainer Müller, Philipp Bitzenbauer, Malte S. Ubben, Kim-Alessandro Weber</i>	Hauptvortrag Die Polarisation von Licht als Zugang zur Quanteninformation <i>Thomas Filk, Andreas Woitzik</i>
11:15 Uhr	Kaffeepause	Kaffeepause
11:30 Uhr	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)
12:30 Uhr	Mittagspause	Mittagspause
13:30 Uhr	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)
14:30 Uhr	Kaffeepause	Kaffeepause
14:45 Uhr	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)	Kurzvorträge (Zeiten der Beiträge: siehe Abstracts)
15:45 Uhr	Kaffeepause	Kaffeepause
16:00 Uhr	Postersitzung Poster werden zu Tagungsbeginn online verfügbar sein. Autoren stehen in Zoom-Breakout-Räumen für Fragen zur Verfügung (Zeiten: siehe nächste Seite). Ende 17.30 Uhr	Diskussionsrunde Stand der Forschung zur Quantenphysik und Quanteninformation in der Physikdidaktik Ende 17.30 Uhr

Stand: 3. Oktober 2021, 21:22

Vorträge und Poster:

Plattform: Zoom (Konferenz-Modus, alle Teilnehmer/innen können ihr Bild und ihren Ton aktivieren, um Fragen zu stellen)

Ablauf der Vorträge:

Hauptvorträge und physikalische Impulsvorträge: 60 Minuten inklusive Diskussion

Kurzvorträge: 20 Minuten inklusive Diskussion

Die präsentierenden Autoren lassen die Präsentation auf ihrem eigenen PC laufen. Sie können ihren Bildschirm freigeben.

Format für Poster:

Bitte als PDF-Datei entwerfen. Ein A0-Hochformat wird empfohlen, es können gerne aber alle Formate erstellt werden, die sich gut mit einem PDF-Betrachter öffnen lassen. Die Poster werden zu Beginn der Tagung verfügbar sein. In der Postersitzung wird jedem präsentierenden Autor ein Breakout-Raum zur Verfügung gestellt. In diesem kann über das jeweilige Poster diskutiert werden.

Zeiten für die Postersitzung:

16:00-16:45 Uhr	Autoren der Poster an Stand 1-4 sind bitte zuverlässig in ihren Breakout-Räumen. Alle anderen können sich gerne selbst bei anderen Postern umschauen.
16:45-17:30 Uhr	Autoren der Poster an Stand 5-8 sind bitte zuverlässig in ihren Breakout-Räumen. Alle anderen können sich gerne selbst bei anderen Postern umschauen.

Alle Breakout-Räume sind die ganze Postersitzung über geöffnet. Gerne können Sie sich auch zu Zeiten verabreden, zu denen das Poster eigentlich nicht besetzt ist. Dazu können Sie den direkten Person zu Person-Chat in Zoom nutzen.

Physikalische Impulsvorträge

Montag, 4. Oktober, 9 Uhr

Quantensensorik mit NV-Zentren in Diamant

Rainer Stöhr, 3. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart

Quantentechnologien befinden sich derzeit im Wandel von rein akademischer Grundlagenforschung hin zu ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen mit bereits einigen kommerziellen Anwendungen. Das Stickstoff-Fehlstellen-Zentrum in Diamant hat sich dabei in den vergangenen Jahren als besonders vielseitige Quanten-Sensorplattform etabliert. Je nach Bauart des Sensors können räumliche Auflösungen von bis zu etwa 20nm oder Empfindlichkeiten von fT/VHz erreicht werden. Neben einer kurzen Einführung in die Physik des NV-Zentrums sollen hier verschiedene Varianten eines NV-basierenden Magnetfeldsensors vorgestellt werden. Darüber hinaus wird die Optimierung dieser Sensoren durch gezielt hergestellte photonische Strukturen angesprochen.

Dienstag, 5. Oktober, 9 Uhr

Photonenpaarerzeugung in nanostrukturiertem Lithiumniobat

Frank Setzpfandt, Institut für Angewandte Physik, FSU Jena

Photonenpaare, Quantenzustände des Lichts die genau zwei Photonen enthalten, sind eine wichtige Grundlage für viele Anwendungen der Quantenoptik in den Felder Quantenbildgebung, Quantenkommunikation und Quantencomputing. Die Erzeugung derartiger Photonenpaare mit angepassten spektralen, räumlichen und Verschränkungseigenschaften ist für diese Anwendungen von großer Bedeutung.

Der wichtigste Prozess zur Erzeugung von Photonenpaaren ist die spontane parametrische Konversion (Spontaneous parametric down conversion) von Photonen durch nichtlinear-optische Prozesse 2. Ordnung. Dafür ist Lithiumniobat aufgrund seiner hohen Nichtlinearität und seiner Transparenz in einem breiten Spektralbereich ein sehr geeignetes Material. Nanostrukturen dagegen erlauben die weitreichende Kontrolle der Eigenschaften von Licht, auch bei der nichtlinearen Frequenzkonversion. Die Nanostrukturierung von Lithiumniobat ist allerdings technologisch schwierig und wird erst seit kurzer Zeit gut beherrscht, es konnten durch uns und andere Arbeitsgruppen aber bereits vielversprechende Ergebnisse zur Erzeugung von Photonenpaaren demonstriert werden.

