

FM 16: Teaching Quantum Science

Time: Monday 16:30–18:30

Location: Aula

FM 16.1 Mon 16:30 Aula

Präzision lehren mit Anwendungen – Vom klassischen Sensor zum Quantensensor — ●KIM-ALESSANDRO WEBER¹, RÜDIGER SCHOLZ¹ und GUNNAR FRIEGE² — ¹Institut für Quantenoptik — ²Institut für Didaktik der Mathematik und Physik

Quteqa und das Quantumflagship stellen den Bedarf von Ausbildungsprogrammen zur Quantenphysik heraus.

Der Beitrag hier beschreibt einen Weg vom klassischen Sensor zum Quantensensor. Messtechnische Fragestellungen stehen dabei im Zentrum: Was zeichnet Quantensensoren gegenüber klassischen Sensoren aus und welche Anwendungen existieren? Zur Zielgruppe gehören Masterstudierende aus den Ingenieurwissenschaften.

Der Ausgangspunkt des Beitrags ist das Michelson-Interferometer. Dieses wird als klassischer (!) Sensor eingeführt, um Werkstücke und deren Eigenschaften zu analysieren (zum Beispiel: Steigung von Gewinden). Geleitet von dem Präzisionsgedanken wird darauf aufbauend ein Konzept zu hands-on Erfahrungen mit Quantensensoren vorgestellt. Bei der Gegenüberstellung von klassischem und Quantensensor liegt der Fokus auf der Rauschcharakteristik der Sensoren.

Der Versuch zum klassischen Sensor "Michelson-Interferometer" wird derzeit im Physikalischen Praktikum für Ingenieure getestet. Erfahrungen und die didaktisch reflektierte Versuchsentwicklung werden vorgestellt. Im Rahmen einer Machbarkeitsanalyse wurden darüber hinaus Informationen über kommerzielle Quantensensoren zusammengestellt, um den Einsatz in der Lehre zu prüfen.

FM 16.2 Mon 16:45 Aula

Verschränkung erleben und verstehen — OLIVER BODENSIEK, ●FRANZISKA GERKE und RAINER MÜLLER — TU Braunschweig, IfdN, Abteilung Physik und Physikdidaktik, Bienroder Weg 82, 38106 Braunschweig, Germany

Die Verschränkung von Quantenobjekten entwickelt sich derzeit von einer wenig beachteten Randerscheinung zu einer Ressource, die in technischen Produkten genutzt wird und in industriellen Zusammenhängen zum Einsatz kommen soll. In Zukunft werden auch Studierende der Ingenieurwissenschaften über "Quantum Awareness" verfügen müssen, um in diesem Bereich tätig zu werden.

Anhand einfacher Experimente zur Polarisationsverschränkung von Photonen sollen die Besonderheiten der Verschränkung erfahrbar gemacht und verdeutlicht werden. Dabei wird lediglich auf Vorkenntnisse zur Polarisation und dem Verhalten von Photonen am Polarisationsfilter (quantenphysikalischer Messprozess) aufgebaut, sodass der Einsatz bereits zu Beginn eines ingenieurwissenschaftlichen Studiums möglich ist

FM 16.3 Mon 17:00 Aula

Teaching Experiments: Akzeptanzbefragung zur Elementarisierung quantenoptischer Realexperimente — ●PHILIPP BITZENBAUER und JAN-PETER MEYN — FAU Erlangen, Germany

Quantenoptische Realexperimente mit einzelnen Photonen wurden in ein einführendes Unterrichtskonzept zur Quantenphysik eingebettet. In Teaching Experiments wurde mit Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe erstmals die Akzeptanz der erarbeiteten Erklärungsansätze mit empirischen Methoden untersucht. Die Ergebnisse liefern Indizien, dass quantenoptische Konzepte von Schülerinnen und Schülern verstanden werden können und bilden daher die Grundlage weiterer empirischer Erhebungen mit größeren Stichproben und quantitativen Methoden. Die Ergebnisse der Teaching Experiments werden genauso vorgestellt, wie das Unterrichtskonzept.