Im Vortrag werde ich zunächst einen Überblick über die Grundlagen der Photonenpaarerzeugung geben. Danach werde ich unsere Ergebnisse in nanoskaligen Wellenleitersystemen und resonanten Nanostrukturen erläutern und einen Ausblick auf mögliche Anwendungen geben. Wird nachgereicht.

Hauptvorträge:

Montag, 4. Oktober, 10.15 Uhr

Delphi-Studie: Quantum Literacy und Competence Framework für die künftige Quantum Workforce

Franziska Greinert, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, TU Braunschweig; Rainer Müller, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, TU Braunschweig; Philipp Bitzenbauer, Physikalisches Institut, FAU Erlangen; Malte S. Ubben, Institut für Didaktik der Physik, WWU Münster; Kim-Alessandro Weber, Institut für Quantenoptik, LU Hannover

Quantentechnologien der zweiten Generation wie beispielsweise Quantencomputer sind auf dem Vormarsch. In Zukunft werden die Technologien auch von Fachkräften angewendet, die keine Grundausbildung in Quantenphysik erhalten haben, zum Beispiel Fachkräfte aus den Bereichen Informatik, Ingenieurwesen und anderen industrienahen Bereichen. Doch ist die Aus- und Weiterbildung von Quanten-Fachkräften als didaktisches Forschungsfeld unbearbeitet. Mit der vorgestellten Delphi-Studie werden Ideen von Experten zu grundlegenden Fragestellungen aggregiert: Welche Kompetenzen benötigen künftige Quanten-Fachkräfte? Wie könnte ein Grundverständnis für Quantenphänomene eigentlich heißen? Und welche Quantentechnologien werden in der Industrie in welchem Zeitraum relevant werden?

Diesen und weiteren Fragen sind wir mit einer Delphi-Studie mit einer Pilot- und zwei Hauptrunden in den Jahren 2020 und 2021 und knapp 200 Teilnehmenden aus 30 Ländern nachgegangen. Im Fokus des Vortrages steht neben den Ergebnissen auch der Delphi-Prozess an sich, sowie das europäische "Competence Framework for Quantum Technologies" des Quantum Flagship, das unter anderem auf Ergebnissen der Delphi-Studie basiert. Das Framework bietet eine Übersicht über relevante Kompetenzen und Inhalte und stellt damit etwa einen Ansatzpunkt für die Konzeptionierung von Aus- und Weiterbildungsprogrammen oder auch von Zertifizierungssystemen dar.

Dienstag, 5. Oktober, 10.15 Uhr

Die Polarisation von Licht als Zugang zur Quanteninformation

Thomas Filk, Andreas Woitzik, Albert-Ludwigs-Universität

Die Polarisations-eigenschaften von Licht lassen sich schon im Alltag beobachten (Reflexion und Beugung von Licht an Grenzflächen wie Wasser oder Glas), sodass man Schüler*Innen hier bei vertrauten Beobachtungen abholen kann. Dies erlaubt einen unmittelbaren Einstieg in Grundfragen zur Quantentheorie: Was sind quantenmechanische Eigenschaften? Wieso kann ein "2-Zustand-System" unendlich viele Zustände haben? Was sind Superpositionen von Zuständen? Was ist der Unterschied zwischen einem Gemisch und einer Superposition? Weshalb kann man verschiedene (nicht orthogonale) Polarisationszustände nicht gleichzeitig „messen“? Inwiefern ist eine Messung in der Quantentheorie eher eine „Präparation“? etc. Der Übergang von Licht zu Photonen und damit verbunden der Übergang von „Intensität“ zu „relativer Häufigkeit“ zu „Wahrscheinlichkeit“ ist dann das eigentliche „Quanten“-Element. Auf dieser Grundlage lassen sich Themen der Quanteninformation, wie die Quantenteleportation oder das BB84 Protokoll zum Schlüsselaustausch, in der Schule behandeln. Dabei können physikalische und informatische Aspekte miteinander verwoben werden.

Kurzvorträge:

Montag, 4. Oktober, 11.30 Uhr

QuBIT EDU Workshops: Kernideen und erste Erfahrungen zum Grundlagenkurs

Philipp Bitzenbauer, FAU-Erlangen-Nürnberg; Malte Ubben, WWU Münster

Im Kurzvortrag werden die Kernideen des standortübergreifenden Grundlagenkurses für die von QuBIT EDU geplante Workshopreihe vorgestellt. Außerdem berichten wir einerseits über praktische Erfahrungen in der Umsetzung des Kurses mit rund 80 Schülerinnen und Schülern und stellen andererseits erste Ergebnisse aus der begleitenden empirischen Untersuchung vor.

Montag, 4. Oktober, 11.50 Uhr

Die Quantenschlüsselübergabe mit dem BB84 Protokoll – Möglichkeiten und Grenzen einer schulgemäßen Darstellung quantenphysikalischer Grundlagen

Gina Kleinsteinberg, Johanna Lohmann, Kläre Wienecke, Oliver Burmeister, Rüdiger Scholz, Leibniz Universität Hannover

In dem Vortrag wird dargestellt, wie die quantenphysikalischen Wesensbegriffe Zustand, Zustandssuperposition, Zustandspräparation und Zustandsmessung mithilfe reduzierter Formalismusbestandteile schulgemäß und fachlich richtig vermittelt werden können. Es wird insbesondere darauf eingegangen, wie sich dieser Formalismus als Erklärungs- und Interpretationshintergrund für die Quantenschlüsselübergabe nutzen lässt und somit zum Verständnis quantenphysikalischer Grundphänomene in der Sekundarstufe II beitragen kann.

Montag, 4. Oktober, 12.10 Uhr

Versteckte Parameter aufgedeckt: Analogie-Experimente zur Verschränkung

Philipp Scheiger, Stefan Aehle, Ronny Nawrodt, Holger Cartarius, AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena & Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart

In diesem Vortrag werden Prototypen für Analogie-Experimente vorgestellt, die das Phänomen der Verschränkung greifbarer und verständlicher machen sollen. Ziel ist es, komplette quantenmechanische Prozesse mit Hilfe von modularen Wahrscheinlichkeits-Aufbauten anschaulich und transparent nachzuahmen. Konkret sollen klassische Wahrscheinlichkeitsmessungen, die Korrelation der Verschränkung, und spukhafte Parameter behandelt werden.

Montag, 4 Oktober, 13.30 Uhr

Learning basic quantum physics with the Quantum Composer, a programmable quantum visualization and simulation tool

Stefan Küchemann, Sergej Mukamethov, David Dzsotjan, Jochen Kuhn, Malte Ubben, Stefan Heusler, Carrie Ann Weidner, Jacob Sherson, WWU Münster & Uni Kaiserslautern & Aarhus University

In this talk, we will present first results of an Eye-tracking study investigating problem-solving strategies of students dealing with basic problems in quantum physics using the simulation tool Quantum Composer.

Montag, 4. Oktober, 13.50 Uhr

Experimente mit angekündigten Photonen zur Vermittlung grundlegender Konzepte der Quantenphysik: Ergebnisse einer Vergleichsstudie zum Einfluss auf mechanistische und deterministische Vorstellungen von Lernenden

Philipp Bitzenbauer, FAU Erlangen-Nürnberg

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer ersten quasiexperimentellen Vergleichsstudie (N = 280) zum Einfluss eines Quantenoptikcurriculums auf die Vorstellungen Lernender im einführenden Quantenphysikunterricht berichtet. Die Ergebnisse dieser Studie indizieren: die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, die mit dem auf Einzelphotonenexperimenten basierenden Quantenoptikkonzept unterrichtet werden, sind nach dem Unterricht weniger durch klassisch-mechanistische oder deterministische Denkweisen geprägt als es bei Lernenden der Fall ist, die nach einem traditionellen Curriculum - also orientiert an historischen Experimenten – in die Quantenphysik eingeführt werden.

Montag, 4. Oktober, 14.10 Uhr

Wirkung eines quantenoptischen Schlüsselexperiments auf quantenphysikalisches Grundlagenwissen – Ergebnisse einer Interviewstudie

Moritz Waitzmann, Susanne Weßnigk, Rüdiger Scholz, Leibniz Universität Hannover

Die Unteilbarkeit einzelner Quantenobjekte sowie die gleichzeitige Fähigkeit zur Interferenz sind mit klassischer Physik nicht widerspruchsfrei erklärbar. Lernende verwenden häufig das semiklassische Argument des Welle-Teilchen Dualismus: Quantenobjekte seien zugleich klassische Welle und klassisches Teilchen, erst das Experiment entscheide, welches Merkmal vorliegt. Eine Möglichkeit, diese Sichtweise experimentell infrage zu stellen, ist die Betrachtung eines Experiments mit der Kombination eines Einzelphotonen-Strahlteilers mit einem Einzelphotonen-Interferometer: Unteilbarkeit und Interferenzfähigkeit sind gleichzeitig beobachtbar.

Die quantentheoretische Erklärung basiert auf drei Grundprinzipien der Quantenphysik: Probabilistik, Superposition und Interferenz (PSI). Inwieweit die Diskussion dieses Experiments zu einer Veränderung der Argumentation der Lernenden führt, ist bisher unbekannt. Im Vortrag werden erste Ergebnisse einer Studie mit 80 Studierenden (2. Semester Physik) im Mixed-Methods Design vorgestellt.