FM 16.4 Mon 17:15 Aula

Quantenkryptographie als Zugang zur Quantenphysik — ●GESCHE POSPIECH — TU Dresden, Dresden, Germany

In den letzten Jahren gewinnt die Quanteninformation erheblich an Bedeutung. Nachdem es bereits seit etlichen Jahren Vorschläge für die Etablierung der Quanteninformation als Zugang zur Quantenphysik in der Schule gibt, ist es nun an der Zeit konkrete Unterrichtsgänge zu entwickeln. In dem Vortrag wird ein Zugang über die Quantenkryptographie vorgestellt, der in der Lehramtsausbildung erprobt und mittlerweile auch für Schüler des Gymnasiums fortentwickelt wurde. Dabei wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die zentralen Begriffe der Quantenphysik wie Unbestimmtheit und Verschränkung in ih-

rer Bedeutung sowohl für das physikalische Weltbild wie auch für die Quanteninformation verstanden werden. Unterstützt wird diese Einheit durch passende Modellexperimente,

FM 16.5 Mon 17:30 Aula

Unterrichtskonzepte zur Quantentheorie – Ein kritischer Vergleich — ●OLIVER PASSON — Universität Wuppertal

In diesem Vortrag werden verschiedene Unterrichtsvorschläge zur Quantenmechanik aus der akademischen Fachdidaktik und bekannten Schulbüchern untersucht und miteinander verglichen. Die zentralen Kriterien dafür sind fachliche Korrektheit (bzw. Anschlussfähigkeit) und Lernwirksamkeit. Es zeigen sich gravierende Mängel in verbreiteten Darstellungen.

FM 16.6 Mon 17:45 Aula

Gestalttreue und Funktionalitätstreue als unabhängige Faktoren mentaler Modelle am Beispiel der Quantenphysik — ●MALTE UBBEN und STEFAN HEUSLER — Institut für Didaktik der Physik, Münster, Germany

Der konzeptuelle Wandel zur Quantenphysik gestaltet sich für Lernende aus mehreren Gründen als schwierig. Zum einen ist die Anschlussfähigkeit an Begriffe aus dem vorangegangenen Physikunterricht, wie etwa zum Bahnbegriff in der klassischen Physik, nicht mehr ohne weiteres gegeben. Zum anderen wird ein Modellverständnis gefordert, welches neue Herausforderungen bezüglich der abstrakten Interpretation von Modellen erfordert. In einer quantitativen Studie (N=3108) haben wir zum einen das Verständnis von naturwissenschaftlichen Modellen getestet und zum anderen gängige Modellvorstellungen zu Elektronen in der Atomhülle erhoben.

Als Ergebnis zeigen sich die zwei unabhängigen Faktoren Gestalttreue und Funktionalitätstreue, welche sowohl allgemein Aspekte des physikalischen Modellverständnisses als auch die einzelnen Lernendenvorstellungen beschreiben. Dabei beschreibt die Gestalttreue, inwieweit ein (mentales) Modell die Gestalt von etwas passend abbildet und die Funktionalitätstreue, inwieweit ein (mentales) Modell die Funktionalität von etwas passend abbildet. Vor allem wird dann der Faktor der Gestalttreue thematisiert, welcher besonders in der Quantenphysik zu großen Problematiken bei der Entwicklung von Lernendenvorstellungen führen kann.

FM 16.7 Mon 18:00 Aula

Teaching quantum informatics the hands-on way — ●MARTIN SAIP — Institute of Physics of Materials CAS, Žižkova 22, 616 62 Brno-střed; Czech Republic — Faculty of Informatics, Botanická 68a, 602 00 Brno; Czechia

Education of quantum informatics has, until recently, relied on theory only. No sooner than in this decade were well-functioning quantum computer simulators developed, together with languages for programming them. And nowadays, we have working quantum Turing machines. Unfortunately, most schools are late to the party, having no practical courses - one of the reasons is difficulty of choosing and subsequently setting up the necessary software, another one: teachers unaware of recent hardware and software developments.

I will talk about this progress, as well as mentioning pitfalls of installing/building such quantum computing programs and their (mostly undocumented) solutions.

FM 16.8 Mon 18:15 Aula

Quantum physics for politicians and elementary school teachers — ●HANS PETER DREYER — IfE, University of Zurich, Switzerland

The quantum computer is an attractive object for students who are already interested in STEM topics. In Switzerland, those 30% will choose physics and mathematics or biology and chemistry as their main subjects. For the other 70%, among them 70% female, physics is the least interesting of the mandatory subjects in upper secondary school. An introduction into quantum physics seems important and might be attractive especially for those who will later form our future as law makers and educators.

FACETTEN DER QUANTENPHYSIK is a didactically reconstructed course for 11th (What is light?) and 12th grade (Matter: Particle or wave?) with a focus on Nature of Science. Preliminary tests show that it is possible to learn in 14 - 18 lessons experimental

evidence and the laws indicating the dualism of light and matter. In addition, relations between physics and technology and between theory and experiment are reflected on a historical and biographical back-

ground. Some results concerning change of physical concepts, nature of science and motivation will be presented.