Montag, 4. Oktober, 14.45 Uhr

Entwicklung eines Schülerlabor-Moduls zur Quantentechnologie

Sebastian Nell, Heidrun Heinke, I. Physikalisches Institut IA, RWTH Aachen University

Weltweit wird die Entwicklung von Quantentechnologien wie z.B. Quantencomputern stark gefördert, sodass das Inhaltsfeld Quantentechnologie in den nächsten Jahrzehnten zentraler Bestandteil physikalischer Forschung sein wird. Auch in der Schule soll deshalb die Quantenphysik stärker zur Geltung kommen, damit insbesondere in der Oberstufe Grundkenntnisse zur Quantentechnologie und Ausblicke auf Quantencomputer vermittelt werden können. Aus diesem Grund entwickelt das Schülerlabor Physik der RWTH Aachen SCIphyLAB gemeinsam mit dem Exzellenzcluster ML4Q (Matter and Light for Quantum Computing) ein Schülerlabor-Modul zum Thema Quantentechnologie. Dieser Beitrag stellt das Grundkonzept des Moduls sowie seine inhaltliche Ausrichtung vor. Im Modul werden sich die Schülerinnen und Schüler experimentell mit Analogiemodellen zum linearen Potentialtopf und zum Welle-Teilchen-Dualismus beschäftigen. Außerdem sollen an realen Versuchsaufbauten typische Experimente mit Einzelphotonenstatistiken durchgeführt werden, wobei die Hanbury-Brown-Twiss- und Hong-Ou-Mandel-Effekte im Fokus stehen.

Montag, 4. Oktober, 15.05 Uhr

Quantenphysik-Crashkurs zur Berufs- und Studienorientierung: Ein Erfahrungsbericht

Stefan Aehle, Barbara Günther, Holger Cartarius, Ronny Nawrodt, Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart & AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena

Im Rahmen eines Berufs- und Studienorientierungspraktikums für Gymnasien (BOGY) besuchten Schüler*innen einer zehnten Klasse die Abteilung Physik und ihre Didaktik an der Universität Stuttgart. Mit Vorträgen, Experimenten, Laborführungen sowie selbsterarbeiteten Präsentationen wurden Grundlagen der Quantenphysik bis hin zu modernen Quantentechnologien behandelt. Dieser Erfahrungsbericht stellt vor, wie es den Schüler*innen dabei ergangen ist, innerhalb einer Woche komplexe Inhalte wie zum Beispiel einen Quantenzufallsgenerator oder Quantenradierer zu erarbeiten.

Montag, 4. Oktober, 15.25 Uhr

Quantencomputing mit Einzelphotonen in Wellenleitern

Lukas Maczewsky, Universität Rostock und Erasmus-Gymnasium Rostock; Heidi Reinholz, Universität Rostock, Didaktik der Physik; Alexander Szameit Universität Rostock, Experimentelle Festkörperoptik

Durch die Ausnutzung der Quanteneigenschaften von einzelnen Photonen können photonische Qubits bei Raumtemperatur realisiert werden. Die gesteuerte Interaktion von Einzelphotonen ermöglicht Operationen, die für Quantencomputing-Gatter benötigt werden. In lasergeschriebenen Wellenleitern sind solche gezielten Wechselwirkungen in einem einzelnen optischen Chip möglich. Im Vortrag wird die experimentelle Realisierung solcher photonischen Glaschips vorgestellt sowie deren Anregung mit verschränkten Photonen diskutiert. Dabei wird auch auf aktuelle Forschungsinhalte aus dem Bereich der integrierten Quantenoptik eingegangen.

Dienstag, 5. Oktober, 11.30 Uhr

Mixed Reality Lernumgebungen zur Förderung fachlicher Kompetenzentwicklung in den Quantentechnologien

Paul Schlummer, Jonas Lauströer, Rasmus Borkamp, Reinhard Schulz-Schaeffer, Adrian Abazi, Carsten Schuck, Wolfram Pernice, Stefan Heusler, Daniel Laumann, WWU Münster & HAW Hamburg

In diesem Vortrag stellen wir ein quantenoptisches Mixed-Reality-Experiment zur Verschränkung einzelner Photonen vor, das im Grundpraktikum der WWU Münster seit dem SoSe 2020 eingesetzt wird

Dienstag, 5. Oktober, 11.50 Uhr

Modulare Interferometer aus dem 3D-Drucker

Nils Haverkamp, Alexander Pusch, Stefan Heusler, Markus Gregor, WWU Münster & FH Münster

In diesem Vortrag stellen wir einfache, modulare Aufbauten für Interferenzexperimente vor, die sich mit dem 3D-Drucker kostengünstig herstellen lassen.

Dienstag, 5. Oktober, 12.10 Uhr

Quantenphysik interaktiv: Der Quantenzufallszahlengenerator

Qerimi Linda, Dr. Silke Stähler-Schöpf, Max-Planck-Institut für Quantenoptik, PhotonLab; Dr. Andreas Kratzer, TUM Education School

Bei der Vermittlung von Quantenphysik bleibt für Lehrende häufig wenig Zeit um die komplexen Sachverhalte zu diskutieren und zu vertiefen. Mit der Unterrichtsinstruktion „Flipped Classroom“, bei schulischen und häuslichen Aktivitäten vertauscht werden, erreichen wir, dass die Lehrkräfte ihre Vertiefungsphase für Diskussionen und Reflexionen gezielt nutzen können. Wir haben den Grundlagenteil des „Flipped Classrooms“, der für das Selbststudium konzipiert ist, mit der kostenlosen Software H5P umgesetzt. Schülerinnen und Schüler (SuS) beschäftigen sich selbstbestimmt und interaktiv mit den Grundlagen und können ihren Lernfortschritt mit kleinen Quizzes überprüfen. Für Hochinteressierte sind zudem verschiedene „Exkurse“ vorhanden. Die Vertiefung kann im Unterricht erfolgen. Wir bieten aber auch speziell darauf abgestimmte Experimente im Schülerlabor „PhotonLab“ an. Den Übergang zum Schülerlabor-Angebot stellt eine Forschungsfrage dar, die im letzten Teil des H5P-Kurses gestellt wird. Die H5P-Kurse sind frei verfügbar und können von allen genutzt werden.

Mit dem Einsatz digitaler Medien und der Möglichkeiten Inhalte unterschiedlich für SuS zugänglich zu machen, erwarten wir eine höhere Motivation beim Lernen, einen intensiveren Lernprozess und damit einen höheren Lernerfolg.

Das Konzept des „Flipped Classrooms“ nutzen wir für insgesamt fünf Themen aus dem Bereich der Quantentheorien. Beispielhaft präsentieren wir einen der Kurse: Quantenzufallszahlengenerator. Er baut auf der Frage „Wie zufällig ist der Zufall?“ auf und führt zum Quantenzufall. Dabei werden auch, abgestimmt mit den anderen Kursen (z.B. dem Bombtester und dem Quantenradierer), Eigenschaften von Quantenobjekten vorgestellt.

Dienstag, 5. Oktober, 13.30 Uhr

Holodeck:Q & QuantumVR: Teleportation/Verschränkung und gatterbasierte Quantenprogrammierung in AR und VR

Franziska Greinert, Oliver Bodensiek, TU Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften; Dominik Essing, phaeno Wolfsburg; Gowtham Muthusamy, TU Braunschweig, Rainer Müller, TU Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften; Tobias Voss, TU Braunschweig, Institut für Halbleitertechnik

Mit den beiden "Quantum aktiv" Outreach Projekten Holodeck:Q und QuantumVR sollen Quanten-Neulinge auf die immer relevanter werdenden Quantentechnologien aufmerksam gemacht, Interesse geweckt und Hemmungen abgebaut werden. Im Wolfsburger Science Center phaeno entsteht im Projekt Holodeck:Q ein Exponat mit Augmented Reality (AR) Spiel zur Quantenteleportation und - zur Vertiefung - einer Quelle für verschränkte Photonen. QuantumVR liegt ebenfalls ein spielbasierter Ansatz zugrunde, dieses Mal jedoch in Virtual Reality (VR) und mit Fokus auf der Quantenprogrammierung. Hier sollen einfache Quantenalgorithmen mit grundlegenden Quantengattern so vervollständigt werden, dass ein bestimmter Zielzustand erreicht wird.

Vorgestellt werden die Projekte mit ihrem aktuellen Umsetzungsstand und die weiteren Pläne.

Dienstag, 5. Oktober, 13.50 Uhr

Interaktive Demonstrationsobjekte zur Vermittlung von Quantenphysik

Dr. Berit Körbitzer, Dr. Silke Stähler-Schöpf, PhotonLab, Max-Planck-Institut für Quantenoptik; Dr. Andreas Kratzer, TUM School of Education, Technische Universität München; Dr. Tatjana Wilk, Munich Center for Quantum Science and Technology

Im Rahmen des QUANTA-Projekts (QUANTisch für AnfängerInnen) entwickeln wir Methoden, Konzepte und interaktive Demonstrationsexperimente mit denen Grundbegriffe der Quantenphysik wie Superposition, Verschränkung und Qubits, für jedermann zugänglich gemacht werden sollen. Die Experimente und Vermittlungskonzepte können dann in Ausstellungen am Deutschen Museum, in Workshops, Lehrerfortbildungen und Science Shows verwendet werden. Dazu haben wir zunächst Interviews mit Wissenschaftlern geführt und deren Expertise und Ideen gesammelt. Daraus entwickeln wir neue Erklärungsansätze und Demonstrationsobjekte wie zum Beispiel eine Bloch-Uhr, mit der wir den Begriff der Superposition und den Messprozess veranschaulichen, oder ein Paar Quantenwürfel, mit dem wir Verschränkung erfahrbar machen möchten. Im Schülerlabor werden diese Demonstratoren mit Schülern ausprobiert und der Lernerfolg getestet.

Gefördert vom BMBF

Dienstag, 5. Oktober, 14.10 Uhr

Nicht-formale Zugänge zur Quantenphysik - Ansätze mit Museumsarbeit und Gamification

Carsten Albert, IFW Dresden und TU Dresden; Gesche Pospiech, TU Dresden

Es ist unbestritten, dass die Quantenmechanik gerade in Hinblick auf künftige technologische Entwicklungen einem möglichst breiten Teil der Gesellschaft vermittelt werden sollte. Im Rahmen dieses Vortrages sollen hierfür zwei nicht-formale Zugänge zur Quantenphysik vorgestellt werden.

Der erste Teil berichtet von einer entstehenden Dresdner Science-Center Ausstellung zu wichtigen Phänomenen der Quantenphysik. Die geplanten Exponate sollen im Sinne eines Science-Centers vor allem interaktiv und optisch anregend gestaltet sein. Sie zeigen aber notwendigerweise ausschließlich makroskopische Effekte oder sind Analogiemodelle. Daher können die Exponate nicht für sich verstanden werden, sondern benötigen eine verständliche Erklärung.

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit wurde zu diesem Zweck ein Konzept für die Beschilderung der entstehenden Exponate entwickelt, das auf einer abgewandelten und selbstdifferenzierenden Predict-Observe-Explain-Strategie beruht. Die anschließende Evaluierung des Konzeptes lässt positive Effekte vermuten.

Im zweiten Teil des Vortrages wird ein Serious Game für Tablets zum Thema Quantenphysik vorgestellt, das ab Herbst 2021 frei verfügbar sein wird. Die App wurde im Rahmen einer DFG-Förderung entwickelt und soll vor allem Mädchen der Sekundarstufe 1 ansprechen. Im Rahmen eines Promotionsprojektes soll der Einsatz der App in einem Quantenmechanik-Kurs für den Profilunterricht der gymnasialen Mittelstufe untersucht werden.

Dienstag, 5. Oktober, 14.45 Uhr

HBT- und HOM-Interferometrie als Beitrag zu einem QubitEdu Kursgebot zur Quantenphysik: Vertiefungskurs

Erik Bauer, Kim Weber, Rüdiger Scholz, Leibniz Universität Hannover

Das kompakte Design eines experimentellen Setups ermöglicht den direkten Wechsel zwischen einem HBT- und einem HOM-Interferometer. Koinzidenzmessungen mit diesem Aufbau zeigen auf eindeutige Weise experimentelle Phänomene jenseits klassischer Erklärungsmodelle und führen in ein quantentheoretisches Strahlungsfeldmodell ein. Im Vortrag stellen wir das Experiment vor und entwickeln Vorschläge für sein Einsatz mit dem Ziel eines vertieften quantenphysikalischen Verständnisses.

Dienstag, 5. Oktober, 15.05 Uhr

Quantum Penny Flip als Spiel auf dem Smartphone

Andreas J. C. Woitzik, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Stefan Seegerer, Freie Universität Berlin

Das Superpositionsprinzip ist eine in der Physik weitverbreitete Gesetzmäßigkeit, die bereits in der Schule durch Interferenzexperimente von Schallwellen und die Kräfteaddition erfahren wird. Auch in der Quantenmechanik und Quanteninformationsverarbeitung spielt die Superposition eine wichtige Rolle. Dabei ist die Superposition von quantenmechanischen Zuständen weit weniger anschaulich als beispielsweise die Schwebung von Schallwellen. Um auch für die Quantenmechanik eine höhere Anschaulichkeit zu erreichen, lässt sich das Quantum Penny Flip-Spiel (Meyer, 1999) einsetzen, bei dem die Ausnutzung der Superposition zu einer sicheren Gewinnstrategie führt. Zentrales Anliegen unserer Arbeit ist es, mit diesem Spiel einen unmittelbaren Zugang zum Phänomen der Superposition zu ermöglichen. Im Vortrag stellen wir dazu eine Implementierung des Spiels für Smartphones vor und beschreiben erste Erfahrungen, die damit im Rahmen einer Schülertagung gemacht wurden.

Dienstag, 5. Oktober, 15.25 Uhr

Forschung in die Schule (FIDS!) - interaktive Unterrichtsmaterialien zu modernen Themen der Physik am Beispiel von Frequenzkämmen

Dr. Cecilia Scorza, Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Florian Linder, Gymnasium Hohenschwangau

Mit den Materialien von „Forschung in die Schule“ werden aktuelle Forschungsthemen der Physik für Lehrer:innen und Oberstufenschüler:innen didaktisch aufbereitet. Ziel ist es, Jugendlichen fundierte Einblicke in moderne Themen der Physik zu bieten und sie dafür zu begeistern.

Eine zentrale Rolle spielen bei den Unterrichtsmaterialien interaktive Simulationen, die zum Entdecken physikalisch-relevanter Zusammenhänge einladen. Diese sind in anschauliche Fachtexte eingebettet und werden von didaktischen Lernaufgaben begleitet. Auf diese Weise werden komplexe Zusammenhänge für Schüler:innen möglichst vielschichtig aufbereitet und es wird den Lernenden ein forschend-entdeckender Zugang geboten.

Poster:

Virtueller Stand 1, Autoren am Poster: 16:00-16:45 Uhr

Ein einfacher Algorithmus zum Einstieg ins Quantum Computing: Quantum Penny Flip Game

Rainer Müller, Franziska Greinert, TU Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften

Die rasanten Entwicklungen und großen Investitionen im Bereich Quantencomputing spiegeln die steigende Relevanz dieser Thematik. Um sie jedoch in den Unterricht einzubinden, fehlt es an einfachen Beispielen, kleinen Algorithmen, die die Vorzüge von Quantencomputern bzw. -gattern gegenüber klassischen verdeutlichen. Unser Ansatz ist das Quantum Penny Flip Game von Meyer (1999), das sich als solcher einfacher Algorithmus umsetzen lässt. Vorgestellt werden die Grundidee und die Umsetzung im IBM Quantum Composer als ein Beispiel für die graphische Programmierung gatterbasierter Quantenalgorithmen.

Virtueller Stand 2, Autoren am Poster: 16:00-16:45 Uhr

MasterClasses

Stina Scheer Institut für Didaktik der Mathematik und Physik, AG Physikdidaktik, Leibniz Universität Hannover; Azadeh Ghanbari, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Physik und Physikdidaktik, Technische Universität Braunschweig; Gunnar Friege, Institut für Didaktik der Mathematik und Physik, AG Physikdidaktik, Leibniz Universität Hannover; Rainer Müller, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Physik und Physikdidaktik, Technische Universität Braunschweig

MasterClasses sind halbtägige Workshops zu aktuellen Themen der Quantenmetrologie für Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe (Einführungs und Qualifikationsphase). Die Lernenden werden auf Grundlage ihrer im Physik- und Mathematikunterricht erworbenen Fähigkeiten an Themen der aktuellen Forschung herangeführt. Dabei können sie nicht nur experimentieren und neue Bereiche der Physik kennen lernen, sondern bekommen durch Kontakt mit Forschenden auch einen Einblick in den Wissenschaftsbetrieb. Die MasterClasses sind Teil des Exzellenzclusters QuantumFrontiers.

Virtueller Stand 3, Autoren am Poster: 16:00-16:45 Uhr

Eine schülergerechte Einführung in die Prinzipien des Quantencomputings

Barbara Günther, Holger Cartarius, Ronny Nawrodt, Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart & AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena

Quanteninformationsverarbeitung bietet die Möglichkeit für fächerübergreifenden modernen MINT-Unterricht, Material für Schüler*innen oder für den Unterricht gibt es jedoch noch wenig. In diesem Beitrag soll ein Moodle/H5P-Kurs vorgestellt werden, mit dem sich Schüler*innen selbstständig in erste Grundlagen des Quantencomputings einarbeiten können. Ziel des Kurses ist es, Unterschiede zwischen klassischem und Quantencomputing zu vermitteln, und anhand eines Quantenverfahrens aufzuzeigen, dass Quantencomputing für gewisse Anwendungsfälle Sinn macht.

Virtueller Stand 4, Autoren am Poster: 16:00-16:45 Uhr

Vom Kleinsten zum Größten

Tobias Reinsch, Holger Cartarius, Ronny Nawrodt, Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart & AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena

Schülerinnen und Schüler interessieren sich frühzeitig für moderne Themen der Physik. Relativitätstheorie, Astrophysik und Quantenphysik stehen dabei hoch im Kurs. Immer wieder werden Anfragen gestellt, ob man bei einem Besuch einer Schulklasse an der Universität etwas zu diesen Themen anbieten kann. Im Rahmen des Lehr-Lern-Labors zu moderner Physik kann an der Universität Stuttgart ein solcher Besuch mit einem Zeitaufwand von rund 3-4 Stunden durchgeführt werden, ohne quantenphysikalische Vorkenntnisse zu besitzen. Der Kurs ist an Informationen zu Lichtspektren orientiert und spannt eine Brücke von der Quanten- zur Astrophysik. Aus den diskreten Atomübergängen eines Emissionsspektrums können Rückschlüsse auf Absorptionsspektren von Sternen gezogen werden. Aus den mikroskopischen Prozessen quantenmechanischer Natur auf Atomebene lassen sich also Rückschlüsse auf weit entfernte Prozesse in unserem Universum schließen. Der Kurs soll insbesondere jüngeren Schülerinnen und Schülern einen ersten Kontakt zur Quanten- und Astrophysik erlauben und ihr Interesse für MINT-Fächer steigern.

Virtueller Stand 5, Autoren am Poster: 16:45-17:30 Uhr

Widerspruch in 90 Minuten - Eine Lehreinheit zum versteckten Parameter

Philipp Scheiger, Ronny Nawrodt, Holger Cartarius, AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena & Physik und ihre Didaktik, Universität Stuttgart

Lucien Hardy hat die Untersuchung eines nicht maximal verschränkten Zwei-Spin-Zustands als Alternative zur Bellschen Ungleichung vorgeschlagen und in einer kurzen Rechnung einen versteckten Parameter für die Quantenmechanik ausgeschlossen. Die Wiederlegung des versteckten Parameters mit nur zwei verschränkten Quanten bietet der Lehre die Möglichkeit, dieses Thema Lernenden einfacher aufzubereiten. In diesem Beitrag wird ein Vorschlag unterbreitet, wie Studierenden das Thema in einem 90 Minuten-Seminar von den Grundlagen des Spins und der quantenmechanischen Messung bis zur Wiederlegung des versteckten Parameters aufbereitet werden kann. Wir setzen hierbei auf aktive Teilnahme der Studierenden und haben deshalb kognitiv aktivierende Elemente bewusst eingearbeitet.

Virtueller Stand 6, Autoren am Poster: 16:45-17:30 Uhr

Didaktische Ansätze für Quantum Random Number Generators (QRNG)

Stefan Aehle, Holger Cartarius, AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena

Im Vormarsch der Quantentechnologien 2.0 sehen Enthusiasten und Medien den Quantencomputer an vorderster Front, auch wenn dessen Entwicklung noch in den Kinderschuhen steckt. Viel greifbarer dagegen sind erste Errungenschaften der Quantensensorik und -kryptografie, wie z.B. die Erzeugung echter Zufallszahlen mittels quantenoptischer Zufallsgeneratoren (QRNG). Mit diesen gelingt es, sich bestimmte quantenmechanische Phänomene zunutze zu machen; sie sind außerdem inzwischen auch kommerziell verfügbar. Der Vortrag beschreibt Ansätze, wie man Schülerinnen und Schülern Quantum Randomness näher bringen kann.

Virtueller Stand 7, Autoren am Poster: 16:45-17:30 Uhr

Lehr-Lern-Labor zu Moderner Physik: Platz für Quantentechnologien im Physik-Lehramtsstudium?

Anna Donhauser, Philipp Scheiger, Rainer Stöhr, Holger Cartarius, Ronny Nawrodt, Physik und ihre Didaktik sowie 3. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart & AG Didaktik der Physik, TU Kaiserslautern & AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, FSU Jena

Mit dem Aufbau einer eigenständigen Physikdidaktik an der Universität Stuttgart bot sich die Gelegenheit, neue Lehrveranstaltungen einzuführen. Besonders geeignet ist dafür der Wahlpflichtbereich im Master of Education, in dem ein recht umfangreiches Modul mit 9 Leistungspunkten untergebracht werden kann. Wir stellen das Modul Moderne Physik im Lehr-Lern-Labor vor, in dem Studierende Lehreinheiten zu modernen Themen der physikalischen Forschung für das Schülerlabor entwickeln und im Besuch einer Schülergruppe reflektieren sollen. Die Quantenphysik und Quantentechnologien sind unter den Themen stark vertreten.

Virtueller Stand 8, Autoren am Poster: 16:45-17:30 Uhr

Das Ausstellungsprojekt „Licht und Materie“ – Ein Praxisbericht aus dem Deutschen Museum

Eckhard Wallis, Deutsches Museum

Qubits in der Vitrine? Photonen zum Anfassen? Als Teil des Münchner Exzellenzclusters MCQST arbeitet das Deutsche Museum an der Herausforderung, solche Konzepte ausstellbar zu machen. Aktuell arbeiten wir an einer neuen Dauerausstellung zu Laserphysik und Quantenoptik, über die wir mit Ihnen diskutieren möchten.

Mit über einer Millionen Besucher:innen pro Jahr müssen Ausstellungen im Deutsche Museum für breite und vielfältige Zielgruppen zugänglich und verständlich sein. Dies wollen wir mit den für unser Haus typischen interaktiven Demonstrationsversuchen erreichen: Was lernen wir aus einem Doppelspalt über die Natur des Lichts? Wie funktionieren Laser, Ionenfallen oder kalte Atome? Warum braucht man einen Strahlteiler um ein Einzelphoton zu erkennen und warum ist es so wichtig, dass man seinen Quantenzustand nicht kopieren kann?

Die physikalischen Konzepte werden in eine historische Perspektive eingebettet: Wer waren die Menschen, die an diesen Fragen gearbeitet haben, und was hat sie angetrieben? Darüber hinaus soll die Ausstellung auch die vielfältigen Verschränkungen zwischen Physik und Gesellschaft reflektieren.